

TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN
Lehrstuhl für Ingenieurgeologie

**Die geologischen Verhältnisse auf der GK25 Blatt Nr. 8027
Memmingen unter besonderer Berücksichtigung der Verwitterungserscheinungen in pleistozänen Schmelzwasserschottern und deren Einfluss auf ihre bautechnischen Eigenschaften.
Entwicklung einer Verwitterungsklassifizierung**

Bernhard Lempe

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktors der Naturwissenschaften

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stephan Freudenstein

Prüfer der Dissertation:

1. apl. Prof. Dr. rer. nat. Herbert Scholz
2. Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Christian Schlüchter,
Universität Bern (Schweiz)
3. Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Kurosch Thuro

Die Dissertation wurde am 02.02.2012 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen am 15.02.2012 angenommen.

Zusammenfassung

Das nördlich der Endmoränen des Iller-Vorlandgletschers gelegene Gebiet um Memmingen ist das klassische Arbeitsgebiet der Quartärgeologie, da hier Albrecht Penck Ende des 19. Jh. anhand der sog. „vier Felder von Memmingen“ das erste Mal die Viergliedrigkeit des Eiszeitalters innerhalb des alpinen Vereisungsgebietes nachweisen konnte. Doch trotz seiner großen wissenschaftshistorischen Bedeutung fehlte bislang eine detaillierte geologische Aufnahme dieses Gebietes. Dieser Missstand war Veranlassung für eine geologische Detailkartierung im Maßstab 1:25000 (Beil. 1), die der vorliegenden Dissertation zugrunde liegt. Ergänzt wird die Karte durch eine Tafel mit drei überhöhten Profilen (Beil. 2) und durch eine Quartärbasiskarte (Beil. 3), die auf der Grundlage von 1572 recherchierten und ausgewerteten Flachbohrungen erstellt werden konnten.

Pleistozäne, karbonatreiche Schmelzwasserschotter, die miozänen Sedimenten der Oberen Süßwassermolasse auflagern, bilden im Arbeitsgebiet weite Schotterflächen am Talgrund, Terrassen an den Talflanken und plateauartige Schotterdecken auf den Höhenzügen. Je höher die einzelnen Schotter eines Talquerschnittes über dem heutigen Taltiefsten liegen, desto älter sind sie. Durch detaillierte, vergleichende Untersuchungen der Oberfläche sowie der Basis der Schotterkörper konnte die Geschichte des Memminger Trockentales im letzten Hochglazial sehr genau rekonstruiert werden. Danach stammen sämtliche würmzeitlichen Schotterkörper des Memminger Trockentales aus dem Würm-Hochglazial (Abb. 19). Auch lässt sich zeigen, dass die einzelnen Teilloben des Iller-Vorlandgletschers nicht zeitgleich ihren Maximalstand (LGM) erreichten bzw. nicht synchron an ihrem Maximalstand aktiv waren. Zudem konnte schlüssig nachgewiesen werden, dass die Abflussverhältnisse für die würmzeitlichen Schmelzwässer im Memminger Trockental wesentlich komplexer sind, als bisher angenommen (Abb. 25).

Anhand eines neu bestimmten Mammutzahnes (Altfund), der offenbar von *Mammuthus primigenius* stammt (Abb. 14), konnte die seit über 30 Jahren andauernde Diskussion über ein riss-, mindel- oder gar paarzeitliches Alter des Hawanger Feldes zu Gunsten des Jungriss entschieden werden.

Die Verwitterung hat ganz offensichtlich einen großen Einfluss auf hydrogeologische und geotechnische Eigenschaften der Schmelzwasserschotter. Neben der Karbonatausfällung (Verfestigung) stellen die Verkarstung in Verbindung mit der Zersetzung („Veraschung“) von Dolomitgeröll sowie die durch die Karbonatlösung bedingte Anreicherung meist tonig-schluffiger Lösungsrückstände die wichtigsten Prozesse dar. Letztere sowie die Veraschung von Dolomitgeröll führen zu einem Ansteigen des Feinkorngehaltes im Boden (Verlehmung). Dieses Feinkorn kann im Boden umgelagert (Suffosion) und an anderer Stelle wieder abgelagert werden, was zu einem Verschließen von Poren und einer Reduzierung der Durchlässigkeit (Kolmatierung) führt. Im Laufe der Zeit kann so aus ein und demselben nichtbindigen Lockergestein sowohl ein bindiges Lockergestein (Schotterlehm) als auch ein Festgestein (Konglomerat) werden.

Im Gegensatz zu den Festgesteinen fehlte aber bislang nicht nur eine vergleichbar detaillierte Beschreibung der Verwitterungsprozesse von Lockergesteinen sondern auch eine Verwitterungsklassifizierung analog zu der für Festgesteine. Daher wurde ein besonderes Augenmerk auf die Verwitterungserscheinungen und die Verfestigung der Schmelzwasserschotter gerichtet. Wichtigste Ergebnisse hierbei sind, dass die sog. Veraschung von Dolomitgeröll innerhalb der Schmelzwasserschotter eine Folge der Dolomitlösung (Korrosion) ist (II. Teil Kap. 5.2.1.3, Abb. 53, Abb. 54, Abb. 55). Darüber hinaus konnte auf Grundlage der Untersuchung der einzelnen Verwitterungsprozesse erstmals eine Verwitterungsklassifizierung für karbonatreiche pleistozäne Schmelzwasserschotter entwickelt werden (Kap. 8). In dieser Verwitterungsklassifizierung werden – analog zur Verwitterungsklassifizierung der Festgesteine – Begriffe wie „frisch“, „angewittert“ oder „verwittert“ erstmalig klar definiert (Tab. 58).

Während der Kartierarbeiten konnte erstmals in risszeitlichen Schmelzwasserschottern im Allgäu neben der Oberflächenverwitterung auch das Phänomen der punktuellen Tiefenverwitterung beobachtet und detailliert beschrieben werden, die zur Bildung von geologischen Orgeln führt. Geologische Orgeln galten früher als ein Altersindiz für prä-risszeitliche Schotter.

Abstract

Near Memmingen, a small town located in the district of Unterallgäu in south-western Bavaria (Germany), Albrecht Penck (1858-1945), the pioneer and Nestor of the Quaternary Stratigraphy in Central Europe, established his “quadripartite” subdivision of the Ice Age on the basis of the so called “*vier Felder von Memmingen*” (“*four fields of Memmingen*”, Tab. 8). Therefore, the area near Memmingen is counted among the important and classic parishes of the Quaternary geology. However, in spite of the immense importance of the Memmingen area for the roots of Quaternary Stratigraphy a detailed geological map of this classical region is missing. This lack motivated a detailed geological mapping by the author in a scale of 1:25000, that is the basis for the thesis presented here. A very detailed geological map (Beilage 1) is completed by three geological sections (Beilage 2) and a Quaternary base map (Beilage 3). The data used therefore derives from field mapping and interpretation of 1572 drillings.

Memmingen (599 m above sea level) is situated at the northern Alpine foreland, about 100 km west of Munich and 40 km north of the Alps (Abb. 5). The hilly landscape is characterized by S-N orientated valleys accompanied by terraces, knoll ridges and plateaus. The valley floors, terraces and plateaus consist of Pleistocene gravel, covering Miocene freshwater sediments belonging to the Upper Freshwater Molasse (OSM) which are exposed at many hillsides. The Pleistocene sediments have been formed by meltwater deriving from the large Iller Piedmont Glacier. Within the study area at least four different levels of terraces (former outwash plains) can be distinguished having clearly different ages. The oldest ones are identical with the elevated plateau mountains, the youngest ones correspond with the valley floors of today. Most of the pre-Würmian glaciofluvial gravels are either more or less intensively weathered and/or more or less solidified by calcareous cements. It was possible to subdivide the Würmian outwash sediments by detailed comparison of the surface and basal interface of the gravel terraces. Consequently, all Würmian glaciofluvial gravels within the Memmingen valley (“Memminger Trockental”) were deposited during the LGM (“Hochglazial”) (Abb. 19). The oldest parts of it (Steinheimer Feld) have been an outwash plain genetically connected with the “Ziegelberger Lobus” and the youngest ones (Memminger Feld) an outwash plain belonging to the western “Canyonatal-Lobus” (Abb. 25). An additional result is that the different glacial lobes of the Iller Piedmont Glacier neither have attained their maximal extension at the same time nor supplied the main outwash plains synchronously with meltwater sediments.

In the 1930ies a Pleistocene elephant molar has been found in a gravel pit near Benningen (Abb. 31), exposing pre-Würmian meltwater gravel of the “Hawanger Feld”. According to a new palaeontological determination it belongs most likely to *Mammuthus primigenius* (Abb. 14). Thus, after more than 30 years of discussion about the true age of the “Hawanger Feld” this proves a younger Rissian age.

Intense weathering has an enormous influence on the properties of coarse grained Pleistocene glaciofluvial deposits, but until now, a satisfying classification has not been established concerning the weathering status of gravels. Therefore, different weathering phenomena occurring within coarse grained and highly permeable sediments with high contents of carbonate clasts were investigated and described in detail. According to these investigations the dissolution of carbonate grains and the disintegration of dolomite (“ashing” caused by corrosion, II. Teil Kap. 5.2.1.3, Abb. 53, Abb. 54, Abb. 55) are the major weathering processes which could be detected. Through both of those processes the proportion of fine sand, silt and clay increases distinctly within these sediments. Due to these processes a originally non-cohesive soil turns slowly into a more cohesive soil. Enormous loss of matter/volume is caused by the dissolution of carbonate within the gravel and is resulting in a distinct settlement of the surface. In Rissian gravels the occurrence of brownish vertical orientated organ-pipe-like structures (“Geologische Orgeln”) was detected for the first time, which are the products of deep, punctual weathering.

Moreover, on this base a conceptual model was established for the first time, together with a qualitative classification system for these sediments (Kap. 8, Tab. 58). Within this classification terms like “fresh” or “moderately” weathered are clearly defined, similar to the already existing weathering classification system of hard rocks.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	I
Abstract	II
Inhaltsverzeichnis	III
Abbildungsverzeichnis	VI
Tabellenverzeichnis	VIII
Danksagung	XI
Vorwort	XV
I. Teil: Die geologischen Verhältnisse auf der GK25 Blatt Nr. 8027 Memmingen	1
1. Einleitung	1
1.1 Vorwort und Veranlassung.....	1
1.2 Methodik und Begriffsdefinition.....	2
2. Geographie, Archäologie und Geologie im Überblick	8
2.1 Geographischer Überblick	8
2.2 Prähistorische und historische Schlaglichter mit Relevanz für Stratigraphie und Morphologie	11
2.3 Überblick Geologie.....	17
2.3.1 Geologischer und naturräumlicher Überblick.....	17
2.3.2 „Die vier Felder von Memmingen“ – die Geschichte der geologischen Forschung im Gebiet von Memmingen	20
3. Geologische und stratigraphische Gliederung	24
3.1 Schotterfelder der Donaukaltzeit.....	25
3.1.1 Hochfeld oder Böhener Feld (donauzeitlich)	27
3.1.2 Kronburg-Hohenrain-Schotter (donauzeitlich)	39
3.1.3 Stephansrieder Schotter und Guggenberger Schotter (donauzeitlich).....	41
3.2 Schotterfelder der Mindelkaltzeit	53
3.2.1 Grönenbacher Feld (mindelzeitlich).....	53
3.2.2 Schmelzwasserschotter und Periglazialschotter der Mindelkaltzeit im Tal der Westlichen Günz.....	57
3.3 Risszeitliche Schotterfelder.....	58
3.3.1 Hawanger Feld (Obere Hochterrasse 1).....	60
3.3.2 Risszeitliche Schmelzwasserschotter und Periglazialschotter im Tal der Westlichen Günz (Obere Hochterrasse 1)	69
3.3.3 Hitzenhofener Feld, Hochterrasse von Memminger Berg und Zeller Hochterrasse (Obere Hochterrasse 2).....	69
3.4 Würmzeitliche Schotterfelder	75
3.4.1 Steinheimer Feld	78
3.4.2 Schotterfeld im Vorland des Ziegelberger Trompetentälchens	83
3.4.3 Memminger Feld	85
3.4.4 Würmzeitliche Schmelzwasserschotter im Tal der Westlichen Günz.....	87
4. Erdgeschichte	88
4.1 Tertiär.....	88
4.2 Quartär	89
4.2.1 Überblick über das Quartär im Gebiet des Iller-Vorlandgletschers	89
4.2.2 Genese der Schmelzwasserschotter im Arbeitsgebiet	94
4.2.3 Die verschiedenen Kaltzeiten im Arbeitsgebiet – Versuch einer Rekonstruktion.....	95
4.2.3.1 Biberkaltzeit oder präquartäre Bildungen	95

4.2.3.2	Biber-Donau-Interglazial und Donaukaltzeit	96
4.2.3.3	Donau-Günz- und Günz-Haslach-Interglazial sowie Günz- und Haslachkaltzeit	97
4.2.3.4	Haslach-Mindel-Interglazial sowie Mindelkaltzeit	97
4.2.3.5	Mindel-Riss-Interglazial sowie Risskaltzeit	101
4.2.3.6	Riss-Würm-Interglazial sowie Würmkaltzeit.....	102
4.2.3.7	Spätwürm und Holozän.....	107
5.	Schichtenfolge	108
5.1	Tieferer Untergrund.....	108
5.2	Tertiär (Miozän).....	108
5.2.1	Obere Süßwassermolasse (OSM), Obere Serie.....	108
5.3	Quartär	120
5.3.1	Pleistozän.....	120
5.3.1.1	Schmelzwasser- oder Flussschotter (Ottobeurer Schotter, periglazial, biberzeitlich)	127
5.3.1.2	Schmelzwasserschotter, donauzeitlich (Höherer Älterer Deckenschotter/Böhener Feld, Stephansrieder und Guggenberger Schotter).....	130
5.3.1.3	Schmelzwasserschotter, günzzeitlich (Tieferer Älterer Deckenschotter)	131
5.3.1.4	Schmelzwasserschotter, mindelzeitlich i. w. S. (Jüngere Deckenschotter/Grönenbacher Feld)	131
5.3.1.5	Flussschotter, periglazial, mindelzeitlich.....	131
5.3.1.6	Schmelzwasserschotter, haupttrisszeitlich (Obere Hochterrasse 1/Hawanger Feld).....	132
5.3.1.7	Lösslehm über Schmelzwasserschotter, haupttrisszeitlich (Obere Hochterrasse 1/Hawanger Feld)	132
5.3.1.8	Schmelzwasserschotter, haupttrisszeitlich (Obere Hochterrasse 2/Hitzenhofener Feld, Hochterrasse von Memminger Berg und Zeller Hochterrasse)	133
5.3.1.9	Lösslehm über Schmelzwasserschotter, haupttrisszeitlich (Obere Hochterrasse 2/Hitzenhofener Feld, Hochterrasse von Memminger Berg und Zeller Hochterrasse).....	133
5.3.1.10	Restschotter, risszeitlich, lehmig verwittert	134
5.3.1.11	Schmelzwasserschotter, hochwürmzeitlich (Niederterrasse 1 oder Vorstoßschotter/Steinheimer, Benninger, Wolfertschwendener und Daraster Feld)	134
5.3.1.12	Schmelzwasserschotter, hochwürmzeitlich (Niederterrasse 22/Memminger Feld mit Mündungsschwemmfächer bei Woringen)	135
5.3.1.13	Schmelzwasser- oder Flussschotter, hochwürmzeitlich (Niederterrasse im Tal der Westlichen Günz)	135
5.3.1.14	Lösslehm, karbonatfrei	135
5.3.1.15	Decklehm.....	136
5.3.2	Pleistozän bis Holozän.....	136
5.3.2.1	Lehm, umgelagert (Fließerde, Hang- oder Schwemmlehm).....	136
5.3.2.2	Talfüllung, polygenetisch.....	137
5.3.2.3	Schwemmkegel oder -fächer	138
5.3.2.4	Bachablagerungen, pleistozän bis holozän	138
5.3.2.5	Hochflut- und Auenlehme, schluffig bis sandig, z.T. kiesführend, pleistozän bis holozän ..	139
5.3.3	Holozän	139
5.3.3.1	Sinterkalkstein (Kalktuff), holozän.....	139
5.3.3.2	Sinterkalk (Kalktuffstein und Alm), holozän	139
5.3.3.3	Vernässungszone bis Anmoor sowie Niedermoortorf, holozän	141
5.3.3.4	Künstliche Ablagerungen (Auffüllungen, Aufschüttungen)	141
5.3.3.5	Künstlich verändertes Gelände.....	142
6.	Hydrogeologie	142
7.	Tektonischer Bau und Trennflächen.....	144
8.	Hangbewegungen	145
II. Teil: Die Verwitterung von pleistozänen, karbonatreichen Schmelzwasserschottern – Entwicklung einer Verwitterungsklassifizierung		149
1.	Einleitung.....	149
2.	Methodik.....	151
3.	Geologischer Überblick	152

4.	Geotechnische Betrachtung der Schmelzwasserschotter	157
4.1	Allgemeine, geotechnische Betrachtung der Schmelzwasserschotter	157
4.2	Geotechnische Bemerkungen.....	162
4.2.1	Tief- und Grundbau.....	162
4.2.2	Erdbau.....	163
4.2.3	Stollen- und Tunnelbau.....	163
5.	Die natürliche Veränderung der Schmelzwasserschotter	164
5.1	Konsolidierung während und nach der Sedimentation: Suffosion, Erosion und Kolmatierung innerhalb der Schmelzwasserschotter.....	164
5.2	Die Verwitterung von karbonatreichen Schmelzwasserschottern	167
5.2.1	Prozesse der chemisch-biogenen Verwitterung	168
5.2.1.1	Verkarstung.....	169
5.2.1.2	Versauerung, Verbraunung und Verlehmung	174
5.2.1.3	Dolomit-Zersatz/Dolomit-Veraschung	176
5.2.1.4	Zerfall/Zermürbung von Geröllen klastischer Sedimente	189
5.2.1.5	Vergrusung der kristallinen Gerölle	189
5.2.1.6	Sonderfall „ <i>Skelettgerölle</i> “.....	190
5.2.2	Verfestigung (Verwitterung i.w.S.)	191
5.2.3	Der Einfluss des Grundwassers auf die Verwitterung i.e.S. und die Verfestigung.....	194
5.3	Der Einfluss der chemisch-biogenen Verwitterung auf die bodenmechanischen und geotechnischen Eigenschaften.....	194
5.4	Zusammenfassung der chemisch-biogenen Verwitterung	197
6.	Geologische Orgeln	198
6.1	Tiefenverwitterung in den Schmelzwasserschottern des Hawanger Feldes	198
6.2	Geologischen Orgeln im nördlichen Alpenvorland.....	208
6.3	Die Genese der Geologischen Orgeln.....	209
6.3.1	Ein Rückblick auf die Historie der Quartärgeologie	209
6.3.2	Hypothesen zur Genese der Geologischen Orgeln	211
6.4	Geologische Orgeln im Arbeitsgebiet	215
7.	Verwitterung und Stratigraphie	218
8.	Entwurf einer Verwitterungsklassifizierung	220
9.	Schlussbetrachtung und Ausblick.....	223
Anlagen		I
Anlage 1: Literatur		I
Anlage 2: Verzeichnis wichtiger, geologischer Aufschlüsse.....		XXXIII
Anlage 3: Bohrungen (Auswahl).....		XLI
Anlage 4: Schichtenverzeichnisse der ausgewählten Bohrungen.....		XLII
Anlage 5: Verzeichnis aller recherchierten und ausgewerteten Bohrungen sowie der bei der Kartierung durchgeführten Bohrungen		LXVIII
Anlage 6: Verzeichnis der recherchierten und ausgewerteten Schurfe (nur temporär vorhanden) für Baugrunduntersuchungen.....		CXXVI
Anlage 7: Karte mit morphologisch markanten archäologischen Strukturen.....		CXXX
Beilagen		
Beilage 1: GK25 Blatt Nr. 8027 Memmingen		
Beilage 2: Profiltafel zur GK25		
Beilage 3: Quartärbasiskarte		

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Aufteilung der Kartiergebiete	1
Abb. 2: Schematisches Profil in Schüttungsrichtung durch einen Schotterkörper	6
Abb. 3: Schematisches, geologisches Profil entlang der Südgrenze des Arbeitsgebietes	6
Abb. 4: Schematisches Blockbild Gefälle - Erosionsanschnitt	7
Abb. 5: Geographische Übersichtskarte mit der Lage des Blattes Nr. 8027 Memmingen	8
Abb. 6: Geographische Übersichtskarte Blatt Nr. 8027 Memmingen.	10
Abb. 7: Hillshade-Darstellungen mit deutlich erkennbaren Altwegrinnen	16
Abb. 8: Karte der Verbreitung der donauzeitlichen Schmelzwasserschotter	26
Abb. 9: Geologische Orgeln W' von Bossarts	34
Abb. 10: Geologisches W-E-Profil Kronburg – Brandholz (10-fach überhöht)	39
Abb. 11: Karte der Verbreitung der mindelzeitlichen Schmelzwasserschotter	54
Abb. 12: Geologische Orgeln bei Untersteinbühl	56
Abb. 13: Karte der Verbreitung der risszeitlichen Schmelzwasserschotter	59
Abb. 14: Mammutzahn aus dem risszeitlichen Hawanger Feld	62
Abb. 15: Deckschichten in den Ziegeleigruben von Goßmannshofen	65
Abb. 16: Hillshade-Darstellung des Südendes des Hawanger Feldes	67
Abb. 17: Geologische Orgeln in den risszeitlichen Konglomeraten des Hawanger Feldes	68
Abb. 18: Hillshade-Darstellung einem konstruierten, risszeitlichen Canyon-Lobus	72
Abb. 19: Karte der Verbreitung der würmzeitlichen Schmelzwasserschotter	76
Abb. 20: Mammutzahn aus dem würmzeitlichen Daraster Feld	79
Abb. 21: Baugrube in Memmingen in würmzeitlichen Schmelzwasserschotter	81
Abb. 22: Kiesgrube in der Sohle des Ziegelberger Trompetentälchens	83
Abb. 23: Übersichtskarte mit dem mindelzeitlichen Eisrand des Iller-Vorlandgletschers	98
Abb. 24: Karte der Verbreitung der mindelzeitlichen Schmelzwasserschotter	99
Abb. 25: Karte des W-Lobus des würmzeitlichen Iller-Vorlandgletschers	106
Abb. 26: OSM in der Ton- und Sandgrube SW' der Kronburg	114
Abb. 27: Tethys- und Paratethys-Gliederung des Neogens	115
Abb. 28: Profil Steinbruch Fautzen	117
Abb. 29: OSM-Aufschluss an der Bahnstrecke Westerheim-Ottobeuren	118
Abb. 30: Holzfund in Fließerden aus der Ortschaft Kronburg	137
Abb. 31: Geographische Übersichtskarte der Umgebung von Memmingen	153
Abb. 32: Kiesgrube Benningen: Geologische Orgeln in risszeitlichen Schmelzwasserschottern	154
Abb. 33: Kiesgrube Benningen: Schotterlehm mit Sandlage	155
Abb. 34: Kiesgrube Benningen: scharfe Grenze zwischen Schmelzwasserschottern und Schotterlehm	156
Abb. 35: Kiesgrube Benningen: Schichtprofil der risszeitlichen Schmelzwasserschotter	157
Abb. 36: Kiesgrube Benningen: feingeschichtete Sandlage	158
Abb. 37: Kiesgrube Benningen: fein- sowie schräggeschichtete, kiesige Sandlage	158
Abb. 38: Kiesgrube Benningen: matrixfreie Rollkieslage	160
Abb. 39: Kiesgrube Benningen: „normaler“ Schmelzwasserschotter	160
Abb. 40: Kiesgrube Inneberg: kolmatierte Rollkieslage	166
Abb. 41: Anschnitt eines Kieselkalkgerölls mit kalkhaltigem Kern	169
Abb. 42: Dünnschliffaufnahme eines Flyschgerölls aus Kieselkalk	170
Abb. 43: Kiesgrube Benningen: zersplittertes Geröll aus kieseligem Flyschkalk	171
Abb. 44: Dünnschliffserie verschiedener Gerölle, die oberflächlich alle gelbliche bis gelbbraune Verwitterungsfarben besitzen	172
Abb. 45: Kalk in Kössener Mergeln	173
Abb. 46: Greiter Tal: durch Ausfällungen rostbraun verfärbte Rollkieslage	175
Abb. 47: Kiesgrube Benningen: durch Ausfällungen schwarz gefärbte Rollkieslage	175
Abb. 48: Kiesgrube Benningen: zersetzte/veraschte Dolomitgerölle	178
Abb. 49: Kiesgrube Benningen im Winter bei der Probennahme	180

Abb. 50: Dünnschliffserie verschiedener Dolomitgerölle.....	182
Abb. 51: Dünnschliff eines randlich veraschten Dolomitgerölls.....	183
Abb. 52: Dünnschliffe randlich veraschter Dolomitgerölle.....	183
Abb. 53: Dolomitasche unter dem REM.....	185
Abb. 54: Randlich veraschtes Dolomitgeröll unter dem REM.....	186
Abb. 55: Randlich veraschtes Dolomitgeröll unter dem REM.....	187
Abb. 56: „Dolomit-Skelettgeröll“.....	191
Abb. 57: Kiesgrube Benningen: Geologische Orgeln.....	198
Abb. 58: Kiesgrube Benningen: Geologische Orgeln.....	199
Abb. 59: Kiesgrube Benningen: Geologische Orgeln.....	200
Abb. 60: Kiesgrube Benningen: Geologische Orgeln.....	201
Abb. 61: Kiesgrube Benningen: Geologische Orgeln.....	201
Abb. 62: Kiesgrube Benningen: Geologische Orgeln.....	202
Abb. 63: Kiesgrube Benningen: Geologische Orgeln.....	203
Abb. 64: Kiesgrube Benningen: räumliche Verbreitung der Geologischen Orgeln.....	204
Abb. 65: Kiesgrube Benningen: räumliche Verbreitung der Geologischen Orgeln.....	205
Abb. 66: Formel nach DREIMANIS zur Berechnung der ursprüngliche Bodenmächtigkeit.....	206
Abb. 67: Geologische Orgeln bei Untersteinbühl.....	216
Abb. 68: Geologische Orgeln W' von Bossarts.....	216
Abb. 69: Historische Aufnahmen der Geologische Orgeln W' von Bossarts.....	217

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Bearbeitungsstand der acht GK25-Nachbarblätter von Blatt Nr. 8027 Memmingen.	4
Tab. 2: In der Quartärgeologie gebräuchliche Begriffe am Beispiel der Würmkaltzeit.....	7
Tab. 3: Gliederung des Neolithikums	13
Tab. 4: Gliederung der Kulturstufen im Allgäu vom Jungpaläolithikum bis ins Mittelalter.....	14
Tab. 5: Spät Römerzeitliche Wachtürme entlang der Römerstraße im Memminger Trockental ...	14
Tab. 6: Römische Gutshöfe im Memminger Trockental.....	15
Tab. 7: Burgstätte im Arbeitsgebiet	15
Tab. 8: Die „vier Felder von Memmingen“ nach PENCK & BRÜCKNER.....	20
Tab. 9: Klassische Viergliederung des alpinen Eiszeitalters nach PENCK & BRÜCKNER.....	21
Tab. 10: Um vier Kaltzeiten erweiterte Gliederung des alpinen Eiszeitalters	21
Tab. 11: Stratigraphische Gliederung des Quartärs im nördlichen Alpenvorland	22
Tab. 12: Die „vier Felder von Memmingen“ nach PENCK & BRÜCKNER.....	24
Tab. 13: Versuch einer Umbenennung der Schotternamen durch EBERL	24
Tab. 14: Versuch einer Neugliederung und Umbenennung der Schotternamen durch GRAUL und LÖSCHER	25
Tab. 15: Zusammenstellung der sog. „Unteren Deckschotter“ nach LÖSCHER.....	28
Tab. 16: Zusammenstellung der mittel- bis ältestpleistozänen Ablagerungen der Riss-Iller-Platte und der Aindlinger Terrassentreppe	29
Tab. 17: Stratigraphische Einstufungen des Böhener Feldes bis 1976.....	30
Tab. 18: Stratigraphische Einstufungen des Böhener Feldes ab 1981.....	30
Tab. 19: Aufschlüsse im Böhener Feld mit Geologischen Orgeln	33
Tab. 20: Stratigraphische Einstufungen des Kronburg-Hohenrain-Schotters bis 1973.	40
Tab. 21: Stratigraphische Einstufungen des Kronburg-Hohenrain-Schotters ab 1978.	40
Tab. 22: Interpretation der Verhältnisse von Hinterschmalholz	45
Tab. 23: Stratigraphische Einstufungen des Stephansrieder und des Guggenberger Schotters bis 1988.	51
Tab. 24: Stratigraphische Einstufungen des Stephansrieder und des Guggenberger Schotters ab 1993.....	52
Tab. 25: Stratigraphische Einstufungen des Grönenbacher Feldes bis 1953.....	55
Tab. 26: Stratigraphische Einstufungen des Grönenbacher Feldes ab 1976.	55
Tab. 27: Stratigraphische Einstufungen des Hawanger Feldes bis 1976.	61
Tab. 28: Erforschungsgeschichtliche Zusammenstellung der Einstufungen des Hawanger Feldes von 1978 bis 1988.....	61
Tab. 29: Stratigraphische Einstufungen des Hawanger Feldes ab 1995.....	61
Tab. 30: Zusammenstellung einiger Bohrungen auf dem Hawanger Feld, die die Molasse erreicht haben.	63
Tab. 31: Bodenprofil in der östlichen Lehmgrube der Ziegelei Goßmannshofen.....	66
Tab. 32: Aufschlussbohrung Ziegeleigrube Goßmannshofen.....	66
Tab. 33: Stratigraphische Einstufungen des Hitzenhofener Feldes bis 1972.	71
Tab. 34: Stratigraphische Einstufungen des Hitzenhofener Feldes ab 1976.....	71
Tab. 35: Pleistozän-Gliederung auf Blatt Nr. 8027 Memmingen.....	95
Tab. 36: Gliederung der Würmkaltzeit	102
Tab. 37: Gliederung des Würm-Spätglazials	107
Tab. 38: Gliederung des Holozäns	107
Tab. 39: Auswertung der Erdöl-Tiefbohrungen Heimertingen 1 und Legau 1.	109
Tab. 40: Für das Blattgebiet konstruierte Mächtigkeiten der Molasseeinheiten.	109
Tab. 41: Auswertung der Erdöl-Bohrungen MM CF 1002 und MM CF 1003.....	110
Tab. 42: Felsmechanische Klassifizierung der Klüfte in den bindigen OSM-Ablagerungen	113
Tab. 43: Aufschlüsse in der OSM im Nordteil des Kartenblattes.	119
Tab. 44: Aufschlüsse in der OSM im Südteil des Kartenblattes	120
Tab. 45: Kristallingehalte in den verschiedenen Schmelzwasserschottern des Memminger Trockentales	122

Tab. 46: Schotterpetrographische Zusammensetzung des Ottobeurer Schotters	128
Tab. 47: Zusammenstellung der bei EBERL genannten Aufschlüsse im Ottobeurer Schotter ..	129
Tab. 48: Zusammenstellung der bei GRAUL et al. beschriebenen Aufschlüsse im Ottobeurer Schotter auf dem Böhener Feld.	130
Tab. 49: Aufschlüsse im Ottobeurer Schotter	130
Tab. 50: Schotterpetrographische Analyse der risszeitlichen Schmelzwasserschotter des Hawanger Feldes	132
Tab. 51: Bohrung 8027-LEB-BG-476 mit drei Grundwasserstockwerken.....	143
Tab. 52: Im Arbeitsgebiet auftretende Typen von Hangbewegungen	146
Tab. 53: Ursachen und Trigger für Hangbewegungen im Arbeitsgebiet.	146
Tab. 54: Bodenarten, Bodengruppen und Bodenklassen in den Schmelzwasserschottern.....	159
Tab. 55: Generalisierte Angaben der Bodenarten, Bodengruppen und Bodenklassen.	162
Tab. 56: Änderung der geotechnischen Eigenschaften der Schmelzwasserschotter im Zuge der chemisch-biogenen Verwitterung	196
Tab. 57: Ermittlung der ursprünglichen Mächtigkeiten nach DREIMANIS	207
Tab. 58: Entwurf einer Verwitterungsklassifizierung	222
Tab. 59: Auswahl einiger Bohrungen auf Blatt Nr. 8027 Memmingen	XLI

Danksagung

Mein Betreuer Prof. Dr. Herbert Scholz hat mich nach acht Jahren der reinen Baugeologie wieder entrissen und mir als sein Lehrassistent den Weg zurück zur Forschung und Lehre an der Technischen Universität München ermöglicht. Dafür gilt ihm mein erster Dank. In den acht Jahren auf Baustellen habe ich häufig Projekte in quartären Gesteinen begleitet: angefangen in der Münchener Schotterebene auf der Baustelle für das Terminal 2 am Münchener Flughafen, über das Innsbrucker Mittelgebirge im Rahmen eines Tunnelprojektes bis hin zu Hochflutablagerungen im Perflussdelta in Südchina, um nur drei große zu nennen. Bei diesen Projekten lernte ich als Ingenieurgeologe die geotechnischen Aspekte der quartären Gesteine kennen, aber mein Interesse für das Quartär weckte bereits Prof. Dr. Scholz während meines Studiums auf Geländeübungen im Allgäu. Auf zwei gemeinsamen Fahrten nach Westgrönland 1996 und 2000 fachte er dann in mir im Angesicht rezenter Gletscherränder und einer aktiven Sanderfläche die Begeisterung für das Pleistozän an. Dafür und für seine sehr gut strukturierte und fundierte, aber auch fesselnde und anschauliche Lehre im Hörsaal aber v.a. auch im Gelände gilt ihm mein zweiter Dank. Sein Ruf als hervorragender Quartärgeologe und seine Position innerhalb eines „Quartärgeologen-Netzwerkes“ waren die Grundlage dafür, dass das Bayerische Landesamt für Umwelt die Bearbeitung einiger Kartenblätter im Alpenvorland mit ihm als Projektleiter an die TU München übergab. Hierzu gehörte auch das vorliegende Blatt Nr. 8027 Memmingen, das als ehemaliges Arbeitsgebiet von Albrecht Penck somit zur „Klassik“ der Quartärgeologie gehört und mir zur Bearbeitung anvertraut wurde. Dafür und für die Stellung des Dissertationsthemas gilt ihm mein dritter Dank. Während der etwa dreieinhalbjährigen Bearbeitung des Kartenblattes im Zeitraum September 2008 bis Januar 2012, die in der vorliegenden Dissertation ihren Abschluss findet, zeigte er nicht nur laufend reges Interesse am Fortgang der Arbeit sondern unterstützte mich fachlich bestens. Stets stand er für Fragen und gemeinsame Geländebegehungen zur Verfügung. Auch ließ er mir viele Freiheiten in der Gestaltung meines Zeitplanes und meiner Arbeitsabläufe, damit es nicht zur Kollision zwischen den Arbeiten für meine Dissertation und meinen Aufgaben an der TU München sowie als Familienvater kam. Dafür und für die zahllosen wissenschaftlichen, sehr fruchtbaren Diskussionen gilt ihm mein vierter Dank. Prof. Dr. Scholz war menschlich und fachlich ein Betreuer, wie ich ihn mir nicht besser hätte wünschen können. Vielen Dank!

Auf Tagungen der AGAQ (Arbeitsgruppe Alpenvorlandquartär der DEUQUA) lernte ich Prof. Dr. Christian Schlüchter von der Universität Bern kennen, der sich dazu bereit erklärte, sich als externer Gutachter für die Dissertation zur Verfügung zu stellen. Vor Abgabe der Dissertation lud er mich deshalb zu einem Vortrag auf die INQUA-Tagung im Juli 2011 nach Bern ein, damit er sich ein genaueres Bild meiner Arbeit machen konnte. Im Gegenzug kam er im Spätherbst 2011 für einen Vortrag an die TU München; er verband diesen Termin mit einem ausführlichen Gespräch mit mir über meine bis dahin auch schon textlich sehr weit gediehene Arbeit. Dafür und für seine kritischen aber auch sehr konstruktiven Fragen und wertvollen Anregungen zu meiner Arbeit spreche ich ihm hiermit meinen Dank aus.

Sowohl dafür, dass ich die Einrichtung und Geräte des Lehrstuhls für Ingenieurgeologie der TU München nutzen konnte, als auch für die Bereitschaft, sich ebenfalls als Gutachter für die Dissertation zur Verfügung zu stellen, danke ich Prof. Dr. Kuroschi Thuro. Besonders ausgezeichnet hat ihn die stete Bereitschaft, mich bei den ingenieurgeologischen Kapiteln der Dissertation, v.a. bei den Fragen zur Verwitterung und Verwitterungsklassifizierung zu unterstützen. Gerade die ingenieurgeologisch wichtigen Aspekte der Verwitterung konnte ich im Rahmen von Vorträgen auf ingenieurgeologischen Tagungen, beispielsweise auf der Tagung der IAEG in Auckland/Neuseeland 2010 oder auf der Tagung Ingenieurgeologie in Berlin 2011, einem breiten Fachpublikum präsentieren und zur Diskussion stellen. Gemeinsam reisten wir zu den Tagungen und Prof. Dr. K. Thuro half mir mit kritischen Fragen und wertvollen Anregungen nicht nur bei der Vorbereitung der Vorträge sondern auch bei der Gestaltung meiner gesamten Arbeit. Hierfür gilt ihm mein Dank an dieser Stelle. Gleichfalls danken möchte ich ihm für seine sehr besonnene Hochschulpolitik und Bereitschaft, mich auf ganzer Breite zu unterstützen, so dass ich über die Jahre hinweg immer eine volle Stelle am Lehrstuhl innehatte.

Die von Prof. Dr. H. Scholz und mir bzw. von Prof. Dr. K. Thuro und mir gemeinsam betreuten Abschlussarbeiten von Dipl.-Geol. Ute Bellmann, M.Sc. Frank Biersack, Dipl.-Geol. Zhao Chen, M.Sc. Bastian Cording, Dipl.-Geol. Lea Fixl, Dipl.-Geol. Felix Grimmeisen, B.Sc. Sibylle Knapp und B.Sc. Tobias Riesberg ermöglichten mir den Blick weit über die ansonsten sehr eng gesteckten Ränder eines Kartenblattes zu werfen und spezielle Fragen sehr gezielt und detailliert zu bearbeiten. Hierfür und für die interessanten Tage im Labor sowie im Gelände, v.a. mit „*Freaky und den Mürbis*“, gilt mein Dank. Die Diplomkartierungen waren eine unschätzbare Hilfe bei der Erstellung der geologischen Karte. Nicht nur für die zahlreichen, gemeinsamen Geländetage, bei denen ich wirklich alle Rinnen und Gräben des Kartenblattes kennenlernte, und die Unterstützung bei den Kleinrammbohrungen sondern auch für die gemütlichen, gemeinsamen Abende im Kartierquartier in der alten Ölmühle von Klessen gilt mein besonderer Dank den Diplomanden. Zusätzlich möchte ich mich hier auch bei der Familie Schröter für die Gastfreundschaft bedanken, die sie mir stets in der Ölmühle gewährten.

Die einzelnen Abschlussarbeiten wurden von allen Mitarbeitern des Lehrstuhls unterstützt. Stellvertretend möchte ich Dipl.-Geol. Vladimir Ruttner, der tatkräftig bei der Probenpräparation half und die Herstellung der zahlreichen Dünnschliffe unterstützte, Prof. Dr. Albert Gilg, der mehrere XRD-Untersuchungen durchführte und bei der Auswertung half, und Dr. Günter Grundmann, dessen Unterstützung bei der Analyse der Dünnschliffe viele neue und wertvolle Erkenntnisse lieferte, nennen. Allen Kollegen und Mitarbeitern am Lehrstuhl sei an dieser Stelle gedankt.

Herauszuheben unter den Kollegen sind besonders noch mein Zimmerkollege Prof. Dr. John Singer für die zahllosen „kleinen“ Fragen meinerseits und „ausführlichen“ Antworten seinerseits sowie Dipl.-Geol. Silvia Beer und M.Sc. Florian Menschik, die mir ebenfalls unschätzbare Dienste bei der Umsetzung meiner CoreDRAW-Dateien in ArcGIS-Dateien erwiesen. Ohne sie wäre diese Umsetzung, die hauptsächlich auf ihren Schultern ruhte, nicht möglich gewesen. Vielen Dank dafür!

Bei der Jagd nach der umfangreichen Literatur zum Arbeitsgebiet und dessen Umfeld konnte ich mich völlig auf B.Sc. Carola Wieser verlassen, die stets meinen „Wunschzettel“ gewissenhaft abarbeitete und die Bücher und Zeitschriften in ihrem Namen auslieh. Hierfür und für ihre stets muntere und freundliche Art gilt mein Dank.

Bei Fragen zur Archäologie und archäologischen Objekten im Arbeitsgebiet waren mir die Archäologin Dr. Birgit Gehlen von der Universität zu Köln, die „Heimatpfleger“ Dipl.-Ing. Walter Keinert (Kempton), Hr. Johann Krempf (Obergünzburg) und Hr. Leonhard Maier (Niederdorf) eine große Hilfe. Ihnen sei hier gedankt.

Den Zugang zum Archiv des Stadtmuseums Memmingen, das mehrere Mammutzähne aus dem Arbeitsgebiet enthielt, ermöglichte mir Fr. Ute Perlitz. Dr. Reinhard Ziegler vom Staatlichen Museum für Naturkunde in Stuttgart fand Zeit und war in der Lage die Mammutzähne anhand meiner Photos zu bestimmen. Beiden sei hier für ihre Hilfsbereitschaft gedankt.

Ein weiterer Dank gebührt Prof. Dr. Georg Spaun, meinem „alten“ Diplomvater, für sein sehr reges Interesse besonders an den Geologischen Orgeln in meinem Arbeitsgebiet. Der gemeinsame Geländetag mit den sehr interessanten Diskussionen über dieses Verwitterungsphänomen sowie der Hinweis auf seine Publikationen zu den Geologischen Orgeln im Ennstal bei Hieflau waren sehr wertvoll.

Danken möchte ich auch dem Kieswerk Kling und seinen freundlichen Mitarbeitern, die mir stets einen problemlosen Zugang zu ihrer Kiesgrube in Benningen gewährten.

Dipl.-Geol. Markus Bauer und Dr. Peter Neumann vom Baugeologischen Büro Bauer danke ich für die stets gewährte Hilfsbereitschaft und Unterstützung.

Ein ganz besonderer Dank geht an meine liebe Frau und meine beiden Söhne, die in den zurückliegenden Jahren mehrfach von „quartären Massen“ beiseitegeschoben wurden. Doch ihre Opferbereitschaft und ihr steter Glauben daran, dass diese Dissertation irgendwann einmal zu einem Ende kommen wird, ließen sie durchhalten. Ohne die äußerst tatkräftige Unterstützung meiner Frau und ohne ihre Kompromissbereitschaft hätte ich niemals den Rücken so weit freigegeben, diese Dissertation zu vollenden. Vielen herzlichen Dank dafür!

Der letzte Dank geht an meine engen Freunde O., F. und F., die mich stets moralisch unterstützt und motiviert haben, eine Dissertation anzufangen und auch bis zum Ende durchzuhalten, wann immer es notwendig war.

*Für
Finn und Falk*

Vorwort

Die vorliegende Arbeit ist in zwei Teile gegliedert. Der erste Teil beinhaltet eine klassische, geologische Kartierung des Arbeitsgebietes mit dazugehörigen Erläuterungen; der zweite Teil befasst sich mit den quartärgeologisch wichtigen sowie hydrogeologisch und geotechnisch relevanten Prozessen bei der Verwitterung von karbonatreichen Schmelzwasserschottern, deren Erforschung und Bewertung in einer Verwitterungsklassifizierung analog zur Verwitterungsklassifizierung für Festgesteine (ISRM 1978, IAEG 1981, SPAUN & THURO 2000) umgesetzt wurden.

Das Arbeitsgebiet wird von pleistozänen, karbonatreichen Schmelzwasserschottern geprägt, die einem Sockel aus tertiären (neogenen) Molassegesteinen aufliegen und mindestens vier verschiedenen Kaltzeiten zugewiesen werden können. V.a. aufgrund dieser unterschiedlichen Alter sind die Schmelzwasserschotter verschieden stark verwittert. Einer für die Erforschung der Verwitterungsprozesse wichtigsten Aufschlüsse war die Kiesgrube des Kieswerkes Kling an der Hawanger Straße in Benningen, SE' von Memmingen. Da sich die Grube noch in Betrieb befindet, änderten sich die Aufschlussverhältnisse laufend und daher wurde die Grube im Zuge der Geländearbeiten mehrfach aufgenommen. Bei den Grubenbegehungen sowie durch die ergänzenden Laboruntersuchungen konnten aus quartärgeologischer sowie hydrogeologischer und geotechnischer Sicht interessante Geländebefunde zur Verwitterung der dort anstehenden risszeitlichen Schmelzwasserschotter gesammelt werden. Das Besondere an der Verwitterung dort ist, dass es – neben der überall ablaufenden, flachgründigen **Oberflächenverwitterung**¹ – auch noch eine ausgeprägte **Tiefenverwitterung**² gibt, die zur Ausbildung von zapfenförmigen bis schlotartigen Verwitterungsphänomenen führt, sog. **Geologischen Orgeln**. Die Befunde gerade aus dieser Kiesgrube stellen eine wichtige Grundlage für eine neu entwickelte Verwitterungsklassifizierung für pleistozäne, karbonatreiche Schmelzwasserschotter dar.

¹ Oberflächenverwitterung: allmählich, großflächig von der Oberfläche in die Tiefe voranschreitende Verwitterung, die mit einer intensiven Braunfärbung, Entkarbonatisierung und Verlehmung verbunden ist.

² Tiefenverwitterung: punktuell von der Basis der Oberflächenverwitterung in die Tiefe vorauseilende Verwitterung, die ebenfalls mit einer intensiven Braunfärbung, Entkarbonatisierung und Verlehmung verbunden ist.

I. Teil: Die geologischen Verhältnisse auf der GK25 Blatt Nr. 8027 Memmingen

1. Einleitung

1.1 Vorwort und Veranlassung

Im Rahmen des Projektes „*Informationsoffensive oberflächennahe Geothermie 2008-2011*“ des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (LfU) wurde der Lehrstuhl für Ingenieurgeologie der Technischen Universität München von der Abteilung 10 – Geologischer Dienst am LfU beauftragt, die Erstkartierung der Geologischen Karte von Bayern 1:25000 (GK25), Blatt Nr. 8027 Memmingen unter der Betreuung von Prof. Dr. Herbert Scholz durchzuführen. Bearbeitet wurde das Thema von Dipl.-Geol. Bernhard Lempe im Zuge seiner Dissertation. Vom Herbst 2008 bis Winter 2011/2012 liefen die Gelände-, Labor- und Schreibearbeiten; die Kartierung wurde im S und im E des Kartenblattes durch drei von H. Scholz und B. Lempe gemeinsam betreute Diplomkartierungen unterstützt: das Gebiet im SW wurde von Lea Fixl (FIXL 2009), das Gebiet in E von Zhao Chen (CHEN 2011a) sowie das dazwischenliegende Gebiet von Ute Bellmann (BELLMANN 2009) im Maßstab 1:10000 kartiert (siehe Abb. 1). Dabei wurden durch die drei Diplomkartierungen v.a. die mindel- bis donauzeitlichen Schmelzwasserschotter bearbeitet, während sich die Kartierung von B. Lempe v.a. mit den riss- und wärmzeitlichen Ablagerungen befasste. An das Kartiergebiet von Zhao Chen schloss sich im E, bereits vollständig auf Blatt Nr. 8028 Markt Rettenbach gelegen, die Diplomkartierung von Felix Grimmeisen (GRIMMEISEN 2011) an, der das Tal der Östlichen Günz um Markt Rettenbach, das Auerbachtal und die Region des Hochfirsts bearbeitete und wertvolle Erkenntnisse für den Blick über die relativ engen Grenzen von Blatt Nr. 8027 Memmingen lieferte.

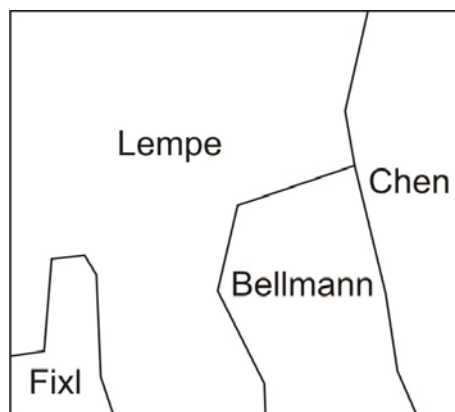


Abb. 1: Geologische Kartierung der GK25 Blatt Nr. 8027 Memmingen im Maßstab 1:10000, Aufteilung der Kartiergebiete.

In ihren Diplomarbeiten beschäftigten sich Ute Bellmann und Lea Fixl intensiv mit den hydrogeologischen Verhältnissen ihrer Kartiergebiete und Zhao Chen (CHEN 2011b) mit den hydrogeologischen und geothermischen Verhältnissen des Stadtgebietes von Memmingen.

Sehr wertvolle Informationen zur Geologie der Iller-Lech-Platte und des Allgäus vermittelten der zuständige Regionalgeologe des Landesamtes für Umwelt (LfU), Dr. G. Doppler, und Prof. Dr. H. Scholz (Technische Universität München). Prof. Dr. K. Rögner (Ludwig-Maximilians-Universität München), Prof. Dr. H. Jerz sowie Dr. W. Grotenthaler (GLA, a.D.) unterstützten die vorliegende Arbeit mit zahlreichen Gesprächen zur stratigraphischen Interpretation der quartären Einheiten.

An nicht veröffentlichten Unterlagen standen neben den drei von B. Lempe und H. Scholz betreuten Diplomkartierungen für die Kartenbearbeitung zur Verfügung: forstliche Standortskarten der Bayerischen Staatsforsten, Forstbetrieb Ottobeuren sowie der Ämter für Landwirtschaft und Forsten des Landkreises Unterallgäu (Bearbeiter: K.-P. Jung, Bayerische Staatsforsten), das Bohrarchiv, das Lagerstättenarchiv und das Bodenschätzungsarchiv des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (LfU), sowie digital aufbereitete Daten aus dessen Bodeninformationssystem (BIS). Archäologische Fundstellen des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege wurden ebenfalls für stratigraphische Überlegungen herangezogen. Darüber hinaus wurden moorkundliche Aufnahmen der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft ausgewertet. Folgende Ingenieurbüros gewährten dankenswerterweise Einsicht in ihre Bohrarchive: Dr. Ebel & Co. (Bad Wurzach-Arnach), ICP Ingenieurgesellschaft Prof. Czurda und Partner mbH (Karlsruhe), Geo-Umwelt-Team (Marktobersdorf), Kling Bohrtechnik (Zusmarshausen), Kling Consult (Krumbach), Moräne Bohrgesellschaft Dr.-Ing. Georg Ulrich und Terrasond (beide Günzburg). Weitere wertvolle Archive für Bohrdaten besaßen u.a. die DB Immobilien, das Tiefbauamt Memmingen, das Staatliche Bauamt in Kempten, das Staatliche Straßenbauamt in Kempten, die Autobahndirektion Südbayern, das WWA Kempten und die Stadtwerke Memmingen, die stets sehr hilfsbereit waren und einen problemlosen Zugang zu ihren Archiven ermöglichten.

1.2 Methodik und Begriffsdefinition

Ergänzend zu den klassischen Kartierkriterien wie Lithologie und Gefügedaten (FIEBIG 1999) wurde ein besonderes Augenmerk auf die Verwitterungserscheinungen, die Verfestigung der Schmelzwasserschotter, die Schotterpetrographie³ und auf die Höhenlage sowie das Relief der Quartärbasis gelegt. Neben den Geländebegehungen stellten v.a. die Bodendatenarchive⁴ von Bohrfirmen, Ingenieurbüros und verschiedenen Ämtern eine der wichtigsten und wertvollsten Datenquellen dar (siehe Kap. 1.1). Insgesamt wurden 1572 Bohrungen und 93 Schurfe (siehe Anlagen 3, 4, 5 und 6) recherchiert und ausgewertet⁵ und dabei öffneten nicht einmal alle Büros und Firmen ihr Archive, obwohl sie hierzu nach dem bereits seit 1934 gültigen Lagerstättengesetz (LagerStG) verpflichtet gewesen wären [1].

Zum Erkennen und zur Abgrenzung von geologischen Einheiten und Hangbewegungen hatten Hillshade-Darstellungen, die mit Hilfe von Digitalen Geländemodellen (DGM)⁶ erstellt wurden, eine herausragende Bedeutung; sie können die Arbeit im Gelände und mit herkömmlichen topographischen Karten erheblich verbessern und erleichtern.

Weiterhin ein großes Problem stellt die zeitliche Einstufung (**Chronostratigraphie**) der einzelnen, getrennt voneinander auftretenden Schotterkörper für die Kartierarbeiten dar (RÖGNER 2004: 236), da bis auf zwei Mammutzähne (siehe Kap. 3.3.1 und 3.4.1) in der Regel datierbare Fossilien oder archäologische Funde fehlen, Altersbestimmungen mit Hilfe von ¹⁴C-Datierungen⁷ oder Dendrochronologie nicht weit genug zurückreichen (abgesehen davon, dass pleistozäne Holzfunde im Arbeitsgebiet bisher nicht getätigt wurden⁸) und pedolo-

³ Schotterpetrographie: petrographische Beschreibung und Klassifizierung der einzelnen Schotterkomponenten und deren prozentuale (Stückprozent) Verteilung; jeweils bezogen auf mindestens 300 Gerölle der Grobkiesfraktion.

⁴ Ergebnisse von Aufschlussbohrungen für Baugrunduntersuchungen, Lagerstättenbohrungen für den Kiesabbau, Bohrungen für die Grundwassererkundung, -beobachtung, -gewinnung sowie -nutzung, Erkundungsbohrungen der Erdöl- und Erdgasexploration, Rammsondierungen und Kleinrammbohrungen sowie Schurfe.

⁵ Hinzu kommen noch einige hundert Bohrungen, zu denen entweder kein Schichtenverzeichnis mehr vorhanden oder deren Bohransatzpunkt nicht mehr ermittelbar war. Unbekannt ist die Zahl der Bohrungen, deren Daten bereits vollständig vernichtet sind.

⁶ Das DGM mit einer Auflösung von 2 m wurde vom LfU zur Verfügung gestellt.

⁷ siehe GROOTES (1979) sowie JERZ (1970) und zur Kalibrierung der ¹⁴C-Zeitskala GEYH & SCHLÜCHTER (1989)

⁸ Der einzige dokumentierte Holzfund auf dem Kartenblatt stammt aus der Bohrung **8027-LEB-BG-288** (R: 43.65350/H: 53.18313) im östlichen Stadtgebiet von Memmingen, in der an der Grenze

gische Datierungen sowie Datierungen über OSL (**Optisch Stimulierte Lumineszenz**⁹) nur bei den feinkörnigen Deckschichten greifen; allerdings ist das Material aus dem Arbeitsgebiet aufgrund zu geringer Quarz- und Feldspatgehalte sowie unvollständiger Bleichung i.d.R. für OSL ungeeignet (BECKER-HAUMANN 2005: 25). Datierungsversuche mit Hilfe von kosmischen Nukliden stecken noch in den Anfängen und liegen noch nicht in ausreichender Dichte vor (HÄUSELMANN et al. 2007).

Daher muss auch in dieser Arbeit, wie bei allen vorhergehenden Arbeiten (siehe Kap. 2.3.2), überwiegend mit **morphostratigraphischen Methoden**, hier besonders mit der bewährten **Terrassenstratigraphie**, gearbeitet werden, die BECKER-HAUMANN (2005: 2) „*als probate Arbeitsmethode zur Klärung der Ablagerungsreihenfolge von Terrassen*“ bezeichnet. Grundgedanke der Terrassenstratigraphie ist, dass jeder Schotterkörper eine einphasige Entstehung besitzt, die Füllung eines vormaligen Tales darstellt und dass sich dieser Prozess der Talbildung durch Erosion mit anschließender Schotterakkumulation im Iller-Lechgebiet mehrfach zyklisch wiederholt hat (BECKER-HAUMANN 2005: 2). Dabei gilt, dass bei benachbarten Schottern der jeweils höherliegende älter (nur relative Alter) sein muss als der tieferliegende (Abb. 3). Abgesehen von den eisrandnahen Bildungen gilt für das unmittelbare Arbeitsgebiet auch die von REISSINGER (1950) formulierte Faustformel: „*Sie (gemeint sind die neu entstandenen Erosionstäler, Anmerkung des Verfassers) sind in der Regel so tief, daß die Oberfläche des eingelagerten jüngeren Schotters noch unterhalb der Basis des älteren zu liegen kommt.*“ (REISSINGER 1950: 5)

Bei den Schottern handelt es sich stets um Schmelzwasserschotter, also um kaltzeitliche Bildungen, da sie weiter im S in Endmoränenwälle übergehen¹⁰. Im Gegensatz dazu dominierte in den Warmzeiten die Erosion und neue Täler wurden auf einem tieferen Niveau ausgeräumt (BECKER-HAUMANN 2005: 2f). SCHAEFER (1950a, 1950b, 1995a: 300ff) betrachtete sowohl die Tieferlegung des Talbodens als auch die Talverschüttung differenzierter und folgerte, dass die Hauptphase der Erosion erst mit dem Klimawechsel am Beginn einer Kaltzeit abläuft¹¹.

Heutige Höhenlage und Gefälle der Quartärbasis eines Schotterkörpers hängen von der damaligen Höhenlage und Form der Talsohle, von der Lage des Vorfluters und von der Höhenlage des Gletschertores ab, aus dem sich die Schmelzwässer ins Gletschervorfeld ergossen.

Für stratigraphische Einstufungen, die über rein relative Altersbeziehungen aufgrund der Höhenlage der Quartärbasis hinausgehen sollen, ist ein Blick über die engen Blattgrenzen notwendig, wobei es sich als günstig herausstellte, dass zahlreiche der Nachbarblätter bereits bearbeitet waren (siehe Tab. 1), so dass ein gewisser stratigraphischer Rahmen vorlag, der noch durch zahlreiche Publikationen ergänzt wurde. Hierbei zeigte es sich aber schnell, dass sowohl manche stratigraphische Einstufung als auch Verknüpfung mit Nachbarfeldern durchaus kontrovers diskutiert wird und man aus den Beschreibungen und Argumenten der anderen Autoren selbst zu einem Urteil kommen musste, dem die eigenen Geländebefunde nicht widersprachen und das ins „gültige“ Bild passt. Letztendlich konnte so ein in sich schlüssiges Model der geologischen und stratigraphischen Verhältnisse für das Blatt Nr. 8027 Memmingen entworfen werden, das weitgehend mit den Ergebnissen von PENCK &

Schmelzwasserschotter/Alm Holz angebohrt wurde, bei dem es sich vermutlich um einen alten, holozänen Baumstamm handelt.

⁹ siehe u.a. RÖGNER et al. (1988), ZÖLLER (1989, 1995), FRECHEN (1991), STREMMER et al. (1991), PREUSSER (1999), FIEBIG & PREUSSER (2001, 2002, 2003), PREUSSER & SCHLÜCHTER (2002)

¹⁰ Den Übergang der Schmelzwasserschotter in Endmoränenwälle glauben PENCK & BRÜCKNER für die Würm-, Riss-, Mindel- und Günzkaltzeit im Iller-Lech-Gebiet nachgewiesen zu haben (SCHAEFER 1995: 300ff): S' von Wolfertschwenden bei Ziegelberg ist der Übergang der Schmelzwasserschotter für die Würmkaltzeit (PENCK & BRÜCKNER 1909: 36), bei Legau für die Risskaltzeit (PENCK & BRÜCKNER 1909: 36), bei Brandholz am Grönenbacher Wald für die Mindelkaltzeit (PENCK & BRÜCKNER 1909: 37) dokumentiert, für die Günzkaltzeit wird er am Wagegger Sporn S' Fleschützen postuliert (PENCK & BRÜCKNER 1909: 38 sowie EBERL 1930: 300f).

¹¹ Als Folgen dieses Klimawechsels führt SCHAEFER (1995: 302) neben der Temperaturniedrigung, die stärkere Konzentration auf zwei Jahreszeiten, die Vegetationslichtung und die damit einhergehende steigende Erosionsleistung an.

BRÜCKNER (1909), EBERL (1930), JERZ et al. (1975), STREIT et al. (1975), DOPPLER & JERZ (1995), DOPPLER (2003) und BECKER-HAUMANN (2005) übereinstimmt. Allein der Guggenberger und Stephansrieder Schotter wird wieder stratigraphisch mit dem donauzeitlichen Böhener Feld (günzzeitlich im klassischen PENCK'schen Sinne), wie es schon PENCK & BRÜCKNER (1909) und EBERL (1930) postuliert haben, verknüpft und nicht in eine jüngere Kaltzeit gestellt.

Tab. 1: Bearbeitungsstand der acht GK25-Nachbarblätter von Blatt Nr. 8027 Memmingen.

7926 Rot a. d. Rot (SZENKLER et al. 2001)	7927 Amendingen (JERZ & WAGNER 1978)	7928 Mindelheim (nicht bearbeitet)
8026 Aitrach (FESSELER & Goos 1988)	8027 Memmingen (LEMPE & SCHOLZ 2011)	8028 Markt Rettenbach (nicht bearbeitet)
8126 Leutkirch im Allgäu-Ost (WENNINGER et al. 1994)	8127 Bad Grönenbach (KLUSCH 1995) (nicht veröffentlicht)	8128 Obergünzburg (ROPPELT 1988) (nicht veröffentlicht)

Konstruktion Quartärbasis: Da es im gesamten Arbeitsgebiet nur einen natürlichen Aufschluss¹² (an den Geologischen Orgeln von Bossarts) gibt, an dem man die Hand auf die Grenze Molasse-Schmelzwasserschotter legen kann, und nicht flächendeckend Bohrungen vorhanden sind, die bis in die Molasse reichen, muss man sich anderenorts mit dem genauen Auskartieren des Gefälleknicks, von Quellaustritten und von Hangbewegungen behelfen¹³, was allerdings mit gewissen Unsicherheiten behaftet ist, wie im Folgenden kurz erläutert wird:

Gefälleknick: Hier geht man davon aus, dass Schmelzwasserschotter, v.a. aber die Konglomerate steilere Hänge ausbilden können als die Molassegesteine. Allerdings muss man dabei bedenken, dass auf der einen Seite nicht alle Schotter zu Konglomerat verfestigt sind und es auf der anderen Seite auch zu Sand- und Mergelsteinen verfestigte Molassepartien gibt. Auch wird der Gefälleknick durch Hangschutt und Fließerden verwischt, so dass in der Regel eine Messgenauigkeit von maximal ± 1 m erreicht werden kann. Tiefgreifende und großräumige Hangbewegungen können den gesamten Schichtstapel verstellen und die Grenze Tertiär-Quartär lokal erheblich nach unten versetzen. Daher ist bei Kartierarbeiten stets auf aktive und inaktive Hangbewegungen zu achten.

Quellaustritte/Quellhorizont: Hier betrachtet man die Schmelzwasserschotter und Konglomerate als Grundwasserleiter und die Molassegesteine als Grundwasserhemmer bis -stauer, so dass einsickerndes Niederschlagswasser sich auf den Molassegesteinen sammelt, in den Schmelzwasserschottern einen Grundwasserkörper ausbildet und dort wieder zu Tage tritt, wo der Grundwasserkörper durch den Hang angeschnitten wird. Allerdings muss man hier ebenfalls bedenken, dass durch tiefgreifende Hangbewegungen die Grenze Quartär-Tertiär und somit auch der Quellhorizont nach unten versetzt sein kann. Hinzu kommt, dass die Molasseoberfläche nicht nur ein Gefälle sondern auch ein ausgeprägtes Relief mit Rinnen und Senken besitzt, in denen sich das Grundwasser bevorzugt sammelt und abfließt. Daher ist

¹² **8027-LEB-AG-074** (R: 43.70044/H: 53.09979)

¹³ An zahlreichen Punkten wurden Handbohrungen entweder mit einem Pürckhauer-Bohrstock (Sondendurchmesser 27 mm) oder einem Eijkelkamp-Handbohrgerät (Edelmann-Bohrer, Durchmesser 10 cm, mit Verlängerungsstangen) und Kleinrammbohrungen mit einem Atlas Copco Schlaghammer Cobra 248 (Nutstangendurchmesser 32 mm) abgeteuft, um die Deckschichten besser ansprechen und v.a. um die Quartärbasis genauer fassen zu können; die Quartärbasis zu fassen gelang aber nur in wenigen Fällen.

nicht überall entlang der Grenze Tertiär-Quartär mit Quellaustritten zu rechnen, sondern nur dort, wo sich das Grundwasser sammelt und wohin es strömt. Hangschutt und Fließerden können wiederum die genaue Lage des Quellaustritts verwischen, denn das Quellwasser kann je nach Beschaffenheit des Hangschuttes und der Fließerden erst einige bis mehrere Meter darin zurücklegen bevor es zu Tage tritt; häufig tritt es überhaupt nicht als Quelle aus sondern es bilden sich flächige Vernässungszonen, die ebenfalls wieder nur ungenaue Höhenangaben liefern. Einflüsse des Menschen durch Quelfassungen, Drainagen, undichte Wasserleitungen und undichte Wassersammelbecken tragen ihr Übriges bei. Erschwerend kommt auch noch hinzu, dass v.a. im SE des Kartenblattes aber auch im Höhenrücken des Ungerhauser Waldes die obersten Molasseschichten überwiegend in einer sandigen Fazies vorliegen, die wasserdurchlässig ist und somit den Quellhorizont erheblich nach unten bis zur nächsten Stauerlage innerhalb der Molasse ziehen kann. Darum war es bei den Kartierarbeiten wichtig, nicht nur die Höhenlage der Quellen sondern auch die Lithologie der Molasse möglichst bei jeder Quelle zu bestimmen. Auch hier muss gelten, dass in der Regel nur eine Messgenauigkeit von maximal ± 1 m erreicht werden kann.

Hangbewegungen: Hier geht man davon aus, dass die bindigen bis sandigen Molassegesteine eher zu oberflächennahen Kriech- und Fließbewegungen neigen als die Schmelzwasserschotter und Konglomerate. Daher wurde sowohl bei den Kartierarbeiten als auch bei der Auswertung der Hillshade-Darstellungen stets die kleinräumige Morphologie beachtet, da eine unruhige Morphologie mit hügeligen bis wulstartigen Strukturen auf oberflächennahe Kriech- und Fließbewegungen hindeutet. Allerdings muss auch hier berücksichtigt werden, dass bei bindigen Deckschichten in Hanglage, die stellenweise die Schmelzwasserschotter überlagern, mit denselben Strukturen zu rechnen ist.

Bei den Kartierarbeiten für das vorliegende Kartenblatt wurde entsprechend den Anforderungen von allen beteiligten Kartierern sehr sorgfältig gearbeitet, die eben genannten Aspekte erkannt und berücksichtigt, ein entsprechend genauer, barometrischer Höhenmesser (Fa. Thommen) verwendet, die gewonnenen Daten mit dem Digitalen Geländemodell abgeglichen, Bohrungen¹⁴, soweit vorhanden, herangezogen und insgesamt eine Genauigkeit bei der Konstruktion der Quartärbasis von nur maximal ± 1 m erreicht; häufig liegt die Genauigkeit nur bei ± 2 m. Wenn man aber bedenkt, dass man beim Gefälle der Schotterbasen im Bereich von 1 bis maximal 5 ‰ liegt, dann kann eine Messungenauigkeit von 1 m für eine Höhe erheblich unterschiedliche Darstellungen der Isohypsen der Quartärbasis bewirken. Anzumerken ist hier auch noch, dass man bei den prähistorischen Schottern ja nur an den Rändern¹⁵ des Schotterkörpers Daten für die Basis erheben kann und sich das „Innere“ der Schotterkörper der Beobachtung restlos entzieht, wenn man nicht über Ergebnisse von Bohrungen verfügt. Welch ausgeprägtes Relief die Schotterbasen besitzen können, gelang CHEN (2011a) in seiner Diplomarbeit eindrucksvoll zu ermitteln und darzustellen. Er hatte 514 vom Verfasser recherchierte und ausgewertete Bohrungen im Steinheimer und im Memminger Feld erhalten, von denen er 256 zur Konstruktion einer Quartärbasiskarte heranzog.

Zur Konstruktion der Quartärbasis und zur **Konstruktion des Gefälles** gehört auch die Rekonstruktion der ehemaligen Talsohle mit dazugehöriger Talachse: Hierzu ist es erforderlich, zunächst zu klären, welcher Teil oder welche Teile der ehemaligen Talfüllung noch erhalten sind (siehe Abb. 2), und ob es sich nur um eine Talfüllung oder um die Verschneidung von zwei oder mehr Talfüllungen („Terrassenkreuzung“) handelt.

¹⁴ deren Lagegenauigkeit für Schichtgrenzen je nach Bohrverfahren (z.B. Vollbohrungen mit Schnecke oder Kernbohrungen mit Schappe oder Kernrohr) von sehr unterschiedlicher Qualität sein kann.

¹⁵ Bei den Schotterdecken und -kappen kann man häufig allseitig Daten erheben, bei Schotterterrassen an Hängen ist dies meist nur einseitig möglich.

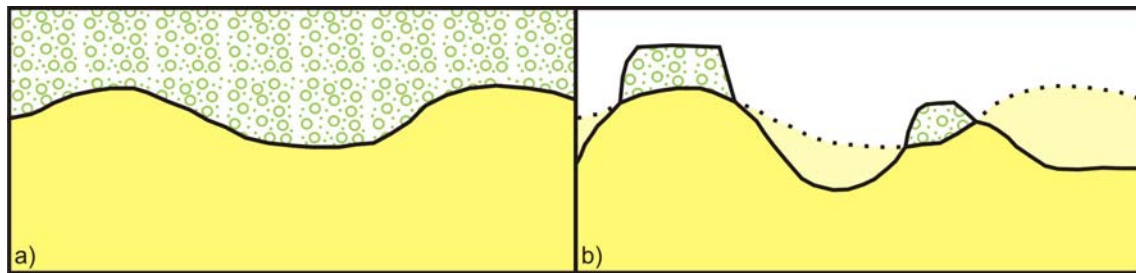


Abb. 2: Schematisches, unmaßstäbliches Profil in Schüttungsrichtung durch einen Schotterkörper (grüne Signatur) der bei seiner Akkumulation ein Relief auf der Oberfläche der Molasse (gelb) ausgeglichen hat (a); (b) stellt schematisch die Situation nach intensiven Erosionsprozessen dar, die vom Schotterkörper nur noch getrennte Erosionsreste zurückgelassen und im Bereich der Molasse Täler eingetieft haben. Aufgrund der unterschiedlichen Höhenlagen der Schotterbasen würde man die beiden Schotterreste zunächst nicht zusammenhängen sondern als getrennte Schüttungen betrachten, v.a. wenn die Höhendifferenz im Dekameterbereich liegt. Für die würmzeitlichen Schmelzwasserschotter des Memminger Trockentales konnte bei der Auswertung von Bohrungen nachgewiesen werden, dass an der Basis eine Rinne verlaufen muss, die am Südrand des Kartenblattes ca. 25 m „übertieft“¹⁶ ist (siehe Abb. 3).

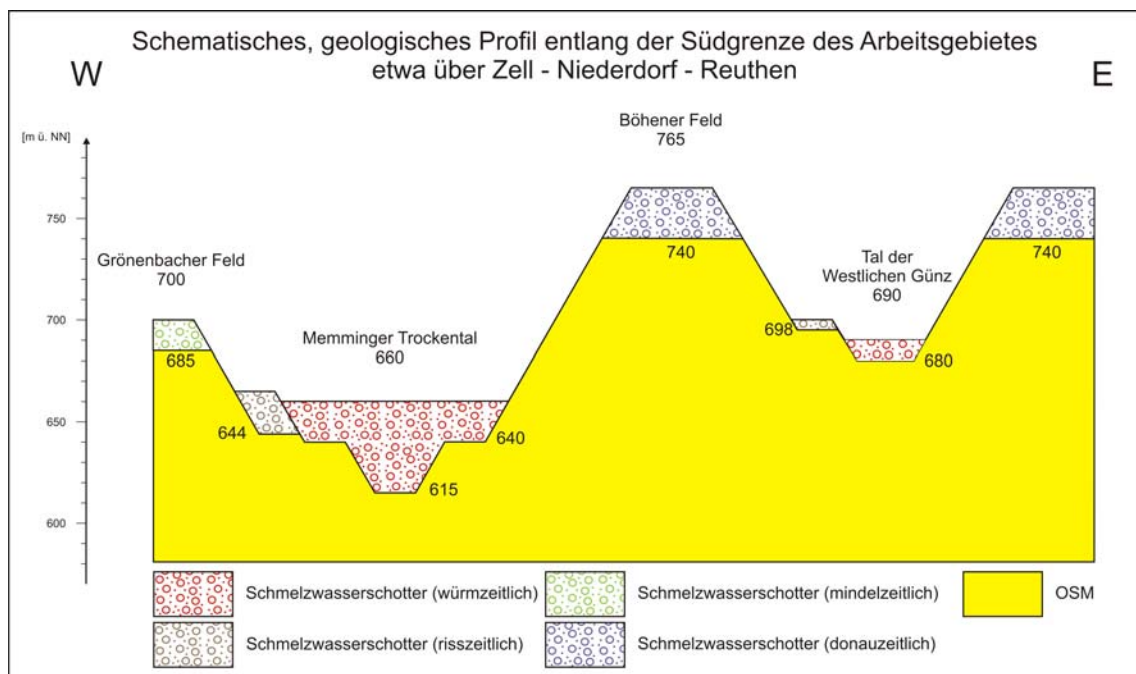


Abb. 3: Schematisches, geologisches Profil entlang der Südgrenze des Arbeitsgebietes etwa über Zell – Niederdorf – Reuthen; deutlich sind die rinnenartige Übertiefung des Memminger Trockentales sowie die unterschiedlichen Höhenlagen der Quartärbasen im Memminger Trockental und im Tal der Westlichen Günz zu erkennen¹⁷.

Aus geometrischen Zwängen ist eine Konstruktion des Gefälles und somit der ehemaligen Schüttungsrichtung eines Schotterkörpers nur entlang der Talachse zulässig und nur dann sinnvoll, wenn die ehemalige Talachse erhalten ist und zuverlässige Daten für diese erhoben werden können, denn unter Umständen ist das ehemalige Taltiefste der Erosion zum Opfer

¹⁶ Der Begriff „übertieft“ wird normalerweise nur in Zusammenhang mit glazialer Erosion gebraucht, findet aber auch im Bezug zu glazifluvialen Tälern Verwendung (GRAUL 1953a: 20, DOPPLER 2003: 278).

¹⁷ Besonders deutlich wird der Unterschied in den Höhenlagen der Quartärbasen in den beiden Tälern bei den würmzeitlichen Schottern (ca. 40 m), bei den risszeitlichen Schottern (ca. 44 m) und im Vergleich der würm- und risszeitlichen Schotter im Tal der Westlichen Günz mit den mindelzeitlichen Schottern des Grönenbacher Feldes: die würmzeitlichen liegen nur 5 m tiefer und die risszeitlichen sogar 13 m höher.

gefallen und gar nicht mehr vorhanden¹⁸ oder Anschnittseffekte – z.B. in einem Winkel zur ehemaligen Talachse verlaufender Hang – täuschen falsche Gefälle vor (siehe Abb. 4). Dies hat SCHÄDEL (1950 zit. in SINN 1972: 31) schon während der Dissertation klar erkannt und treffend formuliert: „Bei der Konstruktion von Rinnenprofilen muß über den Querschnitt und die Lage der Basispunkte zur Tiefenlinie Klarheit herrschen. Oft sitzen Terrassenreste nur ganz flach am Rand einer Rinne und die Basis liegt im Profil viel zu hoch gegenüber anderen Punkten, die aus tieferen Lagen derselben Aufschüttung gewonnen wurden. So können aus einer Terrasse leicht zwei gemacht werden.“ und SINN (1972: 33) nochmals ausdrücklich betont. In diesem Zusammenhang muss auch noch auf Terrassenkreuzungen hingewiesen werden, wie sie in würmzeitlichen Bildungen relativ problemlos identifiziert werden können, z.B. beim Steinheimer und Memminger Feld. Sind aber die Niveauunterschiede der Oberflächen zwei sich kreuzender und ähnlich alter Schotterstränge, die nicht mehr als ein paar Meter oder noch weniger betragen können, durch Erosion und/oder Deckschichten an- bzw. ausgeglichen, wird eine rein morphologische Unterscheidung schwierig und nur eine genaue Quartärbasiskarte kann bei der Interpretation weiterhelfen.

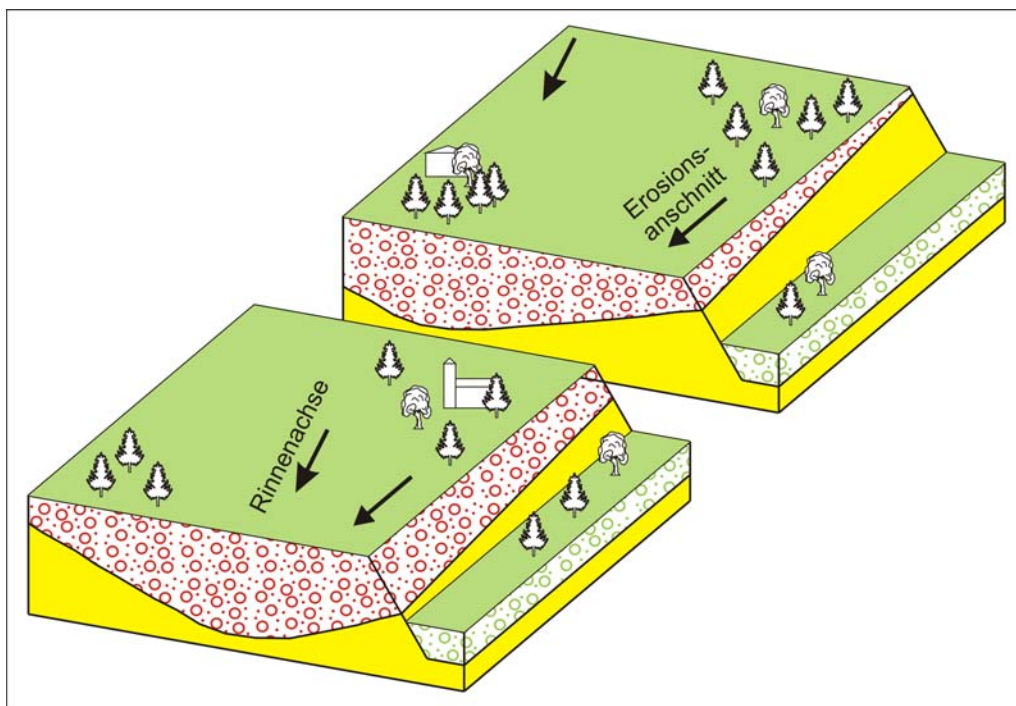


Abb. 4: Schematisches Blockbild mit der Lage der Rinnenachse samt **tatsächlichem Gefälle** und einem durch den Erosionsanschnitt scheinbar klar zu erkennenden „**falschen**“ **Gefälle** eines Schotterkörpers.

Begriffsdefinition: In der Literatur werden für „Eiszeit“ und „eiszeitlich“ ebenso wie für „Warmzeit“ etc. unterschiedliche Begriffe verwendet (siehe Tab. 2).

Tab. 2: In der Literatur gebräuchlichen Begriffe (Nomen und Adjektive) am Beispiel der Würmkaltzeit.

Nomen	Würmkaltzeit	Würmeiszeit	Würmglazial	-
Adjektiv	würmkaltzeitlich	würmeiszeitlich	würmglazial	würmzeitlich

Da im Arbeitsgebiet aus dem Pleistozän keine glazigenen sondern nur glazifluviale und äolische sowie periglaziale Ablagerungen vorhanden sind, werden in der vorliegenden Arbeit überwiegend die Begriffe „**Kaltzeit**“ und „**kaltzeitlich**“ benutzt, um eher den klimatischen Hintergrund zu betonen, bei genetischen Aspekten „**glazifluvial**“ und „**periglazial**“. Da im

¹⁸ Beispielsweise ist am Grönenbacher Feld nur noch der Randbereich einer ehemaligen Talfüllung und gar nicht mehr das Taltiefste erhalten (PENCK & BRÜCKNER 1909, FIXL 2009).

Alpenvorland die Warmzeiten keine Eigennamen, wie z.B. in Norddeutschland, tragen sondern nur als Zeit zwischen zwei Kaltzeiten definiert sind, wird im stratigraphischen Bezug der Begriff „**Interglazial**“ verwendet; ist nur der klimatische Hintergrund gemeint, wird von „**Warmzeit**“ und „**warmzeitlich**“ gesprochen. Wird eine Kaltzeit näher unterteilt, werden die Begriffe „**Früh-, Hoch- und Spätglazial**“ sowie „**Prä- und Postglazial**“ gebraucht. Im forschungsgeschichtlichen Zusammenhang finden auch noch Begriffe wie „**Eiszeitalter**“ und „**Eiszeitenfolge**“ Verwendung.

2. Geographie, Archäologie und Geologie im Überblick

2.1 Geographischer Überblick

Das Kartenblatt liegt ca. 100 km im W von München (siehe Abb. 5) im bayerischen Alpenvorland, im Regierungsbezirk Schwaben, umfasst große Bereiche der kreisfreien Stadt Memmingen sowie des Gebietes um Ottobeuren im Landkreis Unterallgäu, hat eine N-S-Erstreckung von ca. 11 km sowie eine E-W-Erstreckung von ca. 12,5 km – und somit eine Fläche von ca. 137,5 km² (siehe Abb. 6). Der höchste Punkt befindet sich auf 765 m ü. NN beim Gehöft Brandholz im S und der tiefste Punkt auf 590 m ü. NN im Tal der Memminger Ach am Nordrand des Kartenblattes.

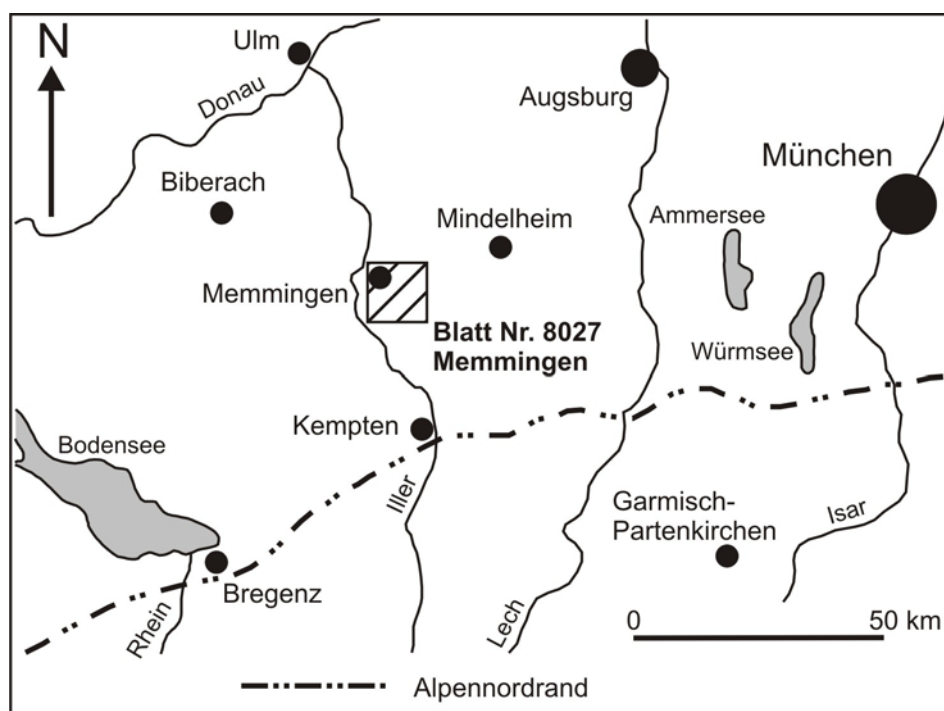


Abb. 5: Geographische Übersichtskarte mit der Lage des Blattes Nr. 8027 Memmingen.

Das Gebiet wird durch zwei S-N-verlaufende Täler – das Memminger Trockental und das Tal der Westlichen Günz – charakterisiert, die von langgestreckten Höhenrücken begleitet werden. Im Ostteil des Kartenblattes fließt im Tal von Ottobeuren die Westliche Günz, die S' des Kartenblattes bei Untrasried (SW' Obergünzburg) entspringt, sich bei Lauben N' des Kartenblattes mit der Östlichen Günz zur Günz vereinigt und bei Günzburg in die Donau mündet, die den Vorfluter für das bearbeitete Gebiet darstellt. Fast die gesamte W-Hälfte des Kartenblattes wird vom breiten Memminger Trockental eingenommen, das von weiten pleistozänen Schotterflächen geprägt ist und im Vergleich zu seiner Breite wenige Oberflächengewässer besitzt. Nur zwei kleine Bäche fließen heutzutage im Memminger Trockental: an seinem Westrand der Zeller Bach und an seinem Ostrand der Mühlbach, der N' Dietried als Kresenbach bezeichnet wird. Zu erwähnen ist hier, dass sowohl das Wasser des Zeller Baches

als auch des Mühl-/Kressenbaches früher N' von Woringen bzw. Dietratried in Bachschwinden versickerten (siehe Abb. 6) und erst auf der Höhe von Benningen (Benninger Ried) wieder zu Tage traten¹⁹; seit dem Bau des Illertalbahn-Teilstückes im Memminger Trockental (Eröffnung 1. Juni 1863 [2]) bzw. seit dem Bau der BAB A7 in den 1970er Jahren fließt das Wasser beider Bäche in kleinen, vermutlich weitgehend kolmatierten Kanälen oberirdisch nach N; bei Benningen gesellt sich der Riedbach hinzu, der im Benninger Ried seinen Ursprung hat. Die drei Bäche vereinigen sich im Stadtgebiet von Memmingen zum Stadtbach, der ab der Unterquerung der nördlichen Stadtmauer beim Luginsland – einem Turm der Stadtmauer – Memminger Ach genannt wird. Die Memminger Ach durchquert auf ihrem weiteren Weg Richtung N am westlichen Talrand Amendingen und Steinheim und mündet nicht unmittelbar am Talausgang bei Heimertingen sondern erst, nachdem sie ca. 7 km parallel zur Iller zurückgelegt und Fellheim passiert hat, bei Pleß N' von Fellheim in die Iller, die wiederum bei Ulm in die Donau fließt. Das im NE des Benninger Riedes zwischen der St 2013 und Memminger Berg zu Tage tretende Grundwasser fließt auf der östlichen Talseite über den Haibach nach N und mündet an der Ölmühle zwischen Amendingen und Steinheim in die Memminger Ach.

Zwei überregional bekannte Naturschutzgebiete beherbergt das Kartenblatt: im Memminger Trockental das Benninger Ried (BAUER 1983: 73ff, LAGALLY et al. 2009: 100) und im Tal der Westlichen Günz das Hundsmoor (ALSHEIMER 2007). In beiden Fällen handelt es sich um bescheidene Reste einstmals großflächiger An- und Niedermoore, die an flächige Grundwasseraustritte an der Oberfläche eines Schotterkörpers gebunden sind²⁰. Neben der Ausbildung von mehrere Meter mächtigen Torflagen kam es durch karbonatreiches Grundwasser auch zur Ausfällung von Querkalk in Form von festem Kalktuff²¹ und lockerem Alm²² (siehe Kap. 5.3.3.1), die mit dem Torf wechsellagern.

Die Autobahn BAB A96 München-Lindau bildet in etwa die Nordgrenze des Kartiergebietes; die Autobahn BAB A7 Flensburg-Füssen sowie die Eisenbahnstrecke von Neu-Ulm über Kempten nach Oberstdorf (Illertalbahn) durchqueren von N nach S das Gebiet (siehe Abb. 6). Teilstücke der Eisenbahnstrecken Memmingen-Kißlegg, Westerheim-Ottobeuren, Ungerhausen-Fliegerhorst Memminger Berg sowie Memmingen-Legau verlaufen im Arbeitsgebiet, wobei allerdings die letzten drei genannten bereits stillgelegt wurden, ihre Dammbauwerke, Einschnitte und Brückenbauwerke aber noch erhalten, landschaftsprägend und sowohl im Gelände als auch auf Luftbildern sowie in Hillshade-Darstellungen hervorragend zu erkennen sind. Großteils ist an den stillgelegten Bahnstrecken der Oberbau rückgebaut und der Unterbau mittlerweile in Rad- und Wanderwege umgestaltet.

Eng an die geologischen und geomorphologischen Gegebenheiten gebunden sind die Eigenschaften der Böden und die Bodennutzung. Ein Großteil der Fläche des Blattgebietes wird landwirtschaftlich genutzt, wobei v.a. die Grünlandwirtschaft dominiert und Ackerbau nur untergeordnet vertreten ist. Landwirtschaft wird nur noch stellenweise bei günstigen Untergrundverhältnissen betrieben. Die Landwirtschaft konzentriert sich auf Standorte mit guter natürlicher Drainage, vorzugsweise auf den wärm- und risszeitlichen Schmelzwasserschottern. Auf den Hochflächen und Molassegebieten dominiert die Forstwirtschaft.

¹⁹ Die ehemalige Lage der Bachschwinden ist aufgrund der Baumaßnahmen (Eisenbahnstrecke und Autobahn) sowie der Flurbereinigung und Bachbegradigungen aus der heutigen Geländesituation nicht mehr zu rekonstruieren aber aus den Urpositionsblättern von 1817-1841 [3] sowie aus der TK25 Blatt Nr. 726 Memmingen von 1940 relativ genau zu ermitteln. In der TK25 von 1940 ist die Bachschwinde des Kressenbaches bereits verschwunden (Eisenbahnbau), aber die Bachschwinde des Zeller Baches noch verzeichnet; allerdings werden aus der Karte schon die intensiv angelegten Entwässerungsgräben und Bachbegradigungen ersichtlich.

²⁰ Die einstige, relativ große Erstreckung des Benninger Riedes mit seinen zahlreichen Quellaustritten sowie des Hundsmoores kann anhand historischer, topographischer Karten rekonstruiert werden (v.a. die Urpositionsblätter von 1817-1841 [3], die TK25 Blatt Nr. 726 Memmingen von 1940 sowie die TK25 Blatt Nr. 727 Ottobeuren von 1947).

²¹ Wichtiger Baustein für die Region; die genaue Lage der einstigen Kalktuffbrüche im Bereich der Neubaugebiete E' der Altstadt von Memmingen konnte nicht mehr eruiert werden.

²² Bei Alm handelt es sich um unverfestigte, schluffig-sandige Kalkausfällungen (MÜNICHSDORFER 1927, JERZ & WAGNER 1978, VIDAL et al. 1966).

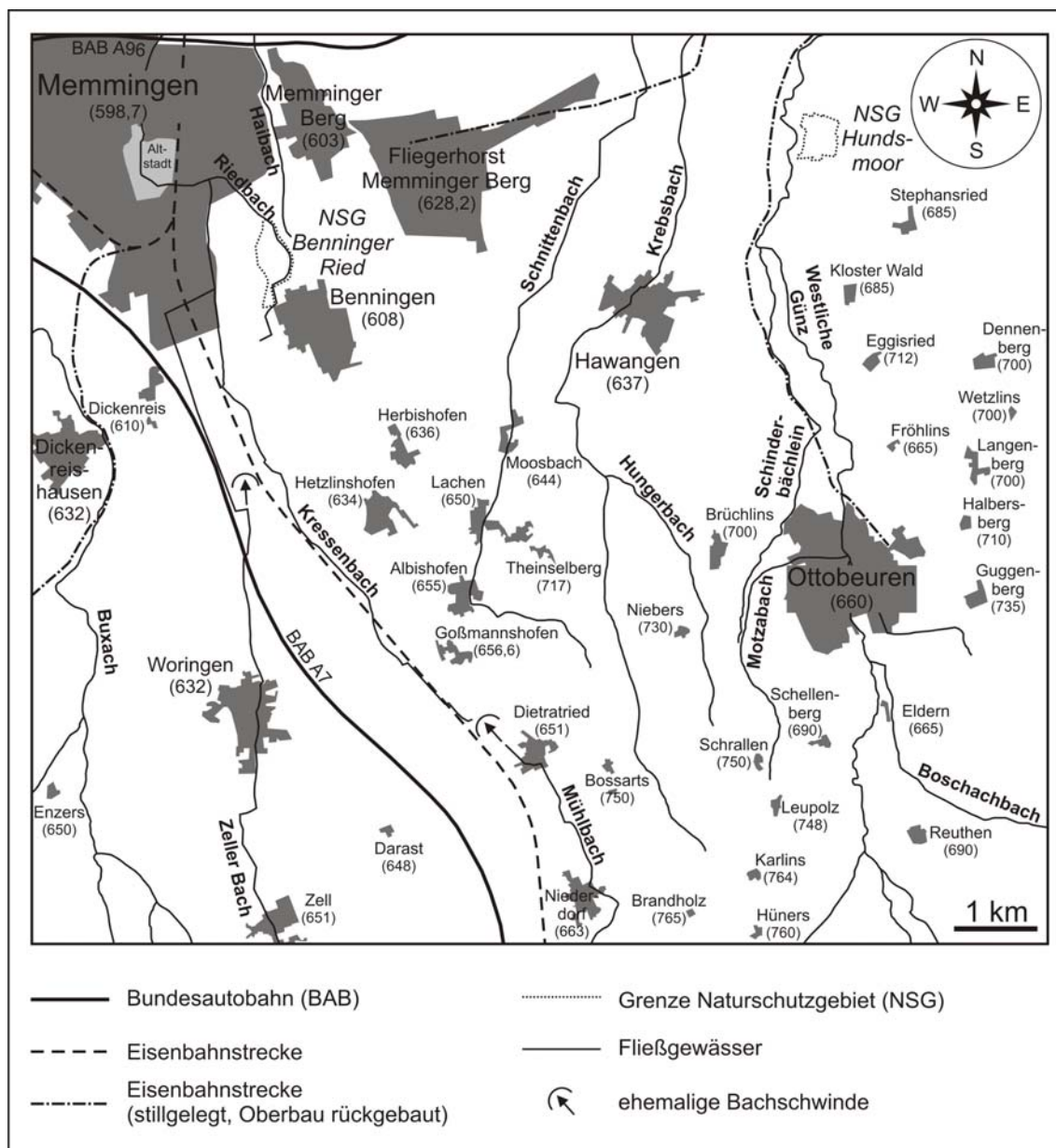


Abb. 6: Geographische Übersichtskarte Blatt Nr. 8027 Memmingen²³.

Die Gewinnung und Nutzung mineralischer Rohstoffe beschränkt sich heute auf den Abbau riss- und wärmzeitlicher Schmelzwasserschotter im Memminger Trockental. Früher wurden auch ältere Schmelzwasserschotter, v.a. Konglomerate als Bausteine genutzt. Für die Keramikindustrie (v.a. Ziegelproduktion bei Hawangen und Goßmannshofen) wurden sowohl die bindigen Gesteine der OSM als auch Lösslehme ausgebeutet, was aber heutzutage vollständig eingestellt ist. Der wohl bis in die Römerzeit²⁴ zurückreichende Abbau²⁵ der holozänen Kalktuffstein- und Almlager N' des Benninger Riedes ist ebenfalls eingestellt.

²³ Der Schnittenbach (so bezeichnet auf der TK50 Blatt L 8126 Memmingen von 2006, auf der TK25 Blatt Nr. 726 Memmingen von 1940 sowie auf der TK25 Blatt Nr. 8027 Memmingen von 1999) trägt auf der TK25 Blatt Nr. 8027 Memmingen von 2008 plötzlich den Namen „Schmidbach“, wobei es sich nur um einen Schreibfehler handeln kann; in dieser Arbeit wird sowohl im Text als auch auf den Abbildungen weiterhin der Name „Schnittenbach“ verwendet.

²⁴ Im Nordteil des Friedhofes an der Kirche von Woringen wurden quaderförmige Bausteine aus Kalktuff gefunden, die als Fundamentsteine des dortigen, römischen *burgus* gedeutet wurden (frdl. mündl. Mitt. von Dipl.-Ing. Walter Keinert, Kempten am 24.8.2011). An dieser Stelle möchte ich Herrn Walter Keinert, einem Architekten, Hobbyarchäologen und Heimatforscher aus Kempten, meinen Dank für die Gesprächsbereitschaft und sehr interessanten Informationen aussprechen.

2.2 Prähistorische und historische Schlaglichter mit Relevanz für Stratigraphie und Morphologie

Neben tierischen und pflanzlichen Fossilien können auch Spuren menschlicher Aktivitäten wichtige Hinweise für die Stratigraphie liefern. Funde aus dem **Paläolithikum** (siehe Tab. 4), das ins Pleistozän fällt, könnten für das Arbeitsgebiet von großer Bedeutung sein, fehlen aber bislang völlig im Arbeitsgebiet. Ein wichtiger Grund hierfür ist nicht nur die wohl verschwindend geringe Bevölkerungsdichte (KOENIGSWALD 2010: 157) sondern auch, dass in Mitteleuropa die ersten Menschen vermutlich nicht vor dem mittleren Mittelpleistozän²⁶ erschienen, was durch den berühmten Fund menschlicher Knochen (*Homo erectus heidelbergensis/Homo heidelbergensis*) von 1907 in der Sandgrube im Gewann Grafenrain zu Mauer²⁷ bei Meckesheim (ca. 15 km SE' Heidelberg) aus warmzeitlichen (Mauerer Warmzeit) Flussablagerungen des Neckar belegt ist, deren Zeitstellung (Günz-Mindel-Interglazial oder Mindel-Riss-Interglazial²⁸) noch nicht abschließend geklärt ist²⁹ (CZARNETZKI 1983: 221ff, MÜLLER-BECK 1983: 244ff, 1995: 331ff, KOENIGSWALD 1983: 177f, 2010: 156, JERZ 1993: 120, EHLERS 2011: 320). Die Mehrheit der Autoren stellt die Mauerer Warmzeit in das Günz-Mindel-Interglazial. Daher könnten im Arbeitsgebiet frühestens in mindelzeitlichen Ablagerungen menschliche Reste und Artefakte gefunden werden; aber weder umgelagerte Funde aus den Schottern noch *in situ* Funde und Befunde von den Hochflächen konnten bisher im Arbeitsgebiet getätigt werden³⁰. Die Hochflächen der alten Schmelzwasserschotter stellen auf den ersten Blick zwar relativ günstige Erhaltungsbedingungen für altsteinzeitliche, menschliche Spuren dar, doch die Verwitterung sowie Erosion und hierbei v.a. die Fließerdvorgänge in den Kaltzeiten scheinen die wenigen und vermutlich eher bescheidenen Spuren weitgehend ausgelöscht zu haben. Bei altsteinzeitlichen Spuren handelt es sich v.a. um Funde und Befunde von Lagern, die von den altsteinzeitlichen Jägern und Sammlern meist nur kurzzeitig genutzt wurden. Die Lager dürften wegen der guten Aussichtsmöglichkeiten auf die benachbarten Täler erfahrungsgemäß eher an den Rändern der Hochflächen errichtet worden sein und diese Hangkanten sind durch Hangbewegungen und Erosionsprozesse im Zuge der Talvertiefung in den Interglazialen und Glazialen weit zurückverlegt worden, so dass die damaligen Hangkanten, in deren Nähe die Lager errichtet wurden, heutzutage in den meisten Fällen wohl gar nicht mehr existieren.

²⁵ Aufgrund der neuzeitlichen Bebauung in diesem Gebiet sind alle sichtbaren Abbauspuren im Gelände verschwunden.

²⁶ Mittelpleistozän: 781 000 bis 127 000 a v.h. (EHLERS 2011: 22, KOENIGSWALD 2010: 35).

²⁷ Nach dem Fundort Mauer ist die „Mauerer Waldzeit“ benannt, die der Mindelkaltzeit vorangestellt wird (KOENIGSWALD 1983: 177f, MÜLLER-BECK (1983: 245f).

²⁸ Das Mindel-Riss-Interglazial wird mit dem Holstein-Interglazial parallelisiert: ca. 405 000 bis ca. 390 000 a v.h. (EHLERS 2011: 23 & 34).

²⁹ EITEL & WAGNER (2007: 121f) geben für das entsprechende Sedimentpaket der Neckarschlinge von Mauer, das mindestens ein, wahrscheinlich sogar zwei Glazial-Interglazial-Zyklen umfassen soll, ein Alter von 800 000 bis 500 000 Jahren an, wobei die 800 000 Jahre an paläomagnetischen Untersuchungen und die 500 000 Jahre an diskordant überlagernden Lösshorizonten, die mindestens drei und möglicherweise vier Kaltzeiten beinhalten sollen, festgemacht werden; sie schätzen das Alter der Fundschicht des Unterkiefers von *Homo erectus heidelbergensis/Homo heidelbergensis* auf ca. 600 000 Jahre, was im erheblichen Widerspruch zu den Angaben bei EHLERS (2011: 230) steht, der den Fundhorizont ins Mindel-Riss-Interglazial stellt. Ähnlich wie EITEL & WAGNER schreiben es auch KOENIGSWALD (1983: 177f) sowie JERZ (1993: 3 & 121), der nach ADAM (1952, 1953 & 1961) und MÜLLER-BECK (1964 & 1983) ein altpleistozänes Alter von über 500 000 Jahren angibt, was damit eher für das Günz-Mindel-Interglazial sprechen würde. MÜLLER-BECK (1983, 1995) selbst gibt für das Alter des Fundpunktes Mauer eine Zeitstellung zwischen 700 000 und 400 000 a v.h. (MÜLLER-BECK 1983: 245) bzw. 700 000 und 500 000 a v.h. (MÜLLER-BECK 1995: 331ff) an.

³⁰ Aus dem mindelzeitlichen Löss in Achenheim bei Straßburg im Rheintal sind eindeutige Artefakte belegt (MÜLLER-BECK 1983: 246).

Auch aus dem Mindel-Riss-Interglazial gibt es Hinweise auf die Anwesenheit von Menschen in Süddeutschland; hierzu zählt der Schädel Fund (*Homo steinheimensis*³¹) von Steinheim an der Murr³², der in die „Waldzeit von Steinheim“ datiert wird³³ (MÜLLER-BECK 1983: 246f). Die nächstjüngeren menschlichen (*Homo sapiens neanderthalensis/Homo neanderthalensis*) Funde in Mitteleuropa (Fund und Befunde u.a. aus Rheinland-Pfalz, Thüringen und Niedersachsen) stammen bereits aus dem risszeitlichen Spätglazial und dem Riss-Würm-Interglazial³⁴ des Jungpleistozän (ca. 127 000 bis 11 590 a v.h.). Höchstwahrscheinlich hat der frühe Mensch Mitteleuropa seit dem Günz-Mindel-Interglazial nicht kontinuierlich besiedelt sondern während der kältesten Abschnitte der Kaltzeiten wieder Richtung West- und Südwesteuropa (Frankreich, Spanien) verlassen und wanderte abgesehen von einzelnen Jagdgruppen erst in den Interglazialen zusammen mit den warmzeitlichen Floren und Faunen wieder ein (MÜLLER-BECK 1983: 246, KOENIGSWALD 2010: 156). Von ca. 400 000 bis vor ca. 30 000 a v.h. bis kurz vor das würmzeitliche Hochglazial ist der Neandertaler (*Homo sapiens neanderthalensis/Homo neanderthalensis*) in Europa bisher nachgewiesen, danach verliert sich seine Spur (EHLERS 2011: 321, JERZ 1993: 121): Der moderne Mensch (*Homo sapiens sapiens*, „Cro-Magnon-Mensch“) betrat vor ca. 50 000 bis 46 000 a v.h. inmitten eines wärmeren Abschnittes (MIS 3³⁵) der Würmkaltzeit erstmals Europa, breitete sich über den gesamten Kontinent aus und erreichte zwischen 35 000 und 30 000 a v.h.³⁶ Mitteleuropa (HAHN 1983: 273ff, KOENIGSWALD 2010: 35, 158, EHLERS 2011: 319).

Der älteste, bisher bekannte Nachweis menschlichen Lebens im Allgäu stammt erst aus der Würmkaltzeit, während der sich die sog. Mammutsteppe mit ihrer großen Arten- und Individuenzahl an Pflanzenfressern weit ausbreitete; allerdings siedelten nur sehr wenige Menschen (500 bis 1000 Neandertaler im Gebiet der heutigen Bundesrepublik bzw. 10 000 in Europa im Früh- und Mittelwürm) in dieser Mammutsteppe (KOENIGSWALD 2010: 157f, EHLERS 2011: 321). GEHLEN (1995: 28f) und GEHLEN & SCHÖN (2011: 8 Tab. 1, 9, 24, 27f, 29 Abb. 17) beschreiben eine sog. Gravettespitze³⁷ aus der Gegend von Reichenhofen WNW' Leutkirch i. A., nur wenig N' des würmzeitlichen Endmoränenwalles³⁸, die ins mittlere Jungpaläolithikum (ca. 23 000 bis 20 000 ¹⁴C-a v.h.) datiert wird, was auf die Anwesenheit von Menschen (*Homo sapiens sapiens*) im Allgäu während des Eisaufbaues und des beginnenden Hauptvorstoßes der Alpengletscher ins Alpenvorland (ca. 25 000 bis 24 000 a v.h.) kurz vor dem würmzeitlichen Hochglazial (ca. 20 000 a v.h.) hinweist. Man nimmt allerdings an, dass sich während des Würmhochglazials die Menschen wieder weitgehend aus Mitteleuropa zurückgezogen haben, um es im Spätglazial³⁹ ab 14 500 a v.h. (Kulturstufe Magdalé-

³¹ Die Zuordnung des *Homo steinheimensis* zu *Homo sapiens* oder wohl eher zu *Homo erectus* ist abschließend noch nicht geklärt, da der Schädel morphologische Merkmale beider Arten zeigt; vermutlich handelt es sich um eine Übergangsform (CZARNETZKI 1983: 226ff).

³² Steinheim an der Murr liegt ca. 25 km NNE' von Stuttgart.

³³ MÜLLER-BECK (1983: 247) gibt für die „Waldzeit von Steinheim“ damals noch ein Alter von 300 000 bis 200 000 a v.h. und CZARNETZKI (1983: 225) von 320 000 bis 300 000 a v.h. an, was zur heutigen Datierung des Interglazials von ca. 405 000 bis ca. 390 000 a v.h. (EHLERS 2011: 23 & 34) nicht mehr passt. Aber dass die Fundschicht der „Waldzeit von Steinheim“ unstrittig in das Mindel-Riss-Interglazial gehört, konnte ADAM (1954) anhand von Fossilfunden von Elefanten nachweisen und anhand anderer Faunenfundes auch bestätigen.

³⁴ Das Riss-Würm-Interglazial wird mit dem Eem-Interglazial korreliert: ca. 127 000 bis ca. 117 000 a v.h. (EHLERS 2011: 23 & 35).

³⁵ MIS = Marine Isotopen-Stadien; Sauerstoff-Isotopen-Verhältnis von ¹⁶O zu ¹⁸O anhand dessen man mit Fossilien (v.a. Foraminiferen) in marinen Ablagerungen Kalt- und Warmzeiten unterscheiden kann (EHLERS 2011: 25ff).

³⁶ Liegt ebenfalls noch im wärmeren Abschnitt MIS 3; das kalte MIS 2 begann erst vor ca. 24 500 a v.h. (KOENIGSWALD 2010: 35).

³⁷ Gravettespitze – nach der Kulturstufe Gravettien (27 000 bis 22 000 a v.h.) des *Homo sapiens sapiens*, die auf das Aurignacien (37 000 bis 27 000 a v.h.) folgte (HAHN 1983: 275, JERZ 1993: 122f, KOENIGSWALD 2010: 158). GEHLEN & SCHÖN (2011: 27) geben für das Gravettien ca. 23 000 bis 20 000 ¹⁴C-a v.h. an.

³⁸ Die Gravettespitze liegt im Stadtmuseum Memmingen; ihr genauer Fundort ist unbekannt.

³⁹ Spätglazial: ca. 14 450 bis 11 590 a v.h. (EHLERS 2011: 253).

nien⁴⁰) von Frankreich kommend erneut zu besiedeln (KOENIGSWALD 2010: 156, 159f). Funde aus dieser Zeit stammen z.B. von den Magdalénien-Stationen Schweizersbild und Kesslerloch in der Gegend von Schaffhausen, vom Petersfels bei Singen oder von der Schussenquelle (KOENIGSWALD 2010: 160). Aus dem Allgäu, ebenfalls aus der Gegend von Reichenhofen im Aitrachtal ist der Fund eines Rückenmessers mit einer geraden Endretusche beschrieben, das ins Magdalénien datiert wird (GEHLEN & SCHÖN 2011: 7 Abb. 4, 8 Tab. 1, 14 Abb. 7, 28f). GEHLEN & SCHÖN (2011: 28f) geben für vergleichbare Fundschichten aus dem Magdalénien ein Alter von ca. 14 000 bis 12 000 a v.h. an.

Der Beginn des **Mesolithikums** (siehe Tab. 4) wird geochronologisch durch die Grenze Pleistozän/Holozän (ca. 11 590 a v.h. nach EHLERS 2011: 253) definiert (TAUTE 1975: 71f), seine Untergrenze (ca. 7500 a v.h./5500 v. Chr.) durch das Auftreten der bäuerlichen Wirtschaftsweise (GEHLEN 1995: 31, WAGNER 2007: 205); es umfasst das gesamte Präboreal und Boreal sowie das Ältere Atlantikum (TAUTE 1975: 71f, WAGNER 2007: 205) (siehe Tab. 38). Für die Mittelsteinzeit, in der sich die Landschaft nach der Jüngeren Dryaszeit (siehe Tab. 37) wiederbewaldete, ist eine Besiedlung der Allgäuer Alpen und des Alpenvorlandes v.a. an Flüssen und Seen nachgewiesen; diese Gebiete waren Teil eines zusammenhängenden Wirtschafts- und Verkehrsraumes, der sich mindestens von den nördlichen Ausläufern der Alpen über das gesamte Voralpenland bis hin zur Schwäbischen Alb erstreckte und in dem sich Jäger-, Sammler- und Fischergruppen im jahreszeitlichen Rhythmus bewegten und über weite Räume zueinander Kontakt hielten (GEHLEN 1995: 33, 2010). Für das Arbeitsgebiet wird nur eine mesolithische Fundstelle bei Memminger Berg genannt (GEHLEN 1995: 27), aber unmittelbar S' des Arbeitsgebietes sind zwei Siedlungsplätze aus der Gegend von Zell (Zeller Hochterrasse und dessen westlicher Fortsetzung) [4] bekannt.

Der Beginn des **Neolithikums** (ca. 5500 bis 2000 v. Chr., siehe Tab. 3 und Tab. 4) ist durch das Erscheinen der ersten Kulturen mit bäuerlicher Wirtschaftsweise geprägt (EHLERS 2011: 322, GEHLEN 1995: 33), was zu ersten bedeutenden Eingriffen in die nacheiszeitliche Landschaft durch Rodung, Ackerbau, Viehhaltung und Siedlungsbau führte. In Süddeutschland kann die Jungsteinzeit, die das Jüngere Atlantikum (TAUTE 1975: 71f, WAGNER 2007: 205) und das Ältere Subboreal (siehe Tab. 38) umfasst, grob in fünf Einheiten unterteilt werden (siehe Tab. 3).

Tab. 3: Gliederung des Neolithikums nach TAUTE (1975: 71f), GEHLEN (1995: 34) und WAGNER (2007: 205).

Altneolithikum (Kultur der Bandkeramik)	ca. 5500 bis 4900 v. Chr.
Mittelnolithikum (verschiedene Kulturgruppen)	ca. 4900 bis 4300 v. Chr.
Jungneolithikum (verschiedene Kulturgruppen)	ca. 4300 bis 3400 v. Chr.
Spätneolithikum	ca. 3400 bis 2700 v. Chr.
Endneolithikum	ca. 2700 bis 2000 v. Chr.

Aus der Jungsteinzeit häufen sich die Funde im gesamten Allgäu; überregional bekannt ist der beim Bau der Autobahn Ulm-Memmingen in den Jahren 1969 bis 1971 zutage gekommene Fund von Keramik der mittelnolithischen Stichbandkeramik und Großgartacher Gruppe aus Siedlungsgruben⁴¹ von der Aumühle (Blatt Nr. 7926 Rot a. d. Rot) ca. 1,5 km NNE' Buxheim (SCHRÖTER 1974, GEHLEN 1995: 27, 35), der von SCHRÖTER (1974) ausführlich beschrieben wird. Weitere neolithische Siedlungen sind im NW von Steinheim⁴² (Blatt Nr. 7926 Rot a. d. Rot) und bei Trunkelsberg⁴³ (Blatt Nr. 7927 Amendingen) nachgewiesen.

Aus der Bronze-, Eisen- und Römerzeit (siehe Tab. 4), die im Jüngeren Subboreal und im Subatlantikum liegen (WAGNER 2007: 205, siehe Tab. 38), sind zahlreiche Funde und Befunde aus dem Unterallgäu bekannt, die allerdings für stratigraphische Fragen nur noch eine

⁴⁰ Magdalénien: 17 000 bis 10 000 a v.h. (JERZ 1993: 122f).

⁴¹ Nach [4] & SCHRÖTER (1974: 121) liegt der Siedlungsplatz am Westrand des hochwürmzeitlichen Steinheimer Feldes ca. 20 m über dem Illertal.

⁴² ebenfalls am Westrand des hochwürmzeitlichen Steinheimer Feldes

⁴³ am Nordwestrand des risszeitlichen Hawanger Feldes

geringe Bedeutung haben. Allerdings handelt es sich nicht nur um im Gelände meist unsichtbare Spuren von Lagern und Siedlungen sondern häufig auch um Grabhügel und wallartige Strukturen [4], die morphologisch auffallend in Erscheinung treten und von natürlichen Strukturen unterschieden werden müssen.

Tab. 4: Gliederung der Kulturstufen im Allgäu vom Jungpaläolithikum bis ins Mittelalter nach GEHLEN (1995), DIETRICH (1995a), JERZ (1993), WEBER (1995), MACKENSEN (1995).

Steinzeit	Jüngere Altsteinzeit/Jungpaläolithikum	ca. 35 000 bis 9700 v. Chr.
	Mittelsteinzeit/Mesolithikum	ca. 9700 bis 5500 v. Chr.
	Jungsteinzeit/Neolithikum	ca. 5500 bis 2000 v. Chr.
Bronzezeit	frühe und mittlere Bronzezeit	ca. 2000 bis 1200 v. Chr.
	Urnenfelderzeit	ca. 1200 bis 750 v. Chr.
Keltische Eisenzeit	Hallstattzeit	ca. 750 bis 500 v. Chr.
	Latènezeit	ca. 500 bis 15 v. Chr.
Römische Eisenzeit	frühe und mittlere römische Kaiserzeit	ca. 15 v. Chr. bis 260 n. Chr.
	spätromische Kaiserzeit	ca. 260 bis 450 n. Chr.
Mittelalter	frühes Mittelalter	ab ca. 450 n. Chr.

Im Wald am Ostrand des Hitzenhofener Feldes oberhalb von Dickenreis treten die Reste eines Wachturmes (*burgus*) aus der spätromischen Kaiserzeit morphologisch deutlich hervor (siehe Anlage 7). Derartige befestigte Wachtürme (*burgi*) beherbergten eine kleine Militäreinheit und wurden gegen Ende der Römerzeit im Alpenvorland in regelmäßigen Abständen entlang der Römerstraßen als Signalstationen und zum Schutz der Reisenden errichtet. Die Römerstraße im Memminger Trockental⁴⁴ verlief an dessen Westrand und verband das Römerlager **Cambodunum** (Kempten) im S mit dem Römerlager **Caelius Mons** (Kellmünz) im N (WEBER 1995: 57). Die benachbarten Wachtürme (siehe Tab. 5) lagen in südlicher Richtung in Woringen (Standort der heutigen Kirche) und im Wald SE' von Grönenbach sowie in nördlicher Richtung in Memmingen (Standort der heutigen Kirche St. Martin) und am nördlichsten Sporn des Steinheimer Feldes SW' Heimertingen (WEBER 1995, [4], BRACHTHÄUSER 2006). Nach WEBER & KEINERT (1991) und [4] konnten bisher zwei römische Gutshöfe (*villa rustica*) im Memminger Trockental nachgewiesen werden (siehe Tab. 6): im nördlichen Stadtgebiet von Memmingen (auf dem Steinheimer Feld) und SW' von Wolfertschwenden (auf dem Wolfertschwendener Feld, dem südöstlichen Teilstück des Steinheimer Feldes).

Tab. 5: Spätromerzeitliche Wachtürme entlang der Römerstraße im Memminger Trockental mit Hoch- und Rechtswerten (nach [4], WEBER 1995, BRACHTHÄUSER 2006, siehe Anlage 7).

<i>burgus</i> bei Heimertingen	R: 43.61500
	H: 53.23000
<i>burgus</i> in Memmingen	R: 43.64180
	H: 53.18020
<i>burgus</i> bei Dickenreis	R: 43.64400
	H: 53.14380
<i>burgus</i> in Woringen	R: 43.65740
	H: 53.10900
<i>burgus</i> bei Grönenbach	R: 43.68070
	H: 53.05050

⁴⁴ Die Römerstraße verlief von N kommend am E-Rand des Steinheimer und Hitzenhofener Feldes an den beiden *burgi* bei Memmingen (St. Martin) und im Memminger Stadtwald vorbei, um dann bei der Schärteleslücke ins Memminger Trockental abzustiegen, S' des Benninger Riedes den trockenen Talboden zu erreichen und über Woringen (*burgus*), Koppenloh, Dießlings, Waldegg (*burgus*?) und Ziegelberg weiter nach S zu ziehen. In den Fundamentresten an der Römerstraße am Königsrain wird die römische Straßenstation *Cassiliacum/Viaca* (?) aus der 2. Hälfte des 2. Jahrhunderts n. Chr. vermutet. (MACKENSEN 1995: 63 und frdl. mündl. Mitt. Dipl.-Ing. Walter Keinert, Kempten am 24.8.2011)

Tab. 6: Römische Gutshöfe im Memminger Trockental mit Hoch- und Rechtswerten (WEBER & KEINERT (1991), [4]).

villa rustica in Memmingen	R: 43.64300
	H: 53.19200
villa rustica bei Wolfertschwenden	R: 43.69840
	H: 53.07080

Aus dem Mittelalter stammen zahllose Burgen und Burgställe im Allgäu, die heute noch morphologisch meist klar zu erkennen sind, auch wenn keine Mauerreste mehr erhalten sind ([4], BABUCKE 1995, DIETRICH 1995b, KATA 1995, MERKT 1985, NESSLER 1985, ZEUNE 1995). Allein für das Arbeitsgebiet sind 22 Burgställe nachgewiesen oder vermutet (siehe Tab. 7 und Anlage 7).

Tab. 7: Burgställe im Arbeitsgebiet mit Hoch- und Rechtswerten ([4], BABUCKE 1995, DIETRICH 1995b, KATA 1995, MERKT 1985, NESSLER 1985, ZEUNE 1995).

Burgstall Aichhalde ⁴⁵	R: 43.71170	Burgstall in Leupolz ⁴⁶	R: 43.72250
	H: 53.16000		H: 53.09950
Burgstall im Bannwald	R: 43.72370	Burgstall bei Oberhaslach	R: 43.75500
	H: 53.12910		H: 53.08730
Burgstall am Buschlberg	R: 43.74110	Burgstall in Reuthen	R: 43.73930
	H: 53.14290		H: 53.09490
Burgstall bei Bossarts „Felsenberg“	R: 43.70280	Burgstall auf der Schelmenheide „Hatzenbrunn“ ⁴⁷	R: 43.74860
	H: 53.09730		H: 53.11510
Burgstall Bühl	R: 43.70240	Burgstall bei Stephansried	R: 43.73800
	H: 53.13190		H: 53.17010
Burgstall am Brentenberg	R: 43.63340	Burgstall am Theinselberg	R: 43.69290
	H: 53.12580		H: 53.13180
Burgstall in Dennenberg „Hetzlinzburg“	R: 43.74860	Burgstall am Ulrichsbrunnen	R: 43.72260
	H: 53.15410		H: 53.15160
Burgstall bei Dickenreishausen	R: 43.63900	Burgstall im Ungerhauser Wald	R: 43.71860
	H: 53.14620		H: 53.17750
Burgstall in Guggenberg	R: 43.74690	Burgstall bei Wieslings	R: 43.64580
	H: 53.12390		H: 53.08290
Burgstall in Halbersberg	R: 43.74630	Burgstall bei Woringen	R: 43.65280
	H: 53.13380		H: 53.10660
Burgstall in Hawangen	R: 43.70730	Burgstall in Woringen	R: 43.65550
	H: 53.16280		H: 53.11270

Bei den morphologisch markanten, künstlichen Strukturen im Gelände ist noch die **Schwendenschanze** aus dem Dreißigjährigen Krieg (1618-1648) am Burgstall bei Dickenreishausen und in Hanglagen die **Altwegrinnen** zu nennen; das Phänomen der Altwegrinnen beschreibt z.B. SCHEUENPFLUG (1978/79) ausführlich für die Augsburger Westlichen Wälder. Besonders auffällig im Arbeitsgebiet sind die Altwegrinnen (R: 43.70800/H: 53.14200) N' der Straße (St 2013) von Benningen nach Ottobeuren am westlichen Anstieg zur Passhöhe 679,9 im Wald *Bei der grünen Staude*. Dort verlaufen am Waldboden parallel zur Straße zahlreiche Wälle und Gräben, die an flache Hohlwege erinnern, dies ist auch auf der Hillshade-Darstellung klar zu erkennen (siehe Abb. 7a); gleiches gilt für die Altwegrinnen (R: 43.69100/H: 53.11200) im Fraugehau am Felsenberg (Verbindung Goßmannshofen – Böhener Feld – Ottobeuren, siehe Abb. 7c) und für die Altwegrinnen (R: 43.69700/H: 53.10800) E' Dietratried (Verbindung Dietratried – Böhener Feld – Ottobeuren, siehe Abb. 7b).

⁴⁵ MERKT (1985: 95) und Johann Krempl (frdl. mündl. Mitt., Obergünzburg 26.8.2011).

⁴⁶ Am Burgstall in Leupolz ist noch ein 9 m tiefer Brunnen, der eine Nagelfluheinfassung besitzt, erhalten (frdl. mündl. Mitt. Johann Krempl, Obergünzburg 26.8.2011).

⁴⁷ Lage des Burgstalles und des Gedenksteines auf der Schelmenheide vermutlich bei MERKT (1985) falsch, sondern eher auf benachbarten Geländesporn (R: 43.74840/H: 53.11800) im N (frdl. mündl. Mitt. Johann Krempl, Obergünzburg 26.8.2011).

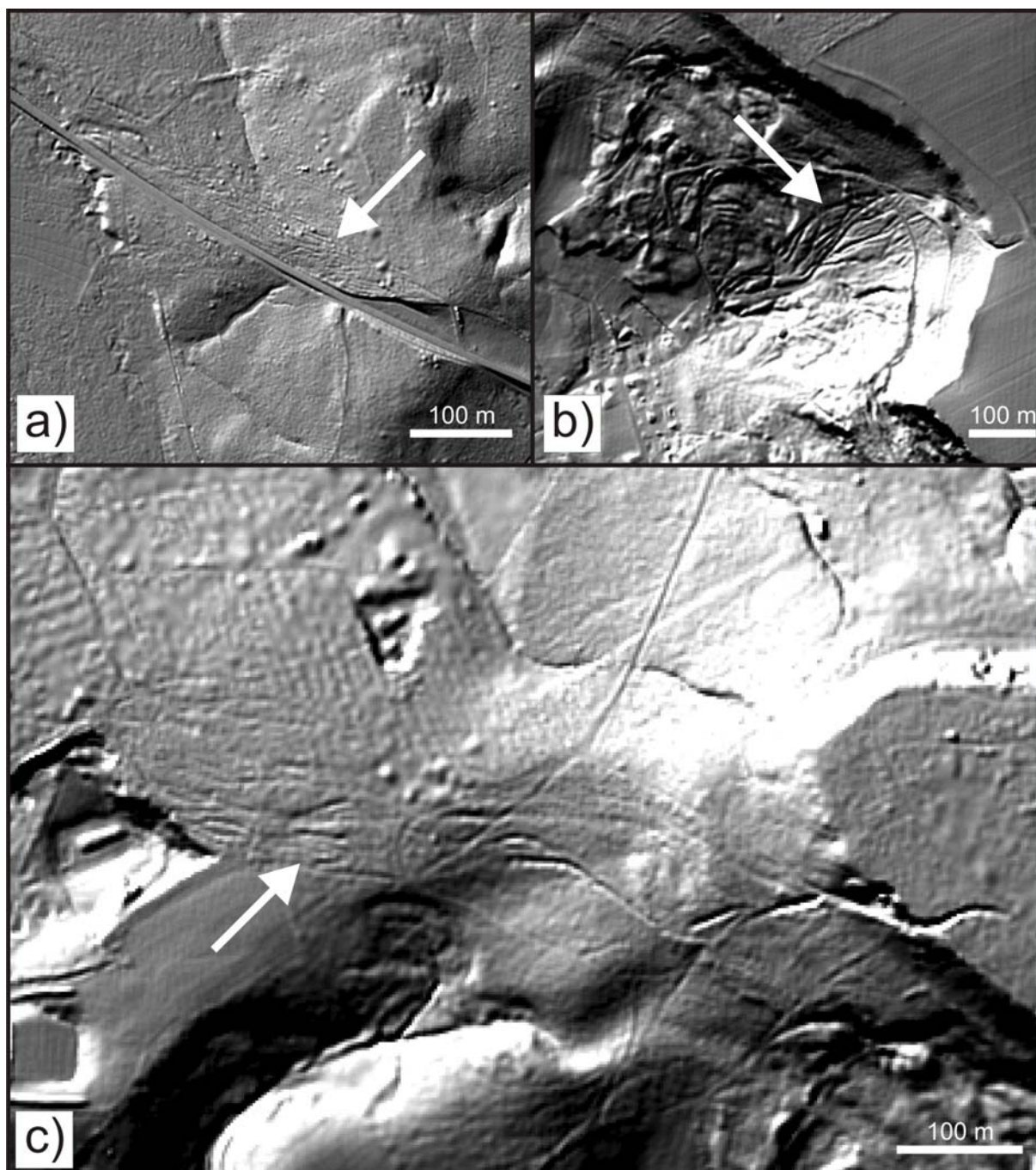


Abb. 7: Hillshade-Darstellungen mit deutlich erkennbaren Altwegrinnen; **a)** W' der Passhöhe 679,9 der Straße Benningen – Ottobeuren (St 2013), **b)** E' von Dietratried (Anstieg vom Memminger Trockental auf das Böhener Feld) und **c)** im Fraugehau am Felsenberg (northwestlicher Sporn des Böhener Feldes).

Zu erwähnen ist noch eine Wallanlage unbekannter Zeitstellung am Schärtelesspitz, eine Wall-Graben-Struktur am Haibach bei Memminger Berg sowie eine eigenartige Grabenstruktur am Hungerbrunnen bei Haitzen (frdl. mündl. Mitt. Johann Krempf⁴⁸, Obergünzburg 26.8.2011). Hinzu kommen noch Dämme in einigen Bachtälern, die wohl überwiegend für das Kloster Ottobeuren angelegt wurden und der Fischzucht dienten: beispielsweise im Tal des Krebsbaches bei Klessen, in den Seitentälern des Krebsbaches an der W-Flanke des Schlossberges, an der E-Flanke des Günzberges oder an der Buxach N' von Dickenreishausen.

⁴⁸ An dieser Stelle möchte ich Herrn Johann Krempf, einem Elektrotechniker, Hobbyarchäologen und Heimatforscher aus Obergünzburg, meinen Dank für die Gesprächsbereitschaft und sehr interessanten Informationen aussprechen.

Im Bereich der Siedlungen, Wachtürme und Burgställe ist das natürliche Gelände v.a. durch den Bau von Graben- und Wallanlagen mehr oder weniger stark umgestaltet, was allerdings auf der geologischen Karte nicht speziell als „künstlich verändertes Gelände“ dargestellt ist, mit Ausnahme des Altstadtgebietes von Memmingen.

Als weitere Besonderheit ist noch eine **Geologische Orgel** (Aufschluss-Nr.: **8027-LEB-AG-093**, R: 43.65227/H: 53.09137) *Im Schwabele* am Ostrand des Grönenbacher Feldes NW' von Zell zu nennen, die von einer Viereckumwallung umgeben wird. Nach [4] handelt es sich um eine Schanze oder Kultanlage mit vor- und frühgeschichtlicher Zeitstellung; Herr Pargmann, der als Entdecker der Anlage genannt wird, und Herr Krempl aus Obergünzburg sehen darin eine Kultstätte aus dem Kult um die *Drei Heiligen Frauen* bzw. *Drei Jungfrauen* (frdl. mündl. Mitt. Herr Krempl vom 4.6.2011), bei dem die Geologische Orgel als Durchschlupf mit kultischer Symbolik genutzt worden sein könnte (LÖFFELMANN 1997, KUTTER 2003: 181ff sowie DERUNGS & FRÜH 2008).

Im Burgberg des Burgstalls am Buschelberg NE' Ottobeuren liegt ein sog. **Erdstall**⁴⁹ (EBERL 1932: 8 und AHLBORN 2010: 94), bei dem es sich um eine vermutlich frühmittelalterliche, unterirdische Anlage aus schmalen und niedrigen Stollen mit engen Durchschlupfstellen handelt, über dessen Funktion und Bedeutung (Flucht, Lager oder Kult) keine Klarheit besteht (LÖFFELMANN 1997, AHLBORN 2010, KUSCH & KUSCH 2009). Der horizontale Einstieg in den Erdstall (ein zweiter, vertikaler Einstieg soll in der Kapelle gewesen sein) am NE-Eck des Burgstalls war zu Zeiten Eberls noch sichtbar und wurde als sagenumwobenes „**Teufelsloch**“ (EBERL 1923: 8) bezeichnet; mittlerweile ist der Einstieg vollständig verschüttet und im Gelände nur noch als flache Mulde erkennbar. Der Erdstall liegt in Molassesanden, die von den Konglomeraten des Burgberges überlagert werden („*Günzschotternagelfluh*“, nach EBERL 1932: 8).

2.3 Überblick Geologie

2.3.1 Geologischer und naturräumlicher Überblick

Die Iller-Lechplatte⁵⁰ bzw. **Iller-Lech-Schotterplatten**⁵¹, an deren Westrand der Großraum Memmingen liegt, sind der östliche Teil der sog. Riss-Iller-Lech-Schotterplatten⁵², einer sich zwischen der Riss im W und dem Lech im E erstreckenden, v.a. im Pleistozän durch Schmelzwässer und Erosion geformten Landschaft, die von annähernd S-N- bis SSW-NNE-verlaufenden Tälern mit dazwischenliegenden, langgestreckten, flachen Geländerücken, den sog. **Riedeln**⁵³ geprägt ist (JERZ 1993: 30, 1995: 302ff, HANTKE 1993: 242ff). Bei dieser Riedellandschaft handelt es sich um ein ausgedehntes Netz von Schmelzwasserablagerungen verschiedener Kaltzeiten des Pleistozäns, die einem Sockel aus tertiären (neogenen) Sedimenten in unterschiedlichen Höhen erosiv aufliegen und im Laufe des Quartärs von den südlichen Donauzuflüssen⁵⁴ zerschnitten und zertalt worden sind (FINK 1966). Als die ältes-

⁴⁹ Für Hilfe und Informationen zu diesem Erdstall und v.a. für den wertvollen Hinweis auf die Arbeit von Bartholomäus Eberl von 1932 über den Buschelberg danke ich sehr herzlich Herrn Dieter Ahlborn und Herrn Dr. Walter Kick vom **Arbeitskreis für Erdstallforschung** (www.erdstall.de), dessen Archiv eine wahre Fundgrube ist.

⁵⁰ Iller-Lechplatte: Begriff nach PENCK & BRÜCKNER 1909: 27.

⁵¹ Iller-Lech-Schotterplatten: Begriff nach JERZ 1993: 30.

⁵² Für die Riss-Iller-Lech-Schotterplatten gibt es drei geologische Übersichtskarten: „*Übersichtskarte des Iller-Riss-Gebietes im Maßstab 1:100 000*“ (WEIDENBACH et al. 1988), „*Geologische Übersichtskarte des Iller-Mindel-Gebietes 1:100 000*“ (STREIT et al. 1975) und „*Geologische Übersichtskarte der Mindel-Lech-Platte*“ im Maßstab 1:100 000 (BECKER-HAUMANN 1995). Siehe zum Riss-Iller-Gebiet auch GRAUL (1953d) und HAAG (1982).

⁵³ Riedel: Begriff nach PENCK & BRÜCKNER 1909: 27.

⁵⁴ In der Iller-Lech-Schotterplatte sind dies von W nach E: Iller, Roth, Günz, Mindel, Zusam, Schmutter, Wertach (mündet bei Augsburg in den Lech) und Lech.

ten, pleistozänen Ablagerungen wird der Hochfirst bei Markt Rettenbach, der Stoffersberg W' von Landsberg a. Lech und die Staufenberg-Terrassentreppe angesehen, die im NE der Schotterplatten bei Augsburg liegt und in die Biber-Kaltzeit eingestuft wird (GRAUL 1983: 43f, JERZ 1993: 30, 1995:303, BECKER-HAUMANN 2005: 99). Den tertiären Sockel auf Blatt Nr. 8027 Memmingen bilden neogene, klastische Sedimente der Oberen Süßwassermolasse (OSM), die v.a. an den Talflanken ausstreichen (PENCK & BRÜCKNER 1909: 30, 33). Es handelt sich um Tone, Schluffe und Mergel sowie Fein- bis Mittelsande mit stark wechselnden Karbonatgehalten, die zu Ton-, Schluff- und Mergelsteinen sowie Fein- bis Mittelsandsteinen verfestigt sein können. Grobsande und feinkiesige Lagen treten nur untergeordnet auf, sind in der Literatur beschrieben, waren aber im Blattgebiet nirgends aufgeschlossen sondern nur anhand von recherchierten Bohrdaten nachweisbar.

Im N werden die Schotterplatten von der Donau und im S von den Endmoränenbögen der verschiedenen Piedmontgletscher (Lech-Wertach-, Iller- und Rhein-Bodensee-Vorlandgletscher) begrenzt (PENCK & BRÜCKNER 1909: 27f, SCHOLZ 1995: 239).

Im S von Grönenbach, ca. 3,5 km außerhalb des Arbeitsgebietes verlaufen die äußersten Endmoränenbögen (Jung- und Altmoränengürtel) des Iller-Vorlandgletschers, die hier die Grenze zwischen der durch Voll-⁵⁵ und Hohlformen⁵⁶ reich gegliederten **Jungmoränenlandschaft** (Moränenhügelland, voralpines Hügel- und Moorland) und der **Riedellandschaft** des Kartenblattes darstellen (HANTKE 1978: 285, JERZ 1995: 298, SCHOLZ 1995: 244).

Die Täler des Arbeitsgebietes selbst, das während der pleistozänen Kaltzeiten stets im periglazialen Vorfeld des Iller-Vorlandgletschers lag, sind mit zum Teil mehrere Dekameter⁵⁷ mächtigen Schmelzwasserschottern gefüllt, wobei gerade die Ablagerungen der beiden letzten Kaltzeiten, der Riss- und der Würmkaltzeit, weite Schotterflächen und -terrassen auf unterschiedlichen Höhenniveaus aufbauen⁵⁸.

Besonders das **Memminger Trockental** ist auch heute morphologisch von den würmzeitlichen Schotterterrassen und -feldern geprägt, da es im ausgehenden Hoch-, Spät- und Postglazial nicht durch Erosion überprägt wurde. Geschaffen⁵⁹ haben das durchschnittlich 2 bis 3 km breite Memminger Trockental die Schmelzwässer des würmzeitlichen Iller-Vorlandgletschers als terminale Hauptentwässerungsrinne, die im Hochwürm ihr Bett aus dem Memminger Trockental Richtung W verlegten und zwischen dem risszeitlichen Endmoränenbogen von Legau und dem mindelzeitlichen Grönenbacher Feld einen tiefen Erosionseinschnitt, ein sog. Durchbruchstal schufen – das Canyonatal der heutigen Iller (SCHOLZ & PETER 1995, SCHOLZ 1995: 209, 245ff).

An den Flanken der Schmelzwasser- und autochthonen Periglazialtäler können immer wieder auch kleinere Terrassen auskartiert werden, bei denen es sich einerseits um Erosions- andererseits um Akkumulationsterrassen handelt, deren Schotter- bzw. Restschotterbasen innerhalb eines Tales in S-N-Richtung meist zusammengehängt werden können und ein einigermaßen gleichmäßiges Gefälle aufweisen. Die Riedel selbst stellen mal mehr mal weniger stark zertalte Hochflächen dar, die im oberen Bereich oft ebenfalls Schmelzwasserschotter in Form von Kappen oder Decken tragen, die i.d.R. größtenteils zu Konglomeraten verfestigt sind – zumindest in den Randzonen der Hochflächen.

⁵⁵ Vollformen: z.B. End-, Seiten- und Mittelmoränenwälle sowie Drumlins.

⁵⁶ Hohlformen: z.B. Toteislöcher und Zungenbecken.

⁵⁷ z.B. wurden in den Bohrungen (beide auf Blatt Nr. 8127 Bad Grönenbach) **8127-LEB-BG-067** (R: 43.69344/H: 53.04254) ca. **91,5 m** und **8127-LEB-BG-043** (R: 43.70263/H: 53.03453) ca. **95 m** mächtige Schmelzwasserschotter erbohrt.

⁵⁸ Von den älteren Schotterflächen sind nur noch größere und kleinere Erosionsreste der ehemaligen Talfüllungen erhalten.

⁵⁹ Das heutige Memminger Trockental wurde wahrscheinlich bereits im Spätmindelglazial bzw. im Mindel-Riss-Interglazial als Tal angelegt, im Riss-Glazial durch Schmelzwässer verbreitert und vertieft und in der Würmkaltzeit auf seine heutige Breite und Tiefe erweitert.

Egal ob die Schmelzwasserschotter heutzutage noch als „echte“ **Schotterfelder** (z.B. Memminger Feld) den Talboden bilden, als **Schotterterrassen** (z.B. Hawanger und Hitzenhofener Feld) an den Talflanken die Täler begleiten oder als **Schotterdecken** (z.B. Grönenbacher und Böhener Feld) und **Schotterkappen** (z.B. am Theinselberg oder in Brüchlings) die Sockel der Riedel aus Molassematerial krönen, stets handelt es sich um ehemalige, muldenförmige⁶⁰ Talfüllungen, wobei für das Arbeitsgebiet die Regeln der Terrassenstratigraphie anwendbar sind⁶¹, nämlich dass die heutzutage am höchsten liegenden Schotterdecken (Deckenschotter) die Reste der ältesten Talfüllungen darstellen und die einst zwischen den Tälern gelegenen Molasse-Hochgebiete und Wasserscheiden im Laufe des Pleistozän erodiert und in Täler umgeformt wurden (**Reliefumkehr**), deren Talböden wiederum von Schmelzwasserschottern bedeckt wurden (JERZ et al. 1975: 107, BECKER-HAUMANN 2005: 2).

Zuoberst auf den Hochflächen und Schotterterrassen findet man teils geschlossene Decken, teilweise nur Reste äolischer Bildungen, die oberhalb ca. 600 m ü. NN und S' einer E-W-verlaufenden Linie⁶², die das niederschlagsreiche⁶³ Alpenvorland („*Decklehm-Landschaft*“ nach JERZ (1993: 65, 1995: 310)) im S von einem etwas niederschlagsärmeren⁶⁴ Donauvorland im N trennt, weitgehend entkalkt sind und deshalb größtenteils als Lösslehme anzusprechen sind (BRUNNACKER 1953a: 115, 1957: 12, JERZ et al. 1975: 116, DOBNER 1984: 486, JERZ 1993: 62ff, 1995: 310f, BIBUS 1995: 136). Diese äolischen Bildungen werden im Arbeitsgebiet zu den teilweise komplex aufgebauten Deckschichten gezählt.

Da die Iller im Postglazial nicht mehr die Schmelzwasserrinne des Memminger Trockentales sondern das im ausgehenden Hochglazial (SCHOLZ & PETER 1995) geschaffene Durchbruchstal (das Canyonental der heutigen Iller) benutzte, kam es während des Spätglazials und Holozäns durch den Zeller Bach im W und den Mühlbach/Kressenbach im E nur zu einer unbedeutenden Erosion der hochwürmzeitlichen Schmelzwasserschotter im Memminger Trockental; ebenso unbedeutend und geringmächtig sind die Bach- und Flussablagerungen sowie die Hochflut- und Auenlehme dieser beiden Bäche. Anders im Tal der Westlichen Günz, die seit dem Ende des Schmelzwasserzuströms im ausgehenden Hochglazial die würmzeitlichen Schmelzwasserschotter teilweise wieder ausräumte und umlagerte sowie flächig mit meist mehr als 1 m mächtigen Bach- und Flussablagerungen sowie Hochflut- und Auenlehmen überdeckte⁶⁵, so dass man innerhalb des Arbeitsgebietes im Tal der Westlichen Günz keinen natürlichen Aufschluss in den Schmelzwasserschottern findet und diese nur mit dem 1 Meter-Bohrstock⁶⁶ erreichen kann.

⁶⁰ Die Konstruktion der Quartärbasis u.a. für das Böhener Feld (BELLMANN 2009), für den Stephansrieder Schotter (CHEN 2011), für das Grönenbacher Feld (FIXL 2009), für das Hawanger Feld (LEMPE & SCHOLZ 2011), für das Steinheimer Feld und für das Memminger Feld (beide CHEN 2011) sowie für die Schotter im Auerbachtal auf Blatt Nr. 8028 Markt Rettenbach (GRIMMEISEN 2011) belegen, dass es sich in keinem Fall um die von SCHAEFER (1950a, 1950b) und REISSINGER (1950: 9f) konzipierten und von STEPP (1981: 66) übernommenen **Kastentäler** handelt, sondern um mulden- bis rinnenartige Talformen mit einem ausgeprägten Relief, wie es schon EBERL (1930: 103ff, 216, 303ff) und SINN 1972: 30f) beschrieben haben. Zu diesem Ergebnis kommt auch BECKER-HAUMANN (2005: 5, 24f) für das gesamte Illergletschervorland.

⁶¹ Diese Regel gilt aber nur für benachbarte Schotter und darf nicht über Täler hinweg angewandt werden, da gerade in der Nähe des Eisrandes gleich alte Schotter unterschiedlich hoch liegen können (siehe Abb. 3), wenn sie von Schmelzwässern aus unterschiedlichen „Gletschertoren“ in verschiedene Täler geschüttet wurden (SCHAEFER 1940: 15, SINN 1972: 31ff, und BECKER-HAUMANN 2005: 1) (siehe Kap. 1.2).

⁶² Diese Linie verläuft etwas N' der Autobahn BAB A96 München-Lindau (JERZ 1995: 311 Abb. 5).

⁶³ > 900 mm Niederschlag pro Jahr (JERZ 1993: 65, 1995: 310)

⁶⁴ 650 (600) bis 900 (850) mm Niederschlag pro Jahr (JERZ 1993: 65, 1995: 310)

⁶⁵ z.B. die Bohrungen **8027-LEB-BG-476** (R: 43.72189/H: 53.17181; bis -1,70 m Bachkies und -sand über 0,50 m Torf), **8027-LEB-BG-477** (R: 43.72336/H: 53.17729; bis -1,80 m Bachkies und -sand über Schmelzwasserschotter), **8027-LEB-BG-912** (R: 43.72473/H: 53.16299; bis -2,00 m Auenlehm über Schmelzwasserschotter).

⁶⁶ Hinzu kommt, dass eine Unterscheidung anstehender Schmelzwasserschotter und umgelagerter Schmelzwasserschotter (Bachkies) in Bohrstockbohrungen meist nicht eindeutig getroffen werden kann.

Prägender als die holozäne Erosion war im Memminger Trockental die Ausbildung von An- und Niedermooren mit bis zu 6 m mächtigen⁶⁷ Niedermoortorfen und Quellkalken (fester Kalktuff und lockerer Alm), die an die flächigen Grundwasseraustritte des Benninger Riedes gebunden sind; ebenso kam es im Tal der Westlichen Günz zur Bildung des Hundsmoores.

2.3.2 „Die vier Felder von Memmingen“ – die Geschichte der geologischen Forschung im Gebiet von Memmingen

Das Gebiet um die alte Reichsstadt Memmingen, v.a. das Memminger Trockental, ist das klassische Arbeitsgebiet der Quartärgeologie⁶⁸, da hier am Ende des 19. Jahrhunderts der Geologe Albrecht Penck (1858-1945), der Vater der Quartärstratigraphie, anhand der „vier Felder von Memmingen“ das erste Mal die Viergliedrigkeit des Eiszeitalters (siehe Tab. 8 und Tab. 9) innerhalb des alpinen Vereisungsgebietes nachweisen konnte⁶⁹, die in den Folgejahren um weitere Kaltzeiten ergänzt⁷⁰ wurde und in den Grundzügen bis heute im süddeutschen Sprachraum (Österreich, Südtirol, Bayern, Baden-Württemberg und Schweiz⁷¹) Gültigkeit besitzt (FIEBIG et al. 2011: 163ff) (siehe Tab. 10)

Tab. 8: Die „vier Felder von Memmingen“ nach PENCK & BRÜCKNER (1909: 28ff) und die dazugehörigen Kaltzeiten und Schmelzwasserschotter.

Kaltzeit	Feldname nach PENCK & BRÜCKNER (1909)	Höhe über Memminger Feld	Schmelzwasserschotter
Würm	Memminger Feld	-	Niederterrassenschotter
Riss	Hitzenhofener Feld	20 m	Hochterrassenschotter
Mindel	Grönenbacher Feld	80 m	Jüngere Deckenschotter
Günz	Hochfeld (Böhener Feld ⁷²)	120 m	Ältere Deckenschotter

Auf **Blatt Nr. 8027 Memmingen** hat sich an dem dort ursprünglich von PENCK entwickeltem, tetraglazialen System bis heute nur wenig geändert, denn die verschiedenen Schmelzwasserschotter können weiterhin auch nur vier Kaltzeiten zugeordnet werden (siehe Tab. 35); nur dass das PENCK'sche Hochfeld (jetzt Böhener Feld genannt) nicht mehr der Günz- sondern der Donaukaltzeit zugeordnet wird; dafür werden momentan keine Ablagerungen im Arbeitsgebiet als gүнzzeitlich eingestuft.

Eine zeitliche Parallelisierung der verschiedenen Kalt- und Warmzeiten, v.a. der präwürmzeitlichen, über Regionen, Länder oder Kontinente hinweg ist allerdings sehr problematisch.

⁶⁷ z.B. die Bohrungen **8027-LEB-BG-546** (R: 43.65414/H: 53.18771; bis -0,20 m Bodenbildung (rezent), bis **-5,20 m Alm** mit Torfzwischenlagen und bis mindestens -10,10 m (ET) Schmelzwasserschotter), **8027-LEB-BG-550** (R: 43.65453/H: 53.18815; bis -0,20 m Bodenbildung (rezent), bis **-5,80 m Alm** mit Torfzwischenlagen und bis mindestens -10,50 m (ET) Schmelzwasserschotter) und **8027-LEB-BG-551** (R: 43.65483/H: 53.18839; bis -0,20 m Bodenbildung (rezent), bis **-6,00 m Alm** mit Torfzwischenlagen und bis mindestens -11,50 m (ET) Schmelzwasserschotter).

⁶⁸ Die Iller-Lech-Schotterplatten und v.a. auch das Gebiet um Memmingen sind daher auch ein klassisches Exkursionsgebiet für Quartärgeologen und Geomorphologen; z.B. RATHJENS (1950), GRAUL et al. (1951), FRENZEL (1973), LÖSCHER (1979), HOFMANN et al. 1983), JERZ (1983b), SCHOLZ & ZACHER (1983), CHALINE & JERZ (1984), BIRKENHAUER 1989), JERZ & DOPPLER (1990) und DOPPLER (2011).

⁶⁹ PENCK & BRÜCKNER (1909: 28ff)

⁷⁰ EBERL 1930, SCHAEFER 1951a & 1957, SCHREINER & EBEL 1981, JERZ 1993: 4f, 1995: 296.

⁷¹ In den letzten Jahren begann in der Schweiz eine Umbenennung der Kaltzeiten, da man mit zunehmendem Kenntnisstand feststellen musste, dass es mitunter erhebliche Diskrepanzen bei der Überprüfung der Parallelisierbarkeit der einzelnen Kaltzeiten in der Schweiz und im süddeutschen Alpenvorland gibt (FIEBIG et al. 2010: 64f).

⁷² Böhener Feld: seit STEPP (1981: 43) gebräuchlicher Name für das Hochfeld.

Tab. 9: Klassische Viergliederung des alpinen Eiszeitalters nach PENCK & BRÜCKNER (1909) im Vergleich mit Norddeutschland (WIEGANK 1990: 159, FAUPL 1997: 228, DOPPLER 2011: 315). Mittlerweile gilt das tetraglaziale Gliederungsprinzip nicht nur in den Alpen sondern auch in anderen Regionen, v.a. weltweit als veraltet. Je nach Region wurden einzelne Kaltzeiten unterteilt, neue Kaltzeiten definiert oder auch einzelne zusammengefasst, da eine Untergliederung nicht mehr sinnvoll erschien. Als gesichert gilt nur, dass die Würm- mit der Weichsel- und die Riss- mit der Saalekaltzeit mitsamt dem dazwischenliegenden Interglazial zwischen Nord- und Süddeutschland parallelisiert werden können. Alles was prä-risszeitlich ist, kann nicht belegt werden und muss als vage Vermutung gelten.

	Süddeutschland (Alpenvorland)	Nordeuropa (Ostseeraum)
Kaltzeit	Würm	Weichsel
Interglazial	Riss-Würm	Eem
Kaltzeit	Riss	Saale
Interglazial	Mindel-Riss	Holstein
Kaltzeit	Mindel	Elster/Elster II
Interglazial	Günz-Mindel	Cromer/Elster I
Kaltzeit	Günz	

Tab. 10: Um vier Kaltzeiten erweiterte Gliederung (JERZ 1993: 8) des alpinen Eiszeitalters nach PENCK & BRÜCKNER (1909). Einige dieser Kaltzeiten werden als Komplexe, d.h. durch Warmzeiten gegliederte, mehrphasige Kaltzeiten, betrachtet und andere (v.a. die Paarkaltzeit) mitunter heftig diskutiert und von der Mehrheit der im Alpenvorland tätigen Quartärgeologen als eigenständige Kaltzeit abgelehnt. Der Vollständigkeit halber und da sie immer wieder in der Literatur auftauchen, seien sie hier mit aufgeführt. E' der Iller konnten bisher keine kaltzeitlichen Ablagerungen eindeutig der Haslachkaltzeit⁷³ zugeordnet werden (JERZ 1995: 300); sie taucht aber immer wieder in einzelnen Arbeiten auf (z.B. HABBE 1985a und KLUSCH 1995).

Kaltzeit	eingeführt bzw. wiedereingeführt von
Würm	PENCK & BRÜCKNER (1909)
Riss	PENCK & BRÜCKNER (1909)
Paar	SCHAEFER (1951a/1995), BECKER-HAUMANN (2004)
Mindel	PENCK & BRÜCKNER (1909)
Haslach	SCHREINER & EBEL (1981)
Günz	PENCK & BRÜCKNER (1909)
Donau (Komplex)	EBERL (1930)
Biber (Komplex)	SCHAEFER (1957)

SCHAEFER (1995) postulierte aber nicht nur die Biber- und die Paarkaltzeit, sondern überlegte das PENCK'sche System auch noch um die **Nibel**⁷⁴ (SCHAEFER 1995a: 263) und die **Singold-Kaltzeit**⁷⁵ (SCHAEFER 1995b: 655 Fußnote 2133) zu erweitern, was allerdings, v.a. bei der Singoldkaltzeit, nur Gedankenspiel blieb und sich in der süddeutschen Quartärstratigraphie nicht durchsetzen konnte.

Versucht man nun dieser stratigraphischen Gliederung des Quartärs im süddeutschen Alpenvorland auch absolute Alter zuzuordnen (siehe Tab. 11), stößt man auf zahlreiche und mitunter widersprüchliche Angaben in der Literatur; v.a. wenn man den Blick über Landes- und Staatsgrenzen hinweg nach W und SW richtet. Eine zumindest für Bayern konsequente und schlüssige Gliederung mit absoluten Altern (siehe Tab. 11) geben JERZ (1993: 3, 13, 85), SCHOLZ (1995: 218, 224) sowie DOPPLER & JERZ (1995: 14), die auch in vorliegender Arbeit Anwendung findet.

⁷³ zur Haslachkaltzeit siehe SCHREINER & EBEL (1981) und SCHREINER (1996)

⁷⁴ Als Nibel wird der Oberlauf der Eschach (GERMAN 1959: 13) und das durchflossene Gebiet als Nibelgau bezeichnet; die Eschach mündet in die Aitrach.

⁷⁵ Die Singold entspringt SW' von Landsberg am Lech und mündet im S von Augsburg in die Wertach.

Tab. 11: Stratigraphische Gliederung des Quartärs im nördlichen Alpenvorland nach DOPPLER & JERZ (1995: 14) und DOPPLER (2011: 315) mit absoluten Altern (DOPPLER & JERZ 1995; ergänzt mit EHLERS 2011, [5], KOENIGSWALD 2010).

	Glazial	Interglazial	Zeitdauer in Jahren v.h.	Bemerkung
Jung-	Würm		117 000 – 11 590	
		Riss-Würm (Eem)	127 000 – 117 000	
Mittel-	Riss		390 000 – 127 000	
		Mindel-Riss (Holstein)	405 000 – 390 000	
Alt- pleistozän	Mindel-Komplex		560 000(?) – 405 000	innerhalb des Brunhes-Chron
	Günz-Komplex		920 000(?) – 560 000(?)	drei Kaltzeiten, älterer Teil revers magnetisiert, Mehrheit aber jünger als Brunhes-Matuyama-Grenze ⁷⁶ (781 000 a v.h.)
Ältest-	Donau-Komplex		1 560 000(?) – 920 000(?)	älter als Günz, bisher nur Schotter bekannt, die als Schmelzwasserschotter gedeutet werden
	Biber-Komplex		2 300 000(?) – 1 560 000(?)	spekulativ
	?		2 588 000 – 2 300 000(?)	spekulativ

Die bisher über die Iller-Lech-Schotterplatten und speziell über das nähere Arbeitsgebiet veröffentlichte Literatur ist sehr umfangreich; daher sollen im Folgenden nur die wichtigsten Werke und Bearbeiter kurz genannt werden: Auf das dreibändige Werk „Die Alpen im Eiszeitalter“ von PENCK & BRÜCKNER (1909)⁷⁷ folgten zunächst kleinere Arbeiten von FÖRDERREUTHER (1923), KELLENBERGER (1924) und SIMON (1926) bis 1930 dann das umfassende Werk „Die Eiszeitenfolge im nördlichen Alpenvorlande“ von EBERL (1930)⁷⁸ erschien, das von KLEBELSBERG (1930), TROLL (1931)⁷⁹ und SCHAEFER (1953b) ausführlich besprochen und gewürdigt wurde. Wohl die meisten Veröffentlichungen zu den Iller-Lech-Schotterplatten verfasste SCHAEFER von 1940 bis 2001, von denen „Die Würmeiszeit im Alpenvorland zwischen Riss und Günz“ (1940) und seine fast als „Gesamtwerk“ zu bezeichnenden beiden Bände „Das Alpenvorland im Zenit des Eiszeitalters“ (1995a, 1995b)⁸⁰ stellvertretend zu nennen sind. Nach dem 2. Weltkrieg folgten „Zur Gliederung der Würmeiszeit im Illergebiet“ von GRAUL (1953a)⁸¹, „Die Würmvereisung am Rhein- und Illergletscher zwischen Federseebecken und Günztal“ von GERMAN (1959)⁸², „Zur Stratigraphie und Paläogeographie des Prätäl in den Illergletscher-Vorland“ von SINN (1972)⁸³, „Zur Geologie

⁷⁶ zur Brunhes-Matuyama-Grenze in Roßhaupten siehe TILLMANN et al. (1986)

⁷⁷ siehe auch PENCK (1882)

⁷⁸ EBERL veröffentlichte bereits 1928 seine ersten Gedanken „zur Gliederung und Zeitrechnung des alpinen Glazials“ (EBERL 1928).

⁷⁹ Carl TROLL verfasste einige grundlegende Werke zur Quartärgeologie, die sich größtenteils mit der Genese und Formen quartärer Strukturen beschäftigen: TROLL (1936, 1944a, 1944b, 1947, 1948, 1957, 1977)

⁸⁰ siehe auch SCHAEFER (1950a, 1950b, 1950c, 1951a, 1951b, 1951c, 1953a, 1953b, 1953c, 1954a, 1954b, 1957a, 1957b, 1966, 1968, 1973, 1976, 1979a, 1979b, 1980, 1981, 1982, 1983, 1986, 1991, 2001), SCHAEFER & STEPP (1984)

⁸¹ siehe auch GRAUL (1943, 1949, 1952a, 1952b, 1953b, 1953c, 1962a, 1962b, 1973a, 1973b, 1978, 1983) GRAUL et al. (1951), GRAUL & GROSCHOPF (1952)

⁸² siehe auch GERMAN (1962a, 1962b, 1971, 1973), GERMAN & FILZER (1964)

⁸³ siehe auch SINN (1971, 1973, 1974)

des Iller-Mindel-Gebietes“ von JERZ et al. (1975)⁸⁴, „Die prähistorischen Schotterablagerungen in der nördlichen Iller-Lech-Platte“ von LÖSCHER (1976)⁸⁵, „Das Böhener Feld – Ein Beitrag zum Altquartär im SW der Iller-Lech-Platte“ von STEPP (1981)⁸⁶, verschiedene Arbeiten von RÖGNER⁸⁷ seit den 1980er, seinem Schüler MIARA⁸⁸ seit den 1990er und von HABBE⁸⁹ in den 1980er bis 2000er Jahren. Aufgrund seiner anschaulichen Zusammenfassung und ansprechenden Darstellung ist besonders „Bau und Werden der Allgäuer Landschaft“ von SCHOLZ (1995)⁹⁰ hervorzuheben.

Boden- und lösskundliche Arbeiten lieferte BRUNNACKER⁹¹ v.a. in den 1950er und 1960er Jahren. In den 1970er bis 1990er Jahren bearbeitete SCHEUENPFLUG⁹² sowie in den 1980er und 1990er Jahren AKTAS⁹³ v.a. die Zusam-⁹⁴ und Stauden-Platte sowie die Staufenberg-Serie im NE der Iller-Lech-Schotterplatten und dessen Schüler BECKER-HAUMANN⁹⁵ ab den 1990er die gesamte Iller-Lechplatte, dessen Ergebnisse hauptsächlich in der „Geologischen Übersichtskarte des Mindel-Lech-Platte“ (2001b) sowie in seinem zusammenfassenden Werk „Anwendung der Geoinformatik für die hochauflösende 3D-Modellierung fluviatiler Terrassenkörper – Die prä-risszeitliche Chronologie und Paläogeographie des Illergletschergebietes, Bayerisches Alpenvorland“ (2005) dargestellt wurden. Speziell mit dem würmzeitlichen Illergletscher und den Illerterrassen befasste sich ELLWANGER⁹⁶ in den 1980er Jahren. DOPPLER beschäftigte sich neben der Molasse seit den 1990er Jahren v.a. mit den alt- und ältestpleistozänen Bildungen. Die aktuellsten Arbeiten über das Quartär im bayerischen Alpenvorland stammen von FIEBIG et al. (2004), DOPPLER (2011), FIEBIG et al. (2011) und DOPPLER et al. (2011). Hinzu kommen natürlich noch die Erwähnungen in Standardwerken, wie im zweibändigen Werk „Das Eiszeitalter – Grundlinien einer Geologie des Quartärs“ von WOLDSTEDT (1958: 167ff)⁹⁷, im dreibändigen Werk von HANTKE (1978: 285ff, 316f, 1980, 1983: 33ff) oder in der „Einführung in die Quartärgeologie“ von SCHREINER (1997)⁹⁸. Eine ausführliche Zusammenstellung an Literatur findet sich in Anlage 1.

Einige der genannten Bearbeiter kann man in die **Heidelberger Schule** mit GRAUL, SINN, LÖSCHER und ELLWANGER, zu der auch FEZER⁹⁹ gehört, sowie in die **Kölner Schule** mit BRUNNACKER, AKTAS und BECKER-HAUMANN, die den Anschauungen von SCHAEFER nahe stehen, gruppieren. Daneben gibt es noch die Gruppe des Bayerischen Geologischen Landesamtes (heute Geologischer Dienst im Landesamt für Umwelt) mit SCHAEFER, JERZ und DOPPLER, die Universität Erlangen-Nürnberg mit HABBE und die beiden Münchener Universitäten mit RÖGNER (LMU) und SCHOLZ (TU München).

⁸⁴ JERZ verfasste ebenfalls eine große Anzahl an Veröffentlichungen zum Iller-Lech-Gebiet, häufig auch unter bodenkundlichen Aspekten: JERZ (1970, 1976, 1981, 1982, 1983a, 1983b, 1986, 1989, 1993, 1995, 1996), JERZ & GROTTENTHALER (1995), JERZ & DOPPLER (1990).

⁸⁵ siehe auch LÖSCHER (1979), LÖSCHER et al. (1978, 1979a, 1979b, 2001), LÖSCHER & LEGER (1974), LÖSCHER & SCHEUENPFLUG (1981), LÖSCHER & SINN (1983), KILIAN & LÖSCHER (1979)

⁸⁶ siehe auch STEPP (1953, 1987)

⁸⁷ RÖGNER (1979, 1980, 1981, 1986a, 1986b, 1989, 1992, 1998, 2001, 2002, 2004, 2008), RÖGNER & LÖSCHER (1981, 1987, 1993), RÖGNER et al. (1993)

⁸⁸ MIARA (1995, 1996), MIARA & RÖGNER (1996)

⁸⁹ HABBE (1979, 1985a, 1985b, 1986a, 1986b, 1988, 1989, 1990, 1991, 1994, 1995, 1997, 2003a, 2003b), HABBE & RÖGNER (1989a, 1989b), HABBE et al. (2007)

⁹⁰ siehe auch SCHOLZ (1984, 1986a, 1986b, 1989, 1993, 2000)

⁹¹ BRUNNACKER (1953a, 1953b, 1954, 1957, 1959a, 1964a, 1964b, 1964c, 1964d, 1970, 1982)

⁹² SCHEUENPFLUG (1970, 1971, 1973a, 1973b, 1974a, 1974b, 1976, 1978/79, 1979a, 1979b, 1980, 1981a, 1981b, 1986a, 1986b, 1986c, 1987, 1989, 1990a, 1990b, 1991, 1993, 1994)

⁹³ AKTAS (1987, 1989, 1990, 1991), AKTAS & BECKER-HAUMANN (1991), AKTAS & FRECHEN (1991)

⁹⁴ siehe hierzu auch ESSIG (1979)

⁹⁵ BECKER-HAUMANN (1995a, 1995b, 1995c, 1996, 1997a, 1997b, 1998a, 1998b, 1999, 2001a, 2001b, 2002, 2004, 2005), BECKER HAUMANN & GERTH (2007), BECKER-HAUMANN & SOBISCH (2002), BECKER-HAUMANN et al. (1997, 2001)

⁹⁶ ELLWANGER (1980a, 1980b, 1983, 1988, 1989), ELLWANGER et al. (1994)

⁹⁷ siehe auch WOLDSTEDT (1952, 1954, 1966)

⁹⁸ siehe auch SCHREINER (1989, 1996, 2003), SCHREINER & HAAG (1982)

⁹⁹ FEZER (1969b, 1991); er beschäftigte sich auch intensiv mit der Tiefenverwitterung von pleistozänen Schottern FEZER (1969a).

3. Geologische und stratigraphische Gliederung

Das Arbeitsgebiet kann in mehrere geologische Einheiten gegliedert werden. Den Sockel bilden tonig-schluffige bis sandige Gesteine der Oberen Süßwassermolasse (OSM), denen unterschiedlich alte Schmelzwasserschotter mit jeweils unterschiedlicher Höhenlage der Quartärbasis auflagern. Am höchsten liegt das Böhener Feld, der Stephansrieder sowie der Guggenberger Schotter, auf einem nächst tieferen Niveau folgt das Grönenbacher Feld; wieder etwas tiefer, diesmal schon als Terrassen in Hanglage, folgen das Hawanger Feld und das Hitzenhofener Feld. Im Taltiefsten des Memminger Trockentales erstrecken sich das Steinheimer Feld und das Memminger Feld sowie die wärmzeitlichen Schotter im Tal der Westlichen Günz.

PENCK & BRÜCKNER (1909) legten, wie bereits erläutert (siehe Kap. 2.3.2), für das Arbeitsgebiet folgende Begriffe fest:

Tab. 12: Die „vier Felder von Memmingen“ nach PENCK & BRÜCKNER (1909).

Kaltzeit	Feldname nach PENCK & BRÜCKNER
Würm	Memminger Feld
Riss	Hitzenhofener Feld
Mindel	Grönenbacher Feld
Günz	Hochfeld

In der Folgezeit änderte sich nicht nur für einzelne Felder die stratigraphische Einstufung¹⁰⁰ sondern andere Bearbeiter schufen neue Namen oder mussten aufgrund ihrer Forschungsergebnisse noch begriffliche Unterteilungen treffen.

Aber nicht nur die Namen der Felder änderten sich, sondern auch die Bezeichnung der einzelnen Schotter; v.a. EBERL (1930: 108) wollte die alten Schotternamen von PENCK & BRÜCKNER umbenennen (siehe Tab. 13), da der Begriff „*Deckenschotter*“ in seinen Augen als überholt galt. Die neuen Begriffe von EBERL haben sich aber nicht durchgesetzt, wurden jedoch in der Folgezeit teilweise mit anderer Bedeutung übernommen aber finden heutzutage keine Verwendung mehr.

Tab. 13: Versuch einer Umbenennung der Schotternamen nach PENCK & BRÜCKNER (1909: 29) durch EBERL (1930: 108, 304), die sich nicht durchgesetzt hat.

PENCK & BRÜCKNER (1909)	EBERL (1930)	Kaltzeit
Niederterrasse/Würmschotter	Niederterrasse (übernommen)	Würm
Hochterrasse/Rissschotter	Hochterrasse (übernommen)	Riss
Jüngere Deckenschotter/Mindelschotter	Altterrasse (neu)	Mindel
Ältere Deckenschotter/Günzschotter	Deckterrasse (neu)	Günz

Mit der Erweiterung des PENCK'schen Systems kamen noch die **Ältesten Deckenschotter** (nach JERZ et al. 1975) der Donaukaltzeit hinzu, die ins Ältestpleistozän gestellt werden (BECKER-HAUMANN 2005: 12).

Um den „*stratigraphisch vorbelasteten Begriff Deckenschotter*“ (LÖSCHER 1976: 11) von PENCK & BRÜCKNER (1909) zu vermeiden und um die Erkenntnisse von EBERL (1930) mit seiner Untergliederung der ältesten (günzzeitlichen) Schotter des PENCK'schen Systems in günz- und donauzeitliche Bildungen fortzuführen, führte GRAUL (1949) den Begriff **Deckschotter** ein, der in der Folgezeit (GRAUL 1962a: 264, 270 Tabelle 4, LÖSCHER 1976) noch in **Unterer Deckschotter**, **Mittlerer Deckschotter** und **Oberer Deckschotter** differenziert und

¹⁰⁰ Zur „neuen“ stratigraphischen Definition der Begriffe „Günz“ und Mindel“ im schwäbischen Alpenvorland siehe EICHLER (1970, 1975).

mit den Begriffen **Hochschotter** und **Zwischenterrassenschotter** ergänzt wurde (siehe Tab. 14). Noch weitergehend können die Zwischenterrassenschotter ebenfalls noch in **Untere**, **Mittlere** und **Obere Zwischenterrassenschotter** untergliedert werden.

Tab. 14: Versuch einer Neugliederung und Umbenennung der Schotternamen nach PENCK & BRÜCKNER (1909: 29) durch GRAUL (1943, 1949, 1962a) und LÖSCHER (1976), für den Nordteil der Riss-Lechplatte, die sich allerdings nicht bis in das Arbeitsgebiet im unmittelbaren Vorfeld des Illergletschers übertragen lässt.

PENCK & BRÜCKNER (1909)	GRAUL (1943, 1949, 1962) und LÖSCHER (1976)	Kaltzeit
Niederterrasse/Würmschotter	Niederterrassenschotter	Würm
Hochterrasse/Rissschotter	Hochterrassenschotter	Riss
Jüngere Deckenschotter/Mindelschotter	Zwischenterrassenschotter	Mindel Günz
Ältere Deckenschotter/Günzschotter	Deckschotter	Donau
	Hochschotter	Biber

Wie schon DOPPLER (2003: 269, 273, 281) geschrieben hat, sind diese im Nordteil der Riss-Lechplatte eingeführten Begriffe Richtung S in die eisrandnahen Bereiche nicht problemlos übertragbar, die Schotterkörper nicht verlängerbar bzw. über ihre Schottersohlen nicht abgrenzbar. Dies trifft v.a. auf das unmittelbare Vorfeld des Iller-Vorlandgletschers zu, so dass auf diese Begriffe in der vorliegenden Arbeit weitgehend verzichtet wurde.

3.1 Schotterfelder der Donaukaltzeit (vermutlich)

Die donauzeitlichen Schmelzwasserschotter sind im Arbeitsgebiet und dessen näherem Umfeld nur noch in einzelnen Teilfeldern erhalten (siehe Abb. 8) und v.a. im S von mächtigen mindel- und risszeitlichen Geschiebelehmen und eisrandnahen Schottern überdeckt, so dass diese jüngeren Ablagerungen auf geologischen Karten dargestellt werden.

Im Arbeitsgebiet liegt der Nordteil des Böhener Feldes, der Theinselberg-Schotter sowie der Brühlins-Schotter, die alle drei im Text zu einem Schotterkörper zusammengefasst werden, im NE der Stephansrieder Schotter und im E noch der Westrand des Guggenberger Schotter. Der Kronburg- und der Hohenrain-Schotter liegen zwar nicht mehr im Arbeitsgebiet, werden aber noch mitbesprochen, da durch sie PENCK & BRÜCKNER (1909: 48) ihre Zweiteilung der Deckenschotter begründen konnten und somit sind die beiden hochliegenden Schotter im W für die Erforschungsgeschichte der Region durch PENCK & BRÜCKNER (1909) von herausragender Bedeutung. Für die Beantwortung der stratigraphischen Einstufung wurde auch der gesamte Untrasried-Stephansrieder Schotter mit in die Betrachtung einbezogen, da dort die beiden wichtigen und überregional bekannten Aufschlüsse von **Hinterschmalholz** und der **Schleifhalde** liegen.

Das Böhener Feld wird zusammen mit dem Untrasried-Stephansrieder Schotter, wie im Folgenden erläutert, als Reste eines einst zusammenhängenden, breiten Schotterstranges betrachtet; der Kronburg-Hohenrain-Schotter als Rest eines separaten, schmaleren Schotterstranges im W. Möglicherweise handelt es sich beim breiten Schotterkörper des Böhener Feldes samt Untrasried-Stephansrieder Schotter um mehrere Teilstränge, worauf es im Arbeitsgebiet aufgrund der stark reliefierten Tertiäroberfläche momentan aber keine eindeutigen Hinweise gibt, wie auch DOPPLER & JERZ (1995) für die Zusamplatte angenommen haben: „Bedeutsam erscheint auch der erneute Beleg, daß ein äußerlich einheitlicher Schotterkörper wie die Zusamplatte nicht nur vertikale Faziesfolgen beinhalten kann, sondern offenbar auch in der Fläche aus verschiedenen alten Ablagerungen zusammengesetzt ist, ohne daß sich dieses eindeutig in Oberflächen- oder Sohlspürungen abzeichnen muß.“ DOPPLER & JERZ (1995: 47).

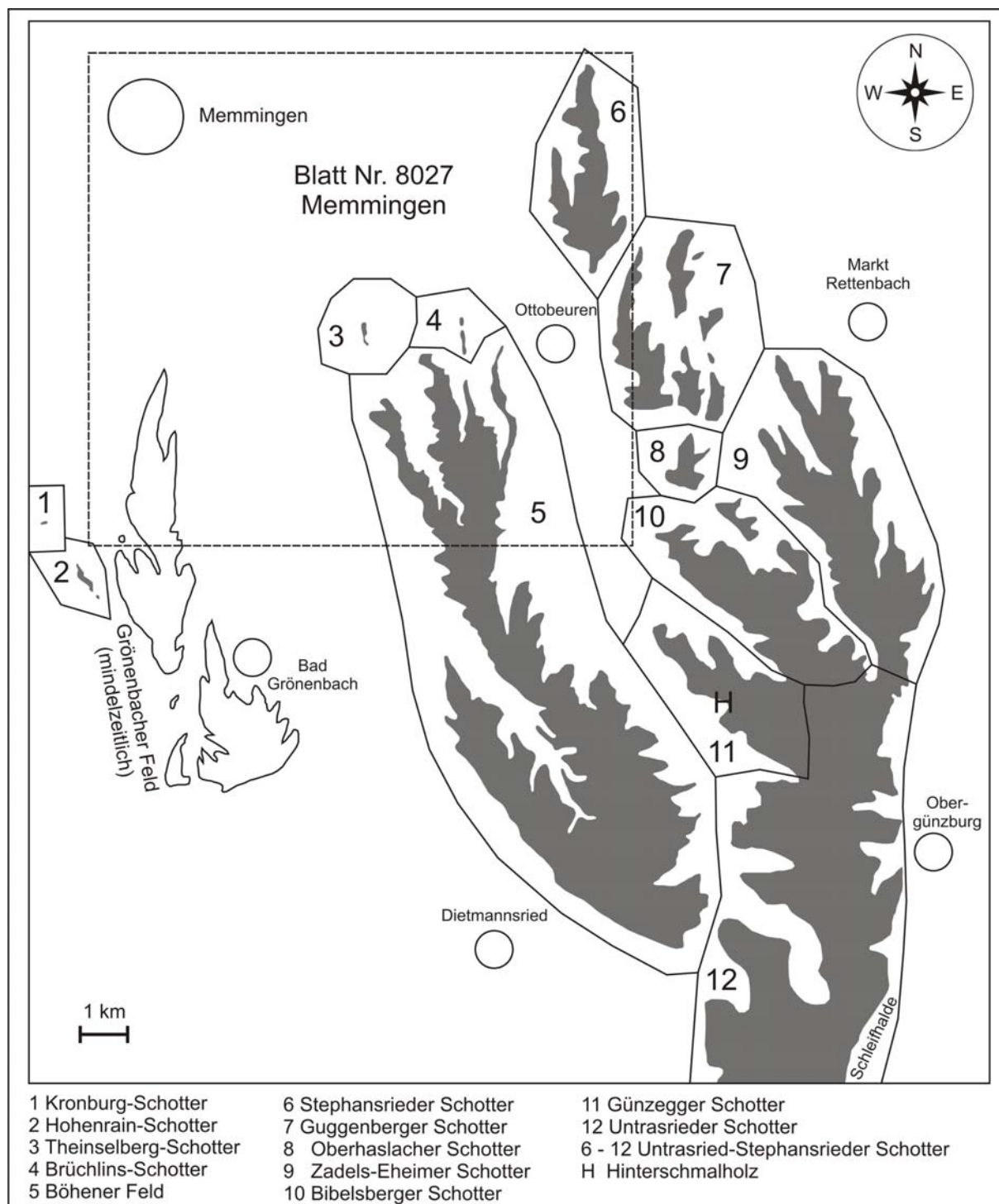


Abb. 8: Karte der Verbreitung der donauzeitlichen Schmelzwasserschotter (verändert nach PENCK & BRÜCKNER 1909, EBERL 1930, STEPP 1981, RÖGNER et al. 1988, BELLMANN 2009, CHEN 2011a)¹⁰¹ und deren Gliederung in Teilfelder im Arbeitsgebiet und dessen S und SE; bei der Umgrenzung und Benennung einzelner Teilfelder und Sporne handelt es sich um reine Arbeitsbegriffe, die nur eine schnell Orientierung erlauben sollen. Bei der Darstellung ist zu berücksichtigen, dass die donauzeitlichen Schmelzwasserschotter S' des Arbeitsgebietes unter mindel- und risszeitlichen Schottern und Geschiebelehmen begraben liegen¹⁰² und nur punktuell aufgeschlossen sind.

¹⁰¹ PENCK & BRÜCKNER 1909, EBERL 1930 und STEPP 1981 sahen in diesen Schmelzwasserschottern noch günzzeitliche Bildungen; als einzige Ausnahme stellt STEPP 1981 den Guggenberger Schotter in die Mindelkaltzeit. RÖGNER et al. (1988: 58 Fig. 2) betrachten nur die Schotter zwischen der Westlichen und Östlichen Günz und untergliedern diese in günz- und donauzeitliche Bildungen.

¹⁰² „Gegen S setzen sich die Älteren Deckenschotter als meist verbackene, bis gegen 30 m mächtig werdende Stränge unter Mindel- und Reiß-Moränen fort. Zugehörige günzzeitliche Moränen sind noch

3.1.1 Hochfeld oder Böhener Feld (vermutlich donauzeitlich)

Geographie und Allgemeines: Das **Hochfeld** (nach PENCK & BRÜCKNER 1909: 28ff) erhebt sich zwischen dem Memminger Trockental im W und dem Tal der Westlichen Günz im E (siehe Abb. 8); im N ist es durch die zertalende und rückschreitende Erosion von Bächen¹⁰³ in vier einzelne Geländesporne¹⁰⁴ aufgelöst. Der Theinselberg im NW und die Schotterkappe von Brüchlings im NE sind bereits erosiv vom Feld getrennt und stehen nun gleich Zeugenbergen in dessen Vorfeld. Nach S bildet es den gesamten NE-Quadranten des Blattes Nr. 8127 Bad Grönenbach und lässt sich in SE-Richtung noch weiter verfolgen (KLUSCH 1995: 34, BECKER-HAUMANN 2005: 162f). Wie weit sich allerdings der Schotterkörper Richtung SE auf Blatt Nr. 8128 Obergünzburg und Blatt Nr. 8228 Wildpoldsried tatsächlich erstreckt und wo dessen Verbindung zu den Endmoränenwällen bestanden hat, ist abschließend noch nicht geklärt. SINN (1972: 85f) beschreibt eine Kiesgrube am Rechberg SE' Böhen (Blatt Nr. 8127 Bad Grönenbach) im bereits intramoränen Bereich, in der eindeutig „*günzzeitliche Nagelfluh*“ des Böhener Feldes unter jüngeren Vorstoßschottern und Geschiebelehm aufgeschlossen war. PENCK & BRÜCKNER (1909: 37) schreiben zunächst nur recht pauschal: „... sollte das Hochfeld bei Schratzenbach mit Moränen in Verknüpfung treten. Dies ist hier nicht der Fall; es erstreckt sich noch mehrere Kilometer weiter südwärts, und zwar nimmt der Schotter dabei an Mächtigkeit und Gefälle ab.“, werden aber weiter unten im Text präziser und lassen die Hochfeldschotter bis Wildpoldsried ziehen: „... bis Wildpoldsried mit einem beinahe ununterbrochenen Nagelfluhausstriche zu thun, der dem Hochfeldschotter angehört. Wir packen ihn zwischen Ober-Günzburg und Untrasried.“

STEPP (1981: 43, 44 Abb. 1, 54 Abb. 5, 60) und HABBE (1986a: 127, 1986b: 458f) sehen es genauso wie PENCK & BRÜCKNER und verlängern den Schotterkörper des Böhener Feldes unter der Geschiebelehmbedeckung und über eine Unterbrechung durch das Tal zwischen Probstried im W und Hopferbach im E bis zur **Schleifhalde**¹⁰⁵ auf eine Gesamtlänge von ca. 20 km. An der Schleifhalde postuliert STEPP (1981: 63) eine Verknüpfung mit Endmoränen, wie zuvor schon PENCK & BRÜCKNER (1909: 38) sowie EBERL (1930: 299, 317f). ROPPELT (1988: 17) beschreibt eine „*Günzmoräne*“ (vermutlich) aus einem Seitental bei Günzach (Blatt Nr. 8028 Obergünzburg), stuft aber die Schmelzwasserschotter der nördlichen Schleifhalde in die Mindelkaltzeit ein.

EBERL (1930: Tafel I) lässt scheinbar seinen günzzeitlichen Schotterkörper des nördlichen Böhener Feldes abrupt enden und trennt den S des Böhener Feldes als mindelzeitlich ab, was aber nur eine Kartendarstellung (1930: Tafel I) ist, denn im Text (EBERL 1930: 277) erwähnt er, dass seine günzzeitlichen Schotter im S den Sockel für die mindelzeitlichen Ablagerungen bilden (siehe Kap. 3.1.3). Ein weiteres Modell liefert BECKER-HAUMANN (2005: 162), der den Schotterkörper des Böhener Feldes vom Theinselberg im N nicht bis zur Schleifhalde sondern nur über ca. 15 km bis Probstried im S zieht.

Der Schotterkörper des Böhener Feldes wird von **Älteren Deckenschottern** aufgebaut und stellt den **locus typicus** für die **Günzkaltzeit** von PENCK & BRÜCKNER (1909: 29f) dar. SINN (1972: 68, 71) nennt das Feld *Schrattenbach-Theinselberg Schotter* und STEPP (1981: 45) **Böhener Feld**. Da der von STEPP anstelle von Hochfeld eingeführte Name *Böhener Feld* aufgrund des eingebundenen Ortsnamens eine schnelle geographische Zuordnung erlaubt, ist er mittlerweile der gebräuchlichste Name und wird auch vom Verfasser in der vorliegenden Arbeit verwendet.

nicht sicher nachgewiesen. Mit Lehm verfüllte Verwitterungsschlote reichen zuweilen bis auf die Molasseoberfläche hinunter.“ (HANTKE 1978: 286)

¹⁰³ Schnitten-, Krebs-, Hunger- und Motzabach mit Schinderbächlein.

¹⁰⁴ von W nach E: der Sporn von Felsenberg mit Bossarts (in dessen Verlängerung der Theinselberg liegt), der Sporn von Sprengerreute mit Niebers, der kleine Sporn von Wolferts (in dessen Verlängerung der Schotterrest von Brüchlings liegt) und der Sporn mit dem Bannwald und dem Bleichenholz.

¹⁰⁵ Bei der Schleifhalde handelt es sich um eine ca. 7 km lange, annähernd N-S-verlaufende Gefällestufe zwischen dem würmzeitlichen Wildpoldsrieder Zweigbecken im E und dem Hochgebiet E' Haldenwang im W. Sie verläuft vom Wagegger Sporn bei Wildpoldsried im S bis nach Immenthal bei Obergünzburg im N (STEPP 1981: 64).

Das Böhener Feld ist mit Abstand der südlichste Schotterkörper einer Anzahl von Teilfeldern der „Unteren Deckschotter“, die früher zu einem einheitlichen Schottergebiet gehörten aber bei LÖSCHER nur teilweise ausführlich beschrieben sind (LÖSCHER 1976: 38ff, 60, Karte 4) (siehe Tab. 15): weder auf das Böhener Feld noch auf das Eisenburger Feld, die Kronburg oder den Hohenrain geht er näher ein, da diese schon weit außerhalb seines eigentlichen Arbeitsgebietes lagen. Dieses große Schottergebiet der „Unteren Deckschotter“ soll in drei verschiedenen (kaltzeitlichen) Akkumulationsphasen geschüttet worden sein, die er alle der Donaukaltzeit zuordnet (LÖSCHER 1976: 60). Abgesehen von der Aindlinger Terrassentreppe (TILLMANNS et al. 1983), deren Schotter BECKER-HAUMANN (2005: 116ff) in drei stratigraphisch unterschiedliche donauzeitlich Einheiten unterteilt (Donau 1 bis Donau 3), fasst er die anderen Schottervorkommen zum D4-Schotter (Donau 4) zusammen (2005: 133ff), den er aber wiederum, ähnlich wie LÖSCHER (1976) – aber in vier Einheiten – stratigraphisch von SE nach NW (von älter nach jünger) in die Schotter D4-I bis D4-IV untergliedert. Das Böhener Feld gehört demnach zum ältesten D4-Schotter (D4-I) (BECKER-HAUMANN 2005: 149, 162ff). Diese nach SE ansteigende und älter werdende Terrassentreppe der Zusamplatte stellten auch schon SCHAEFER (1980: 178 Abb. 5) und AKTAS (1989: 267 Abb. 9a und 9b) dar.

Tab. 15: Zusammenstellung der bei LÖSCHER zu den sog. „Unteren Deckschotter“ (Donaukaltzeiten-Gruppe) gestellten Schotterkörper (LÖSCHER 1976: 38ff, Karte 4) der Riss-Lech-Platten.

Schotterkörper/-feld/-platte	Lage	Platte
Erlenmooser Schotter	zwischen Steinhauser Rottum und Rot	Riss-Iller-Platte
Erolzheimer Schotter	zwischen Rot und Iller	Riss-Iller-Platte
Kellmünzer Schotter	zwischen Iller und Roth	Iller-Mindel-Platte
Böhener Feld	zwischen Iller und Günz	Iller-Mindel-Platte
Eisenburger Feld	zwischen Roth und Günz	Iller-Mindel-Platte
Bucher Schotter	zwischen Roth und Günz	Iller-Mindel-Platte
Schotter SE' Markt Rettenbach	zwischen Günz und Mindel	Iller-Mindel-Platte
Daxberg-Fürbucher Schotter	zwischen Günz und Kammlach	Iller-Mindel-Platte
Inneberg-Reisensburger Schotter ¹⁰⁶	zwischen Günz und Kammlach	Iller-Mindel-Platte
Zusamplattenschotter	zwischen Mindel und Lech	Mindel-Lech-Platte
Unterer Deckschotter	E' des Lech	Aindlinger Terrassentreppe

Auf Blatt Nr. 8127 Bad Grönenbach, etwa S' der Linie Ittelsburg-Böhen überdecken und verbergen „echte“ Geschiebelehme und an Moränenwälle erinnernde Strukturen der Mindel- und der Risskaltzeit¹⁰⁷ die Schmelzwasserschotter des Böhener Feldes. Diese „Moränen“ werden in der Literatur nicht nur bezüglich ihres Alters sondern auch bezüglich ihrer Erstreckung Richtung N (Maximalstände/„Moränengrenzen“) unterschiedlichst dargestellt (z.B. EBERL 1930, SINN 1972, GLÜCKERT 1974, STREIT et al. 1975, HABBE 1985b, 1986a, 1986b, 2003b, KLUSCH 1995).

KLUSCH (1995) entwarf für seine bisher unveröffentlichte Arbeit eine anschauliche Übersichtskarte mit einer Zusammenstellung der einzelnen Maximalstände der jeweiligen Autoren für verschiedene Kaltzeiten, aus der die teils erheblichen Unterschiede ersichtlich werden und eine auf diese Thematik im Iller-Vorlandgletschergebiet spezialisierte Arbeit notwendig erscheinen lassen, was schon HABBE (1986a: 128) gefordert hat, da die Arbeit von GLÜCKERT (1974) keine eindeutigen Ergebnisse erbracht hatte.

¹⁰⁶ Der Begriff Inneberg-Reisensburger Schotter sollte vermieden werden, da es sich um zwei getrennte Schüttungen handelt (DOPPLER 2003: 266).

¹⁰⁷ auch die Haslachkaltzeit wird andiskutiert.

Auffällige Höhenunterschiede (im Meter- bis Dekameter-Bereich) der Quartärbasis und die Annahme von Kastentälern¹⁰⁸, wie sie SCHAEFER (z.B. 1973: 197, 1995a: 269) scharf postuliert, veranlassen STEPP (1981) im Gegensatz zu SINN (1972: 68), das Böhener Feld in sechs Schotterzüge zu untergliedern, was aber mittlerweile als widerlegt gilt (HABBE 1985b: 35, 1986a: 125ff, 1986b: 455ff, BELLMANN 2009). Dass es sich um eine weitgehend einheitliche glazifluviatile Schüttung handelt, wurde durch eigene Geländebefunde bestätigt, zumindest für den auf Blatt Nr. 8027 liegenden Teil des Böhener Feldes (BELLMANN 2009).

Alter: Der Schotterkörper wurde von PENCK & BRÜCKNER (1909: 29) in die Günzkaltzeit (*locus typicus*) gestellt, was auch von EBERL (1930: Tafel I) prinzipiell beibehalten wurde, allerdings schreibt er nicht mehr von Älteren Deckenschottern sondern von „*Unterer Deckterrasse*“ (G II), was sich aber nicht als neue Bezeichnung durchgesetzt hat. Hinzu kommt, dass EBERL, wie oben bereits erwähnt, das Böhener Feld entlang einer Linie N' der Höhe von Wolfertschwenden offenbar zweiteilt und den gesamten südlichen Teil in die Mindelkaltzeit als „*Obere Altterrasse*“ (M I) stellt; seine G II-Schotter ziehen aber im Untergrund bis zur Schleifhalde durch (s.o.). SINN (1972: 44ff) belässt, wie EBERL, die Schotter in der Günzkaltzeit.

„*Eine Revision der pleistozänen Stratigraphie des schwäbischen Alpenvorlandes*“ schlägt GRAUL (1962a: 268ff) aufgrund seiner Ergebnisse, die er während seiner Arbeiten im Riedlinger Becken im Donautal zwischen Mengen und Ulm, in der Riss-Iller-Platte sowie im Donautal zwischen Ulm und Neuburg erzielte, vor. GRAUL schreibt allerdings nicht direkt vom Böhener oder Eisenburger Feld, sondern vom *Erlenmooser* und *Erolzheimer Schotter*¹⁰⁹ der **Riss-Iller-Platte**, bei denen es sich aber auch um Ältere Deckenschotter nach der PENCK'schen Nomenklatur handelt. Diese beiden Schotter stuft er (GRAUL 1962a: 263 Fig. 6, 268, 270 Tabelle 4) in die ältere Donaukaltzeit ein, was indirekt auch eine Höherstufung anderer Älterer Deckenschotter und somit auch des Böhener Feldes bedeuten würde. Ein Ausgangspunkt seiner Revision sind die sog. *Haslacher-Schotter* sowie die *Thannheimer Schotter* mit den *Holzstöcke-Schottern* der Riss-Iller-Platte, die ursprünglich das „*Altriß*“ darstellten und von GRAUL (1962a: 263 Fig. 6, 268, 270) in die Mindel- sowie in die Günzkaltzeit gehoben wurden, was eine Art Dominoeffekt auslöste, der die älteren Schotter¹¹⁰ jeweils um zwei Altersstufen nach oben rückte (siehe Tab. 16).

Tab. 16: Zusammenstellung der mittel- bis ältestpleistozänen Ablagerungen der Riss-Iller-Platte und der Aindlinger Terrassentreppe (ergänzt und verändert nach GRAUL 1962a: 270 Tabelle 4).

Stratigraphie	Riss-Iller-Platte	Aindlinger Terrassentreppe (E' des Lech)
Riss	2 – 3 Hochterrassen	1 – 2 Hochterrassen
Mindel	Haslacher Schotter	Mittlere Zwischenterrasse ¹¹¹
Günz	Thannheimer Schotter und Holzstöcke-Schotter	Obere Zwischenterrasse
Donau	Heggbacher Schotter	Unterer Deckschotter
	fehlt	Mittlerer Deckschotter
	Erolzheimer Schotter und Erlenmooser Schotter	Oberer Deckschotter
Biber	fehlt	Hochschotter

¹⁰⁸ PENCK & BRÜCKNER (1909: 39) sehen eher muldenförmige Täler, deren Talsohle bzw. Talfüllung zum Rand hin ansteigt bzw. ausdünn: „... hier dicht am Rand des Schotterfeldes sind, wo sich bereits der seitliche Anstieg seines Bodens geltend macht.“ Dies verdeutlichen sie auch in ihrem Profilschnitt durch das Grönenbacher Feld (1909: 31 Fig. 3 u. 4).

¹⁰⁹ Die *Erolzheimer Schotter* nach GRAUL (1962a: 263f, 270) entsprechen nicht dem wärmzeitlichen *Erolzheimer Feld* (Niederterrasse) im Illertal.

¹¹⁰ GRAUL (1962a: 264) benutzt aber auch für die Riss-Iller-Platte in stratigraphischen Zusammenhängen die Begriffe Unterer Deckschotter und Oberer Deckschotter.

¹¹¹ LÖSCHER (1976: 89, Karte 4) stuft im Gegensatz zu GRAUL (1962a: 270 Tabelle 4) sämtliche Zwischenterrassenschotter in die jüngeren Teile der Donaukaltzeiten-Gruppe ein.

Eine im Sinne von GRAUL stratigraphische Höherstufung aller von PENCK & BRÜCKNER (1909) zum Hochfeld gestellten Schotterkörper der **Iller-Lech-Platte**, und somit auch sowohl der Zusamplatte als auch direkt des Böhener Feldes, geht auf LÖSCHER (1976)¹¹² zurück (siehe Tab. 15), dessen Arbeitsschwerpunkt aber nicht das Gebiet von Memmingen sondern v.a. die nördliche Iller-Lech-Platte war.

Ein Grund für die Höherstufung war, dass LÖSCHER (1976: 100ff, 112), ähnlich wie zuvor GRAUL (1962a) in der Riss-Iller-Platte, die bis dahin als risszeitlich angesehene „*Obere Hochterrasse*“ im Günztal, zu denen er auch das Hawanger Feld des vorliegenden Blattes zählt (siehe Kap. 3.3.1) (LÖSCHER 1976: 96), in die Mindelkaltzeit¹¹³ stellte und somit rückten die älteren Schotter ebenfalls nach oben. Dies betraf in seinem Arbeitsgebiet nicht nur die Bildungen, die der Mindelkaltzeit angehören, sondern auch die von GRAUL (1943: 15, 1949) und ihm beschriebenen, sog. „*Unteren Deckschotter*“ (LÖSCHER 1976: 11ff, 60, 111), die vorher als mindel- bzw. günzzeitlich angesehen wurden (GRAUL 1962a: 268).

Dieser Höherstufung des Böhener Feldes in die Donaukaltzeit widerspricht allerdings STEPP (1981: 45, 65), der das Böhener Feld erneut der Günzkaltzeit zuordnet (siehe Tab. 17 und Tab. 18). Ähnlich sehen es JERZ et al. (1975: 109f) und JERZ (1993: 32), die aber auch ein donauzeitliches Alter für möglich halten.

Tab. 17: Erforschungsgeschichtliche Zusammenstellung der Einstufungen des Böhener Feldes bis 1976.

Bearbeiter	PENCK & BRÜCKNER (1909)	EBERL (1930)	SINN (1972)	JERZ et al. (1975)	LÖSCHER (1974 bzw. 1976)
Name	Hochfeld		Schrattenbach-Theinselberger Schotter	Schrattenbach-Theinselberger Schotter	-
Stratigraphie	Günz	Günz (G II)	Günz	Günz ¹¹⁴	Donau

Tab. 18: Erforschungsgeschichtliche Zusammenstellung der Einstufungen des Böhener Feldes ab 1981.

Bearbeiter	STEPP (1981)	RÖGNER (1992, 2004, 2008)	KLUSCH 1995	BECKER-HAUMANN (2005)	LfU 2011 [6]	BELLMANN (2009), LEMPE & SCHOLZ (2011)
Name	Böhener Feld	-	-	Böhener Feld	-	Böhener Feld
Stratigraphie	Günz	Donau	Donau	Donau D4-Schotter	Donau	Donau

¹¹² Die 1976er Arbeit von LÖSCHER geht auf seine unveröffentlichte Dissertation von 1974 zurück, die allerdings JERZ et al. (1975) und STREIT et al. (1975) vorlag, so dass sie in ihrer Arbeit von 1975 darauf Bezug nehmen konnten.

¹¹³ Mittlerweile wird das Hawanger Feld wieder in die Risskaltzeit gestellt, was auch durch den Fund eines Mammutzahnes bestätigt wird (siehe Kap. 3.3.1).

¹¹⁴ JERZ et al. (1975: 109) fällen aber weder im Text noch auf der beiliegenden Karte ein abschließendes Urteil sondern sprechen eher neutral nur von *Älteren Deckenschottern* und diskutieren auch ein donau- sowie stellenweise ein von SCHAEFER 1973: 194, 196) für den Ostteil des Eisenburger Feldes postuliertes mindelzeitliches Alter an. Eindeutiger schreiben es aber dann JERZ & WAGNER (1978: 45f) in Ihren Erläuterungen für Blatt Nr. 7927 Amendingen für den gesamten Eisenburger Schotter (auch Eisenburger Feld; sie übernehmen nicht die mindelzeitliche Einstufung des Ostteils nach SCHAEFER 1973), den Lerchenberg-Daxberg-Schotter, den Inneberg-Schotter, die Kronburg und den Hohenrain und stufen sie im Gegensatz zu den in die Donaukaltzeit gestellten, höherliegenden Plattenberg-Arlesrieder Schottern auf Blatt Nr. 7928 Mindelheim günzzeitlich ein.

Datierbare Deckschichten oder Fossilien sind vom Böhener Feld bisher nicht bekannt, aber NW' von Augsburg erstrecken sich zwischen der Donau im N, der Mindel im W und der Staudenplatte sowie Staufenbergserie im SE die Schmelzwasserschotter der Zusamplatte, die als *locus typicus* donauzeitlicher Ablagerungen angesehen wird (HABBE 1990: 4, JERZ 1993: 32, DOPPLER & JERZ 1995: 20, DOPPLER 2011: 322). In den Deckschichten der Zusamplatte ist ein Profil mit warmzeitlichen Hochflutlehmen („Auenmergeln“) und einer „Schieferkohle“¹¹⁵ erhalten, bei dem es sich um das im süddeutschen Sprachraum berühmte und viel bearbeitete sowie beschriebene¹¹⁶ Profil vom **Uhlenberg**¹¹⁷ handelt, dessen Schieferkohlen nach JERZ (1995: 77, 1995: 313), DOPPLER & JERZ (1995: 14, 20ff), [6] sowie DOPPLER (2011: 315) in den Bereich des Jaramillo-Events im Donau-Günz-Interglazial¹¹⁸ eingestuft werden. Da die Schotter der Zusamplatte zudem tiefer liegen als die biberzeitlichen Schmelzwasserschotter der Staudenplatte (Jüngeres Biber) und der Staufenbergserie (Älteres Biber) (SCHREINER 1997: 213ff, [6]) werden sie donauzeitlich eingestuft, wie es schon LÖSCHER (1976: 60) gefordert hat. Und da das Böhener Feld genetisch und stratigraphisch u.a. mit der als *locus typicus* donauzeitlicher Schmelzwasserschotter bezeichneten Zusamplatte parallelisiert wird¹¹⁹ (z.B. PENCK & BRÜCKNER 1909, SINN 1972: Karte 5, LÖSCHER 1976: 57, HABBE 1990: 4, DOPPLER & JERZ 1995: 19, RÖGNER 1998:23, DOPPLER 2003: 261, 279, 281, BECKER-HAUMANN 2005: 133ff, RÖGNER 2008: 214), gilt die Datierung der Zusamplatte somit auch für die Einstufung des Böhener Feldes. Falls sich diese Annahme eines ehemals durchgehenden Schotterstranges vom Böhener Feld im S bis zur Zusamplatte im NE als falsch herausstellen sollte, könnte zumindest noch der im Liegenden des Böhener Feldes auftretende Ottobeurer Schotter ebenfalls auf ein donauzeitliches Alter hinweisen (siehe unten und Kap. 5.3.1.1).

Mächtigkeit und Quartärbasis: Die Mächtigkeit der Schotter des Böhener Feldes steigt von ca. 10 m¹²⁰ an den nördlichen Ausläufern der Geländespore (z.B. Sprenzerreute und Felsenberg) bis Karlins auf ca. 25 m¹²¹ an, fällt dann bis Hünens wieder auf ca. 18 m¹²² ab, um anschließend wieder über Böhen (ca. 30 m¹²³) bis auf ca. 35 m¹²⁴ im Schillinger Wald im S (Blatt Nr. 8127 Bad Grönenbach) anzusteigen; SINN (1972: 69) und HABBE (1986b: 454) geben für Blatt Nr. 8127 Bad Grönenbach Mächtigkeiten bis zu 40 m an (E' Ittelsburg sowie 1 km SE' Böhen), PENCK & BRÜCKNER (1909: 36) sprechen sogar bei Schratzenbach von 50 bis 60 m Mächtigkeit, in denen womöglich aber jüngere Ablagerungen im Hangenden miterfasst sind. Bei den Mächtigkeiten ist stets nur von einer Rest- bzw. Mindestmächtigkeit zu sprechen, da unbekannt ist, wieviel Schottermaterial im Zuge der Erosion (Zertalung und Bodenfließen) und durch Verwitterung seit der Ablagerung verschwunden sind.

Bereits EBERL (1930: 312ff) und SINN (1972: 69) schreiben von lokalen Unregelmäßigkeiten in der Höhenlage der Quartärbasis, die sie auf Rinnenstrukturen bzw. auf den Anstieg zum ehemaligen Talrand zurückführen. Weiterhin beschreibt BECKER-HAUMANN (2005: 163) auffallend starke Schwankungen der Quartärbasis von stellenweise 10 m auf Distanzen von einem halben Kilometer, die er aber nicht zu Rinnen zusammenhängt sondern nur als lokale

¹¹⁵ „blättrig bis plattig gepresster Torf mit zahlreichen Holzresten“ (DOPPLER & JERZ 1995: 23)

¹¹⁶ FILZER & SCHEUENPFLUG (1970), FRENZEL (1973: 403), HANTKE (1978: 288, 1983: 20f, 1993: 245), DEHM (1979), SCHEDLER (1979 & 1981), SCHEUENPFLUG (1979a), GREGOR (1984), ELLWANGER et al. (1994), JERZ (1993, 1995), BLUDAU (1995), DOPPLER & JERZ (1995: 20ff), RÄHLE (1995), STRATTNER & WOLF (1995), SCHREINER 1997: 217, DOPPLER (2011).

¹¹⁷ ca. 2,5 km NE' Dinkelscherben am SE-Rand der Zusamplatte.

¹¹⁸ BECKER-HAUMANN (2005: 134) gibt ein Alter von ca. 1,6 Mio a an, was im erheblichen Widerspruch zum Donau-Günz-Interglazial im Sinne von DOPPLER & JERZ (1995: 14) steht.

¹¹⁹ Beide werden als Erosionsreste einer ehemals zusammenhängenden Schüttung der donauzeitlichen Schmelzwässer des Illergletschers betrachtet (BECKER-HAUMANN 2005: 136, 153ff, 162ff sowie [6]).

¹²⁰ nach BELLMANN (2009: 43)

¹²¹ nach BECKER-HAUMANN (2005: 163)

¹²² nach BELLMANN (2009: 43)

¹²³ nach BECKER-HAUMANN (2005: 163)

¹²⁴ nach KLUSCH (1995: 37)

Phänomene betrachtet. Ganz anders sieht es BELLMANN (2009), die im Rahmen ihrer Diplomkartierung und -arbeit sehr sorgfältig die Grenze Quartär-Tertiär auskartiert und anhand dieser Daten eine überaus detaillierte Quartärbasiskarte erstellt hat. Hierbei konnten nicht nur die Schwankungen an der Quartärbasis bestätigt sondern auch annähernd SW-NE-verlaufende Rinnenstrukturen erkannt werden. Diese Rinnen konnten zusätzlich über Messungen von Quellschüttungen (Trockenwetterabfluss) mit dazugehöriger Berechnung der Grundwasserneubildung auf dem Böhener Feld bestätigt werden. Ergänzend kommt hinzu, dass diese Rinnen, die mit den Vorkommen des bei EBERL (1930: 312ff, Tafel I) beschriebenen und in der Karte dargestellten **Ottobeurer Schotters** (s.u. Ottobeurer Schotter) parallelisierbar sind, über das Tal der Westlichen Günz hinweg verfolgt werden können; dort hat EBERL (1930: 312ff, Tafel 1) wiederum Ottobeurer Schotter beschrieben und CHEN (2011a) konnte in seinem Diplomkartiergebiet bei der Konstruktion der Quartärbasis ebenfalls rinnenartige Strukturen nachweisen.

Am S-Rand des Kartenblattes bei Hüners liegt die Quartärbasis auf 742 m ü. NN und fällt zunächst relativ gleichmäßig nach NNW hin ein, bis sie am Theinselberg auf 710 m ü. NN ausstreicht (BELLMANN 2009). Neben kleineren morphologischen Unregelmäßigkeiten an der E-Flanke vermutet BELLMANN (2009) v.a. im Nordteil eine vom Felsenberg- über den Sprengerreute- zum Bannwald-Sporn in ENE-Richtung verlaufende Rinne in der Molasseoberfläche.

Gefälle der Quartärbasis: PENCK & BRÜCKNER (1909: 39) geben für das Hochfeld ein Gefälle um Memmingen von 6 ‰ und um Grönenbach von 10 ‰ an, was durch SINN (1972: 36) mit 5 bis 6 ‰ für den nördlichen Teil des Böhener Feldes bestätigt wird. BELLMANN (2009) gibt für den Abschnitt Hüners – Bossarts eine gleichmäßiges Gefälle von 5 ‰ an, im nördlichen Anschluss verdoppelt sich das Gefälle auf ca. 10 ‰ um dann in den Ausläufern der Sporne wieder auf ca. 5 ‰ abzufallen. Dies ist mit der oben beschriebenen Rinnenstruktur zu erklären. Verlängert man die Quartärbasis von den Spornen mit einem Gefälle von 5 ‰ weiter Richtung Theinselberg, stellt man fest, dass die Quartärbasis am Theinselberg zu tief liegt, was mit einer weiteren Rinnenstruktur oder womöglich einem etwas jüngeren Schmelzwasserschotter zu erklären wäre (BELLMANN 2009: 42).

Deckschichten: Schon PENCK & BRÜCKNER (1909: 29) erwähnen eine lehmige Deckschicht, die sich rein genetisch betrachtet aus unterschiedlich alten äolischen Bildungen (mindestens drei Lösshorizonte mit dazwischenliegenden Bodenbildungen) über kiesigen Verwitterungslehmen zusammensetzen müsste. Die Geländebefunde zeigen allerdings ein ganz anderes Bild (EBERL 1930: 304, BELLMANN 2009: 37f): reine äolische Bildungen sind selten und erreichen nur geringe Mächtigkeiten¹²⁵. Ein vergleichbares Bild zeichnet KLUSCH (1995: 107) für die südliche Fortsetzung des Böhener Feldes auf Blatt Nr. 8127 Bad Grönenbach. In seinen Sondierungen fand er hauptsächlich Verwitterungslehme mit schwankenden Mächtigkeiten und im Wesentlichen keine äolischen Deckschichten. Ursache hierfür sind Erosionsvorgänge und hierbei v.a. das Bodenfließen, bei dem die äolischen Deckschichten nicht nur abgetragen sondern auch mit den kiesigen Verwitterungslehmen vermischt werden und so in diesen „aufgehen“. Einen ähnlichen Effekt haben Prozesse der Bio- und Kryoturbation, bei denen es ebenfalls zu einer Durchmischung genetisch unterschiedlicher Horizonte der Deckschichten kommt.

Verwitterung und Verfestigung: Aufgrund des hohen Alters sowie der dadurch langanhaltenden Verwitterung müssten die kiesigen, weitgehend karbonatfreien Verwitterungslehme eine beträchtliche Mächtigkeit besitzen, doch Erosionsprozesse, hier v.a. die weit fortgeschrittene Zertalung in Verbindung mit Bodenfließen (Geli- und Solifluktion) haben einen erheblichen Teil der Verwitterungslehme abgetragen (EBERL 1930: 293, 304), so dass sie zwar bis auf die äußersten Randbereiche, wie z.B. bei den Geologischen Orgeln von Bossarts,

¹²⁵ z.B. am Schiessenhof mit 1 m, **8027-LEB-AG-041** (R: 43.71097/H: 53.11017) und **8027-LEB-AG-042** (R: 43.71073/H: 53.10978)

flächendeckend auftreten, allerdings nur Mächtigkeiten um die max. 3 m erreichen (z.B. am Schiessenhof mit 2,3 bis 2,9 m¹²⁶, nahe Schögglins mit 2,5 m¹²⁷ oder bei Leupolz und Hüners mit maximal 2 m¹²⁸); zu den Randbereichen der Hochfläche hin dünnen sie erheblich aus, so dass mitunter schon 0,2 m¹²⁹ unter GOK die Konglomerate angetroffen werden. Eine scharfe Grenze zwischen äolischen Deckschichten und Verwitterungslehm zu ziehen, ist nach den Geländebefunden aus der Kiesgrube Benningen i.d.R. nicht möglich, da durch Bodenfließen und Bio- sowie Kryoturbation eine Durchmischung stattfindet, so dass den kiesigen Verwitterungslehmen sicher bedeutende Anteile von äolischem Material beigemischt sind.

„Die Schotter des Hochfeldes endlich sind regelmäßig zu Nagelfluh verkittet.“ (PENCK & BRÜCKNER 1909: 30f), was sich in den Aufschlüssen an den Terrassenflanken zeigt, in denen die Schmelzwasserschotter überwiegend und meist relativ gleichmäßig zu Konglomerat verfestigt sind. Aus Bohrungen und Baugruben weiß man aber, dass es auch größere, nur lagenweise oder überhaupt nicht verfestigte Partien v.a. in den randfernen Bereichen gibt.

Geologische Orgeln: Ein besonderes und bekanntes Verwitterungsphänomen sind Geologische Orgeln (zur Beschreibung und Genese siehe II. Teil Kap. 6), die auch am Böhener Feld zu beobachten und am Steilhang bei Bossarts¹³⁰ beispielhaft aufgeschlossen sind¹³¹ (siehe Abb. 9). U.a. (siehe Tab. 19) sind auch noch im Waldgebiet Höll¹³² bei der Gustavquelle SW' Niebers zahlreiche Geologische Orgeln in den zu Konglomerat verfestigten Schmelzwasserschottern ausgebildet. In beiden Fällen sind die Geologischen Orgeln durch den Hang angeschnitten worden, so dass die einstige Füllung aus braunem, kiesigen, karbonatfreien Verwitterungslehm herausgewaschen wurden. Sie sind nun als schlot- oder kaminartige, weitgehend senkrecht orientierte Hohlformen sichtbar.

Tab. 19: Aufschlüsse in den donauzeitlichen Schmelzwasserschottern des Böhener Feldes mit Geologischen Orgeln (verändert und ergänzt nach BELLMANN 2009: 137f).

Lokalität	Koordinaten	Aufschluss-Nr.
Bannwald 2	R: 43.72282	8027-LEB-AG-072
	H: 53.11587	
Bannwald 3	R: 43.72165	8027-LEB-AG-073
	H: 53.11753	
Bossarts 1	R: 43.70044	8027-LEB-AG-074
	H: 53.09979	
Bossarts 2	R: 43.69802	8027-LEB-AG-075
	H: 53.10568	
Brandholz 1	R: 43.70840	8027-LEB-AG-076
	H: 53.08292	
Brandholz 2	R: 43.71032	8027-LEB-AG-077
	H: 53.08368	
Felsenberg	R: 43.69473	8027-LEB-AG-078
	H: 53.11172	
Höll 1	R: 43.70716	8027-LEB-AG-079
	H: 53.11579	
Höll 2	R: 43.70607	8027-LEB-AG-080
	H: 53.11807	

¹²⁶ **8027-LEB-AG-041** (R: 43.71097/H: 53.11017) und **8027-LEB-AG-042** (R: 43.71073/H: 53.10978)

¹²⁷ **8027-LEB-BG-698** (R: 43.71051/H: 53.09315)

¹²⁸ BELLMANN 2009: 38

¹²⁹ BELLMANN 2009: 38, **8027-LEB-AG-082** (R: 43.72252/H: 53.09690)

¹³⁰ BAUER (1986: 51ff und Abb. 69), Geotop-Nr.: 778R001 (LAGALLY et al. 2009: 97)

¹³¹ **8027-LEB-AG-074** (R: 43.70044/H: 53.09979)

¹³² **8027-LEB-AG-079** (R:43.70716/H: 53.11579)

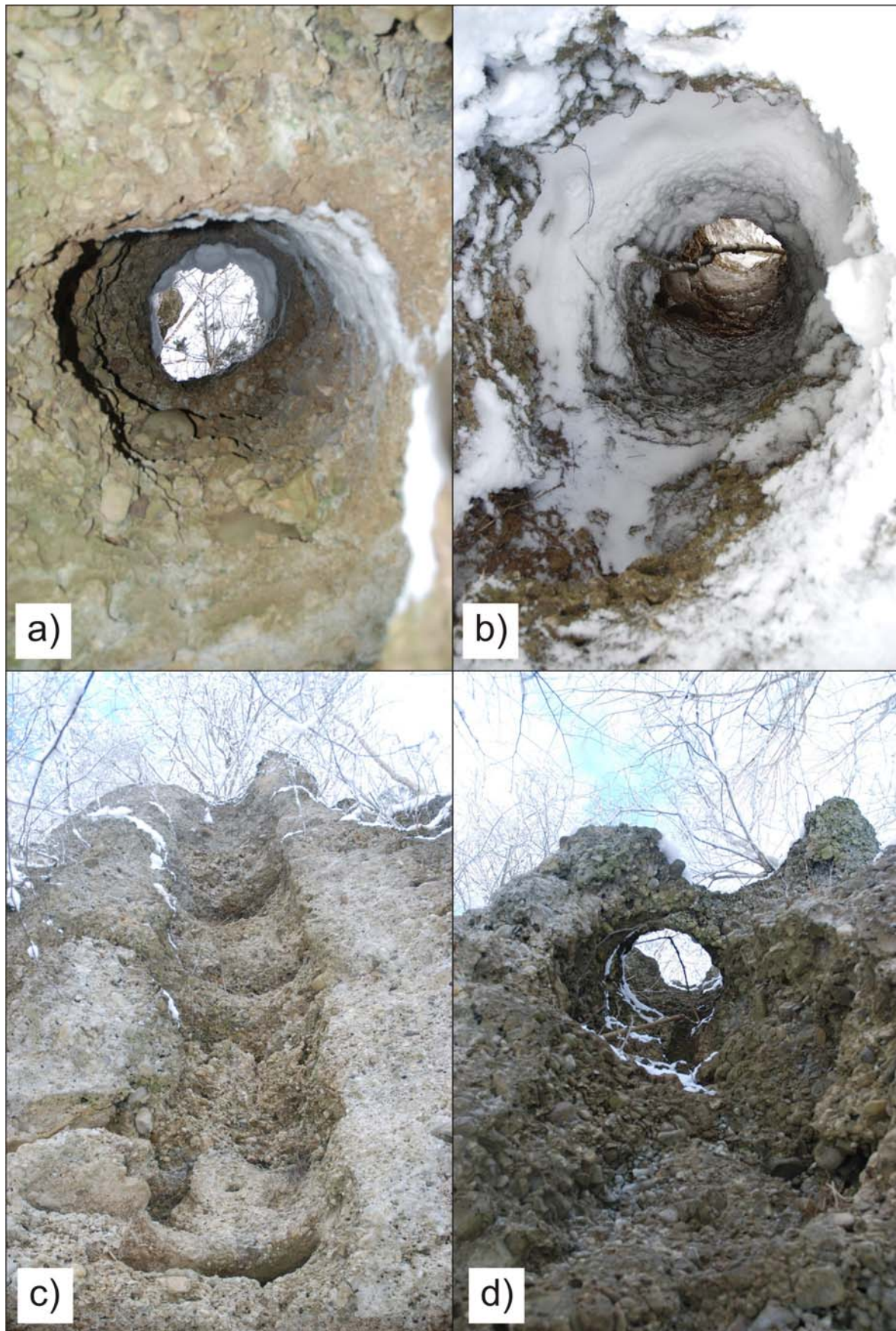


Abb. 9: Geologische Orgeln (Durchmesser 50 bis 100 cm) in den donauzeitlichen Konglomeraten des Böhener Feldes an der Steilkante W' Bossarts (Aufschluss-Nr. 8027-LEB-AG-074), Photos des Verfassers vom 25.2.2009, **a)** Blick durch eine Geologische Orgel gen Himmel, **b)** Blick von oben in den Schlund einer Geologischen Orgel, **c)** durch Erosions- und Sturzprozesse längs halbierte Geologische Orgel an einer senkrechten Konglomeratwand, **d)** durch Erosions- und Sturzprozesse stark zerstörte Geologische Orgel an einer senkrechten Konglomeratwand.

Aber es gibt auch Geologische Orgeln, die ihre lehmige Füllung noch besitzen, nur sind diese in der Regel unter der Grasnarbe verborgen und zeigen sich erst im Rahmen von Erkundungs- oder Baumaßnahmen; z.B. wurden NE' Schöggglins sechs Kleinrammbohrungen (KRB) vom Ing.-Büro Dr. Ebel & Co. abgeteuft, von denen zwei Geologische Orgeln mit Verwitterungslehmfüllung antrafen: die eine KRB¹³³ durchörterte bis zu einer Endteufe von 9,60 m kiesigen Verwitterungslehm ohne weniger verwitterte Schmelzwasserschotter, Konglomerat oder Molassegesteine anzutreffen, die zweite¹³⁴ erreichte sogar eine Endteufe von 11 m mit dem gleichen Ergebnis.

Die Geologischen Orgeln können den gesamten Schotterkörper bis zur unterlagernden Molasse bzw. bis zu dem unterlagernden Ottobeurer Schotter durchsetzen (JERZ et al. 1975: 110); zu sehen ist dies an den Geologischen Orgeln bei Bossarts, und beschrieben hat dies auch EBERL (1930: 313) aus der Kiesgrube Haitzen sowie GRAUL et al. (1951: 111) für die Kiesgrube Konohof.

Ottobeurer Schotter:¹³⁵ EBERL (1930: 312ff) beschreibt als erster W' von Ottobeuren einen losen bis lokal verfestigten, ziemlich feinkörnigen, kristallinreichen, sehr sandigen und glimmerreichen Schotter mit sehr gut gerundeten Geröllen, den er noch in zahlreichen Aufschlüssen beobachten konnte, die es zu beiden Seiten des Tales der Westlichen Günz gab. Im Vergleich der Aufschlüsse miteinander stellt er eine Kornvergrößerung Richtung E¹³⁶ fest. Der Schotter, den EBERL nach dem im Verbreitungsgebiet zentral liegenden Hauptort Ottobeuren „**Ottobeurer Schotter**“¹³⁷ tauft, soll im Gebiet von Ottobeuren sowohl seine sog. Deckterrasse aus der Günzkaltzeit als auch seine sog. Altterrasse¹³⁸ aus der Mindelkaltzeit unterlagern (EBERL 1930: 312); dieser Feststellung widerspricht er aber auf der folgenden Seite selbst: „*Diese Schotterablagerung setzt sich immer als Unterlage der alten Nagelfluh ... fort.*“ (EBERL 1930: 313) und im Folgenden bei der stratigraphischen Bewertung: „*Diesen Ottobeurer Schotter reiht seine stratigraphische Lage vor die Deckterrasse ein, erweist ihn also ebenfalls als einen Prägünzschotter.*“ (EBERL 1930: 314); dies passt auch besser zu seiner Karte (EBERL 1930: Tafel I). Das südlichste Vorkommen beschreibt EBERL (1930: 317f) an der **Schleifhalde**¹³⁹ SW' von Obergünzburg, das von RÖGNER (1989: 66f) ähnlich

¹³³ **8027-LEB-BG-701** (R: 43.71025/H: 53.09252)

¹³⁴ **8027-LEB-BG-700** (R: 43.71050/H: 53.09088)

¹³⁵ SINN (1972), LÖSCHER (1976) und BECKER-HAUMANN (2005) bezeichnen den Ottobeurer Schotter und v.a. die kristallreichen Schotter im Liegenden der donauzeitlichen Schmelzwasserschotter im N der Iller-Lech-Platte als kristalline „*Liegendfazies*“, um sie von der „*Malmkalkfazies*“ im N und der dolomitreichen „*Hangendfazies*“ abzugrenzen. Nach DOPPLER (2003: 263) sollten aber die Begriffe „*Hangendfazies*“ und „*Liegendfazies*“ nicht mehr verwendet werden, da sie bereichsweise weder eindeutig noch nachvollziehbar sind.

¹³⁶ SINN (1972: 89) bestätigt die Vorkommen von Ottobeurer Schotter unter dem Stephansrieder und Guggenberger Schotter, beschreibt aber in einer Kiesgrube S' Dennenberg in der „*Liegendschicht*“ Dolomitgehalte von über 50 % (SINN 1972: 89), was ihn dazu veranlasst, von unterschiedlichen „*Basislagen*“ mit jeweils anderen Herkunftsgebieten und anderer stratigraphischer Stellung zu sprechen (siehe Kap. 3.1.3).

¹³⁷ SCHAEFER (1951 in GRAUL et al. 1951: 110ff) schreibt konsequent von „*Ottobeurener Schotter*“.

¹³⁸ EBERL (1930) nennt allerdings weder einen Aufschluss, in dem Ottobeurer Schotter seine Altterrasse unterlagert, noch stellt er eine derartige Position auf seiner Karte (Tafel I) dar. Da die Quartärbasis der mindelzeitlichen Schmelzwasserschotter (bei EBERL seine Altterrasse) deutlich tiefer als die der donauzeitlichen Schmelzwasserschotter (bei EBERL seine Deckterrasse) liegt, ist es unwahrscheinlich, dass „echter“ Ottobeurer Schotter im Liegenden der Mindelschotter auftritt. Höchstens periglaziale, in Rinnen auftretende Bildungen aus der Zeit zwischen der Donau- und der Mindelkaltzeit könnten im Liegenden der Mindelschotter vorhanden sein und dem Ottobeurer Schotter ähneln. Demnach könnte man das Auftreten von Ottobeurer Schotter im Liegenden von Schmelzwasserschottern als stratigraphischen Hinweis für eine Gleichaltrigkeit der überlagernden Schmelzwasserschotter heranziehen; dies haben u.a. LÖSCHER (1976) und BECKER-HAUMANN (2005) nach den Erkenntnissen im N der Iller-Lech-Platte auch gemacht und den Begriff **Liegendfazies** für den Ottobeurer Schotter sowie deren Äquivalente im N und den Begriff **Hangendfazies** für die donauzeitlichen Schmelzwasserschotter im Hangenden geprägt und übernommen.

¹³⁹ Das von EBERL (1930: 317f) beschriebene Vorkommen von Ottobeurer Schotter an der Schleifhalde wird von SCHAEFER (1951 in GRAUL et al. 1951: 106) nicht nur bestätigt, sondern auch mit einer

interpretiert wird; RÖGNER stellt aber auch ein tertiäres Alter zur Diskussion. An der Schleifhalde glaubt EBERL (1930) allerdings noch eine donauzeitliche „Moräne“ gefunden zu haben, die zwischen Ottobeurer Schotter und hangender Deckterrasse (G I mit „Moräne und Schotter“) eingeschaltet sein soll. Diese „Moräne“ kann SCHAEFER (1951 in GRAUL et al. 1951: 106) nicht bestätigen aber das günzzeitliche Alter der überlagernden „Nagelfluh, Schotter und Moräne“.

SINN (1972: 75f) hat sich erneut der Schleifhalde gewidmet und über „Molassekiesen“ (der Ottobeurer Schotter bei EBERL und RÖGNER) einen großteils zu Konglomerat verfestigten, 10 bis 15 m mächtigen Vorstoßschotter beschrieben, der nach oben hin in „Moräne“ überzugehen scheint. SINN (1972: 77) schließt für diesen „Vorstoßschotter-Moräne-Komplex“ ein günzzeitliches Alter nicht aus, tendiert ab eher, wie RÖGNER (1989: 71)¹⁴⁰, zu einem mindelzeitlichen Alter der Konglomerate im Liegenden, was in SINNS neues Gesamtkonzept für die Schotterkörper zwischen Westlicher und Östlicher Günz passt. ROPPELT (1988) betrachtet die Schmelzwasserschotter der nördlichen Schleifhalde als mindelzeitliche Bildungen.¹⁴¹

SINN (1972: 44ff), DOPPLER (2003) und BECKER-HAUMANN (2005: 142f) beschreiben ausführlich den Ottobeurer Schotter und die kristallinreiche „Liegendfazies“ im N der Riss-Lech-Platte. BECKER-HAUMANN (2005:169) vermutet, dass es sich beim Ottobeurer Schotter im Arbeitsgebiet um eine rinnenartige Struktur handelt, in die ein Bach, der vor der Donaukaltzeit den Verlauf der heutigen Westlichen Günz vorgezeichnet hat, seine periglazialen Sedimente schüttete.

STAPP (1981: 52) verbindet die bei EBERL (1930) beschriebenen Vorkommen zu zwei „prä-günzzeitlichen“ Rinnen, in denen der Ottobeurer Schotter abgelagert wurde: eine Rinne zieht vom Bannwald Richtung N nach Brühlins, die andere vom Bannwald Richtung NNE zum Buschelberg, wo EBERL (1930, 1932) ebenfalls den Ottobeurer Schotter beschreibt.

Im Nordteil der Iller-Lechplatte, etwa ab der Linie Memmingen-Buchloe¹⁴², gibt es ähnliche, jedoch gröberkörnige kristallinreiche Schotter¹⁴³ (SCHAEFER 1951 in GRAUL et al. 1951: 111,

deutlich größeren Mächtigkeit (11 m im Gegensatz zu den 1,5 m bei EBERL 1930: 317) beschrieben. Im Gegensatz dazu deuten TRICART (1952: 105) und SINN (1972: 44ff) das Vorkommen an der Schleifhalde als eindeutig kiesige Ablagerung der OSM.

¹⁴⁰ RÖGNER (1989: 71f) versucht die Konglomerate im Liegenden nur Richtung NE bzw. N mit vergleichbar alten Schmelzwasserschottern zu verknüpfen, wobei er aber bezüglich der Gefälle Bedenken hat. Eine Verknüpfung mit dem Böhener Feld diskutiert er nicht. Darüber hinaus fehlt seinen Gefällsbetrachtungen eine erforderliche, zumindest zweidimensionale Konstruktion der Quartärbasis samt ehemaliger Talachse/Talachsen.

¹⁴¹ Bei der Schleifhalde zwischen Wagegger Sporn und Immenthal handelt es sich scheinbar um einen komplex gebauten geologischen Körper; die verschiedenen Bearbeiter (EBERL 1930, SCHAEFER 1951 in GRAUL et al. 1951, SINN 1972 und RÖGNER 1989) haben ihre Profile durch die Schleifhalde niemals im gleichen Aufschluss gezogen, wodurch die erheblichen Abweichungen in Lithologie, Mächtigkeiten und Interpretation zwischen den einzelnen Profilen der einzelnen Bearbeiter zu erklären sind. Vermutlich stecken im Kern der Schleifhalde zuunterst auf der Molasse donauzeitliche Schmelzwasserschotter, für die eine Anbindung an Endmoränen nicht gesichert ist und die stellenweise noch von Ottobeurer Schotter unterlagert werden. Darüber und seitlich angelagert folgen mindel- und risszeitliche Vorstoß- und Rückzugsschotter sowie Eisrandablagerungen und Geschiebelehme. Gerade die mindelzeitlichen Bildungen dürften durch die erosive Tätigkeit des risszeitlichen Gletschers sowie seiner Schmelzwässer in Mächtigkeit und Ausdehnung reduziert worden sein, so dass man nicht mit weit durchziehenden „Schichten“ sondern mit kleinräumigen Wechsellagen rechnen muss. Aus der Würmkaltzeit, dessen Iller-Vorlandgletscher die Höhe der Schleifhalde nicht mehr bezwungen hat, stammen eisrandnahe Bildungen, die dem Hang terrassenartig angelagert sind. Und je nachdem, wo und in welcher Tiefe ein Aufschluss liegt, in dem ein Profil entwickelt wird, können somit unterschiedlichste „Schichten“ angetroffen werden, die faziell und stratigraphisch schwierig zu interpretieren sind.

¹⁴² Die Linie Memmingen-Buchloe scheint für die Iller-Lechplatte eine herausragende Bedeutung zu besitzen, denn sie stellt nicht nur, wie oben bereits erwähnt, eine Grenze zwischen einem trockeneren Gebiet im N und einem niederschlagsreicheren im S (z.B. BRUNNACKER 1953a) sowie zwischen der kristallinreichen Nordfazies und der kristallinarmen Südfazies dar, sondern sie scheint auch im Bezug auf Unterschiede im Grad der Verwitterung und Verfestigung gleichaltrig eingestuft Schmelzwasserschotter von besonderer Bedeutung zu sein. U.a. schreibt REISSINGER (1950): „Auch mag sein, daß das Maß der Verwitterung nördlich von jener Linie im ganzen ein größeres zu nennen ist als südlich

LÖSCHER 1976: 60, 111, SCHREINER 1997: 216, DOPPLER 2003: 263ff, BECKER-HAUMANN 2005: 136, 142f), die zwischen der Mindel und den Endmoränenwällen des Rhein-Bodensee-Vorlandgletschers als Liegendfazies der donauzeitlichen Schmelzwasserschotter vorkommen, so z.B. in der Kiesgrube Inneberg (Blatt Nr. 7827 Babenhausen).

Aufgrund dieser Korngrößenunterschiede und der Unterschiede in der Fazies zwischen der „*grobkiesigen, fluviglazialen Nordfazies*“ und der eher „*feinkiesigen, periglazialen Südfazies*“ schließt STEPP (1981: 53), dass es sich um verschiedene Abflusssysteme gehandelt haben muss. Dafür sprechen auch die Unterschiede in der Schotterpetrographie: v.a. umgelagerte, höchstwahrscheinlich aus den Molassekonglomeraten stammende Gneise und Milchquarze (SCHOLZ 1995: 183) stellen die kristallinen Komponenten im Ottobeurer Schotter im S in der Typregion dar, wohingegen im N ein deutlicher Anteil an Amphiboliten¹⁴⁴ festzustellen ist, z.B. in der Kiesgrube Inneberg. Gemeinsam weisen der südliche und nördliche Schotter eine Dolomitarmut bis Dolomitfreiheit auf. Da es sich höchstwahrscheinlich, wie SINN (1972) bereits postuliert hat, um Ablagerungen fernautochthoner Nebenflüsse aus dem Kürnach-Eschacher Wald und somit um umgelagerte Gerölle der Molassekonglomerate handelt, erscheint die von DOPPLER (2003: 263) eingeführte Bezeichnung „*Molassekristallinfazies*“ neutraler und genetisch zutreffender. Bei den Nebenflüssen aus dem Kürnach-Eschacher Wald handelte es sich vermutlich um mehrere, annähernd parallel verlaufende, nach N bis NE zur Donau hin orientierte Rinnen. Für die amphibolitführende Nordfazies diskutieren VIL-LINGER (1989) und SINN (1972, 1974) ein Ur-Arge- bzw. Ur-Eschach-System an, das im westlichen und nördlichen Kürnach-Eschacher Wald¹⁴⁵ wurzelte und bis zu 20 % Kristallin geliefert haben soll (DOPPLER 2003: 265, 279). Ein Ur-Rottach- bzw. Ur-Rohrach-System nach SINN (1972, 1974), das im südöstlichen Kürnach-Eschacher Wald wurzelte, kommt für die bis zu 15 % kristallinführende Südfazies des Ottobeurer Schotters in Frage (DOPPLER 2003: 265, 279).

Der Begriff „Ottobeurer Schotter“ sollte nur in der Typregion um Ottobeuren als Lokalbezeichnung für die Molassekristallinfazies verwendet werden. Ob es sich bei der Molassekristallinfazies um eine rein periglaziale Fazies oder auch um glazifluviatil umgelagerte Bildungen handelt, muss aufgrund der z.T. sehr ähnlichen Schotterpetrographien offen bleiben (SINN 1974: 101).

Aus den beiden Gebieten N' und S' der Linie Memmingen-Buchloe sind Verwitterungsschichten und Lehmbänder bekannt, die zwischen der Molassekristallinfazies im Liegenden und den donauzeitlichen Schmelzwasserschottern im Hangenden reliktsch eingeschaltet sind: u.a. in der Kiesgrube Haitzen SW' Ottobeuren beschreibt EBERL (1930: 313) eine bis zu 1,5 m mächtige Verwitterungsschicht, die er dort im Jahre 1926 dokumentiert hat, ebenso bei Guggenberg und N' der Buschkapelle und an der Schleifhalde. In der Kiesgrube Konohof „*schaltet sich zwischen die Reste dieser Verwitterungsschicht und den hangenden Schotter noch eine kräftige Lage eines sandigen grob lößähnlichen Materials ein, das selber eine deutliche Verwitterungsschicht trägt.*“ (EBERL 1930: 313).

derselben.“ (REISSINGER 1950: 27) und „*Da im südlichen Teil der Kalkgehalt vorwaltet, tritt hier die harte löchrige Nagelfluh auffallender in Erscheinung; im nördlichen ist die Verkittung des Gerölles im allgemeinen eine weniger feste.*“ (REISSINGER 1950: 28) Diese Beobachtungen scheinen zu belegen, dass der Grad der Verwitterung nicht nur von den Niederschlagsmengen gesteuert wird, da sich der höhere Verwitterungsgrad im N und die geringeren Niederschläge zu widersprechen scheinen (siehe Kap. 2.3.1).

¹⁴³ Sedimentologische, lithologische und schotterpetrographische Unterschiede veranlassen BECKER-HAUMANN (2005: 142) die Existenz mehrerer Rinnen aus verschiedenen Liefergebieten für den Ottobeurer Schotter zu vermuten. Als Liefergebiet werden immer wieder sowohl die Molassekonglomerate des Kürnach-Eschacher-Waldes als auch das Rheingletschergebiet z.T. widersprüchlich diskutiert (siehe Zusammenstellung bei BECKER-HAUMANN 2005: 142).

¹⁴⁴ DOPPLER (2003: 265) spricht beim Amphibolitgehalt von ca. einem Drittel des Gesamtkristallins.

¹⁴⁵ Die Amphibolitführung in den jüngeren Abschnitten der OSM in N des Kürnach-Eschacher Waldes wird bei EBERHARD (1986) und HALDER (1988) beschrieben.

In der Kiesgrube Inneberg beschreiben JERZ & WAGNER (1978: 48) ebenfalls die Ausbildung eines schwachen, auskeilenden Paläobodens, was auf einen zeitlichen Hiatus zwischen kristallinreicher Liegendfazies und dolomitreicher Hangendfazies hinweist. Darüber hinaus sind an der Grenze von der Liegend- zur Hangendfazies Reste von fossilhaltigen (Molluskenschalen) Hochflutlehmen u.a.¹⁴⁶ in Buch¹⁴⁷ bei Illertissen, in Fürbuch¹⁴⁸ (zwischen Babenhausen und Mindelheim) und in Fischach¹⁴⁹ bei Augsburg erhalten, teilweise genauer untersucht und beschrieben, die auf feucht-kühle Klimabedingungen (westeuropäische-atlantische Provinz) hindeuten, wie sie in den Übergangsperioden vom Glazial zum Interglazial bzw. vom Interglazial ins Glazial geherrscht haben (SCHRÖDER & DEHM 1951: 118ff). Aufgrund der Ähnlichkeit der Faunen in den Aufschlüssen von Buch und Fischach vermuten SCHRÖDER & DEHM (1951: 120), dass beide Vorkommen sich stratigraphisch sehr nahe stehen, wenn nicht sogar gleichaltrig sind. Sie halten ein „*altdiluviales*“ (altpleistozänes) Alter für wahrscheinlich, ein würem- oder risszeitliches Alter können sie eindeutig verneinen; ein „*pliozänes*“ Alter¹⁵⁰ ist in ihren Augen wegen der geringen Anzahl an ausgestorbenen Arten eher unwahrscheinlich, wollen es aber auch nicht ganz ausschließen. MÜNZIG¹⁵¹ (in: ELLWANGER 1990 in: DOPPLER 2003: 280) korreliert die nach dem Fundort Buch bezeichnete „*Bucher Warmzeit*“ (DOPPLER 2003: 255) mit dem zwischen ca. 1,6 und 2,1 Ma angesetzten niederländischen Tegelen. Da die Schotter im Hangenden dieser Hochflutlehme¹⁵² der Donaukaltzeit zugeordnet werden (s.o.) könnte es sich bei den Schottern im Liegenden (Liegendfazies/Ottobeurer Schotter) nun um Reste von Schmelzwasserschottern einer älteren Donaukaltzeit¹⁵³ bzw. der Biberkaltzeit oder um rein periglaziale Bildungen von (fern-) autochthonen Gewässern der Biberkaltzeit handeln (SINN 1974, LÖSCHER 1976, BECKER-HAUMANN 2005). Allerdings steht eine umfassende genetische, schotterpetrographische und v.a. paläogeographische Bearbeitung des Ottobeurer Schotters noch aus (BECKER-HAUMANN 2005: 142). Aber unabhängig von der genauen stratigraphischen und genetischen Einstufung sowohl der Molassekristallinfazies als auch der lückenhaft auftretenden Hochflutlehme und Paläoböden zwischen Molassekristallinfazies und überlagernden Schmelzwasserschottern, scheinen die kristallinreichen Schotter nur im Liegenden der in die Donaukaltzeit eingestuftten Schmelzwasserschotter¹⁵⁴ aufzutreten, die bei BECKER-HAUMANN als D4-Schotter und somit als **Hangendfazies** bezeichnet werden (EBERL 1930: 313f, SCHAEFER 1951 in GRAUL et al. 1951: 112, JERZ et al. 1975: 110, LÖSCHER 1976: 57, 111, SCHREINER 1997: 216, DOPPLER & JERZ 1995: 39, DOPPLER (2003: 266, 280), BECKER-HAUMANN 2005: 133ff, 162ff), was für die stratigraphische Einstufung der Stephansrieder und Guggenberger Schotter eine Schlüsselbedeutung hat (siehe Kap. 3.1.3), da auch in deren Liegendem bei EBERL (1930: 313), SINN (1972: 89) und BECKER-HAUMANN (2005: 168) eine petrographisch abweichende „*Liegendfazies*“ bzw. Ottobeurer Schotter beschrieben ist¹⁵⁵.

¹⁴⁶ siehe hierzu auch LÖSCHER 1976: 57

¹⁴⁷ EBERL (1930: 309), MÜNZIG (1974), MÜNZIG & AKTAS (1987).

¹⁴⁸ BECKER-HAUMANN 2005: 143

¹⁴⁹ EBERL (1930: 309), SCHRÖDER & DEHM (1951)

¹⁵⁰ Bei Literatur vor 1981 ist die Angleichung an die internationale stratigraphische Gliederung und der damit verbundenen Neueinstufung des kontinentalen Jungtertiärs (Miozän und Pliozän) in Süddeutschland zu beachten (FAHLBUSCH 1981).

¹⁵¹ Hierbei handelt es sich um einen mündlichen Sitzungsbeitrag, der im Protokoll der Sitzung (ELLWANGER 1990) wiedergegeben ist.

¹⁵² Das im Gegensatz zu den Schieferkohlen vom Uhlenberg deutlich höhere Alter der Auenlehme von Buch bestätigen auch MÜNZIG & AKTAS (1987). SCHREINER (1997: 217f) stuft die Auenlehme von Buch in die ältere Donaukaltzeit ein.

¹⁵³ SCHREINER 1997: 218

¹⁵⁴ u.a. Zusamplatte, Inneberg-Reisensburger Feld, Eisenburger Feld und Böhener Feld (BECKER-HAUMANN 2005:133 und SCHREINER 1997: 213ff).

¹⁵⁵ Kiesgrube N' der Buschkapelle NE' Ottobeuren

3.1.2 Kronburg-Hohenrain-Schotter (vermutlich donauzeitlich)

Überblick, Mächtigkeit und Quartärbasis: Außerhalb des Kartenblattes, W' des Memminger Trockentales (siehe Abb. 8) erheben sich die Kronburg (Blatt Nr. 8026 Aitrach) und der Hohenrain (auch Hohen Rain oder Hohe Rain geschrieben; Blatt Nr. 8127 Bad Grönenbach) hoch über das tief eingeschnittene Illertal. Die Kronburg wurde noch als westlichster Punkt in der Diplomkartierung von Lea Fixl miterfaßt (FIXL 2009).

Wie schon das Böhener Feld wird auch der Gipfelbereich der Kronburg und des Hohenrain von **Älteren Deckenschottern** (PENCK & BRÜCKNER 1909: 29) aufgebaut. PENCK & BRÜCKNER (1909: 30) sprechen bei beiden Kuppen von einer nur geringen Mächtigkeit, geben im Querprofil Kronburg – Brandholz für die Kronburgschotter eine Mächtigkeit von ca. 6 m (Böhener Feld 25 m) an und zeichnen dort auch die Quartärbasis deutlich höher (ca. 12,5 m) als im Böhener Feld ein (PENCK & BRÜCKNER 1909: 31, Fig. 3). Demnach läge die Quartärbasis an der Kronburg auf etwa 752 m ü. NN, was aber einen erheblichen Widerspruch zur Gipfelhöhe der Kronburg von nur 743,6 m ü. NN (bei PENCK & BRÜCKNER 744 m ü. NN) darstellt. Die Diskrepanz ist wohl mit zeichnerischen Ungenauigkeiten zu erklären, denn die Kronburg ist im Verhältnis zum Böhener Feld im Profil generell zu hoch eingezeichnet.

Aufgrund der anthropogen stark veränderten Gipfelregion und der intensiven Bebauung durch die Burg sowie aufgrund der fehlenden Quellaustritte waren im Zuge der Geländearbeiten keine eigenen Erkenntnisse zu gewinnen (siehe auch FIXL 2009: 30), so dass nur auf Literaturdaten zurückgegriffen werden konnte. SINN (1972: 67) bestätigt die bei PENCK & BRÜCKNER angegeben geringe Ausdehnung (100 m im Durchmesser bei PENCK & BRÜCKNER 1909: 31 bzw. „kaum über den engeren Burgbereich“ bei SINN 1972: 67) und Mächtigkeit durch Beobachtungen bei einem Wasserleitungsbau und gibt eine Maximalmächtigkeit von allenfalls 7 bis 8 m an. Überträgt man diese Ergebnisse nun in eine überarbeitete Version (siehe Abb. 10) der Figur 3 von PENCK & BRÜCKNER (1909: 31) erhält man eine Quartärbasis an der Kronburg mit einer Höhenlage von etwa 737 m ü. NN (736 bis 738 m). Somit liegt an der Kronburg die Quartärbasis um ca. 3 m tiefer als im Böhener Feld. BECKER-HAUMANN (2005: 170) gibt für die Kronburg eine Quartärbasis von 740 m ü. NN an, was dann eine Restmächtigkeit der Schotter von 4 m ergeben würde.

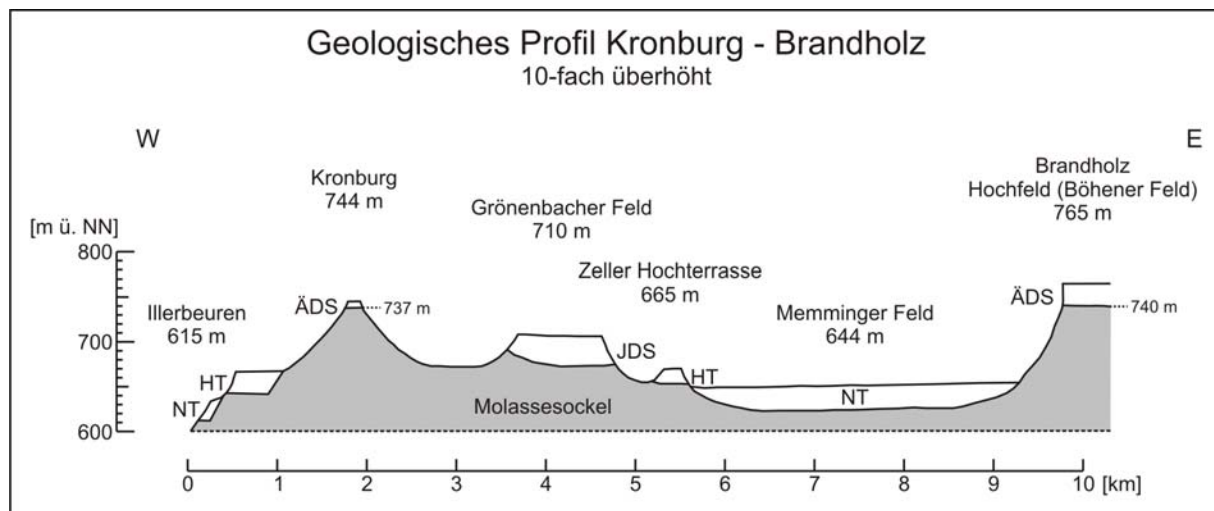


Abb. 10: Geologisches W-E-Profil Kronburg – Brandholz (10-fach überhöht), verändert und ergänzt nach PENCK & BRÜCKNER (1909: 31, Fig. 3); ÄDS = Ältere Deckenschotter (ursprünglich günzzeitlich, jetzt donauzeitlich), JDS = Jüngere Deckenschotter (mindelzeitlich), HT = Hochterrasse (risszeitlich), NT = Niederterrasse (würmzeitlich).

Für den Hohenrain (759,4 m ü. NN, bei PENCK & BRÜCKNER 755 m ü. NN) gibt SINN (1972: 67f) aufgrund der unter Hangschutt verborgenen Grenze Molasse-Quartär im Nordbereich der Kuppe eine ungefähre Höhe von 742 m ü. NN für die Quartärbasis und eine Mächtigkeit von 7 bis 8 m an, die im Zentralbereich des Höhenrückens auf ca. 12 bis 13 m ansteigt. Eine dolomitfreie Liegendfazies, wie sie beim Böhener Feld mit dem Ottobeurer Schotter auftritt,

konnte er am Hohenrain nicht nachweisen. BECKER-HAUMANN (2005: 170) gibt für den Hohenrain grob eine Quartärbasis zwischen 750 m im N und 760 m ü. NN im S an.

Aufgrund der ähnlichen Quartärbasis am Hohenrain bei 742 m und an der Kronburg bei 737 m (Abstand ca. 1300 m) fasst SINN (1972: 68) die beiden Schottervorkommen als Relikte ein und derselben alten Rinnenfüllung auf; das Gefälle der Rinnenachse ist aufgrund der lückenhaften Erhaltung und schlechten Aufschlussverhältnisse nicht mehr rekonstruierbar.

Alter: PENCK & BRÜCKNER (1909: 30) sehen aufgrund der Höhenlagen im Kronburg-Hohenrain-Schotter, im Hochfeld (Böhener Feld) sowie im Eisenburger Feld (Blatt Nr. 7927 Amendingen) Relikte einer einst zusammenhängenden, günzzeitlichen Schotterfläche. EBERL bestätigt zwar das günzzeitliche Alter und bezeichnet die Schotter als *Obere Deckterrasse* (G I), womit er sie aber älter als das Böhener Feld einstuft (EBERL 1930: 108, 227 und 302); er widerspricht generell dem Bild einer ursprünglich geschlossenen, günzzeitlichen Schotterdecke (PENCK & BRÜCKNER 1909: 27, KELLENBERGER 1924: 306, REISSINGER 1950: 26), sondern sieht in ihnen vielmehr Talfüllungen von „*isolierten Gletscherströmen*“ „*in flachen Rinnen der tertiären Landoberfläche*“ (EBERL 1930: 103ff, 216 und 303ff, KLUSCH 1995: 34); ebenso sehen es SCHREINER & EBEL (1981: 13ff), und belegen die rinnenförmigen Strukturen anhand von Bohrerergebnissen und Aufschlüssen aus dem Zeiler Schotter im östlichen Rheingletschergebiet in Baden Württemberg, bei dem es sich um vergleichbare, gleichalte Schmelzwasserschotter handelt. SINN (1972: 68) gibt ebenfalls ein günzzeitliches Alter an und hängt die Schotter wie schon PENCK & BRÜCKNER mit dem Böhener sowie mit dem Eisenburger Feld zu einer einheitlichen Schüttung zusammen. JERZ et al. (1975: 110) sprechen dagegen wieder eher von separaten Schottersträngen und hängen die Kronburg und den Hohenrain mit Schottervorkommen zwischen Untereichen und Illertissen zusammen, was später JERZ (1993: 32) auch noch bekräftigt, indem er sogar so weit geht, dass er den Kronburg- und den Hohenrain-Schotter zusammen mit dem Eisenburger und Kellmünzer Schotter in die Donaukaltzeit stellt und für das Böhener Feld eher noch ein günzzeitliches Alter annimmt. Auch HABBE (1986b: 455) sieht im Kronburg-Hohenrain-Schotter und im Böhener Feld Bildungen in getrennten, flachen Talrinnen.

Im Zuge der generellen stratigraphischen Höherstufung durch LÖSCHER (1976) rutschte auch der Kronburg-Hohenrain-Schotter in die Donaukaltzeit, wo ihn auch BECKER-HAUMANN (2005: 162ff, 170f) und RÖGNER (2008: 214) belassen. Nur verknüpft BECKER-HAUMANN (2005) den Schotter mit dem Böhener Feld zu einer einheitlichen, donauzeitlichen (D4) Schüttung; im Gegensatz dazu betrachtet RÖGNER (2008: 214) den Kronburg-Hohenrain-Schotter und das Böhener Feld wieder als Reste durch einen Molasseriegel getrennter Schotterstränge.

Tab. 20: Erforschungsgeschichtliche Zusammenstellung der Einstufungen des Kronburg-Hohenrain-Schotters bis 1973.

Bearbeiter	PENCK & BRÜCKNER (1909)	EBERL (1930)	SINN (1972)	SCHAEFER (1973)
Stratigraphie	Günz	Günz (G I)	Günz	Günz

Tab. 21: Erforschungsgeschichtliche Zusammenstellung der Einstufungen des Kronburg-Hohenrain-Schotters ab 1978.

Bearbeiter	JERZ & WAGNER 1978	FESSELER & GOOS (1988)	RÖGNER (2004, 2008)	BECKER-HAUMANN (2005)
Stratigraphie	Günz	Günz	Donau	Donau D4

Lithologie, Verfestigung und Verwitterung: Da die Schotter an der Kronburg an keiner Stelle aufgeschlossen waren (siehe auch SINN 1972 und FIXL 2009), lässt sich über deren Petrographie nichts aussagen. Allein bezüglich der Verfestigung folgert SINN (1972: 67) aus einer mündlichen Mitteilung des Burgbesitzers über notwendige Sprengarbeiten bei Baumaßnahmen im Innenhof der Kronburg, dass dort Konglomerate anstehen müssen. Am Ho-

henrain betont SINN (1972: 68) eine intensive, in Zapfen bis 3 m mächtige Verwitterung des stark zu Konglomerat verfestigten Schotter, der auffallend grob und kristallinreich ist (4 bis 5 %). Er erklärt den Kristallinreichtum durch die Nähe zum Kürnach-Eschacher Wald, das von kristallinreichen Konglomeraten der Oberen Süßwassermolasse aufgebaut wird (Hochgrat-Adelegg-Schüttung).

3.1.3 Stephansrieder Schotter und Guggenberger Schotter (vermutlich donauzeitlich)

Geographie und Allgemeines: Der **Stephansrieder Schotter** ist der nördlichste Teil des Untrasried-Stephansrieder Schotter, eines langgestreckten, in mehrere Teilfelder zergliederten Schotterfeldes (siehe Abb. 8), das sich zwischen den Tälern der Östlichen und der Westlichen Günz parallel zum Böhener Feld in etwa auf gleicher Höhe (siehe Abb. 3) erstreckt¹⁵⁶. Der Schotterkörper reicht aber mit dem Stephansrieder Schotter erheblich weiter nach N als das Böhener Feld: fast unmittelbar am Nordrand des Kartenblattes beginnt der Schotterkörper an der Firsthalde, verläuft Richtung S über Stephansried bis nach Dennenberg und zur Buschlkapelle; S' eines SW-NE-verlaufenden Tales¹⁵⁷ setzt sich der gleiche Schotterkörper, jetzt als **Guggenberger Schotter** bezeichnet, bei Langenberg über Halbersberg bis Guggenberg auf dem Kartenblatt fort. Nur der westlichste Rand des Guggenberger Schotter liegt noch auf Blatt Nr. 8027 Memmingen, der Großteil des Guggenberger Schotter mit seinen kleinen Teilfeldern im E liegt auf Blatt Nr. 8028 Markt Rettenbach. Nach S bis zur Schleifhalde auf Blatt Nr. 8128 Obergünzburg folgen noch weitere Teilfelder (siehe Abb. 8), die dann allerdings, wie schon der Südteil des Böhener Feldes, größtenteils unter mindel- und risszeitlichen Geschiebelehmen und eisrandnahen Schotterbildungen begraben liegen. Bohrungen bei Ollarzried ESE' Bibelsberg scheinen dieses Modell der „begrabenen alten Schotter“ zu bestätigen, da unter hangender „Moräne“ Konglomerate angetroffen wurden, die an der Oberfläche verwittert waren (JERZ et al. 1975: 111, RÖGNER et al. 1988: 57).

EBERL (1930: 261) beschreibt diesen Verschüttungsprozess anschaulich: „*Von den randlichen Teilen des Moränenwalles fließen die Schotter ab, überschütten zunächst die älteren Sockelablagerungen und bauen sich allmählich in deren Täler hinein ...*“. Dies macht auch die Festlegung der Südgrenze der Schotterplatte schwierig und führt zu unterschiedlichen Modellvorstellungen.

Diese Lagerungsverhältnisse mit begrabenen „Altschottern“ im Liegenden und jüngeren Bildungen im Hangenden in unmittelbarer Eisrandnähe stellen eine Besonderheit im Vorfeld des Iller-Vorlandgletschers dar, denn hier liegen im Bereich von „vertikalen“ Terrassenkreuzungen in normalstratigraphischer Reihenfolge die jüngeren über den älteren Ablagerungen. Falls vor Ablagerung der jüngeren Schichten sämtliche Verwitterungs- und Bodenbildungen erodiert wurden, dass sozusagen „frisch“ auf „fast frisch“ zu liegen kommt, und aufgrund der geringen Unterschiede in der Schotterpetrographie ist eine stratigraphische Unterscheidung dieser beiden Bildungen im Aufschluss sehr schwierig (DOPPLER 2003: 268).

EBERL (1930: 259, 295ff) zieht den an der Firsthalde im N beginnenden Schotterkörper Richtung S bis zum Tal der Östlichen Günz¹⁵⁸ zwischen Markt Rettenbach und Obergünzburg, von dort über die Höhen nordwestlich des Obergünzburger Beckens bis zur Schleifhalde¹⁵⁹ (EBERL 1930: 299f) und lässt ihn dort ausstreichen – von „Mindelmoräne“, verfestigten „Min-

¹⁵⁶ Zum Untrasried-Stephansrieder Schotter bzw. zum Böhener Feld ist noch die kleine Schotterkappe im Ungerhauser Wald auf Blatt Nr. 7927 Amendingen zu rechnen (RÖGNER et al. 1988: 57).

¹⁵⁷ In diesem Tal verläuft die St 2011 Ottobeuren-Attenhausen.

¹⁵⁸ EBERL (1930: 270): „*Die beschriebene Altterrasse, die sich als die jüngere Altterrasse herausstellt, tritt also auf beiden Seiten des Günztales mit ihren Moränen in Verbindung. Sie überschneidet mit starkem Gefälle die Nagelfluh der eigentlichen Talwand und senkt sich talauswärts alsbald tief in sie ein.*“

¹⁵⁹ An der Schleifhalde beschreibt SCHAEFER (1951 in GRAUL et al. 1951: 106) 11 m (bei EBERL 1930: 317 nur 1,5 m) mächtigen, zuoberst verwitterten Ottobeurer Schotter, der von „günzeiszeitlicher Nagelfluh, Schotter und Moräne“ überlagert wird.

delschottern“ und zuoberst „*Rißmoräne*“ bedeckt¹⁶⁰. Am NW-Rand des Obergünzburger Beckens endet auch die bei STEPP (1981: 64 Abb. 8) so dargestellte Schleifhalde, bis zu der er seine „*günzzeitlichen*“ Schotter des Böhener Feldes verlängert (siehe Kap. 3.1.1). Somit würden dort die von EBERL nach S verlängerten „*günzzeitlichen*“ Stephansrieder Schotter mit denen von STEPP zusammentreffen, was das Modell der einst zusammenhängenden Schotter des Böhener Feldes mit dem Untrasried-Stephansrieder Schotter bestätigen würde (siehe oben). Allerdings liegt der gesamte Südteil dieses Schotterkörpers unter riss- und mindelzeitlichen sowie auch stellenweise würmzeitlichen Geschiebelehmen und eisrandnahen Schottern begraben, wie es auch ROPPELT (1988: 17) für einen „*Günzmoränenauflauf*“ in einem Seitental bei Günzach beschreibt.

Nur die Karte von EBERL (1930: Tafel I) scheint diesem recht schlüssigem Bild zu widersprechen, da er, wie oben bereits erläutert, den Südteil des Böhener Feldes abtrennt und in die Mindelkaltzeit stellt. EBERL (1930: 277) stellt damit auf seiner Karte (EBERL 1930: Tafel I) nur die eisrandnahe Überdeckung der liegenden, älteren Schotter mit Mindelschottern dar, wie er es ausführlich für das Tal der Östlichen Günz und das Mindeltal erläutert hat (siehe Fußnote 160). Die donauzeitlichen Schmelzwasserschotter des Böhener Feldes ziehen auch bei EBERL (1930) weiter nach S, bilden aber im S nur den Sockel unter den mindelzeitlichen Ablagerungen.

Stratigraphische Diskussion: ROPPELT (1988) schreibt: *„Der Aufbau des mindelglazialen Schotterkörpers erscheint in den Aufschlüssen, die vor allem beiderseits der Günztäler recht zahlreich zu finden sind, auf den ersten Blick ziemlich gleichförmig. Die Schotterplatte setzt sich jedoch aus mehreren übereinanderliegenden Komplexen zusammen, die kaum voneinander abgetrennt werden können, da keine lithologischen Unterschiede bestehen.“* (ROPPELT 1988: 20) und weiter *„In der Kiesgrube am Johanniskeller östlich Obergünzburg ist eine Zweiteilung des Schotterkomplexes deutlich zu sehen. Der untere Teil ist von zahlreichen Treppungen durchzogen, die während des Setzungsvorganges der Schotter im weichen Untergrund entstanden. Die diskordant, völlig ungestört darüber liegenden Schichten wurden zu einem späteren Zeitpunkt abgelagert, als die Setzungsvorgänge bereits beendet waren.“* (ROPPELT 1988: 20). ROPPELT (1988: 20) fährt fort: *„Auffallend in zahlreichen Aufschlüssen ist der unterschiedliche Gerölldurchmesser in den Sedimenten. Während in den unteren Schichten meist einheitlich kleiner Gerölle (bis 10 cm) vorherrschen, lassen sich nach oben zu vermehrt grobe Schüttungen erkennen.“* (ROPPELT 1988: 20).

Könnten das nicht Hinweise darauf sein, dass die Schotterkörper im NW und NE des Obergünzburger Beckens zweigeteilt werden können: in einen liegenden „*günzzeitlichen*“ (jetzt donauzeitlich eingestuft), eisrandferneren Schmelzwasserschotter und mindelzeitliche „*Moränen und Schotter*“ im Hangenden?¹⁶¹ Und zuoberst wird noch alles von risszeitlichen Geschiebelehmen und Schmelzwasserschottern überdeckt.

¹⁶⁰ In gleicher Weise interpretiert EBERL (1930: 259, 295ff) die Situation in den Höhen NE' des Obergünzburger Beckens. Für den Bereich der „*Teufelsküche*“ schreibt er: *„Während teils im Sockel dieser grobblockigen älteren Mindelterrasse, teils als niedrigere Terrassenstufe vor ihrem Fuß schon hier und weiter südwärts eine feinkörnigere Nagelfluh erscheint, die als Deckterrassenmaterial später zu besprechen ist ...“* (EBERL 1930: 272) und für den NE-Rand des Obergünzburger Beckens: *„Die unter dem großen Rißmoränenwall durchstreichende ältere Mindelablagerung mit der grobblockigen verfestigten Moräne in ihren oberen Lagen kommt im Raum des Obergünzburger Beckens wieder zum Vorschein; sie ist an der Auffahrt nach Wolfartsberg gut aufgeschlossen, auch hier auf einer älteren, durch Gehängeschutt verdeckten Nagelfluh der Deckterrasse aufsitzend.“* (EBERL 1930: 272f). Im Bereich E' der Mindel wird er noch deutlicher: *„Östlich der Mindel treffen wir immer wieder die gleichen Verhältnisse: Einen auf dem Tertiär in Erscheinung tretenden Deckterrassensockel und auf ihm liegend oder ihn an den Talflanken verkleidend die beiden Altterrassen.“* (EBERL 1930: 274)

¹⁶¹ Die Beantwortung dieser Frage würde vielleicht auch die beiden Aussagen von ROPPELT (1988) relativieren: *„Von den Ablagerungen der Günz-Eiszeit sind im Bereich des Blattes aufgrund weitgehender Ausräumung während der Mindel-Eiszeit nur spärliche Reste erhalten und lediglich an zwei Stellen aufgeschlossen. Prä-günzzeitliche pleistozäne Sedimente sind – entgegen der Meinung einiger früherer Bearbeiter – nicht erhalten.“* (ROPPELT 1988: 6) und *„Günzzeitliche Schotter sind nach dem bisherigen Stand der Untersuchungen im Raum Obergünzburg nicht mit Sicherheit nachweisbar.“* (ROPPELT 1988: 17). RÖGNER (2001: 5) greift ebenfalls diese beiden Stellen bei ROPPELT (1988) her-

Profil 1 bei **Hinterschmalholz** und ein weiteres (Profil 2) etwas N' davon (SINN 1972) scheinen zur Beantwortung dieser Frage eine Schlüsselrolle einzunehmen:

Profil 1: SINN (1972: 115) beschreibt in einer Kiesgrube¹⁶² an der Straße Hinterschmalholz-Hopferbach im Tal der Westlichen Günz (Blatt Nr. 8128 Obergünzburg) einen blockreichen Geschiebemergel, der ein relativ grobkörniges Konglomerat¹⁶³ überlagert. Die Oberfläche der „Nagelfluh“ ist „ganz ohne Zweifel von besagter Moräne abgeschliffen worden“ (SINN 1972: 115) und SINN zieht den Schluss, dass die liegenden Schotter bereits zu Konglomerat verfestigt gewesen sein mussten, bevor das Eis die obersten Bereiche samt Bodenbildung und Verwitterungsbildungen hat erodieren (von der „Moräne gekappt“) und die Oberfläche des „unverwitterten“ Konglomerates „anschleifen“ können. „Schotter und Moräne sind demnach als verschiedenaltige Bildungen anzusehen.“ (SINN 1972: 115). Die hier bei SINN (1972) beschriebenen Konglomerate lassen sich scheinbar problemlos mit den bei PENCK & BRÜCKNER (1909: 37) genannten hochgelegenen Konglomerataufschlüssen im Tal der Westlichen Günz zwischen Hopferbach und Untrasried verknüpfen, die als südliche Fortsetzung ihrer Älteren Deckenschotter des Hochfeldes zu betrachten sind.

Profil 2, das SINN (1972: 115ff) in zwei Tobeln¹⁶⁴ WNW' Hinterschmalholz beschreibt, zeigt zuunterst Molasse, darüber ebenfalls ein Konglomerat¹⁶⁵, das nach oben scheinbar ohne scharfe Grenzen zunächst in eine grobblockige, verfestigte „Schottermoräne“ und wieder ohne scharfe Grenze in „Geschiebelehm“ übergeht. Der Geschiebelehm (mindelzeitlich) ist verwittert und trägt einen 7 bis 8 m mächtigen fossilen Boden¹⁶⁶. Der Boden (Mindel-Riss-Interglazial) wird durch einen weiteren, geröllreichen Geschiebemergel (risszeitlich) überlagert.

SINN (1972: 115ff) verknüpft aufgrund der Höhenlage die Konglomerate im Liegenden von Hinterschmalholz mit den **Schmelzwasserschottern von Günzegg-Bibelsberg**, die die südliche Fortsetzung des Stephansrieder Schotters auf Blatt Nr. 8028 Markt Rettenbach und Blatt Nr. 8128 Obergünzburg sind. Allerdings betrachtet SINN die Schmelzwasserschotter von Günzegg-Bibelsberg, zumindest die oberen Partien, als mindelzeitliche Ablagerungen.

In der Folgezeit wurde das Profil 1 nicht weiter berücksichtigt, sondern nur das Profil 2 rückte hauptsächlich wegen des Paläobodens bzw. wegen der Paläoböden¹⁶⁷ ins Interesse. RÖGNER & LÖSCHER (1987) haben das Profil 2 neu aufgenommen, genauer untersucht und interpretieren einiges wesentlich anders: Das bei SINN beschriebene Konglomerat mit der darüberliegenden „Schottermoräne“ fassen sie als eine eisrandnahe Einheit unter dem Begriff „Schotternagelfluh“ (ca. 13 m mächtig) zusammen, die sich nach oben vergrößert; darüber¹⁶⁸ liegt ein Schotterlehm (ca. 2,4 m mächtig), der „eindeutig durch ‚in situ‘ Verwitterung aus der liegenden Nagelfluh hervorgegangen“ ist (RÖGNER & LÖSCHER 1987: 165), und von einem ca. 0,1 m mächtigen Geröllband abgeschlossen wird (**Bodenbildung 1**). Darüber folgt eine sehr schluff- und tonreiche, karbonatfreie Lage (ca. 2,0 m mächtig), die nur im oberen Teil Kiesgerölle führt (?**Bodenbildung 2**). Diese Lage wird von einem schwach kalkhaltigen Horizont (ca. 0,3 m mächtig) mit winzigen Bruchstücken von Schnecken schalen bedeckt, der nach

aus und kritisiert die engen Grenzen bei der Bearbeitung eines Kartenblattes, was tatsächlich für stratigraphische Betrachtungen eine Schwierigkeit birgt, wie es sich jetzt erneut bei der Bearbeitung von Blatt Nr. 8027 Memmingen gezeigt hat.

¹⁶² R: 43.77356/H: 53.04315

¹⁶³ Aufgrund seiner Grobkörnigkeit beurteilt es SINN (1972: 115) eher eisrandnah.

¹⁶⁴ R: 43.77004/H: 53.05049

¹⁶⁵ Dieses Konglomerat beurteilt SINN (1972: 115) eher eisrandfern.

¹⁶⁶ SINN (1972: 115f) verknüpft „niveaumäßig“ den Boden mit der Schliiff-Fläche von Profil 1, was allerdings kritisch zu hinterfragen ist. Wenn natürlich die Hangendmoräne in Profil 1 risszeitlich ist, dann könnte dies bedeuten, dass in der Erosionsdiskordanz über der Schliifffläche die komplette Mindelkaltzeit und das Mindel-Riss-Interglazial stecken, die vollständig in der Risskaltzeit erodiert wurden.

¹⁶⁷ zur Bodenentwicklung im Quartär siehe u.a. SMOLÍKOVÁ (1971)

¹⁶⁸ Darüber, ob es sich bei der Grenze zwischen „Schotternagelfluh“ und „Schotterlehm“ um einen allmählichen Übergang oder um eine scharfe Grenze handelt, äußern sich RÖGNER & LÖSCHER (1987) nicht.

oben in einen karbonatfreien Lehm übergeht (*in situ*-Verwitterung) (?**Bodenbildung 3**). Zuoberst liegt ein karbonathaltiger Geschiebemergel (ca. 40 m mächtig), der nach oben immer stärker zu Geschiebelehm verwittert ist (**Bodenbildung 4** seit der Mindelkaltzeit u.U. bis rezent). Allerdings sind die 40 m nicht aufgeschlossen sondern nur aufgrund der Morphologie in der Umgebung konstruiert; womöglich können auch diese 40 m in geeigneten Aufschlüssen weiter untergliedert werden.

Den Geschiebemergel im Hangenden stellen RÖGNER & LÖSCHER (1987: 161, 167) in die Mindelkaltzeit, wodurch die Konglomerate im Liegenden „wahrscheinlich älter als Günzzeitlich im Sinne A. PENCKs“ wären (RÖGNER & LÖSCHER 1987: 161).

Für die Bearbeitung des Blattes Nr. 8128 Obergünzburg legte ROPPELT (1988: 97ff) mit Hilfe einer Grabung das Profil 2 im zentralen Bereich frei. Mit seiner Grabung erzielte er Ergebnisse, die abgesehen von Mächtigkeitsschwankungen und kleineren Details durchaus mit denen von SINN (1972) vergleichbar sind (siehe Tab. 22). Pollenanalytische sowie Thermolumineszenz-Untersuchungen ergaben ein früh-risszeitliches Alter für die Sedimente zwischen der Bodenbildung im Hangenden und der als mindelzeitlich eingestuften Geschiebemergel im Liegenden. DOPPLER & JERZ (1995: 43f) bearbeiteten ebenfalls Profil 2 und schlossen sich der stratigraphischen Interpretation von ROPPELT (1988) an: risszeitlicher Geschiebelehm im Hangenden und mindelzeitlicher, verwitterter Geschiebelehm im Liegenden; zuunterst auf der Molasse glazifluviale Schotter („?mindelzeitlicher Vorstoßschotter, ?Haslachsotter, ?Günzschotter“ (DOPPLER & JERZ 1995: 43)).

Leider wurde von den Bearbeitern nach SINN (1972) nicht mehr das Profil 1 weiterverfolgt noch die Ergebnisse von SINN bei der Interpretation von Profil 2 berücksichtigt, obwohl doch gerade die Grenze zwischen dem Konglomerat im Liegenden und der „Moräne“ im Hangenden mit Erosionsdiskordanz sowie Schlieffläche¹⁶⁹ geradezu eine zeitliche Zweiteilung der gesamten, aufgeschlossenen Schichtfolge unter der Bodenbildung verlangen, wie es SINN schon angedeutet hat. Nur verknüpft SINN (1972: 115) die Schlieffläche zeitlich mit der Bodenbildung auf der „Moräne“, was aber in Anbetracht der übrigen beschriebenen Tiefenlagen von Konglomeraten im Profil 2 kritisch zu hinterfragen ist (siehe Fußnote 166). Vielmehr erscheint es plausibler, dass über der Molasse donauzeitliche Konglomerate liegen, die südliche Fortsetzung der Stephansrieder und Guggenberger Schotter, die beim mindelzeitlichen Gletschervorstoß gekappt und stellenweise überschleift wurden. Darauf sind noch lückenhaft Reste von mindelzeitlichen Vorstoßschottern erhalten (Profil 2), oder mindelglaziale Geschiebemergel liegen der Schlieffläche unmittelbar auf (Profil 1). Im Mindel-Riss-Interglazial kam es dann zur intensiven Verwitterung und Bodenbildung auf der „Mindelmoräne“, die in der Risskaltzeit von mächtigem Geschiebemergel überdeckt wurde (siehe Tab. 22).

Wie aus dem oben Beschriebenen ersichtlich, ist ein zentraler Punkt für die Interpretation der beiden Profile von Hinterschmalholz die Beantwortung der Fragen nach einer Erosionsdiskordanz über den Konglomeraten, nach dem Alter der „Moränen“ im Hangenden sowie den Maximalständen des mindel- und risszeitlichen Iller-Vorlandgletschers im Bereich des Tales der Westlichen Günz, die allerdings noch nicht abschließend beantwortet sind (siehe Kap. 3.2 und 3.3) und worauf bereits HABBE (1986b: 461ff) ausdrücklich hinweist. Bei SINN (1972: 117, 121, Karte 5), GLÜCKERT (1974: Tafel I) STREIT et al. (1975: GK100 Iller-Mindel-Gebiet), STEPP (1981: 54 Abb. 5.), ROPPELT (1988: GK25 Blatt Nr. 8128 Obergünzburg, RÖGNER (2001: 4) reichen die „Mindelmoränen“ bis nach Bibelsberg/Bühl¹⁷⁰. Die „Rissmoränen“ ziehen SINN (1972: 117, Karte 5), GLÜCKERT (1974: Tafel I), STREIT et al. (1975: GK100 Iller-Mindel-Gebiet), ROPPELT (1988: GK25 Blatt Nr. 8128 Obergünzburg) einheitlich bis wenig S' von Günzegg, knapp über die beiden Aufschlüsse von Hinterschmalholz hinaus. Anders sehen es PENCK & BRÜCKNER (1909) sowie EBERL (1930: Tafel I), die bei Bibelsberg keine „Moränen“ verzeichnen, die „Moränen“ zwischen Günzegg und Hinterschmalholz in die Mindel-

¹⁶⁹ Eine vergleichbare, aber im Liegenden unter einer Schlieffläche weitaus komplexere Situation beschreibt EBERL (1930: 316) am Burger Eck am nordöstlichen Rand des Obergünzburger Beckens, an dem ein Günzzeitliches Konglomerat (G I-Schotter) von der Mindelmoräne abgeschleift wurde.

¹⁷⁰ SINN (1972: 88) beschreibt Aufschlüsse in Bühl und Bibelsberg, in denen er maximal 5 bis 6 m mächtige Geschiebemergel dokumentiert hatte.

kaltzeit stellen (wie HABBE 1986b und RÖGNER & LÖSCHER 1987) und ihre „Rissmoränen“ erst wenig S' Hopferbach entlangziehen lassen, was auch STEPP (1981: 54 Abb. 5) für seine „Rissmoränen“ getan hat.

Tab. 22: Zusammenstellung und Interpretation von Beschreibungen der Profile 1 und 2.

Profil 1	Profil 2			Sammelprofil
SINN (1972)	SINN (1972)	RÖGNER & LÖSCHER (1987)	ROPPELT (1988)	Interpretation Lempe
keine Angabe	Geschiebemergel (risszeitlich)	Geschiebemergel (mindelzeitlich) mit Bodenbildung 4	Geschiebemergel (risszeitlich)	Riss-Geschiebemergel
	7 – 8 m Boden	Horizont mit Schalenbruchstücken und Bodenbildung 3 Lehm mit Bodenbildung 2	kolluviales feinkörniges Sediment aus dem Frühriss	interglaziales bis frührisszeitliches „Kolluvium“
Moräne	Geschiebelehm verwittert	Bodenbildung 1 Schotterlehm	Mindel-Geschiebelehm stark verwittert mit Bodenbildung	Mindel-Geschiebemergel mit Bodenbildung
	Schottermoräne	Schotternagelfluh	Mindel-Schotter stark verwittert	Mindel-Vorstoßschotter
Schlifffläche	Mindel-Schotter		Erosionsdiskordanz, z.T. mit Schlifffläche	
Konglomerat	Konglomerat		Konglomerat	donauzeitliches Konglomerat
keine Angabe	Molasse	Molasse	Molasse	Molasse

Falls die Geschiebemergel im Hangenden tatsächlich mindelzeitlich wären, wie PENCK & BRÜCKNER (1909), EBERL (1930), STEPP (1981), HABBE (1986a, 1986b) sowie RÖGNER & LÖSCHER (1987) vermuten, dann könnte der fossile Boden von Hinterschmalholz (v.a. **Bodenbildung 1**) (SINN 1972: 115f, RÖGNER & LÖSCHER 1987, ROPPELT 1988: 97ff) der letzte aufgeschlossene Rest einer ehemaligen Bodenbildung sein, die in den anderen Aufschlüssen durch die erosive Tätigkeit der mindelzeitlichen Schmelzwässer und des Gletschereises restlos ausgeräumt wurde. Demnach wären die Geschiebemergel, die das Substrat der Bodenbildung darstellen, prämindelzeitlich (günz- oder haslachzeitlich) und darunter würden von einer Erosionsdiskordanz begrenzt donauzeitliche Konglomerate folgen. Dies wäre aber das bisher einzige Vorkommen von günz- oder haslachzeitlichen Bildungen im näheren Umfeld des Arbeitsgebietes, denen beim jetzigen Kenntnisstand keinerlei Schmelzwasserschotter zugeordnet werden könnten. HABBE (1986b: 468f) geht sogar so weit, dass er die liegende „Moräne“ der Haslachkaltzeit zuordnet und die Jüngeren Deckenschotter in eine jüngere (mindelzeitliche) und eine ältere (haslachzeitliche) Serie gliedert. Wo er allerdings diese haslachzeitlichen Jüngeren Deckenschotter lokalisiert, lässt HABBE dagegen offen, da er das Grönenbacher Feld als einheitliche Schüttung der Mindelkaltzeit auffasst (HABBE 1986b:452). Daher ist es wahrscheinlicher, dass die „Hangendmoräne“ risszeitlich ist, die „Liegendmoräne“ der Mindelkaltzeit angehört und die Konglomerate an der Basis donauzeitlich sind und somit die südliche bzw. südöstliche Fortsetzung des Stephansrieder Schotters und des Böhener Feldes sind sowie die „Brücke“ von diesen beiden Schottern zu den donauzeitlichen Schmelzwasserschottern an der Schleifhalde und an den nördlichen Rändern des Obergünzburger Beckens darstellen.

Die Quartärbasis des Böhener Feldes lässt SINN (1972: 68f, 71f), wie später auch STEPP (1981), Richtung E zu einem dort von ihm angenommenen Rinnenrand ansteigen sowie ausstreichen und stuft den Oberhaslacher Schotter als einzigen der E' der Westlichen Günz

liegenden Schotterkörper in die Günzkaltzeit ein, der in einem eigenen Tal geschüttet worden sein soll (SINN 1972: 72). Alle anderen Schotter, den Stephansrieder, den Guggenberger sowie den Zadels-Eheimer Schotter stuft er erstmals in die Mindelkaltzeit ein (SINN 1972: 71). Für den Oberhaslacher Schotter betont er aber ausdrücklich, dass die Gefällsverhältnisse aufgrund der geringen Ausdehnung nicht eindeutig rekonstruierbar sind (SINN 1972: 72). Auf den von SINN (1972) und STEPP (1981) postulierten Rinnenrand im E nimmt HABBE (1986a: 127) unmittelbar Bezug: *„Die kleinen Unterschiede hinsichtlich der Ausstriche der Schotterunterkanten in den Querprofilen, auch das – vor allem im Südabschnitt feststellbare – Ausheben der Schotterbasis gegen E läßt sich mit der Verschüttung eines periglazial vorgeformten Reliefs zwanglos erklären.“*

Für die Argumentation von SINN (1972) sind zwei Lokalitäten ausschlaggebend: **Rechberg SE'** von Böhen auf Blatt Nr. 8127 Bad Grönenbach und **Günzegg** auf Blatt Nr. 8128 Obergünzburg. An beiden Lokalitäten beschreibt SINN (1972) zwei Aufschlüsse in periglazial-fluviatilen Schottern, die lithologisch (dolomitfrei und mit einem Kristallingehalt von 16,3 %) und bezüglich der Höhenlage sowie der unmittelbaren Nähe zu den donauzeitlichen Schmelzwasserschottern problemlos zum Ottobeurer Schotter gestellt werden könnten (1972: 86); da sie sich aber im Liegenden von „*jüngeren Bildungen*“ (eisrandnahe Schotter und Geschiebemergel) befinden, hält es SINN (1972: 86) für unwahrscheinlich, dass es sich um Ottobeurer Schotter handelt. Vielmehr betrachtet er sie als frühglaziale Bildungen der Mindelkaltzeit. Bei den beiden Aufschlüssen handelt es sich um eine Kiesgrube¹⁷¹ (Blatt Nr. 8127 Bad Grönenbach) beim Gehöft Rumpfer am Rechberg sowie um eine Kiesgrube (Blatt Nr. 8128 Obergünzburg) nordwestlich Günzegg. SINN (1972: 86f) deutet die beiden Schottervorkommen genetisch, wie den Ottobeurer Schotter, als umgelagertes OSM-Material, die sich aber erst nach der Ablagerung des Böhener Feldes periglazial-fluviatil gebildet haben. Als fast einziges Herkunftsgebiet für dieses umgelagerte OSM-Material kommt eigentlich nur die Hochgrat-Adelegg-Schüttung in Frage kommt¹⁷², und SINN (1972: 106f) weist selbst schon auf die Problematik hin, dass dieses Material, das heutzutage E' des Böhener Feldes liegt, bzw. der dazugehörige Fluss die donauzeitliche Sanderfläche des Böhener Feldes sowie des Oberburger Schotters¹⁷³ gequert haben müsste: *„Ein weiteres Problem wirft die periglazial-fluviatile Aufschüttung von Rumpferhof-Günzegg im westlichen Günztalbereich auf, da ein Illerlauf durch das Memminger Tal eine weiter im E abgeflossene Adelegg-Rinne selbstverständlich ausschließt.“* (SINN 1972: 106). Daher postuliert er die kristallinreichen Schotter als Bildung eines nahautochthonen Flusses, seiner „*Westlichen Ur-Günz*“: *„Für jene Basisfazies kommt aber auch ein Gewässer in Frage, das einerseits NE Kempten gerade bis in die äußersten Ausläufer des geschlossenen Tertiärschottergebietes zurückgereicht, andererseits noch weiter nördlich vielfach OSM-Geröllhorizonte angeschnitten und umgelagert haben kann.“* (SINN 1972: 106).

¹⁷¹ KLUSCH (1995: 44) beschreibt ebenfalls beide Aufschlüsse, übernimmt die Interpretation von SINN (1972) und zeichnet den Aufschluss in der Kiesgrube SW' vom Gehöft Rumpfer in seine Karte ein.

¹⁷² SINN (1972: 106) weist noch auf Ausläufer der Molassekonglomerate NE' von Kempten und OSM-Geröllhorizonte, wie sie heute z.B. SW' Hopferbach und am Boschachhof aufgeschlossen sind, als mögliche Quelle für das OSM-Material in den Liegendschottern vom Rechberg und Günzegg hin. In Bezug auf den Kristallingehalt in den Schmelzwasserschottern nimmt SCHAEFER (1973) zu kristallinreichen Molassekonglomeraten E' der Iller recht scharf Stellung: *„Man müßte dann schon ein Tertiärböhländ (mit Kristallin-Konglomeraten) auch östlich von Kempten annehmen. Wo aber sind dessen Reste?“* (SCHAEFER 1973: 190).

¹⁷³ Der Oberburger Schotter liegt SE' von Markt Rettenbach und wird von SINN (1972: 72ff, 78 Karte 4, Karte 5) ebenso wie das Böhener Feld und der Oberhaslacher Schotter in die „Günzkaltzeit“ gestellt und beide als Schmelzwasserschotter des Iller-Vorlandgletschers interpretiert, der sich laut SINN (1972: 78 Karte 4) weit über Obergünzburg nach N erstreckt haben soll. Über Rückzugsschotter innerhalb des intramoränen Bereiches müsste nach SINNs Modell also das Böhener Feld mit dem Oberburger Schotter zusammenhängen. Frühmindelzeitliche periglaziale Flüsse, die aus den Gebieten mit Molassekonglomeraten gekommen wären, hätten demnach nicht nur diese Schotterfelder sondern auch den günzzeitlichen Endmoränenwall überwinden müssen, um in ein Tal im Bereich der heutigen Westlichen Günz zu gelangen.

Da die beiden Aufschlüsse schon im intramoränen Bereich liegen, die Vorstoßschotter und Geschiebemergel von den meisten Autoren der Mindelkaltzeit zugeordnet werden und in unmittelbarer Nähe noch „günzzeitliche“ Schmelzwasserschotter im Liegenden der Vorstoßschotter sowie Geschiebemergel beschrieben werden, könnte es doch sein, dass die mindelzeitlichen Schmelzwässer in beiden Aufschlüssen vor Ablagerung der Vorstoßschotter zunächst die „günzzeitlichen“ Schmelzwasserschotter des Böhener Feldes bzw. des Günzegger Schotters vollständig bis auf das Liegende, den Ottobeurer Schotter, ausgeräumt haben. So bräuhete man nicht einen „mindelzeitlichen Ottobeurer Schotter“ konstruieren und sich in nah- oder fernautochthone Vorläufer der Westlichen Ur-Günz verlieren.

Weitergehend kritisch zu hinterfragen ist, ob es sich bei der von SINN (1972: 86f, v.a. auch Fig. 13) in der Kiesgrube beim Gehöft Rumpfer erwähnten, leider nicht lithologisch beschriebenen, „moränennahen Nagelfluh“ tatsächlich um den zum überlagernden Geschiebemergel gehörigen Vorstoßschotter handelt. Es könnte sich genauso gut um die donauzeitlichen Schmelzwasserschotter des Böhener Feldes handeln, die ja an der W-Flanke bei Schratzenbach ebenfalls sehr grob und „moränennah“ wirken, wie es bereits PENCK & BRÜCKNER (1909) beschrieben haben. Ein kleiner Hinweis könnte die Tatsache sein, dass ein „eisrandnaher Schotter“ (scheinbar unverfestigt), der nach oben in Geschiebemergel übergeht, in einer Kiesgrube an der nördlichen Spornspitze des Rechenberges abgebaut wird; in der Kiesgrube am Gehöft Rumpfer SINN (1972: 86) aber von „moränennaher Nagelfluh“ schreibt. Hinzu kommt, dass Sinn für die Quartärbasis der „günzzeitlichen Nagelfluh“ an der Westflanke des Rechberges 780 m ü. NN (SINN 1972: 85) und für die Basis der Nagelfluh an der Ostflanke des Rechberges ebenfalls ca. 780 m ü. NN (SINN 1972: 86) angibt, was schon ein großer Zufall wäre, wenn seine mindelzeitliche „Nagelfluh“ an der Ostflanke genauso hoch zu liegen käme, wie seine „günzzeitliche Nagelfluh“ an der Westflanke. Die übereinstimmende Höhenlage der Quartärbasis sprechen eher für eine einheitliche Schüttung und der Ottobeurer Schotter an der Basis für ein donauzeitliches Alter der Konglomerate. In diesem Zusammenhang muss aber noch auf die ebenfalls von SINN (1972: 85f) beschriebene Situation in einer Kiesgrube an der nördlichen Spornspitze des Rechberges eingegangen werden, in der donauzeitliche Schmelzwasserschotter nicht nachweisebar sind sondern Molassematerial unmittelbar von mindelzeitlichen Vorstoßschottern sowie Geschiebemergel überlagert wird und die Quartärbasis 10 m höher liegt, als bei den benachbarten donauzeitlichen Schmelzwasserschottern an der West- sowie an der Ostflanke des Rechberges. Dieser Aufschluss beeinflusst maßgeblich das Modell, das SINN (1972: 68ff, 85ff) für den Ostrand des Böhener Feldes entwirft und auch entscheidend für seine Einstufung des Stephansrieder, Guggenberger und Zedels-Eheimer Schotters verantwortlich ist. Ausdruck findet dieses Modell nicht nur im Text sondern v.a. in seinen Profilen, die SINN (1972: 69 Fig. 9) für den S des Böhener Feldes und für den Rechberg (1972: 87 Fig. 13) gezeichnet hat, in denen die Quartärbasis nach E hin ansteigt und die Schotter des Böhener Feldes schließlich vollständig auskeilen. Der Oberhaslachener Schotter, den SINN (1972: 71f) in der „Günzkaltzeit“ belässt, verknüpft er nicht mit dem Böhener Feld sondern betrachtet ihn als Rest eines separaten Schotterstranges im E des Böhener Feldes. Allerdings ist vom östlichen Talrandbereich in seinem Profil für den N des Böhener Feldes (SINN 1972: 70 Fig. 10) kaum mehr etwas zu erkennen; vielmehr steigt hier die Quartärbasis nach W hin an, was sich auch gut mit den Kartierergebnissen von BELLMANN (2009) für den N deckt. Nach BELLMANNs Ergebnissen lässt sich dieser im S des Böhener Feldes vermutet östlichen Randbereich im N nicht mehr nachweisen, wie es auch BECKER-HAUMANN (2005: 164) und BELLMANN (2009) auf ihren Quartärbasiskarten darstellen. Vermutlich handelt es sich im S des Böhener Feldes bei dem lokalen Anstieg der Quartärbasis und dem Fehlen der donauzeitlichen Schmelzwasserschotter um einen kleinen Molasserücken (evtl. Härtlingsstruktur) auf der Tertiäroberfläche, mit denen stets zu rechnen ist. Dieser Molasserücken ragte womöglich sogar als kleine, schmale, längliche Insel aus der donauzeitlichen Sanderfläche heraus¹⁷⁴ und wurde erst während des mindelzeitlichen Glet-

¹⁷⁴ Derartige „Molasseinseln“ sind z.B. für die würmzeitlichen Schotterfelder im W von München gut dokumentiert: Aubinger Lohe und am Eichbühl in Eichenau (SCHUSTER 1938). SCHUSTER (1938) gibt für den „Flinz-Rücken“ in der Eichenau eine Länge von 275 m und eine Breite von 100 m an, bezeichnet das Molassevorkommen als „Die Flinz-Insel von Eichenau“ und schreibt: „Die nordöstliche Erstre-

schervorstoßes auf das Böhener Feld abgetragen und mit Vorstoßschottern und Geschiebemergel überdeckt, was SINN (1972: 85f) durch seine Beschreibung der Situation am Rechenberg scheinbar exakt darstellt, wenn man ihn dahingehend interpretieren möchte.

Die Situation, die SINN (1972: 87f) in der Kiesgrube nordwestlich Günzegg beschreibt, ist nahezu identisch mit der Situation in der Kiesgrube am Gehöft Rumpfer und kann somit in gleicher Weise interpretiert werden: Molasse wird hier von einer ca. 3 m mächtigen „Periglazialaufschüttung“ (Ottobeurer Schotter) überlagert, die nach oben von einem sandigmergeligen Band abgeschlossen wird. Darüber folgt „moränennahe Nagelfluh“ (donauzeitliche Schmelzwasserschotter), die wiederum von Geschiebemergeln überlagert wird. Die Basis der Schmelzwasserschotter gibt SINN (1972: 151) mit ca. 777 m an, was gut mit dem Aufschluss am Gehöft Rumpfer verknüpft werden kann, da der Aufschluss NW Günzegg ca. 1270 m (SINN 1972: 147, 151) weiter im N liegt. SINN (1972: 87) verfolgt noch die Konglomerate v.a. am östlichen Hochufer über Hinterschmalholz weiter nach S, wobei er zunächst einen starken Anstieg des Gefälles und anschließend eine „Stagnation des Gefälles“ feststellt, da die Quartärbasis scheinbar nach S nicht mehr ansteigt sondern auf ca. 800 m ü. NN zu verharren scheint, was SINN (1972: 88) bei Hinterschmalholz mit einem Übergangskegel und weiter im S mit einer Beckenrandschwelle zu erklären versucht. SINN (1972: 87f) gibt aber in keinem Falle eine Richtung der damaligen Tal- und Schüttungsachse an, die derartige Gefällebetrachtungen und v.a. -diskussionen erst zielführend machen. Seine „Pfeile“ (SINN 1972: 78 Karte 4) für die Abflussverhältnisse im älteren Altpleistozän sind dann doch etwas ungenau und fußen auf einem Modell, das nach Meinung des Verfassers eher kritisch zu betrachten ist, wie oben dargelegt. Obwohl SINN (1972: 31ff) dies ausdrücklich fordert, fehlen bei ihm auch in seiner folgenden Argumentation für eine Einstufung der Guggenberger und Stephansrieder Schotter in die Mindelkaltzeit Angaben zur genauen Tal- und Schüttungsachse und lassen somit seine Schlussfolgerungen bezüglich Gefälle und Verknüpfung der beiden Schotter mit dem mindelzeitlichen Schwaighauser Schotter¹⁷⁵ auf Blatt Nr. 7927 Amendingen ebenfalls in einem fraglichen Licht erscheinen. Vielmehr scheinen irgendwelche Quartärbasishöhen, die auf einer Linie annähernd parallel zum Verlauf des heutigen Tales der Westlichen Günz liegen, miteinander verbunden worden zu sein, ohne dass ein Bezug bezüglich ihrer Lage zur damaligen Talachse hergestellt wurde. SINN (1972) scheint hierin seinen eigenen am Anfang seiner Arbeit geforderten Arbeitsmethoden nicht gerecht zu werden. U.a. haben BECKER-HAUMANN (2005) sowie BELLMANN (2009), FIXL (2009), CHEN (2011a) und GRIMMEISEN (2011) überzeugend nachgewiesen, dass eine Konstruktion eines Gefälles nur über eine dreidimensionale Betrachtung des gesamten Schotterkörpers samt Quartärbasiskarte sinnvolle und aussagekräftige Ergebnisse produzieren kann (siehe Abb. 4). SINN (1972) zieht nur Basishöhen heran, die er am östlichen Hochufer der Westlichen Günz, also am Erosionsrand der Schotterkörper gewonnen hat. Auch versäumt es SINN (1972), seine für das Böhener Feld und für den Stephansrieder- sowie Guggenberger Schotter konstruierten Gefälle miteinander zu vergleichen und Gemeinsamkeiten und Unterschiede zu diskutieren. Sein ganzes Modell hängt an dem einem Aufschluss am nördlichen Sporn des Rechenbergs, den man auch, wie gezeigt, anderes interpretieren kann. Seine Argumente (die Einstufung der kristallinreichen Liegendschotter und seine eindimensionalen Gefällekonstruktionen) für die Herabstufung des Stephansrieder und Guggenberger Schotters von der Günz- in die Mindelkaltzeit wirken nicht überzeugend sondern müssen, wie erläutert, kritisch betrachtet werden.

Der Einstufung des Stephansrieder Schotters in die Mindelkaltzeit durch SINN (1972) folgen weder RÖGNER et al. (1988), RÖGNER & LÖSCHER (1993), RÖGNER (1998) RÖGNER (2001) noch RÖGNER (2008); sie betrachten die Schotterkörper auf den Riedeln zwischen der Westlichen und der Östlichen Günz auf keinen Fall als mindel- sondern als günz- und donauzeit-

ckung des Flinz-Hügels deutet darauf hin, daß die Wässer, welche die Altschotter um ihn herum ablagerten, ihn wie einen Brückenpfeiler umflossen haben.“ (SCHUSTER 1938: 19).

¹⁷⁵ Diese Verknüpfung des Stephansrieder Schotters mit dem Schwaighauser Schotter können weder RÖGNER et al. (1988: 51), RÖGNER (2001: 9) noch BECKER-HAUMANN (2005: 197ff) bei ihren großräumigen Betrachtungen bestätigen.

lich, da die Tiefenverwitterung gegen ein mindelzeitliches Alter spricht und sie u.a. am Tal-
ausgang der Westlichen Günz an der Firsthalde ein Schotterniveau am Hang 35 bis 40 m
unterhalb der Basis des Stephansrieder Schotters gefunden haben, das sie der Mindelkalt-
zeit zuordnen und mit dem Schwaighauser Schotter verknüpfen (RÖGNER 1998: 23). Die
Untergliederung des Untrasried-Stephansrieder Schotters in donau- und günzzeitliche Ablage-
rungen durch RÖGNER et al. (1988) begründen diese mit Höhendifferenzen und deutlich
unterschiedlichen Gefällen¹⁷⁶ der Quartärbasis, in denen sie Terrassenkreuzungen zu sehen
glauben. CHEN (2011a) konnte im Zuge seiner Diplomkartierung für den NW-Teil des Untras-
ried-Stephansrieder Schotter diese Untergliederung nicht bestätigen sondern erkannte nur
eine weitgehend einheitliche Schüttung, deren Quartärbasis aber ein deutliches Relief be-
sitzt. Da es sich bei dieser donauzeitlichen Bildung um ein breites Schotterfeld handelt,
könnte es mehrere Molasserücken und Molasseinseln in dieser Sanderfläche gegeben ha-
ben (z.B. W' Hofs), die von den Schmelzwässern „wie Brückenpfeiler“ (im Sinne von SCHUS-
TER 1938) umströmt wurden, worauf die Quartärbasiskarte von CHEN (2011a) hindeutet; zu
dem gleichen Ergebnis kommt auch BECKER-HAUMANN (2005: 197): *„Die Schottersohle weist
lokale Unstetigkeiten von mehreren Metern auf, die bislang zur Begründung einer stratigra-
phischen Untergliederung herangezogen worden sind. Die vorliegenden Ergebnisse der 3D-
Modellierung, die unter Berücksichtigung hydraulischer Parameter ... durchgeführt wurden,
zeigen jedoch, dass sie sich auf Uferbereiche und Rinnen zurückführen lassen.“*

CHEN (2011a) parallelisiert aufgrund seiner Ergebnisse den Untrasried-Stephansrieder
Schotter mit dem Böhener Feld, das RÖGNER et al. (1988) und RÖGNER (2001) niemals in
ihre Betrachtung miteinbezogen haben, und stellt diesen somit in die Donaukaltzeit. Aufbau-
end auf den Ergebnissen von CHEN (2011a) sollte bei der Kartierung von Blatt Nr. 8028
Markt Rettenbach auch noch einmal die Untergliederung des östlichen Teils des Untrasried-
Stephansrieder Schotters überprüft werden.

Die Frage, warum RÖGNER (z.B. 2001: 9) niemals einen Vergleich zwischen den Quartärba-
sen des unmittelbar benachbarten Böhener Feldes und des Stephansrieder Schotters zieht
sondern immer nur mit dem Eisenburger Feld, mit dessen Quartärbasis seine Gefällekon-
struktion für den Stephansrieder Schotter nicht verknüpft werden kann, muss leider unbe-
antwortet bleiben. Höchstwahrscheinlich gehören nämlich das Böhener Feld samt Untras-
ried-Stephansrieder Schotter und das Eisenburger Feld nicht zu dem gleichen Schotter-
strang, sondern der eine Strang mit dem Böhener Feld zieht eher nach NE zum Daxberg-
Fürbacher Schotter und der andere vom Kronburg-Hohenrain-Schotter zum Eisenburger
Feld (BECKER-HAUMANN 2005: 170: Abb. 77).

In der vorliegenden Arbeit werden aufgrund der Erkenntnisse von CHEN (2011a) die bei
RÖGNER et al. (1988) in günz- und donauzeitliche Bildungen unterschiedenen Schmelzwas-
serschotter zusammengefasst, da beim jetzigen Kenntnisstand eine Günzkaltzeit im heutigen
Sinne im Arbeitsgebiet und dessen näherem Umfeld nicht nachzuweisen ist und Schwän-
kungen der Höhe der Quartärbasis im Meter-Bereich als stratigraphischer Beweise für Al-
tersunterschiede und Terrassenkreuzungen aufgrund des ausgeprägten Reliefs der Quartär-
basis allein nicht gelten können. Andere Argumente für eine Untergliederung fehlen momen-
tan noch, da es auch keine deutlichen lithologischen oder schotterpetrographischen Unter-
schiede gibt.

BECKER-HAUMANN (2005: 197ff) zieht den bei Stephansried im N beginnenden Schotterkör-
per bis Untrasried SW' von Obergünzburg, bezeichnet den gesamten Schotter als **Untras-
ried-Stephansrieder Schotter**, und stuft ihn ganz im Sinne von SINN (1972: 85ff, 115) sowie
JERZ et al. (1975: 112) in die Mindelkaltzeit ein. Den Paläoboden von Hinterschmalholz be-
trachtet er als Bildung des Haslach-Mindel-Interglazials (BECKER-HAUMANN 2005: 197). Für

¹⁷⁶ Auf was sich diese Gefälle allerdings genau beziehen, lassen RÖGNER et al. (1988) und RÖGNER
(2001) aber weitgehend offen, da sie nur grob von einer nordwestlichen Schüttungsrichtung bzw.
SSE-NNW gerichteten Entwässerungsrichtung und vagen Talrändern bei Hofs und Gut im W sowie
Betzisried und Krautenberg im E sprechen, aber keine detaillierte Quartärbasiskarte entwerfen, aus
der sie die tatsächliche, ehemalige Talachse noch am ehesten rekonstruieren könnten; dies wäre
aber, wie oben bereits erläutert, notwendig, um ihre Höhenangaben in Bezug zu einer Talachse set-
zen und aus dem Vergleich von zwei Punkten im Taltiefsten „echte“ Gefälle ermitteln zu können.

eine stratigraphische Untergliederung der Schotter zwischen der Westlichen und Östlichen Günz im Sinne von RÖGNER (2002, 2004, 2008) sieht BECKER-HAUMANN (2005: 201) keinerlei Anhaltspunkte.

Wie oben bereits erläutert (siehe Kap. 3.1.1) gliedert STEPP (1981) sein günzzeitliches Böhener Feld in sechs Teilschotter¹⁷⁷. Seine *Östliche Schottergruppe* verknüpft er mit dem **Oberhaslach-Schotter**, der in seinen Augen nur einen kleinen Rest des ehemals viel größeren Ostflügels des Böhener Feldes darstellt (STEPP 1981: 46, 50, 54, 64 Abb. 8, 66). Zu seinem *Karlins-Bossarts-Teilfeld* gehört der Bannwaldrücken SW' Ottobeuren, den er mit dem **Buschelberg-Stefansrieder Schotter**¹⁷⁸ verbindet (STEPP 1981: 48, 50, 64 Abb. 8, 66); hierin bestätigt er EBERL (1932: 8), was auch gut in das von CHEN (2011a) entworfene Konzept passt.

Alter: PENCK & BRÜCKNER (1909: 37) sowie EBERL (1930: Tafel I, 1932: 8) sehen keinen zeitlichen Unterschied zum Böhener Feld und stellen somit den Untrasried-Stephansrieder Schotter E' der Westlichen Günz ebenfalls in die Günzkaltzeit (EBERLs Untere Deckterrasse G II). Allerdings trennt EBERL (1930: Tafel I) den nordöstlichen Sporn des Stephansrieder Schotters vom übrigen Feld ab und stellt diesen ohne Erläuterung im Text in die Mindelkaltzeit (EBERLs Obere Altterrasse M I). Mit der allgemeinen stratigraphischen Höherstufung durch LÖSCHER (1976) rutschte auch der Untrasried-Stephansrieder Schotter in die Donaukaltzeit, wie es auch RÖGNER (2004: 257) andeutet: „*Im Bereich der Typenregion um Memmingen müssen alle „klassischen“ günzzeitlichen Schotter PENCKs in die Donaukaltzeit gestellt werden.*“ Allerdings schließt RÖGNER (u.a. 2001, 2004) seinen „*Zadels-Stephansrieder Schotter*“ von dieser Regel aus.

Im Zuge ihrer Diplomkartierarbeiten gelangten BELLMANN (2009) und CHEN 2011a, im Gegensatz zu SINN (1972: 71f, 85ff) und JERZ et al. (1975: 112)¹⁷⁹ zur Auffassung, dass der Stephansrieder Schotter, der Guggenberger Schotter und der Oberhaslacher Schotter Teilfelder eines einst zusammenhängenden Schotterkörpers darstellen, mit dem Böhener Feld über das Tal der Westlichen Günz verknüpft werden können und demnach stratigraphisch ebenfalls in die Donaukaltzeit gestellt werden sollten (siehe Tab. 23 und Tab. 24). Ihre für beide Teilgebiete erstellten Quartärbasiskarten zeigen, dass sich die Isohypsen der Quartärbasis über das Tal der Westlichen Günz hinweg problemlos miteinander verbinden lassen¹⁸⁰, dass die Quartärbasis ein ausgeprägtes Relief besitzt und dass sich die dort gefundenen Rinnenstrukturen mit den bei EBERL (1930) beschriebenen und in der Folgezeit noch entdeckten Vorkommen von Ottobeurer Schotter decken. Sowohl die über das Tal der Westlichen Günz zu verknüpfenden Isohypsen der Quartärbasis¹⁸¹ als auch die im Liegenden der Schmelzwasserschotter beschriebenen Vorkommen von Ottobeurer Schotter sind starke Argumente für eine Verknüpfung der im Arbeitsgebiet liegenden Teilfelder miteinander und für die Einstufung in die Donaukaltzeit.

¹⁷⁷ Schratzenbach-Falken-Schotter, Warlins-Westenried-Schotter, Östliche Schottergruppe (drei Teilschotter) und Karlins-Bossarts-Teilfeld (STEPP 1981).

¹⁷⁸ Buschelberg-Stefansrieder Schotter: Name und Schreibweise mit „f“ stammen von STEPP (1981: 48).

¹⁷⁹ JERZ et al. (1975) übernehmen weitgehend die Ergebnisse von SINN (1972) ohne eigene Untersuchungen am Untrasried-Stephansrieder Schotter durchzuführen.

¹⁸⁰ Dies wird auch schon bei DOPPLER (2003: 271 Fig. 4b) angedeutet.

¹⁸¹ BECKER-HAUMANN (2005) entwirft mit Hilfe einer 3D-Modellierung für einzelne Schotterfelder im Iller-Lechgebiet relativ detaillierte Quartärbasiskarten und stellt diese in Form von Isobasenkarten dar; u.a. macht er dies auch für das Böhener Feld, wobei seine Angaben keine groben Abweichungen zu den wesentlich detaillierteren Angaben von BELLMANN (2009) aufweisen. Auf seiner Karte des Böhener Feldes (2005: 164) ist in der NE-Ecke noch der westlichste Rand des Guggenberger Schotters mit Angabe von Quartärbasishöhen dargestellt, die auch durch CHEN (2011) in etwa bestätigt werden. Die in dieser Karte angegebenen Quartärbasen könnten problemlos über das Tal der Westlichen Günz verknüpft werden, doch dies geschieht ohne Angabe von Gründen nicht, sondern vielmehr lässt BECKER-HAUMANN das Böhener Feld im Bereich des Günztales enden (2005: 163f) und die auf gleicher Höhe E' des Günztales liegenden Schotter stellt er im SINN'schen Sinne in die Mindelkaltzeit (2005: 197).

Somit hätten sich noch mehr Argumente für die Vermutung gefunden, dass das Böhener Feld und der gesamte Untrasried-Stephansrieder Schotter Erosionsrelikte eines einst zusammenhängenden Schotterfeldes darstellen, das im Gebiet der Schleifhalde oder wenig S' davon in donauzeitlichen Endmoränen wurzeln könnte. Wenn hierdurch die Erstreckung der Älteren Deckenschotter (ursprünglich günz- heutzutage donauzeitlich) bis an die Östliche Günz zwischen Markt Rettenbach und Obergünzburg, wie es schon PENCK & BRÜCKNER (1909) und EBERL (1930) postuliert und dargestellt haben, nachweisbar wird und es Hinweise (EBERL 1930) und aktuelle Ergebnisse von Diplomkartierungen (GRIMMEISEN 2011) gibt, die eine Fortsetzung der Älteren Deckenschotter über das Tal der Östlichen Günz hinweg Richtung Kaufbeuren und Mindelheim¹⁸² wahrscheinlich machen, dann sollte in diesem Zusammenhang die Verknüpfung des Böhener Feldes mit der Zusamplatte in einer großräumigen Zusammenschau kritisch überprüft werden. Höchstwahrscheinlich kann man die Älteren Deckenschotter zwischen dem Memminger Trockental und Kaufbeuren in mehrere Schotterstränge, ähnlich den drei würmzeitlichen Niederterrassen im Memminger Trockental, noch untergliedern, worauf CHEN (2011a) Hinweise am Oberhaslacher Schotter gefunden hat. Zumindest die östlichen Teilschüttungen könnten womöglich auch mit der Staudenplatte in Verbindung stehen.

Tab. 23: Erforschungsgeschichtliche Zusammenstellung der Einstufungen des Stephansrieder und des Guggenberger Schotters bis 1988.

Bearbeiter	PENCK & BRÜCKNER (1909)	EBERL (1930)	SCHAEFER (1951 in GRAUL et al. 1951)	SINN (1972)	STEPP (1981)	RÖGNER et al. (1988)
Stephansrieder Schotter	Günz	Günz	o. A.	Mindel	Günz	Günz
Guggenberger Schotter	Günz	Günz	o. A.	Mindel	Mindel	Günz & Donau
Oberhaslacher Schotter	Günz	Günz	o. A.	Günz	Günz	?
Zadels-Eheimer Schotter	Günz	Günz	Günz	Mindel	o. A.	Günz & Donau

¹⁸² Bereits REISSINGER (1950: 25) weist darauf hin, dass die bei EBERL (1930: Tafel I) zwischen dem mindelzeitlichen Moränenwall bei Ronsberg im S und Mindelheim im N eingezeichneten, als mindelzeitlich eingestuftem Schmelzwasserschotter (wie es auch noch bei STREIT et al. 1975 in der „Iller-Mindel-Karte“ angeführt wird) aufgrund der Höhenlage nur „ältere Deckenschotter“ sein können: „B. Eberl hat seiner Arbeit über die Eiszeitenfolge im nördlichen Alpenvorland (1930) eine Karte beigegeben, welche bei Ronsberg an der östlichen Günz einen Moränenbogen der Mindeleiszeit verzeichnet. Von da sieht man einen hochgelegenen Schotterstrang ausgehen, welcher sich bis Saulengrain und Stetten südwestlich von Mindelheim erstreckt. Er wird in eine genetische Beziehung zur Moräne gebracht und als Mindelschotter gekennzeichnet. Gegen die Deutung der Moräne ist nichts einzuwenden, wohl aber scheint die des Schotters den Gesetzen der Physik zu widersprechen. Er ist nämlich der höchste, der in der Gegend überhaupt vorhanden ist und kann nur als älterer Deckenschotter aufgefaßt werden. Der Mindelgletscher hat seine Moräne oben aufgesetzt, seine Schmelzwässer aber konnten, da sie die tiefste Lage aufsuchten, nur in den damals im älteren Schotter schon vorhandenen Rinnsalen abfließen. So sieht man jetzt auch den jüngeren Deckenschotter auf etwas tieferem Niveau eingelagert.“ (REISSINGER 1950: 25) Somit scheint E' Ronsberg die Situation vergleichbar mit der Situation im Süden des Böhener Feldes zu sein, wo ebenfalls unter einem mindelzeitlichen Endmoränenwall mit Übergangskegel ältere Schotter begraben liegen, die weiter im N an der Oberfläche liegen, wo sie nicht mehr von den mindelzeitlichen Schmelzwässern mit Schottermaterial überdeckt wurden. Bestätigt in seiner Ansicht, dass es sich sowohl beim Böhener Feld als auch beim Schotter zwischen Ronsberg und Mindelheim um Ältere Deckenschotter handelt, die in ihrem jeweiligen Südteil von mindelzeitlichen Bildungen überlagert werden, sieht sich REISSINGER (1950: 30) durch seine schotterpetrographischen Untersuchungen, die nur „wenige kristallinische Stücke“ aber v.a. eine Übereinstimmung (beide 0,24) des von ihm geschaffenen „Silikatkoeffizienten“ erbrachten.

Tab. 24: Erforschungsgeschichtliche Zusammenstellung der Einstufungen des Stephansrieder und des Guggenberger Schotter ab 1993.

Bearbeiter	RÖGNER & LÖSCHER (1993)	RÖGNER (1998)	RÖGNER (2004)	CHEN (2011a) und LEMPE & SCHOLZ (2011)
Stephansrieder Schotter	Günz	Günz	Günz	Donau
Guggenberger Schotter	Günz	Günz	Günz	Donau
Oberhaslacher Schotter	o. A.	Donau	Ältere Donauzeit	Donau
Zadels-Eheimer Schotter	o. A.	Günz	Günz & Donau	Donau

Mächtigkeit und Quartärbasis: Weder beim Stephansrieder noch beim Guggenberger Schotter war im Zeitraum der Kartierarbeiten die Quartärbasis direkt aufgeschlossen. Darüber hinaus gab es unter den zahlreichen, recherchierten Bohrungen keine, die auf den Schotterfeldern liegen, bis auf eine Bohrung¹⁸³ am Bocksberg im S-Teil des Stephansrieder Schotter, die allerdings zwischen 10 und 20 m Teufe einen Kernverlust aufweist.

CHEN (2011a) gibt für den Guggenberger Schotter eine Mächtigkeit von ca. 15 m an, die im N am schmalen Sporn von Langenberg auf ca. 5 m herabsinkt; für den Stephansrieder Schotter gibt er Mächtigkeiten von ca. 10 m am Buschelberg im S und ca. 15 m bei Stephansried im N an.

SE' Guggenberg streicht die Quartärbasis auf ca. 735 m ü. NN aus, in Guggenberg liegt sie auf ca. 725 m ü. NN, in Halbersberg auf ca. 710 m ü. NN, in Langenberg auf ca. 705 m ü. NN, am Buschlberg auf ca. 710 m ü. NN, in Eggisried auf ca. 695 m ü. NN, in Kloster Wald sowie in Stephansried auf ca. 680 m ü. NN (CHEN 2011a), woraus sich folgende Gefälle für die Quartärbasis des Guggenberger und Stephansrieder Schotter ermitteln lassen: SE' Guggenberg ca. 19,5 ‰ nach NW, bei Langenberg ca. 6,7 ‰ nach NW, am Bocksberg ca. 17 ‰ nach NNE, ab Eggisried nach NNW und bei Stephansried nur noch ca. 10 ‰ nach WNW (CHEN 2011a). Aus dem starken Schwanken des Einfallens und der Einfallrichtung wird das starke Relief der Molasseoberfläche deutlich, die SE' von Guggenberg eine ausgeprägte, SW-NE verlaufend Rinnenstruktur besitzt.

Deckschichten und Verwitterung: Rein äolische Deckschichten wurden auf dem Stephansrieder und dem Guggenberger Schotter nicht nachgewiesen (CHEN 2011a: 54). In der Bohrung am Bocksberg wurden mindestens (Kernverlust zwischen 10 und 20 m Teufe) 10 m mächtige, kiesführende Deckschichten erbohrt, die als Verwitterungslehm („Schotterlehm“) der im liegenden anstehenden Schmelzwasserschotter anzusprechen sind. Da der Bohranzatzpunkt in Hanglage liegt, ist mit einer durch Geli- und Soliflukationsprozesse erhöhten Mächtigkeit zu rechnen. Bodenfließen in Verbindung mit Bio- und Kryoturbationsprozessen können einst vorhandene äolische Deckschichten weitgehend mit dem verwitterten Schotter durchmengt haben. Zu den Plateaurändern hin nimmt, wie auch am Böhener Feld die Mächtigkeit der Verwitterungsbildungen rasch ab. In einer Baugrube¹⁸⁴ bei Guggenberg beschreibt CHEN (2011a) bis zu 5 m mächtige Verwitterungslehme.

Geologische Orgeln: Wie schon am Böhener Feld tritt auch in den Kiesgruben und Steinbrüchen im Stephansrieder, Guggenberger und Oberhaslacher Schotter ebenfalls das Verwitterungsphänomen der Geologischen Orgeln auf, allerdings sind auch hier sämtliche Kiesgruben und Steinbrüche aufgelassen, (teil-) verfüllt und weitgehend verstürzt, so dass die Geologischen Orgeln nur noch reliktsch aufgeschlossen sind (z.B. auf der Schelmenhei-

¹⁸³ 8027-LEB-BG-180 (R: 43.74099/H: 53.15291)

¹⁸⁴ 8027-LEB-AG-154 (R: 43.75080/H: 53.12345)

de¹⁸⁵). Der beste Aufschluss¹⁸⁶ liegt bereits außerhalb des Kartenblattes im Oberhaslacher Schotter und wird bei CHEN (2011a) ausführlich beschrieben.

Basisschotter: EBERL (1930, 1932) und SINN (1972) beschreiben Vorkommen von Ottobeurer Schotter am Buschlberg, bei Dennenberg und bei Guggenberg im Liegenden der Schmelzwasserschotter. (siehe Kap. 3.1.1 und 5.3.1.1).

3.2 Schotterfelder der Mindelkaltzeit (vermutlich)

3.2.1 Grönenbacher Feld (vermutlich mindelzeitlich)

Geographie und Allgemeines: Das nahezu vollständig von Wald bestandene Grönenbacher Feld¹⁸⁷ erhebt sich als schmaler Riedel zwischen Woringen im N und Grönenbach im S auf der Westseite des Memminger Trockentales. Im W wird es durch die Täler der Buxach sowie der Iller und die Höhen der Kronburg und des Hohenrain begrenzt. Das NNE-SSW-verlaufende Rothensteiner Tal durchschneidet das Grönenbacher Feld und trennt den Woringer Wald im N vom Grönenbacher Wald im S (siehe Abb. 11, links). Nur der Nordteil des Woringer Waldes liegt auf Blatt Nr. 8027 Memmingen, der südliche Rest vollständig auf Blatt Nr. 8127 Bad Grönenbach (KLUSCH 1995). Im Gegensatz zu den donauzeitlichen Schotterfeldern ist es weniger zertalt und zerlappt; an seiner NW-Flanke wirkt es wie abgeschnitten und auf der Hillshade-Darstellung (siehe Abb. 11, rechts) wird sogar der Eindruck erweckt, als ob es sich hier um einen „jungen“ Anschnitt handelt, der von Schmelzwässern, die von S über das erst deutlich später¹⁸⁸ morphologisch als Sattel ausgeformte Tal zwischen Grönenbacher Feld und Hohenrain kamen und sich ins Memminger Trockental ergossen, anerodiert wurde. Diese relativ scharfe W-Flanke kann aber auch damit zusammenhängen, dass es aufgrund der Neigung der Quartärbasis Richtung NE kaum Quellaustritte an der W-Flanke gibt, die durch rückschreitende Erosion die Flanke hätten zertalen und zerlappen können. Im Großen und Ganzen sind die Oberfläche und die Ränder jedoch kräftiger zertalt und profiliert als bei den risszeitlichen Hochterrassenfeldern.

Das Grönenbacher Feld ist der *locus typicus* für die Jüngeren Deckenschotter und somit auch für die Mindelkaltzeit (PENCK & BRÜCKNER 1909: 48, 54, SCHAEFER 1995: 198), in der es auch in vorliegender Arbeit verbleibt. In der Mindelkaltzeit¹⁸⁹ erreichte der Iller-Vorlandgletscher seine größte Ausdehnung¹⁹⁰ (PENCK & BRÜCKNER 1909: 1155, EBERL 1930: 14 Abb. 2, 292, SINN 1972, JERZ 1974, GLÜCKERT 1974, JERZ et al. 1975: 111, STEPP 1981: 55, JERZ 1993: 9, 1995: 298) und im S des Grönenbacher Feldes können die erhaltenen Schmelzwasserschotter des Grönenbacher Feldes mit Endmoränenwällen verknüpft werden (u.a. PENCK & BRÜCKNER 1909: 36f, EBERL 1930: 277, STEPP 1981: 56). Aber nicht nur dort: auch im Tal der Östlichen Günz haben die Mindelschotter Anschluss an ihre zugehörigen Endmoränenwälle (EBERL 1930: 269ff). Der mindelzeitliche Iller-Vorlandgletscher schob sich vielerorts auf die donauzeitlichen, bereits erheblich zu Konglomerat verfestigten Schmelzwasserschotter hinauf und erodierte diese dabei, bildete auf diesen einen Endmoränenwall aus, von dem die Schmelzwässer ins Vorland flossen und stellenweise die älteren Schotter

¹⁸⁵ **8027-LEB-AG-155** (R: 43.74816/H: 53.11789) und **8027-LEB-AG-157** (R: 43.74845/H: 53.11468)

¹⁸⁶ **8028-LEB-AG-004** (R: 43.75701/H: 53.09885)

¹⁸⁷ GERMAN (1959: 16) spricht von „Grönenbacher Schotterplatte“.

¹⁸⁸ Der Sattel ist vermutlich erst im späten Würmhochglazial mit dem Einschneiden der Schmelzwässer des Iller-Vorlandgletschers im Verlauf des heutigen Illertales entstanden. Bei dem vom N auf den Sattel zulaufenden Tal handelt es sich um das Buxachtal, das für die in diesem Bereich schmale Buxach sehr breit ist. Vermutlich handelt es sich um ein geköpftes Tal, das einst durch Schmelzwässer angelegt und erweitert wurde.

¹⁸⁹ HABBE (1986b: 469) vertritt allerdings die Meinung, dass der Iller-Vorlandgletscher nicht erst in der Mindelkaltzeit sondern bereits davor aber postgünzzeitlich (Günz im PENCK'schen Sinne) seinen Maximalstand erreichte und bringt dadurch die Haslachkaltzeit auch E' der Iller ins Spiel.

¹⁹⁰ Die von EBERL (1930: 277) postulierte Lage seiner „M II-Moräne“ bei Haitzen und Hohmanns konnte bisher nicht bestätigt werden (FIXL 2009).

mit frischen, eisrandnahen Material flächig überdeckten; dies ist aber sicher nur von eher lokaler Bedeutung, denn die Hauptmasse der Schmelzwässer eilte den Tälern zu¹⁹¹, die die donauzeitlichen Schotterfelder zerschnitten, sammelte sich dort und floss gebündelt nach N ab, wobei es zu einer erheblichen Tiefenerosion kam; EBERL (1930: 269ff) rekonstruiert dies eindrücklich anhand seiner Beobachtungen im Tal der Östlichen Günz zwischen Obergünzburg und Markt Rettenbach und in der Fortsetzung im Auerbachtal.

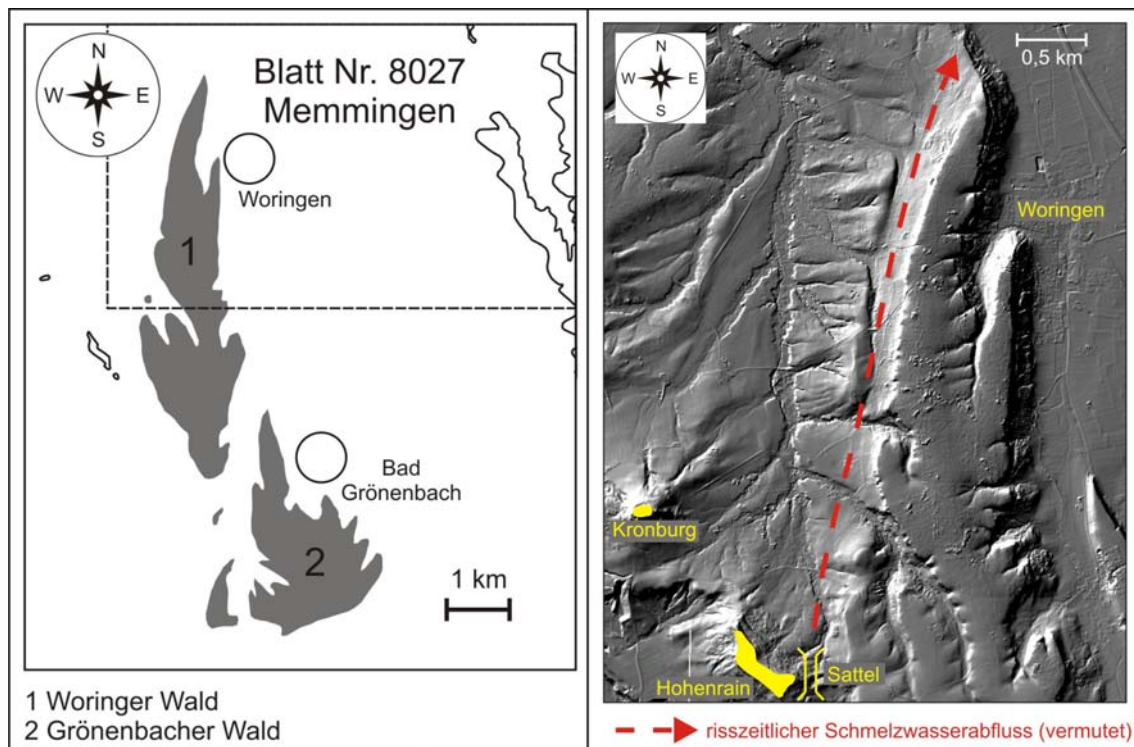


Abb. 11: **links** – Karte der Verbreitung der mindelzeitlichen Schmelzwasserschotter (nach PENCK & BRÜCKNER 1909 und EBERL 1930). **rechts** – Hillshade Darstellung des nördlichen Abschnittes (nördlicher Woringer Wald) des Grönenbacher Feldes mit dem ungewöhnlich scharfen NW-Rand, der an einen relativ „jungen“ Erosionshang erinnert (ähnlich dem jungen Erosionshang unmittelbar am Abbruch zum würmzeitlichen Memminger Feld), da im Vergleich zu den anderen Rändern noch keinerlei sich im Ansatz befindende Zertalung festzustellen ist.

Dies bedeutet, dass es sich bei den mindelzeitlichen Schmelzwasserschottern im Vorfeld des Iller-Vorlandgletschers (abgesehen von den auf den älteren Schottern liegenden Übergangsschüttungen zwischen Endmoräne und Tal) nur um reine Talfüllungen handelt (EBERL 1930: 271, 277)¹⁹², wobei die Täler deutlich schmaler waren als noch die weiten Täler der Donaukaltzeit. Dementsprechend schmal und reliktsch sind die mindelzeitlichen Schmelzwasserschotter erhalten, da sie noch von den Schmelzwässern der zwei folgenden Kaltzeiten erheblich erodiert wurden. PENCK & BRÜCKNER (1909: 54) beschränken die Jüngeren Deckenschotter im Wesentlichen auf drei größere Gebiete: Grönenbacher Feld, Gebiet um Mindelheim und Rothwaldfeld zwischen Wertach und Lech.

¹⁹¹ Seit der Mindelkaltzeit handelt es sich bei den Schmelzwasserschottern um eindeutige Talschotter (RÖGNER 2004: 257).

¹⁹² EBERL (1930: 277): „Die Riedel, welche diese Linie erreichen, sind von den älteren Altterrassen des M I-Schotters gebaut, die in die Täler zwischen den Deckterrassenzungen eingeschachtelt sind, allmählich höher steigend, und zwar so, daß sie etwa in der Linie, wo der Deckterrassenschotter ausdünnen beginnt, dessen Höhe erreichen, um sie weiter im S zu übersteigen und zu überschütten und so die Verknüpfung zu finden mit dem auf die Deckterrasse aufgelagerten Altmoränenkranz des I. Mindelstadiums. Die am zweiten, auf die ältere Altterrasse (M I) hinausgeschobenen Mindelmoränenkranz wurzelnde jüngere Altterrasse (M II), besitzt ein sehr viel kräftigeres Gefälle. Sie baut sich sehr schnell in die nun tief sich ausfurchenden Talrinnen ein und kommt deshalb schon am Ende der Deckterrasse überall tief unter deren Niveau und auch unter das Niveau der ersten Altterrasse (M I) zu liegen.“

Beim Grönenbacher Feld mit seiner erhaltenen Breite von maximal 1600 m handelt es sich, wie schon PENCK & BRÜCKNER (1909) und SINN (1972: 80ff) erkannt haben, um die Westflanke einer Rinnenfüllung, dessen Talachse nicht mehr existiert. Die Quartärbasis steigt von NE nach SW kontinuierlich an (siehe Abb. 10). Seine Fortsetzung hat das Grönenbacher Feld vermutlich im Schwaighauser Schotter im N auf Blatt Nr. 7927 Amendingen, der ins Günztal zieht (PENCK & BRÜCKNER 1909: 29 Fig. 2, SINN 1972: 85).

Den von EBERL (1930: 79, Tafel I) im Raum Steinbühl-Rappenloh postulierten Endmoränenwall der Mindelkaltzeit konnte SINN (1972: 83f) trotz bester Aufschlussverhältnisse im Zuge eines Kanalbaues nicht nachweisen und erklärt die zweifellos vorhandenen, wall- und kuppenartigen Strukturen in diesem Gebiet mit Erosionsformen.

Alter: Das Grönenbacher Feld, das nach PENCK & BRÜCKNER (1909: 29, 48, 54) einheitlich von **Jüngeren Deckenschottern** aufgebaut wird, untergliedert EBERL (1930: 277) in seinen westlichen M I-Schotter des Woringer Waldes und seinen jüngeren, im E auf niedrigerem Niveau liegenden M II-Schotter. SCHAEFER bezweifelt aufgrund seiner „Kastentaltheorie“ die Lage im Randbereich und teilt das Grönenbacher Feld zunächst in drei und schließlich in zehn unterschiedliche Teilfelder auf, die er aber alle in der Mindelkaltzeit belässt (SCHAEFER 1951 in GRAUL et al. 1951: 105, SCHAEFER 1973: 168, 174, 177, 198, 1995: 163)¹⁹³. STEPP (1953: 182) schreibt nur von „Mindel-Schottern“ und SINN (1972: 82) wiederum bestätigt die nach W ausdünnende Lage im Randbereich und sieht im Grönenbacher Feld im Sinne von PENCK & BRÜCKNER ebenfalls nur einen einheitlichen Schotterkörper, wie es auch STREIT et al. (1975), HABBE (1985b, 1986a, 1986b¹⁹⁴) und RÖGNER (2004, 2008) interpretieren und FIXL (2009) durch ihre sorgfältige Auskartierung der Quartärbasis in Verbindung mit hydrogeologischen Messungen sowie Auswertungen (Quellkartierung¹⁹⁵ mit der Messung des Trockenwetterabflusses und Berechnung der Grundwasserneubildungsrate) und ihrer detaillierten Konstruktion einer Quartärbasiskarte für den Bereich des Woringer Waldes nachweisen konnte.

Durch eine generelle stratigraphische Höherstufung aller präwürmzeitlichen Schmelzwasserschotter im Arbeitsgebiet durch LÖSCHER (1976: 89ff, 111) rutscht bei ihm das Grönenbacher Feld in die Günzkaltzeit. BECKER-HAUMANN (2004: 32, 2005: 239) widerspricht der Aufteilung in zehn Teilfelder durch SCHAEFER (1973), untergliedert aber das Grönenbacher Feld in den älteren **Woringer Schotter** (Mindelkaltzeit) und den jüngeren **Grönenbacher Schotter** (Paarkaltzeit) (siehe Tab. 25 und Tab. 26).

Tab. 25: Erforschungsgeschichtliche Zusammenstellung der Einstufungen des Grönenbacher Feldes bis 1953.

Bearbeiter	PENCK & BRÜCKNER (1909)	EBERL (1930)	SCHAEFER (1973)	STEPP (1953)
Stratigraphie	Mindel	M I und M II	Mindel	Mindel

Tab. 26: Erforschungsgeschichtliche Zusammenstellung der Einstufungen des Grönenbacher Feldes ab 1976.

Bearbeiter	LÖSCHER (1976)	RÖGNER (2004)	BECKER-HAUMANN (2005)	FIXL (2009) und LEMPE & SCHOLZ (2011)
Stratigraphie	Günz	Mindel	Mindel und Paar	Mindel

¹⁹³ Die Untergliederung des Grönenbacher Feldes in insgesamt zehn getrennte Schotterstränge durch SCHAEFER (1973) widerlegt v.a. HABBE (1986b: 448ff), der Schwächen der Argumentation von SCHAEFER aufzeigt und zahlreiche überzeugende Gegenargumente ins Feld führt.

¹⁹⁴ HABBE (1986b: 452): „Das Grönenbacher Feld wäre danach als relativ rasch geschüttete einheitliche Bildung des Mindel-Hochglazials aufzufassen, was zugleich den recht gleichförmigen Schotterbestand erklären würde. In der Schlußphase der Entwicklung wäre dann der Gletscher auf seine eigenen Schotter aufgefahren und hätte die das Feld im Süden abschließenden Moränen abgelagert ...“

¹⁹⁵ Das fast gänzliche Fehlen von Quellen an den Westhängen N' Molzen/Untersteinbühl beschreibt schon SINN (1972: 82) und erklärt es mit dem Ansteigen der Quartärbasis Richtung W.

Mächtigkeit und Quartärbasis: Die Mächtigkeit der Schmelzwasserschotter liegt im Grönenbacher Feld bei ca. 20 m¹⁹⁶ und sinkt in seiner nördliche Fortsetzung, dem Schwaighauer Schotter (Blatt Nr. 7927 Amendingen), auf durchschnittlich 10 m ab (JERZ & WAGNER 1978: 51). Wie oben bereits erwähnt, steigt die Quartärbasis nach W hin an und der Schotter dünnt aus, da es sich hier um den Randbereich einer ehemaligen Talfüllung handelt. SINN (1972: 82) spricht von einem starken westwärtigen „Auskeilen“.

FIXL (2009) gibt für den Südrand des Woringer Waldes eine Quartärbasishöhe von 710 m ü. NN an, für den Bereich „Im Schwabele“ 685 m ü. NN, für den Burgstall oberhalb von Woringen 670 m ü. NN und für den Schärtelesspitz ganz im N 665 m ü. NN, sowie eine Mächtigkeit von 18 m im S „Im Schwabele“, eine maximale Mächtigkeit von 25 m am Mösle in der Mitte und von 14 m „Auf der Höhe“ im N.

Gefälle Quartärbasis: PENCK & BRÜCKNER (1909: 39) geben für das Grönenbacher Feld ein Gefälle um Memmingen von 4 ‰ und um Grönenbach von 9 ‰ an, was aber aufgrund der Lage im Randbereich und der nicht erhaltenen Talachse wenig aussagekräftig ist. FIXL (2009) beschreibt ein vom Schärtelesspitz im N bis kurz vor Fautzen mit ca. 6 ‰ relativ gleichmäßiges Ansteigen der Quartärbasis Richtung SW, das sich dann im SW bei Fautzen schlagartig versteilt. Dieses Ansteigen der Quartärbasis am Rinnenrand von 6 ‰ sagt aber nichts über das tatsächliche Gefälle der ehemaligen Talachse und der ehemaligen Schütungsrichtung aus.

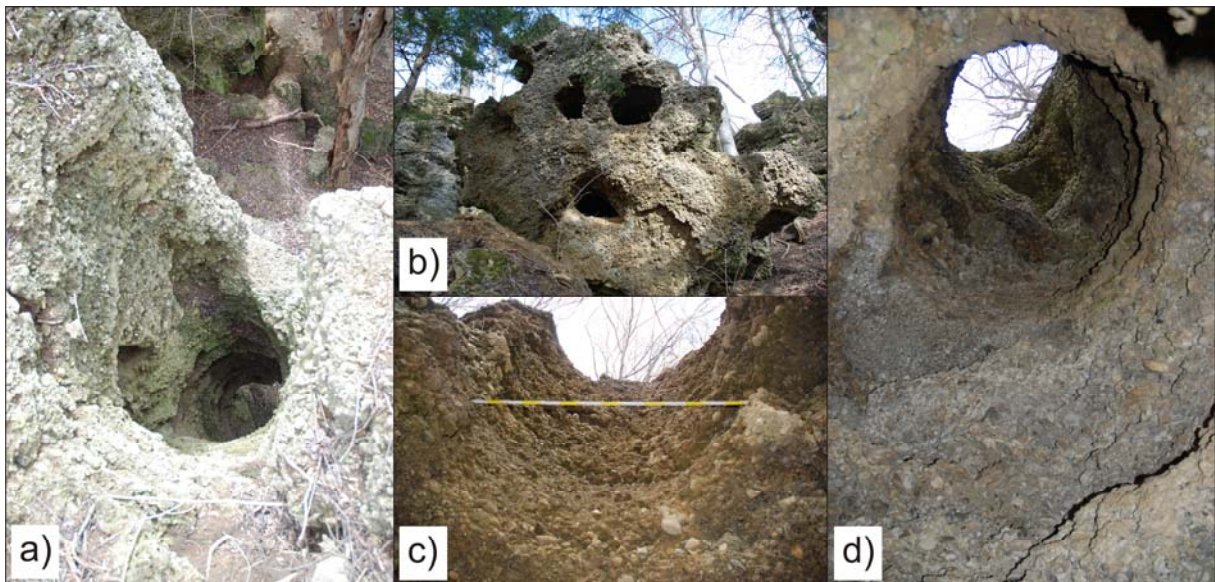


Abb. 12: Geologische Orgeln (Durchmesser 50 bis 100 cm) in den mindelzeitlichen Konglomeraten des Grönenbacher Feldes in einem ehemaligen Steinbruch an der W-Flanke bei Untersteinbühl, Photos des Verfassers vom 16.3.2009, **a)** Blick von oben in den Schlund einer Geologischen Orgel, **b)** ein um 90° rotierter Sturzblock gibt den Blick auf die Verwitterungsoberfläche frei und verdeutlicht die räumliche Verteilung der Geologischen Orgeln in der Ebene, **c)** durch Erosions- und Sturzprozesse längs halbierte Geologische Orgel mit einem Durchmesser von über 1 m (Maßstab) an einer senkrechten Konglomeratwand, **d)** Blick durch eine Geologische Orgel gen Himmel.

Deckschichten: EBERL (1930: 293) beschreibt eine Lössdecke auf dem Grönenbacher Feld, die allerdings von FIXL (2009) nur als geringmächtiger und auf kleineren Flächen vorkommender Lösslehm angetroffen wurde. Für das Grönenbacher Feld kann, wie schon für das Böhener Feld und den Stephansrieder sowie Guggenberger Schotter, gelten, dass ursprünglich sicher vorhandene äolische Deckschichten im Laufe der Zeit durch Bodenfließen sowie Bio- und Kryoturbationsprozesse abgetragen bzw. mit den unterlagernden, kiesigen Verwitterungslehmen durchmischt wurden.

¹⁹⁶ Nach PENCK & BRÜCKNER (1909: 30, 36) steigt die Mächtigkeit von 20 m im N auf 50 m im S nahe des Endmoränenwalles an.

Verwitterung, Verfestigung und Geologische Orgeln: PENCK & BRÜCKNER (1909: 30) beschreiben die Schmelzwasserschotter bei Grönenbach als eher lockeren Kies mit einigen „Nagelfluhpartien“, aber bei Untersteinbühl an der Westflanke des Grönenbacher Feldes als „fest verkittet“, der „als Nagelfluh in einem Steinbruche gebrochen ...“ wird. Hier erwähnen sie auch „tiefe Verwitterungsschlote“ (**Geologische Orgeln**).

EBERL (1930: 293f) betrachtet die Schmelzwasserschotter pauschal als gut verfestigt, betont aber ebenfalls die punktuell auftretende, tiefe Verwitterung mit „Schlauch- und Kaminform“ (Geologische Orgeln) und das häufige Auftreten von hohlen Geröllen in den Konglomeraten. Auf der anderen Seite weist EBERL (1930: 293) auf die stellenweise geringmächtige Verwitterungsdecke hin, was er mit Abschwemmprozessen erklärt. Der beste Aufschluss¹⁹⁷ mit Geologischen Orgeln ist ein ehemaliger Steinbruch bei Untersteinbühl (siehe Abb. 12), in dem die Geologischen Orgeln eine Tiefe von mindestens 9,5 m erreichen (FIXL 2009).

3.2.2 Schmelzwasserschotter und Periglazialschotter der Mindelkaltzeit (vermutlich) im Tal der Westlichen Günz

Aus dem Tal der Westlichen Günz – N' des mindelzeitlichen¹⁹⁸ Endmoränenbogens¹⁹⁹ zwischen Bibelsberg und Böhen²⁰⁰ – sind keine Schmelzwasserschotter oder Periglazialschotter bekannt, die eindeutig der Mindelkaltzeit zugeordnet werden könnten. Allerdings gibt es einige in der Karte als Periglazialschotter angesehene Vorkommen von stark verwitterten und entkarbonatisierten Schottern, die auf einem Niveau liegen, das zwischen den riss- und donauzeitlichen Bildungen liegt. Es handelt sich um die im Gelände auskartierbaren Schottervorkommen auf den waldigen Molassehügeln²⁰¹ zwischen Ottobeuren und Hawangen²⁰² und um ein Schottervorkommen²⁰³ an der St 2013 zwischen Ottobeuren und Halbersberg, das bei Baugrunderkundungsbohrungen²⁰⁴ angetroffen wurde. Leider fehlen bei den Baugrunderkundungsbohrungen Angaben zum Kalkgehalt der schluffigen bis stark schluffigen Kiese. Ob es sich bei diesen Schottervorkommen tatsächlich um Periglazialschotter oder um Restschotter, d.h. weitgehend durchverwitterte und entkarbonatisierte Schmelzwasserschotter, handelt, konnte abschließend nicht geklärt werden. Ein an der Westflanke der Firsthalden beschriebenes, in vergleichbarer Position zwischen dem Niveau der donauzeitlichen Stephansrieder Schotter und der risszeitlichen Hochterrasse gelegenes Schottervorkommen (RÖGNER & LÖSCHER 1993: 94) wird aufgrund von erbohrtem, „frischen, dolomithaltigen Kies“ als glazifluviale Bildung der Mindelkaltzeit interpretiert und mit dem mindelzeitlichen Schwaighauser Schotter verknüpft. RÖGNER & LÖSCHER (1993: 94) beschreiben noch ein weiteres Schottervorkommen auf Blatt Nr. 8027 Memmingen am Rehkopf NW' der Firsthalden, unmittelbar am nördlichen Blattrand. Hierbei handelt es sich um einen vollständig ent-

¹⁹⁷ **8027-LEB-AG-095** (R: 43.64336/H: 53.09233)

¹⁹⁸ HABBE (1986b) stuft ihn haslachkaltzeitlich ein.

¹⁹⁹ Der Bremberg-Moosmühle-Schotter bei Günzegg liegt schon S' des Endmoränenwalles bei Bibelsberg und wird in die Mindelkaltzeit eingestuft (STAPP 1981: 59, HABBE 1986a: 130, RÖGNER 2001: 4, 2004: 253).

²⁰⁰ SINN (1972: 117, 121, Karte 5), GLÜCKERT (1974: Tafel I), STREIT et al. (1975: GK100 Iller-Mindel-Gebiet), STAPP (1981: 54 Abb. 5.), ROPPELT (1988: GK25 Blatt Nr. 8128 Obergünzburg)

²⁰¹ Periglazialschotter am Allenberg: **8027-LEB-AG-159** (R: 43.71857/H: 53.14614), „In der Kehle“: **8027-LEB-AG-160** (R: 43.71788/H: 53.15554) und „Bei der grünen Staude“: **8027-LEB-AG-126** (R: 43.70976/H: 53.14137).

²⁰² Auf diesen Waldkuppen findet man immer wieder nichtkarbonatische, teilweise nestartig auftretende Gerölle. Beim Nachgraben stößt man an vielen Stellen schnell auf beigen, kalkfreien Schotterlehm mit Mächtigkeiten über 30 cm, der zahlreiche intakte Gerölle mit Durchmesser bis 12 cm enthält. Zu beachten ist aber stets, dass vielerorts Wege durch Aufschütten von Schotter und Bauschutt befestigt wurden, die einen natürlich entstandenen Schotterschleier vortäuschen können.

²⁰³ Bis zu 2,1 m mächtige Schotter wurden erbohrt, die bis zu 4 m mächtige, kiesige Decklehme tragen.

²⁰⁴ z.B. **8027-LEB-BG-166** (R: 43.74435/H: 53.13185), **8027-LEB-BG-173** (R: 43.74447/H: 53.13234) und **8027-LEB-BG-174** (R: 43.74427/H: 53.13228).

kalkten, nach E auskeilenden Schotter, den sie zunächst als fluvial-periglazial gedeutet haben, aber nach ihren Ergebnissen an der Firshalde eher als Restschotter interpretieren. Diese beiden bei RÖGNER & LÖSCHER (1993) beschriebenen Schottervorkommen an der Firshalde und am Rehkopf konnten von CHEN (2011a) während seiner Diplomkartierung und während der eigenen Geländearbeiten aufgrund der Überlagerung durch Deckschichten nur erbohrt, in ihrer Ausdehnung aber nicht erfasst werden und wurden daher auch in der geologischen Karte nicht dargestellt.

Wie weit sich schon die Vorläuferin der heutigen Westlichen Günz, deren Verlauf zumindest auf Blatt Nr. 8027 Memmingen in etwa dem heutigen entsprechen haben dürfte, seit der Donaukaltzeit durch rückschreitende Erosion nach S voranschreitend in die donauzeitlichen Schmelzwasserschotter eingeschnitten hatte, lässt sich für die Mindelkaltzeit nicht mehr rekonstruieren. Wahrscheinlich ist es aber, dass das Tal zumindest bis N' des mindelzeitlichen Endmoränenwalles reichte, so dass es von den mindelzeitlichen Schmelzwasserschottern erreicht werden konnte, die dann am Talgrund das periglaziale-fluviale mit karbonatreichem, glazifluvialen Material vermischt. Die Schmelzwässer schütteten im Tal der Westlichen Günz aufgrund der Talenge sicher nicht sehr mächtige und weite Schotterfelder, sondern es wird sich eher um eine geringmächtige und schmale Talfüllung gehandelt haben, die leichter durchverwittern und wieder ausgeräumt werden konnte. Der von SINN (1972: 114) postulierte, die Verwitterung stark begünstigende Einfluss von einem hohen Anteil an sandig-lemmigen Periglazialmaterial in den risszeitlichen Schmelzwasserschottern im Tal der Westlichen Günz, mag sicher auch für die mindelzeitlichen Schotter gelten, so dass es ohne aussagekräftige Aufschlüsse noch schwieriger wird, echte Periglazialschotter von Restschottern zu trennen.

3.3 Risszeitliche Schotterfelder

PENCK & BRÜCKNER (1909: 32) betrachteten die risszeitlichen Ablagerungen auf Blatt Nr. 8027 Memmingen, ihre „**Hochterrasse**“, noch als eine einheitliche Schüttung und sahen im Hawanger Feld die „*östlich der Stadt befindliche Fortsetzung des Hitzenhofener Feldes*“. EBERL (1930) folgt noch dieser Ansicht und stellt das Hawanger Feld, die Zeller Hochterrasse und das Hitzenhofener Feld zu seiner Oberen Hochterrasse (R I), aber seit SCHAEFER (z.B. SCHAEFER 1951 in GRAUL et al. 1951: 102f) gilt es als gesichert, dass es sich um zwei räumlich und zeitlich getrennte Schüttungen handelt. GERMAN (1959: 63) betrachtete das Hawanger Feld als Bildung des Frühriss und SCHAEFER (1982, 1995) geht sogar so weit, zwischen die Ablagerungen des Hawanger und des Hitzenhofener Feldes ein Interglazial zu schieben und das Hawanger Feld als *locus typicus* für seine „**Paar-Eiszeit**“ zu wählen. Mittlerweile werden die risszeitlichen Ablagerungen²⁰⁵ im Arbeitsgebiet zwei unterschiedlichen, aber zeitlich nur wenig verschiedenen Stadien in der Entwicklung des risszeitlichen Iller-Vorlandgletschers zugeordnet.

HABBE (1986b: 444) schreibt: „*Insgesamt ergibt sich also nach dem derzeitigen Stand der Kenntnisse, daß die beiden Hochterrassen des Memminger Raums nicht als Ergebnis von zwei – durch ein Interglazial getrennten – Eiszeiten zustandegekommen sind, wie SCHAEFER das annahm, sondern – wie auch die beiden Niederterrassen – Zeugen eines durch die lokale Situation gesteuerten Geschehensablaufs während des Hochstandes einer einzigen Eiszeit – eben der Riß-Eiszeit – sind, so wie das schon SINN (1972: 110) beschrieben hat.*“

Die wenig ältere Bildung ist der Schotterkörper des **Hawanger Feldes**, das von Hochterrassenschottern aufgebaut wird PENCK & BRÜCKNER (1909: 29) und in den risszeitlichen Endmoränenwällen S' von Grönenbach wurzelt (Ziegelberger bzw. Dietmannsrieder Lobus). Die jüngere Bildung ist der Schotterkörper des **Hitzenhofener Feldes**, das ebenfalls von Hochterrassenschottern aufgebaut wird und über das Steinbacher Feld (auch Steinbacher Hochterrasse genannt) in den risszeitlichen Endmoränenwällen bei Legau wurzelt (Legauer Lobus) (siehe Abb. 13).

²⁰⁵ mit unterschiedlichem Niveau der Quartärbasis.

Entgegen der benachbarten Gebiete des Rhein-Bodensee- sowie des Lech-Wertach-Vorlandgletschers zeigt sich beim Iller-Vorlandgletscher keine weit nach N vorgetragene Ausbuchtung der risszeitlichen Endmoränen mit einer intensiven Staffelung verschiedener Endmoränenwälle (EBERL 1930: 259). Gerade an den Flanken des im Dietmannsrieder Lobus S' von Grönenbach (am Südrand des Grönenbacher Waldes und am Falken) sind die mindel-, riss- und würmzeitlichen Endmoränenwälle in N-S-Richtung auf kürzeste Distanz gestaffelt und teilweise überlagert (EBERL 1930: 263, HABBE 1986b, KLUSCH 1995), so dass es mitunter schon schwierig ist, die mindel- und risszeitlichen morphologisch voneinander zu scheiden noch die risszeitlichen weiter zu differenzieren (z.B. in Zungenriss oder Doppelwallriss, falls es diese Stadien des Rhein-Bodensee-Vorlandgletschers beim Iller-Vorlandgletscher überhaupt gibt).

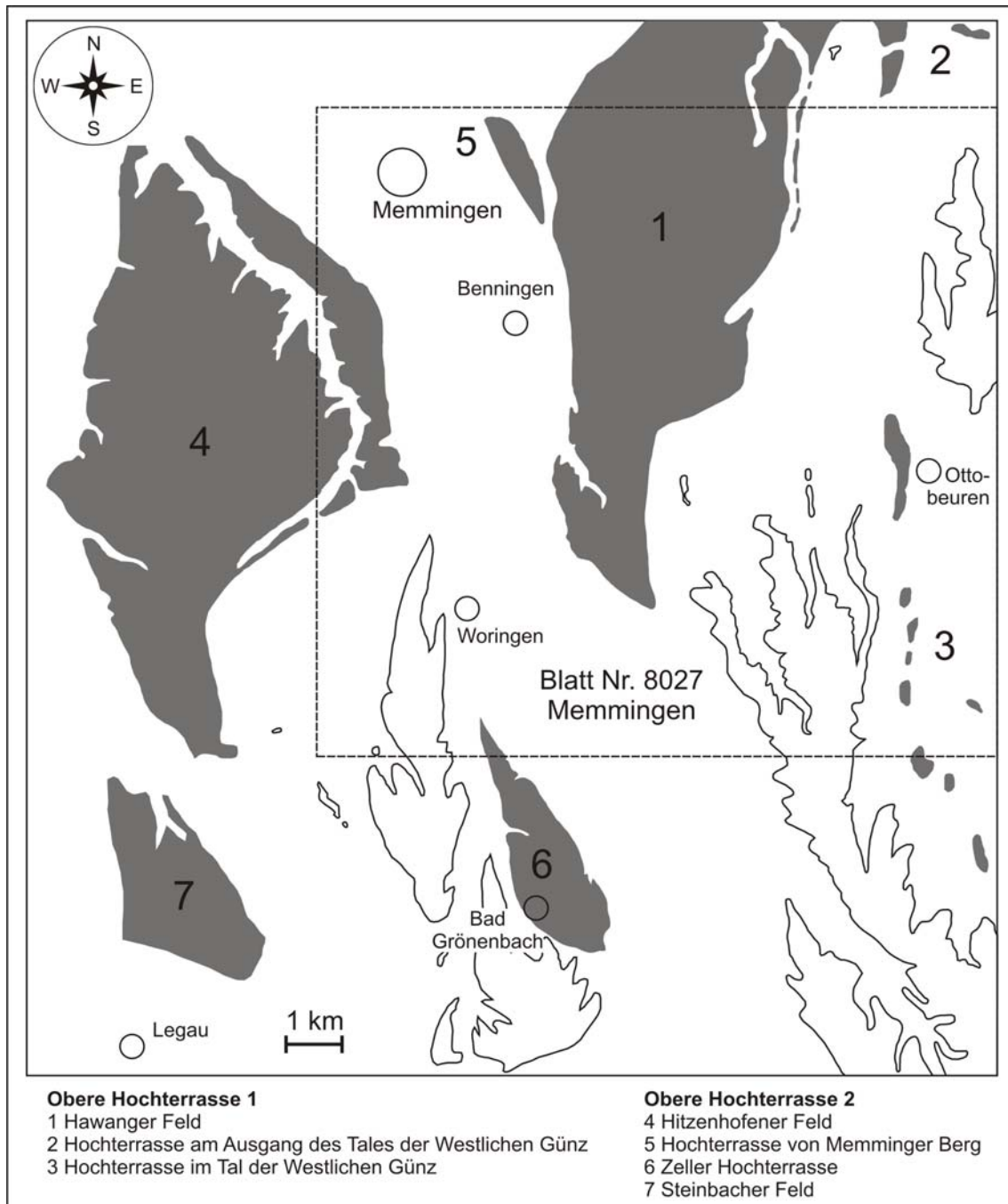


Abb. 13: Karte der Verbreitung der risszeitlichen Schmelzwasserschotter (nach PENCK & BRÜCKNER 1909, EBERL 1930, SINN 1972) und deren Gliederung in Teilfelder im Arbeitsgebiet und dessen S und W; bei den HochterrasSENSCHOTTERN im Tal der Westlichen Günz handelt es sich überwiegend um karbonatfreie Restschotter.

3.3.1 Hawanger Feld (Obere Hochterrasse 1)

Geographie und Allgemeines: Das Hawanger Feld bildet eine bis über 3 km breite Fläche, die sich vom NE des Memminger Trockentales bis hinüber ins E' gelegene Günztal erstreckt. Auf Blatt Nr. 8027 Memmingen wird es im W von der würmzeitlichen Talung des Memminger Trockentales und im E von einem das Kartenblatt von N nach S durchziehenden Molasseriedel begrenzt, der das Tal der Westlichen Günz vom Memminger Trockental trennt und im S das Böhener Feld trägt. Heutzutage endet das Hawanger Feld im S bei Goßmannshofen ca. 7,5 km N' der risszeitlichen Endmoränenwälle²⁰⁶ bei Ziegelberg. Die dazwischenliegende Sanderfläche samt Übergangskegel ist verschwunden²⁰⁷, selbst der Endmoränenwall ist stark erodiert: „Das Kopfende, von dem eine mächtige Schotterterrasse sich entwickelt, ist zerstört, zum Teil auch von den Jungmoränen begraben.“ (EBERL 1930: 263). SCHAEFER (1973: 191) geht sogar davon aus, dass die risszeitlichen Endmoränenwälle des Ziegelberger Lobus vollständig vom würmzeitlichen Gletscher „aufgearbeitet“ wurden und deswegen heutzutage fehlen.

Entlang der Hänge zum Molasseriedel im E sowie im NW (Eisenburger Feld auf Blatt Nr. 7927 Amendingen) ist das Hawanger Feld stellenweise von mächtigen Fließerden und Abschwemm Massen bedeckt, so dass sein Ostrand i.d.R. nur vermutet werden kann. An seiner Westflanke gibt es nur wenige Quellaustritte, da die Quartärbasis Richtung NE geneigt ist und der Krebsbach am Ostrand des Hawanger Feldes, der sich bis hinunter in die Molasse eingeschnitten hat, sowohl für sämtliches Oberflächenwasser als auch Grundwasser in den pleistozänen Schmelzwasserschottern des Hawanger Feldes den Vorfluter darstellt. Mit dem weitgehenden Fehlen von Quellaustritten lassen sich auch die geringe Zertalung und der „frische“ erosive Charakter der Westflanke erklären. Obwohl der Krebsbach anfangs im Memminger Trockental fließt, mündet er nicht, wie die anderen Bäche des Trockentales, in die Iller sondern bleibt der Abflussrichtung der risszeitlichen Schmelzwässer treu, die einst das Hawanger Feld geschüttet haben, wechselt wie diese hinüber ins Günztal und mündet kurz vor Lauben in die Westliche Günz.

Alter: PENCK & BRÜCKNER (1909: 29) stufen das Hawanger Feld in die Risskaltzeit ein, in der es auch in vorliegender Arbeit verbleibt. SCHAEFER (1951 in GRAUL et al. 1951: 103) stuft zunächst das Hawanger Feld in ein älteres und das Hitzenhofener Feld in ein jüngeres Mittelrissstadium ein, um dann später (SCHAEFER 1995: 176) das Hawanger Feld als *locus typicus* in seine **Paarkaltzeit** zu stellen. Von LÖSCHER (1976: 100ff, 112) wurde es zwischenzeitlich in die Mindelkaltzeit gestellt. KLUSCH (1995: 58, 60) und ELLWANGER (1989: 448) stufen das Hawanger Feld in die Mittlere Risskaltzeit („Doppelwall-Maximalstand“) ein. RÖGNER (2001: 249f, 2008: 214) glaubt sowohl für das Hawanger Feld als auch für das Hitzenhofener Feld keine Verknüpfung mit einem Endmoränenwall zu erkennen und schiebt aufgrund von paläopedologischen Ergebnissen zwischen die Bildung des Hawanger Feldes (Hauptriss/Mittleriss) und des Hitzenhofener Feldes (Riss/Jungriss) eine Warmzeit (siehe Tab. 27, Tab. 28 und Tab. 29). Bezüglich der Einstufung des Hawanger Feldes mindestens in die drittletzte Kaltzeit durch BIBUS (1995: 143) (siehe Kap. 3.3.3).

²⁰⁶ Ob es sich tatsächlich um risszeitliche Endmoränenwälle handelt oder diese unter würmzeitlichen vollständig begraben liegen, ist abschließend noch nicht geklärt (HABBE 1986b: 460).

²⁰⁷ Möglicherweise fielen diese Bereiche einer noch in der Risskaltzeit ablaufenden Erosion beim Eisrückzug mit der Bildung eines Trompetentälchens sowie einer daran anschließenden Ausräumungslandschaft zum Opfer, wie es auch in der Würmkaltzeit zu beobachten ist, in der die Schmelzwässer aus dem Ziegelberger Trompetentälchen und aus der Rothensteiner Rinnen große Teile des Steinheimer Feldes erodierten.

Tab. 27: Erforschungsgeschichtliche Zusammenstellung der Einstufungen des Hawanger Feldes bis 1976.

Bearbeiter	PENCK & BRÜCKNER (1909)	EBERL (1930)	SCHAEFER (1951 in GRAUL et al. 1951)	SINN (1972)	JERZ et al. (1975)	LÖSCHER (1976)
Stratigraphie	Riss	RI (Obere Hochterrasse)	Riss	Riss	Riss	Mindel

Tab. 28: Erforschungsgeschichtliche Zusammenstellung der Einstufungen des Hawanger Feldes von 1978 bis 1988.

Bearbeiter	JERZ & WAGNER (1978)	SCHOLZ & ZACHER (1983)	HABBE (1986a)	ELLWANGER (1988)
Stratigraphie	Riss	Riss	Riss	Doppelwall-Riss (Mittleres Riss)

Tab. 29: Erforschungsgeschichtliche Zusammenstellung der Einstufungen des Hawanger Feldes ab 1995.

Bearbeiter	SCHAEFER (1995)	RÖGNER (2008)	LEMPE & SCHOLZ (2011)
Stratigraphie	Paar	Mittelriss	Jungriss

Bei den Recherchen von Altdaten im Stadtmuseum von Memmingen²⁰⁸ im Zuge der Bearbeitung des Blattes Nr. Nr. 8027 Memmingen stieß der Verfasser auf den Altfund eines Mammutzahns aus einer Kiesgrube E' von Benningen (siehe Abb. 14). Dr. Reinhard Ziegler vom Staatlichen Museum für Naturkunde in Stuttgart war in der Lage, anhand der Photos den Zahntyp und die Elefantenform zu bestimmen (frdl. Mitt. per E-Mail vom 7.2.2011)²⁰⁹: es handelt sich um einen stark abgekauten (daher weitständige Lamellen), „permanenten Molaren“ aus dem linken Unterkiefer (M3 inf. sin.) mit der Lamellenformel -16-(x); höchstwahrscheinlich stammt der Zahn von einem *Mammuthus primigenius* (Mammut/Wollmammut/Wollhaarmammut), aber eine in der jüngeren Risskaltzeit in Mitteleuropa vorkommende Übergangsform²¹⁰ vom *Mammuthus trogontherii* (Steppenelefant) ist aufgrund des stark abgekauten Zustandes nicht völlig auszuschließen. Auf alle Fälle auszuschließen ist der echte Steppenelefant (*Mammuthus trogontherii*), der Südelefant (*Mammuthus meridionalis*) und der Waldelefant (*Elephas antiquus*). Unabhängig davon, ob der Zahn nun von einem Mammut, das sich erstmals vor 150 000 Jahren in Europa (LISTER & BAHN 2009: 29) nachweisen lässt²¹¹, oder von einer Übergangsform des Steppenelefanten aus dem Jungriss handelt, belegt der Zahn, dass das **Hawanger Feld** eindeutig der Risskaltzeit (390 000 bis 127 000 a v.h.) und zwar der **Jüngeren Risskaltzeit** zuzuordnen ist.

²⁰⁸ An dieser Stelle sei nochmals der Museumsleiterin Fr. Ute Perlitz und ihren Mitarbeiterinnen ganz herzlich für die Möglichkeit zur und ihre Hilfsbereitschaft bei der Einsicht in das Archiv des Museums gedankt.

²⁰⁹ An dieser Stelle sei ebenfalls nochmals Hr. Dr. Reinhard Ziegler für die Bestimmung dieses Zahnes und weiterer zwölf Mammutzähne, dreier Mammutknochen und eines Mammutstoßzahnes, die alle aus dem Archiv des Stadtmuseums Memmingen stammten, ganz herzlich gedankt.

²¹⁰ Steinheimer Elefant (*Mammuthus primigenius fraasi*), für den ENGESSER et al. (1996: 50) allerdings noch ein Alter von 200 000 Jahren angeben.

²¹¹ KOENIGSWALD (2010: 46) bezeichnet *Mammuthus primigenius* als jungpleistozäne Mammutart, die bereits in der Risskaltzeit in Mitteleuropa auftritt.



Abb. 14: Mammutzahn (Altfund, 1930er Jahre?) aus dem Stadtmuseum Memmingen, Photo des Verfassers vom 12.11.2010.

Mächtigkeit und Quartärbasis: Im Gegensatz zu den mindel- und donauzeitlichen Schotterfeldern ist auf dem Hawanger Feld noch eine der einst zahlreichen Kiesgruben in Betrieb, und es gibt auf dem Hawanger Feld viele Bohrungen, die den Schotterkörper vollständig bis in die Molasse durchörtern. Neben drei abgebohrten Profillinien der Erdölexploration sind es v.a. die Baugrunderkundungsbohrungen für den Ausbau des Fliegerhorstes Memminger Berg und für den Bau der BAB A96 sowie die Lagerstättenbohrungen für die zahlreichen Kiesgruben. Daher ist die Datengrundlage bezüglich Mächtigkeit und Quartärbasis verhältnismäßig gut. Aus Kiesgrubenbegehungen geben EBERL (1930: 265) pauschal Mächtigkeiten von 10 bis 12 m und SINN (1972: 108) von 13 bis 14 m bei Hawangen an. Wertet man nun die zahlreichen, recherchierten Bohrdaten aus (allein auf Blatt Nr. 8027 Memmingen 98 Bohrungen für das Hawanger Feld, in denen die Molasse angetroffen wurde), ergibt sich, dass der Schotterkörper des Hawanger Feldes im Rinnentiefsten Mächtigkeiten bis ca. 23 m erreichen kann und dass seine Quartärbasis nach NE einfällt. Entlang der Westflanke sinkt die Quartärbasis von Goßmannshofen im S (Basis auf ca. 647 m ü. NN) bis etwa zur St 2013 (Basis auf ca. 619 m ü. NN) ab, um dann wieder bis zu den Kiesgruben E' von Benningen (Basis auf ca. 624 m ü. NN) anzusteigen, anschließend fällt die Quartärbasis dann wieder auf ca. 620 m ü. NN (Fliegerhorst Memminger Berg), um dann erneut anzusteigen und N' des Fliegerhorstes im Gebiet der Gemeinde Trunkelsberg vollständig auszustreichen. In Verbindung mit den Bohrdaten auf dem Hawanger Feld weiter im E ergeben sich somit zwei in etwa SW-NE-streichende, flache Rinnen an der Quartärbasis des Hawanger Feldes, die sich in der Region Ungerhausen vereinigen und am Ostrand des Hawanger Feldes Richtung Günztal ziehen.

Tab. 30: Zusammenstellung einiger Bohrungen, die von S (Goßmannshofen) bis in den N (Ungerhausen) über das Hawanger Feld verteilt liegen und die Molasse erreicht haben.

Lokalität	Quartärbasis [m ü. NN]	Mächtigkeit [m]	Bohrung	Koordinaten
Goßmannshofen	647	10,0	8027-LEB-BG-042	R: 43.68293 H: 53.11393
Albishofen	641	14,0	8027-LEB-BG-596	R: 43.68434 H: 53.12343
Lachen	634	14,9	8027-LEB-BG-775	R: 43.68327 H: 53.13304
Moosbach	626,34	15,6	8027-LEB-BG-770	R: 43.68538 H: 53.14592
Herbishofen	621,73	18,7	8027-LEB-BG-709	R: 43.67849 H: 53.14926
St 2013 Lehmgrube	618,8	21,1	8027-LEB-BG-849	R: 43.67851 H: 53.15384
St 2013 in der Mitte des Fel-des	615,68	22,8	8027-LEB-BG-851	R: 43.68298 H: 53.15352
St 2013 Querung Schnitten-bach	625,93	13,7	8027-LEB-BG-503	R: 43.69060 H: 53.15464
St 2013 Kreuzung MN 16	625,59	11,4	8027-LEB-BG-856	R: 43.69533 H: 53.15289
Benninger Einöde im W	623,71	ca. 7	8027-LEB-BG-704	R: 43.67383 H: 53.16626
Benninger Einöde im E	617,73	17,1	8027-LEB-BG-764	R: 43.68527 H: 53.16189
Hawangen	max. 615	mind. 20	8027-LEB-BG-175	R: 43.70088 H: 53.16013
Fliegerhorst Memminger Berg im W	620,03	9,5	8027-LEB-BG-167	R: 43.67375 H: 53.18014
Fliegerhorst Memminger Berg Mitte	614,87	9,1	8027-LEB-BG-756	R: 43.68602 H: 53.17974
MN 16 Höhe Fliegerhorst	611,03	6,0	8027-LEB-BG-801	R: 43.71031 H: 53.18621
BAB A96 bei Trunkelsberg	620,55	2,2	7927-LEB-BG-072	R: 43.67420 H: 53.19445
MN 17	606,65	13,4	7927-LEB-BG-105	R: 43.69841 H: 53.19687
Ungerhausen	605,54	6,1	7927-LEB-BG-206	R: 43.71010 H: 53.19664

Die Existenz dieser beiden flachen Rinnen, die an der Westflanke des Hawanger Feldes ausstreichen, hat einige Auswirkungen auf das bisher gültige Bild der beiden risszeitlichen Hochterrassen im Memminger Trockental:

1. Der Abstand von 10 bis 15 m der Quartärbasis der Hochterrasse von Memminger Berg und des Hitzenhofener Feldes im Bezug auf das Hawanger Feld ist deutlich zu relativieren, denn: betrachtet man die Quartärbasishöhe des Hitzenhofener Feldes auf der gegenüberliegenden Westseite des Memminger Trockentales im Bereich der Autobahnausfahrt Memmingen Süd, dann ergeben sich Quartärbasishöhen von 616 m ü. NN²¹² eher im S bei Dickenreis und ebenfalls von ca. 616 m ü. NN²¹³ unmittelbar an der Autobahn und erst am Stadtweiherwald weiter im N eine Quartärbasis von ca. 608 m ü. NN²¹⁴ und somit die aus der Literatur angegebenen 10 m Höhendifferenz. Diese Tatsache ähnlicher Quartärbasishöhen der Hochterrasse beiderseits des Memminger Trockentales und die nach NE streichenden Rin-

²¹² **8027-LEB-BG-155** (R: 43.64173/H: 53.15014)

²¹³ **8027-LEB-BG-049** (R: 43.64250/H: 53.15717), **8027-LEB-BG-052** (R: 43.64273/H: 53.15737) und **8027-LEB-BG-053** (R: 43.64228/H: 53.15695)

²¹⁴ **8027-LEB-BG-045** (R: 43.63510/H: 53.16358)

nen an der Basis des Hawanger Feldes bieten nun viel Raum für Spekulationen hinsichtlich Paläogeographie und Schmelzwasserrinnen.

2. Die Diskussion darüber, ob die Zeller Hochterrasse mit ihrer Höhe der Quartärbasis von ca. 645 m ü. NN an ihrem nördlichen Sporn nun mit dem Hawanger Feld oder mit dem Hitzenhofener Feld verknüpft werden kann, muss auch noch weiterhin offen bleiben, denn sowohl das Hawanger Feld als auch das Hitzenhofener Feld bieten sich etwa im gleichen Abstand zur Zeller Hochterrasse mit einer Quartärbasishöhe von ca. 619 bzw. 616 m ü. NN an. In vorliegender Arbeit wird aufgrund der Nähe zur Rothensteiner Rinne die Zeller Hochterrasse im Sinne von KLUSCH (1995: 59) mit dem Hitzenhofener Feld verknüpft; bekräftigt wird dies noch durch den Molassesporn im Untergrund von Dickenreishausen (siehe Kap. 3.3.3).

Deckschichten: EBERL (1930: 266f) beschreibt Lösslehm und SINN (1972: 108) spricht eher von weitgehend ungegliederten Solifluktsdecken als von echtem Lösslehm mit Mächtigkeiten von 1,5 bis 2 m, stellenweise über 3 m. In den recherchierten Bohrungen²¹⁵ und der noch aktiven Kiesgrube²¹⁶ E' von Benningen sind Lösslehmdecken von durchschnittlich 1,5 bis 2 m aber auch mit Mächtigkeiten von 4,2 m dokumentiert, wobei es sich um mächtigere Randaufwehungen an der Hangkante oder um Akkumulationen infolge Bodenfließens handeln kann. Das einzige, heute noch zugängliche Lösslehmprofil in den Kiesgruben E' von Benningen wurde schon mehrfach bearbeitet: JERZ & WAGNER (1978: 63f), JERZ & DOPPLER (1990: 20), BIBUS (1995) und MIARA (1995: 23ff) kommen alle zu dem Ergebnis, dass die risszeitlichen Schmelzwasserschotter zuoberst in einen kiesigen Verwitterungslehm (Schotterlehm) übergehen, der den Rest einer Bodenbildung aus dem Riss-Würm-Interglazial darstellt²¹⁷. Darüber liegen mehrere Schichten aus würmzeitlichem Lösslehm mit verschiedenen Böden (u.a. der mittelwürmzeitliche Böckinger Boden und Lohner Boden²¹⁸ sowie zwei bis drei Nassböden aus dem Jungwürm (BIBUS 1995: 142, MIARA 1995: 24ff). Ein vergleichbares Profil beschreibt BIBUS (1995: 143) noch vom südlichen Dorfrand von Albshofen.

Sowohl frühwürmzeitliche Horizonte als auch risszeitliche, äolische Deckschichten mit Bodenbildungen sind noch nicht nachgewiesen und wohl fast vollständig der Erosion sowie soli- und gelifluidalen Prozessen zum Opfer gefallen oder durch Bio- und Kryoturbation mit dem unterlagernden, kiesigen Verwitterungslehm vermischt worden, wogegen aber der eher geringe Ton-Schluff-Gehalt der Verwitterungslehme spricht. Daher kommt MIARA (1995) zu dem Schluss: „Wegen dieses Hiatus' besitzen das Deckschichtenpaket zur zeitlichen Ansprache der liegenden Schotter einen nur sehr begrenzten Aussagewert.“ (MIARA 1995: 27). Bei dem Lösslehm handelt es sich ebenfalls nicht um eine flächig verbreitete Schicht mit gleichbleibender Mächtigkeit, sondern dieser würmzeitliche Lösslehm ist an vielen Stellen bereits stark erodiert, so dass der unterlagernde kiesige Verwitterungslehm stellenweise oberflächennah oder bereits an der Oberfläche liegt. In einigen Mulden ist dagegen der Lösslehm akkumuliert und weist Mächtigkeiten über 2 m auf.

Auch wenn heutzutage die Ziegeleigruben von **Goßmannshofen** stillgelegt, weitgehend wiederverfüllt sowie renaturiert sind, die Lehme und Tone²¹⁹ großteils ausgebeutet und nicht mehr aufgeschlossen sind, müssen sie aufgrund eines im Profil enthaltenen würmzeitlichen Paläobodens (DOPPLER et al. 2011: 332) hier erwähnt werden, da dies der einzige bekannte

²¹⁵ **8027-LEB-BG-422** (R: 43.67676/H: 53.18386)

²¹⁶ **8027-LEB-AG-134** (R: 43.68000/H: 53.16040)

²¹⁷ „... bei einzelnen Böden mit besonders langer Bildungsdauer (z.B. durch Kalklösung) ist jedoch vorholozäne Entstehung zu vermuten.“ (BLEICH 1983: 65)

²¹⁸ Die Bezeichnung Lohner Boden wird üblicherweise im trockeneren Nordbayern und im Donautal verwendet; im feuchteren Südbayern entspricht ihm der Tundra-Nassboden, der nach Siedlungsfunden und Datierungen in ein hochglaziales Interstadial vor etwa 30000 bis 27000 a v.h. gestellt wird (JERZ 1993: 67).

²¹⁹ Die Lehme (Lösslehme?) und Tone (quartäre Seetone? oder umgelagerte Molassetone?) sind mit Mächtigkeiten von 4,1 m bzw. 5,4 m erbohrt (**8027-LEB-BG-783**, R: 43.69798/H: 53.11223) worden; unter den Tonen folgen mit einer Mächtigkeit von mindestens 10,5 m Sande, bei denen es sich vermutlich um Molassesande handelt. In Bohrung **8027-LEB-BG-782** (R: 43.68708/H: 53.11442) wurden quartäre Tone zwischen 1,8 m und mindestens 16,0 m Teufe erbohrt. Ob es sich dabei tatsächlich um quartäre Tone handelt, muss offen bleiben.

Paläoboden auf Blatt Nr. 8027 Memmingen ist. Detaillierte Beschreibungen dieses Paläoboden liegen leider nicht vor. Prof. Dr. H. Jerz gewährte jedoch Einblick in sein Feldbuch (JERZ 1972), in dem Aufzeichnungen vom 4.10.1972 über seinen Beobachtungen in Goßmannshofen zu finden sind²²⁰. Ferner überließen Prof. Dr. H. Jerz und Prof. Dr. H. Scholz dem Verfasser Photos aus den Ziegeleigruben von Goßmannshofen, auf denen sehr unterschiedliche, geologische Verhältnisse dokumentiert sind (siehe Abb. 15).

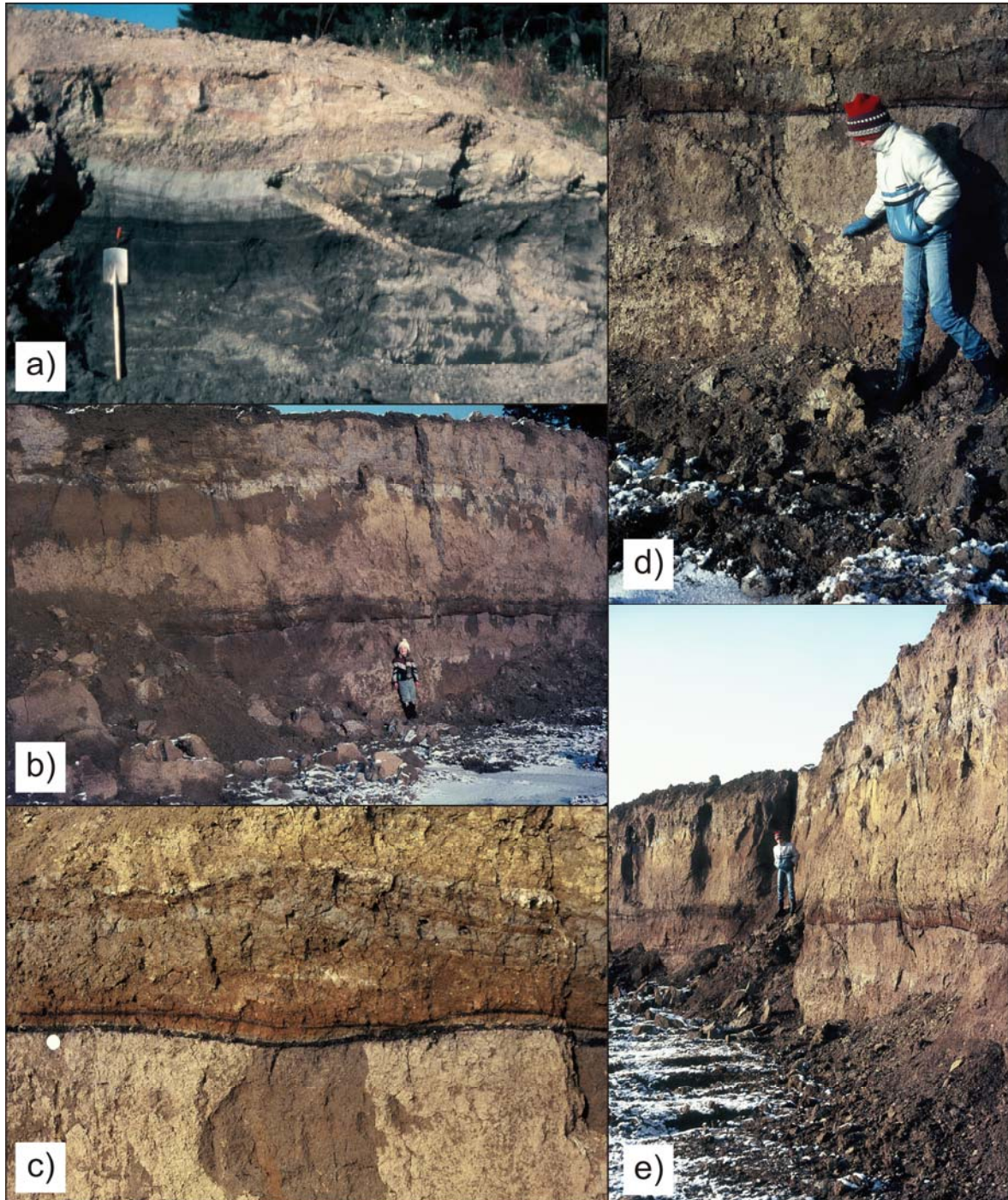


Abb. 15: Ziegeleigruben Goßmannshofen; **a)** Photo von Prof. Dr. H. Jerz aus dem Jahr 1972: nach der Interpretation von JERZ (1972) handelt es sich um „limnische Bildungen mit torfigen Schichten“ an der Basis, die von „kiesigem Solifluktionsschutt“ überlagert werden; **b) c) d) und e)** Photos von Prof. Dr. H. Scholz aus dem Jahre 1982: lösslehmartige Schichten mit dünner, torfiger Lage.

²²⁰ Laut Prof. Frenzel (Stuttgart-Hohenheim) ist darin eine Kaltsteppenflora mit Moosen, Gräsern, Zwergsträuchern nachgewiesen, wie sie heute in Teilen Sibiriens vorkommt (frdl. Mitt. per E-Mail vom 18.1.2012 von Prof. Dr. H. Jerz).

JERZ (1972) hat selbst ein Profil bis zur Abbausohle in 2,7 m Tiefe aufgenommen, das noch durch eine Flachbohrung bis zu einer Teufe von 6,2 m ergänzt wurde (siehe Tab. 31). Bis in die unterlagernde Molasse reicht ein Aufschlussbohrung ca. 150 m NW' des Profils (siehe Tab. 32), die aber im oberen Bereich keine mächtigen Torflagen angetroffen hat. Weder vom Bodenprofil noch von der Aufschlussbohrung lassen sich die genauen Lagen heute rekonstruieren, da sich das gesamte Gelände in den vergangenen 40 Jahren vollständig verändert hat.

Tab. 31: „Bodenprofil in der östlichen Lehmgrube der Ziegelei Goßmannshofen (im E der Straße nach Diettried), ca. 565 m ü. NN“ (JERZ 1972).

Teufe	Beschreibung	Interpretation JERZ (1972)
0 – 0,6 m	sandig-lehmige Bodenbildung	„Gley-Pseudogley mit langer Naßphase“
0,6 – 0,85 m	lehmige Solifluktionsschicht	„kiesige Solifluktionsschicht“
0,85 – 1,30 m	Ton-Schluff mit torfigen Lagen	„limnische Bildungen mit torfigen Schichten“
1,30 – 1,85 m	Torf	
1,85 – 2,7 m	sandiger Schluff mit Kieslinsen	
2,7 – 4,4 m	sandig-toniger Schluff	
4,4 – 4,6 m	Feinsand	
4,6 – 5,7 m	kiesiger Sand	
5,7 – 6,2 m	schluffiger Kies	„?Rutschmasse“

Tab. 32: Aufschlussbohrung Ziegeleigrube Goßmannshofen (JERZ 1972).

Teufe	Ansprache
0,0 – 2,6	sandig, toniger Schluff
2,6 – 2,7	stark sandiger und stark schluffiger Kies (Solifluktionsmaterial)
2,7 – 4,6	sandig, toniger Schluff
4,6 – 7,0	stark kiesiger und stark sandiger Schluff
7,0 – 8,4	sandig, schluffiger Kies (Hochterrassenschotter)
8,4 – 18,0	Tone, Schluffe und Sande der OSM

Um was es sich bei den Tonen, Schluffen und Sanden in Goßmannshofen tatsächlich handelt, lässt sich anhand der wenigen, vorliegenden Daten nicht mit letzter Sicherheit sagen. Was auf alle Fälle fest steht, ist, dass in diesem Bereich eine heutzutage fast trockengefallene Erosionsrinne vom Felsenberg über das Fraugehau und Goßmannshofen auf die Hochterrasse herunterzieht und sich in dem markanten Erosionstal von Hetzlinshofen fortsetzt, das die Verbindung zur Niederterrasse darstellt (siehe Abb. 16).

Bis zum weitgehenden Trockenfallen der Quellen am Felsenberg oberhalb Fraugehau muss es dort einen Bach gegeben haben, der aus dieser Erosionsrinne eine erhebliche Menge an „Solifluktionsmaterial“ und Abschwemm Massen auf die Hochterrasse transportiert hat, denn nicht nur die Profilaufnahme von JERZ (1972) und die Aufschlussbohrung sondern auch zwei Bohrungen²²¹ bei Goßmannshofen zeigen für die Hochterrasse ganz untypische, stark schluffige, sandige und tonige Kiese in diesem Bereich. Dies passt gut mit den Beobachtungen von BRUNNACKER (1953a: 125) zusammen, der auf dem würmzeitlichen Benninger Feld W' Hetzlinshofen von einer ca. 0,7 m mächtigen, lehmigen Sandauflage schreibt, die sich über die markante Erosionsrinne hinauf auf das risszeitliche Hawanger Feld und von dort weiter über Goßmannshofen in das Molassegebiet zwischen Theinselberg und Felsenberg verfolgen lässt. „Dieser Sand stellt eine periglaziale Einschwemmung dar.“ (BRUNNACKER 1953a: 125, siehe hierzu auch Kap. 3.4.1). Wenn im Bereich von Goßmannshofen dieser Bach einen Schwemmkegel auf das Hawanger Feld geschüttet hat²²², dann kann dieser

²²¹ **8027-LEB-BG-721** (R: 43.67967/H: 53.11752, Ansatzpunkt bei ca. 654 m ü. NN) und **8027-LEB-BG-722** (R: 43.67918/H: 53.11714, Ansatzpunkt bei ca. 652 m ü. NN)

²²² Vermutlich existierte dieser Bach schon prä-risszeitlich, hat synchron zu den risszeitlichen Schmelzwässern in das Hawanger Feld geschüttet (in diesem Bereich Faziesverzahnung aus glazifluvialen und periglazialen Schüttungen), war anschließend bis in die Würmkaltzeit aktiv und versiegt

Schwemmkegel in Verbindung mit dem zu den Rändern hin konvex gewölbten Schotterkörper zu einem Aufstau des am Ostrand des Schotterkörpers fließenden Vorläufers des Mühlbaches geführt haben. In diesem „Stausee“ könnten sich dann limnische Ablagerungen in Verbindung mit einem Niedermoor gebildet haben²²³. All dies müsste vermutlich aber in einer Zeit erfolgt sein, als die südliche Fortsetzung des Hawanger Feldes hier noch existierte und der Mühlbach am Ostrand des risszeitlichen Schotterkörpers entlangfloss – also vor Ablagerung des Steinheimer Feldes. Aus den Bohrungen und den Photographien von Scholz geht hervor, dass die „stark schluffigen Kiese“ scheinbar von dem würmzeitlichen Lösslehm überlagert werden, der das ganze Hawanger Feld bedeckt. Leider ist im Bodenprofil von JERZ (1972) kein Lösslehm aufgeschlossen gewesen, so dass sich eine relativstratigraphische Beziehung zwischen seinen „limnischen Bildungen“²²⁴ mit torfigen Schichten“ und dem Lösslehm nicht herstellen lässt. Das dort beschriebene Solifluktionsmaterial kann in unterschiedlichen Horizonten auftreten und liefert daher keine verwertbaren Hinweise.

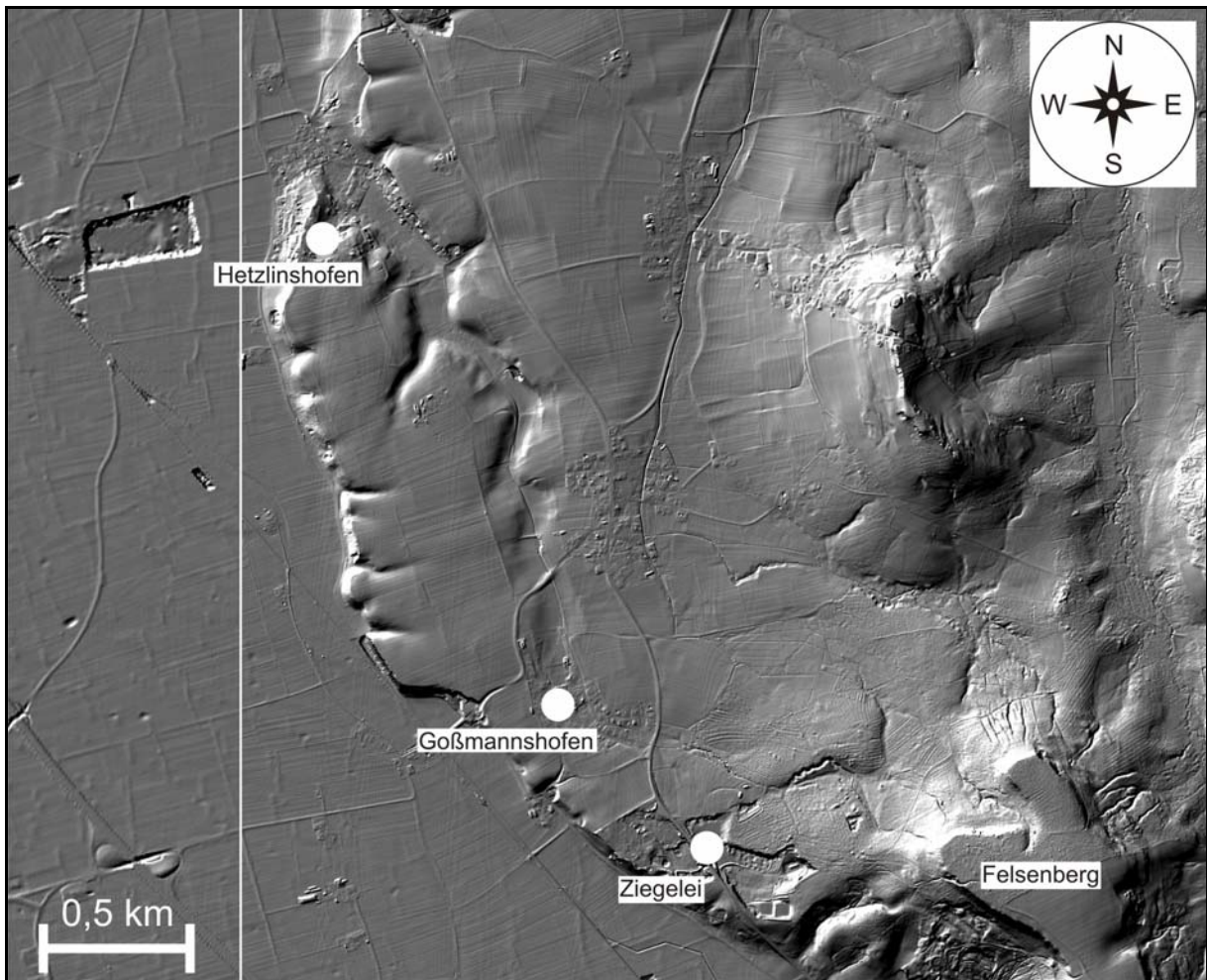


Abb. 16: Hillshade-Darstellung des Südens des Hawanger Feldes mit der Ziegelei Goßmannshofen; deutlich zu erkennen ist das markante Erosionstal von Hetzlinshofen mit seiner oberen Fortsetzung über Goßmannshofen bis zum Felsenberg.

dann kurz nach Ablagerung des Benninger Feldes, da am Ausgang des markanten Erosionstales keine merkliche Erosion noch bedeutende Akkumulation mehr stattgefunden hat.

²²³ Eine zweite Möglichkeit wäre eine größere Rutschung vom Abhang des Felsenberges auf die Hochterrasse hinunter, die ebenfalls zu einem Aufstau geführt haben könnte.

²²⁴ Die Frage, ob es sich bei den „limnischen Bildungen“ tatsächlich um Seetone handelt, muss offenbleiben, da keine Angaben zu Feinschichtung oder beispielsweise Ostrakodenfunden fehlen.

Verwitterung, Verfestigung und Geologische Orgeln: EBERL (1930: 264) beschreibt Verfestigungen nur in der oberen Hälfte, ansonsten bezeichnet er den Schotter als lose und meist auch frisch. Überlagert wird der Schotter von einer etwas über 1 m mächtigen Verwitterungsdecke, und in großer Häufigkeit treten „*Verwitterungssäcke und -taschen*“ auf (EBERL 1930: 266). SINN (1972: 113) spricht von 2 m mächtiger Verwitterung, die in Zapfen auch bis zu 3 m tief greifen kann. JERZ & WAGNER (1978: 53 Abb. 12 und 64) gibt für den „*sandig-tonigen Schotterlehm*“ eine Mächtigkeit von 1 bis 1,5 m und für die trichterförmige Tiefenverwitterung „*noch einige Meter in den frischen Schotter*“ an.

„*Lagenweise oder auch stotzenförmige*“ Verfestigungen beschreiben JERZ et al. (1975: 114) sowie JERZ & WAGNER (1978: 53), die besonders an den Terrassenrändern auch größere Partien erfassen.

Bei den eigenen Geländebegehungen wurden neben unregelmäßigen und eher kleinräumigen Verfestigungen, die überall im Schotterkörper anzutreffen waren, ebenfalls die vertikal verlaufenden Verwitterungsschlote mit Durchmessern von durchschnittlich 0,3 bis 1,0 m und Tiefen von 1 bis 2 m dokumentiert (siehe Abb. 17). Allerdings gab es auch einige Schlote mit Tiefen von 4 bis 5 m und wenige mit Tiefen von über 7 m, wobei deren untere Enden nicht aufgeschlossen waren. Auch bei diesen Geologischen Orgeln bleibt der Durchmesser über die gesamte Tiefe weitgehend konstant und zeigt nur wenige und kleine Ausbauchungen oder Einschnürungen.

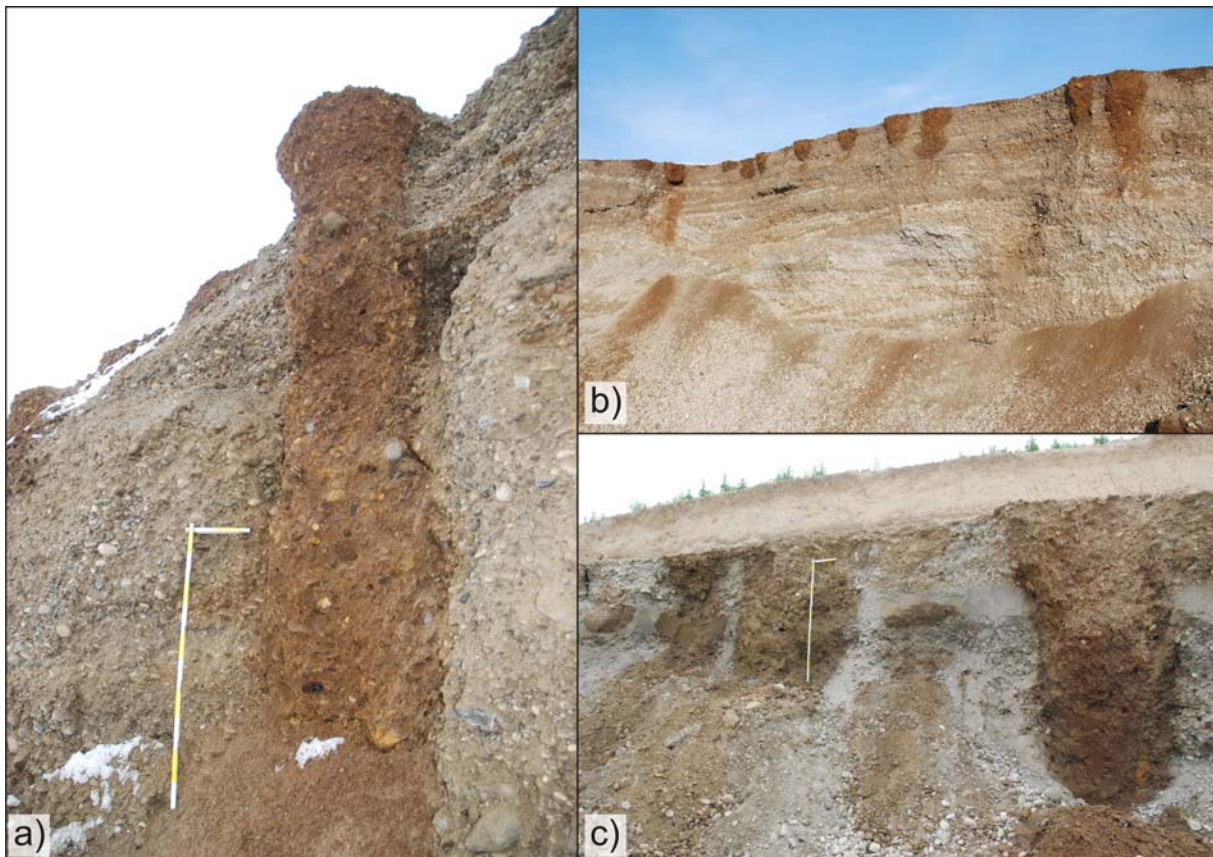


Abb. 17: Geologische Orgeln (Durchmesser 50 bis 100 cm) in den risszeitlichen Konglomeraten des Hawanger Feldes in der Kiesgrube Benningen²²⁵; Photos des Verfassers, **a)** am 24.2.2009, mindestens 3 m tiefe Geologische Orgel in unverfestigten Schmelzwasserschottern; das untere Ende war nicht aufgeschlossen, **b)** am 25.2.2009, Kiesgrubenwand mit zahlreichen Ansätzen von Geologischen Orgeln, **c)** am 4.7.2010, Geologische Orgeln mit deutlichen Sackungsstrukturen innerhalb der braunen Schotterlehmfüllung.

²²⁵ 8027-LEB-AG-128 (R: 43.68083/H: 53.16100)

3.3.2 Risszeitliche Schmelzwasserschotter und Periglazialschotter im Tal der Westlichen Günz (Obere Hochterrasse 1)

Im Tal der Westlichen Günz treten die risszeitlichen Ablagerungen stark zurück, was eher auf geringe Akkumulation (EBERL 1930: 261) sowie verstärkte Erosion durch die Schmelzwässer hinweist, so dass der riss-würm-interglaziale Vorläufer der Westlichen Günz und die würmzeitlichen Schmelzwässer die geringmächtigen risszeitlichen Ablagerungen leicht wieder ausräumen konnten. Schon EBERL (1930: 261) schreibt nur von „*einzelnen Terrassenresten*“ und führt dies u.a. im Tal der Westlichen Günz sowie im Auerbachtal (siehe Kap. 4.2.1, 4.2.3.4 und 4.2.3.5) auf die Talenge und das große Gefälle dieser Täler zurück.

So prägen heutzutage v.a. Erosionsterrassen („Pseudoterrassen“) und wenige Akkumulationsterrassen mit geringmächtigen (3 bis 7 m), durchverwitterten Restschottern die risszeitlichen Bildungen im Tal der Westlichen Günz (BELLMANN 2009: 58). Erst am Talausgang bei Westerheim, wo das risszeitliche Terrassenniveau in das risszeitliche Hawanger Feld mündet, treten an der westlichen Talflanke „echte“ Schotterterrassen auf (SINN 1972: 114, JERZ & WAGNER 1978: 52), wobei SINN von 6 bis 7 m mächtigen Schottern schreibt, die allerdings ebenfalls völlig entkalkt sind²²⁶. Ähnlich verwitterte und entkalkte, ca. 4 m mächtige Schotter, die von über 2 m mächtigen Fließerden überlagert werden, beschreibt SINN aus Ottobeuren. Er erklärt die ungewöhnlich starke Verwitterung mit dem hohen Anteil an lehmig-sandigem Feinsediment, was in seinen Augen die Verwitterung fördert. An den Sportplätzen N' von Ottobeuren, die im Gebiet ehemaliger Kiesgruben liegen (BELLMANN 2009: 58), wurden bei Baugrundbohrungen auch unverwitterte Schotter erbohrt, allerdings nur in geringer Mächtigkeit²²⁷, da die Bohrungen schon außerhalb des ehemaligen Kiesgrubenbereiches liegen und die nach W hin ausdünnenden Schotter scheinbar fast restlos ausgebeutet wurden. Einen unverwitterten Schotter, der in einer Baugrube zutage getreten ist, beschreibt auch SINN (1972: 114) vom südlichen Ortsrand von Reuthen.

Für eine Anbindung der Schmelzwässer an Moränenwälle kommen mehrere Möglichkeiten in Betracht: KLUSCH (1995) und SINN (1972: 117) lassen ihre Rissendmoräne z.B. „*bis hart S' Günzegg*“ reichen, STEPP (1981: 58) postuliert eine Randlage bei Unterniederwang S' Hopferbach, was eine Differenz in N-S-Richtung von etwa 4 km ergibt, und EBERL (1930: 261) bei Hopferbach-Siggenhorn²²⁸.

3.3.3 Hitzenhofener Feld, Hochterrasse von Memminger Berg und Zeller Hochterrasse (Obere Hochterrasse 2)

Geographie und Allgemeines: Das Hitzenhofener Feld erstreckt sich zwischen dem Memminger Achtal im E, der Iller im W und dem Molasse-Hochgebiet mit der Kronburg und dem Grönenbacher Feld im S. Der Großteil des Feldes liegt auf Blatt Nr. 8026 Aitrach (FESSELER & GOOS 1988). Seine Ränder sind wenig zertalt, aber die Buxach hat von S nach N das Feld bis hinunter in die Molasse durchschnitten und im E davon einen schmalen, langen Streifen abgetrennt. Ebenso ist die Hochterrasse vom Memminger Berg am Westrand des Hawanger Feldes sowie die Zeller Hochterrasse im S vom Hitzenhofener Feld getrennt, werden aber in vorliegender Arbeit als eine einst zusammenhängende Einheit betrachtet. Im Gegensatz zum Hawanger Feld, dessen Schotter nach NE ins Günztal und nach S ins Memminger Trockental hineinziehen, setzen sich die Schotter des Hitzenhofener Feldes im N über die Hochterrasse von Niederrieden (Niederriedener Hochterrasse nach HABBE 1986b: 443) ins Tal der bayerischen Roth und nach S über das Steinbacher Feld (bzw. Steinbacher Hochterrasse

²²⁶ RÖGNER & LÖSCHER (1993: 89) betrachten die Schotterterrassen bei Westerheim nach ihren Untersuchungen eher als periglazial-fluviale Ablagerungen.

²²⁷ **8027-LEB-BG-470** (1,6 m Schotter), **8027-LEB-BG-471** (2,0 m Schotter), **8027-LEB-BG-472** (2,4 m Schotter), **8027-LEB-BG-473** (3,5 m Schotter), **8027-LEB-BG-474** (1,6 m Schotter), **8027-LEB-BG-475** (0,8 m verwitterter Schotter und 1,2 m Schotter).

²²⁸ EBERL (1930: 262f) beschreibt dort zwei hintereinandergestaffelte Rissmoränenwälle, die S' von zwei parallelen Mindelmoränenrandlagen liegen.

bei KLUSCH 1995: 56) zum Endmoränenwall bei Legau fort. Das Hitzenhofener Feld ist wenig jünger als das Hawanger Feld und wurde von den Schmelzwässern des Legauer Lobus ins Vorland geschüttet. Im Vorfeld des Legauer Lobus vereinigten sich die Schmelzwässer des Iller- mit denen des Rhein-Bodensee-Vorlandgletschers, die von W her kamen und deutlich mehr Kristallingerölle als die Schmelzwässer des Iller-Vorlandgletschers mitbrachten. Durch den Einfluss der Schmelzwässer des Rhein-Bodensee-Vorlandgletschers kann auch der Unterschied im Kristallingerhalt im Hitzenhofener Feld (im W deutlich höher als im E, s.u.) als auch im Vergleich zum Hawanger Feld (sehr geringe Kristallingerhalte) erklärt werden. Eine direkte Verknüpfung der Zeller Hochterrasse mit den Endmoränen des Dietmannsrieder Lobus ist nach JERZ et al. (1975: 113), STEPP (1981: 56) und HABBE (1986b: 443) nicht nachweisbar²²⁹, was aber damit zusammenhängen kann, dass diese Verknüpfung womöglich unter würmzeitlichen Ablagerungen begraben liegt (JERZ et al. 1975: 113, HABBE 1986b: 460). Eine Verknüpfung über das Rothensteiner Tal (**Rothensteiner Rinne**²³⁰) mit den Endmoränen von Au-Maien-Hub²³¹ (STEPP 1953: 182ff²³², SCHAEFER 1973: 182, KLUSCH 1995: 59) und bei genauerer Betrachtung der Situation wahrscheinlich auch über das Greiter Tal mit den Endmoränen NW' Herbisried wäre allerdings auch möglich.

Alter: PENCK & BRÜCKNER (1909: 29, 32, 35) betrachten das Hitzenhofener Feld zusammen mit der Zeller Hochterrasse und dem östlichen Teilstück bei Memminger Berg als eine Einheit und stufen sie risszeitlich ein (*locus typicus* für die risszeitlichen Hochterrasse). SCHAEFER (1951 in GRAUL et al. 1951: 103) stuft zunächst das Hawanger Feld in ein älteres und das Hitzenhofener Feld in ein jüngeres Mittelrissstadium ein, um später (1953: 107) sogar ein volles Interglazial zwischen die beiden Ablagerungen zu stellen und das Hawanger Feld der Paarkaltzeit zuzuordnen (SCHAEFER 1995: 176). LÖSCHER (1976: 106ff, 112) belässt das Hitzenhofener Feld in der Risskaltzeit, während er das Hawanger Feld in die Mindelkaltzeit stellt. KLUSCH (1995: 58) stuft das Steinbacher Feld (Steinbacher Hochterrasse) mit dem damit verknüpften Hitzenhofener Feld in die Mittlere Risskaltzeit („Doppelwall-Riß“) ein und ELLWANGER (1989: 450) stellt die Hochterrasse von Memminger Berg ins „Jungriß“. Für die vorliegende Arbeit gab es keinerlei Hinweise darauf, dass es sich beim Hitzenhofener Feld und seinen beiden Teilstücken nicht um einen jungrisszeitlichen Schotterkörper handelt, was auch durch die Einstufung des wenig älteren Hawanger Feldes ins Jungriss unterstützt wird.

Die Einstufung des Hitzenhofener Feldes sowie des Hawanger Feldes anhand von pedologischen Ergebnissen „*mindestens in die drittletzte Eiszeit*“ durch BIBUS (1995: 143), ist etwas schwierig mit den Resultaten des Verfassers zu verbinden, da BIBUS (1995: 148f) die Mehrphasigkeit der Risskaltzeit im Illergebiet anhand seiner Ergebnisse als „*zweifelsfrei belegt*“ betrachtet²³³ und im folgenden nun versucht, die am Ostrand des Rhein-Bodensee-Vorlandgletschers scheinbar mögliche Dreiteilung der Risskaltzeit auf den Iller-Vorlandgletscher zu übertragen, indem er das Doppelwallriss (Mittleres Riss) des Rheingletschers mit der Unteren Hochterrasse des Illergebietes und das Zungenriss (Älteres Riss) mit der Oberen Hochterrasse parallelisiert. Dies widerspricht aber erheblich den Ergebnissen des Verfassers, so dass gefragt werden muss, ob die pedologischen Ergebnisse von BIBUS nicht

²²⁹ JERZ et al. (1975) vermuten, dass die Wurzel der Zeller Hochterrasse bei Grönenbach unter einem würmzeitlichen Übergangskegel verschüttet liegt.

²³⁰ SCHAEFER (1973: 183) bezeichnet die Rothensteiner Rinne als „*Auer Rinne*“ nach dem Weiler Au am Westende.

²³¹ Oberbinnwang-Lobus

²³² STEPP (1953: 182ff) schreibt aber nicht von einem Gletscherlobus mit Endmoränen im fraglichen Gebiet, sondern von einer „*Schwelle*“ eines Molassehügellandes, das sich zwischen Kronburg und Kimratshofen als Ausläufer des Kürnach-Eschacher Waldes erstreckte und bis ins ausgehende Würm-Hochglazial den Schmelzwässern den Zugang in das Gebiet des heutigen Iller-Canyons verwehrte. Somit hätte sein Molasseriedel einen Teil der Schmelzwässer des Legauer Lobus in die Rothensteiner Rinne geleitet.

²³³ BIBUS (1995: 159) schließt eine Einstufung des Hitzenhofener und des Hawanger Feldes in die Mindelkaltzeit definitiv aus, da er das „Riss“ in mindestens drei Kaltzeiten gliedert.

auch anders interpretiert werden könnten, gerade mit Berücksichtigung von Solifluktionprozessen.

Tab. 33: Erforschungsgeschichtliche Zusammenstellung der Einstufungen des Hitzenhofener Feldes bis 1972.

Bearbeiter	PENCK & BRÜCKNER (1909)	EBERL (1930)	SCHAEFER (1951 in GRAUL et al. 1951)	SINN (1972)
Stratigraphie	Riss	RI (Obere Hochterrasse)	Mittelriss	Riss

Tab. 34: Erforschungsgeschichtliche Zusammenstellung der Einstufungen des Hitzenhofener Feldes ab 1976.

Bearbeiter	LÖSCHER (1976)	JERZ & WAGNER (1978)	ELLWANGER (1988)	FIXL (2009) und LEMPE & SCHOLZ (2011)
Stratigraphie	Riss	Riss	Doppelwall-Riss (Mittleres Riss)	Jungriss

Die Stellung der Zeller Hochterrasse ist generell umstrittener: in der Literatur (SINN 1972: 108, HABBE 1986b: 441, RÖGNER 1992: 268, BECKER-HAUMANN 2005: 238) wird die Zeller Hochterrasse meist mit dem Hawanger Feld verknüpft, nur KLUSCH (1995: 59) verknüpft die Zeller Hochterrasse mit der Hochterrasse vom Memminger Berg und stellt beide ins „Jungriß“.

Die Situation im risszeitlichen Legauer Lobus ist eine völlig andere, als die eng gestaffelte „Stauchsituation“ im Dietmannsrieder Lobus: Als der risszeitliche Iller-Vorlandgletscher die Wasserscheide²³⁴ im NW des Dietmannsrieder Lobus überwand und Richtung Legau vorstieß²³⁵, fand er eine breite Talweitung vor²³⁶ (*Rinne von Legau*) und hatte Platz, sich zu entwickeln und eine weiträumige Moränenlandschaft auszubilden (EBERL 1930: 263). Der Endmoränenwall (Maximalstand) verläuft auf den Höhen im E, W und SW von Legau (WENNINGER 1994: 5, 53). Daher gestaltet sich die Rekonstruktion des risszeitlichen Eisrandes im Legauer Lobus sowie der Landschaftsgeschichte im Westteil um Legau als relativ problemlos, aber im Ostteil als schwierig, da durch die würmzeitliche Erosion (Eintiefung des Canyonales) nahezu alle risszeitlichen Spuren beseitigt wurden. STEPPS (1953: 181) Urteil für die würmzeitliche Geschichte der Illerschucht kann ebenso für die risszeitliche gelten: „Durch die stürmische Erosion des Postglazials sind die Verhältnisse im Illertal schwerer zu übersehen als in der Legauer Rinne.“ Die zentrale Frage ist hier, ob es den bei WENNINGER (1994: 53) erwähnten „*Cañontallobus*“ tatsächlich gab und wenn ja, welche Ausdehnung er besaß. Auf diesen Lobus deuten sich S-N-erstreckende, W' der Iller gelegene Endmoränenwälle bei Hub und Kaltbronn (Blatt Nr. 8126 Leutkirch im Allgäu-Ost, WENNINGER 1994) hin, die die Westgrenze des Lobus markieren könnten; sie lassen eine Erstreckung des Gletscherlobus bis Oberbinnwang plausibel erscheinen. Allerdings fehlen bisher Belege für Res-

²³⁴ Dabei handelte es sich vermutlich um einen Molasseriedel in der nördlichen Fortsetzung des Kürnach-Eschacher-Waldes, der stellenweise Reste von donauzeitlichen Schmelzwasserschottern (südliche Fortsetzung des Kronburg-Hohenrain-Schotter) trug.

²³⁵ KLUSCH (1995: 55) nimmt darin eine zunehmende „Abtragung im Osten des Adelegg-Berglands an, das im Altpleistozän die Hauptstoßrichtung des Illergletschers noch in den Obergünzburger Raum geleitet hat.“

²³⁶ WENNINGER (1994: 49ff) schreibt für die GK25 Blatt Nr. 8126 Leutkirch im Allgäu-Ost, dass der risszeitliche Iller-Vorlandgletscher bei seinem Vorstoß Richtung Legau v.a. Molassegesteine überfahren und diese mit einem Schleier aus Geschiebelehm und Vorstoßschottern überdeckt hat; er erwähnt keine älteren „Moränen oder Schotter“, die auf einen mindelzeitlichen Vorstoß des Iller-Vorlandgletschers in das Legauer Becken hinweisen könnten. Somit scheint erstmalig der risszeitliche Iller-Vorlandgletscher in diesen Raum vorgestoßen zu sein, auch wenn im übrigen Gebiet der mindelzeitliche Iller-Vorlandgletscher die weiteste Erstreckung Richtung N erreicht hat. KLUSCH (1995: 56) bestätigt diese geologische Situation (risszeitliche Ablagerungen unmittelbar über Molasse) für die Bereiche des risszeitlichen Legauer Lobus auf GK25 Blatt Nr. 8127 Bad Grönenbach.

te von risszeitlichen Endmoränen E' der Iller. Der Geländerrücken unmittelbar E' von Oberbinnwang, der zum Grönenbacher Feld zieht, und die Kuppen am westlichen Ende des Rothensteiner Tales oberhalb Au könnten rein morphologisch in Frage kommen, müsste aber lithologisch eingehender durch Bohrungen oder Schurfe untersucht werden. Von der Existenz und Ausdehnung des risszeitlichen Canyon-Lobus – auch als **Oberbinnwang-Lobus** zu bezeichnen – hängt nämlich auch die Frage nach dessen Schmelzwasserabflüssen ab: benutzten Schmelzwässer die Rothensteiner Rinne und waren am Aufbau der Zeller Hochterrasse beteiligt? Benutzten sie auch den Sattel zwischen Hohenrain und Grönenbacher Feld und erodierten die NW-Flanke des Grönenbacher Feldes? Zumindest STEPP (1953) geht von einem Schmelzwasserabfluss über die Rothensteiner Rinne aus, der am Aufbau der Zeller Hochterrasse beteiligt war, bis er seiner Meinung nach noch während der Risskaltzeit trocken fiel: „Mit dem Gletschervorstoß von Riß II bis Legau auf das wohl schon damals stark erniedrigte Tertiärhügelland beginnt das Ende des Rothensteiner Tales.“ STEPP (1953: 182).

Die Beantwortung all dieser Fragen kann nur durch geologische Detailuntersuchungen im Rahmen einer längst fälligen, weiteren Bearbeitung von Blatt Nr. 8127 Bad Grönenbach beantwortet werden. Von Blatt Nr. 8027 Memmingen aus gesehen, wird die Existenz eines zumindest kleinen risszeitlichen Canyon-Lobus mit einem Schmelzwasserabfluss über die Rothensteiner Rinne, im Sinne von STEPP (1953), für wahrscheinlich angenommen. Diese Schmelzwässer waren dann nicht nur an der Erosion der Westflanke und der südlichen Fortsetzung des Hawanger Feldes sondern auch am Aufbau der Zeller Hochterrasse und Hochterrasse von Memminger Berg beteiligt. Die Schmelzwasserströme vom Legauer Lobus samt den von W her zuströmenden Schmelzwässern des Rheingletschers und die Schmelzwässer aus der Rothensteiner Rinne trafen sich dann N' des Grönenbacher Feldes und schütteten gemeinsam das Hitzenhofener Feld, das sich ursprünglich bis nach Memminger Berg erstreckte.

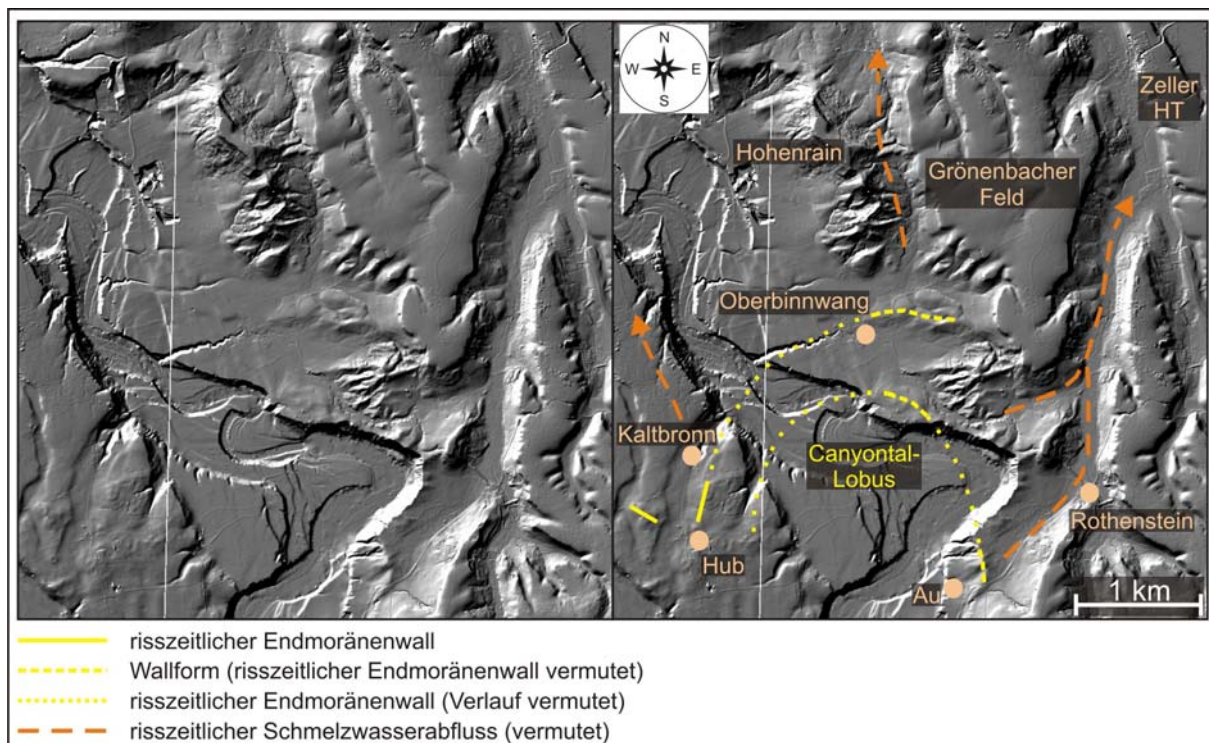


Abb. 18: Hillshade-Darstellung des Gebietes um Oberbinnwang mit einem konstruierten, risszeitlichen Canyon-Lobus (Oberbinnwang-Lobus) mit dazugehörigen Schmelzwasserabflüssen.

Mächtigkeit und Quartärbasis: Nach SCHAEFER (1951 in GRAUL et al. 1951: 102) liegt die Quartärbasis des Hitzenhofener Feldes in etwa 10 m tiefer als im Hawanger Feld. SINN (1972: 110) gibt zwischen Hawangen und Hitzenhofen eine Höhendifferenz der Quartärbasis von 17 m an, HABBE (1986b: 441) 10 bis 15 m und JERZ et al. (1975: 113) sprechen von 15 m für das Hitzenhofener sowie JERZ & WAGNER (1978: 52) von 10 m für die Hochterrasse von Memminger Berg. EBERL (1930: 265) und JERZ et al. (1975: 113) geben Schottermächtigkeiten von 10 bis 12 m an. Für die Hochterrasse von Memminger Berg gibt SINN (1972: 111f) eine Quartärbasishöhe auf ca. 610 m ü. NN an²³⁷, die 6 bis 7 m unter der Quartärbasis des Hawanger Feldes liegt, 7 m auch bei ELLWANGER (1988: 224).

SINN (1972: 109) sieht im bis zu 4 km breiten Hitzenhofener Feld ein weitgehend vollständig erhaltenes Teilstück des Schotterstranges an, der sich von den Endmoränenwällen bei Legau über das Steinbacher Feld, das Hitzenhofener Feld, die Hochterrasse von Niederrieden bis ins Tal der bayerischen Roth erstreckte. Die Talachse zieht er von Kardorf bis in das Gebiet E' von Buxach und will einen Anstieg der Quartärbasis sowohl Richtung W als auch Richtung E erkannt haben. Dies wird zumindest für den Ostteil, der auf Blatt Nr. 8027 Memmingen liegt, durch die Ergebnisse von Bohrungen bestätigt: wie oben bereits dargelegt, liegt bei einer Schottermächtigkeit von ca. 6 m die Quartärbasis im Bereich vom Stadtwald zwischen Dickenreis und Dickenreishausen auf ca. 616 m ü. NN²³⁸. Somit liegt sie nur ca. 3 m tiefer als auf der gegenüberliegenden Talseite im Hawanger Feld. Erst im Stadtweiherwald (Schottermächtigkeit ca. 11,5 m, Quartärbasis auf ca. 608 m ü. NN²³⁹) weiter im N wird eine Höhendifferenz von 10 m erreicht. In Dickenreishausen liegen die Schottermächtigkeiten bei 5 bis 6 m bei einer Quartärbasishöhe von ca. 623 m ü. NN²⁴⁰. Jenseits der Buxach N' Hart liegt die Quartärbasis auf ca. 603 m ü. NN bei einer Schottermächtigkeit von 11 m²⁴¹. Das Einfallen der Quartärbasis von Dickenreishausen ausgehend Richtung N und E wird dahingehend interpretiert, dass etwa bei Dickenreishausen ein Geländesporn auf der Molasseoberfläche zu suchen ist, N' von dem sich die beiden Schmelzwasserströme aus der Rothensteiner Rinne und vom Legauer Lobus vereinigen. Demnach wäre der östlichste Teil der Hitzenhofener Feldes, der E' der Buxach zwischen Königsrain und Stadtweiherwald liegt sowie die Hochterrasse von Memminger Berg, noch als Schüttungen aus der Rothensteiner Rinne in Verlängerung der Zeller Hochterrasse zu betrachten. Vielleicht wurde die riss-periglaziale sowie riss-würm-interglaziale Buxach genau im Nahtbereich dieser beiden Schotterstränge durch deren konvex gewölbten Oberflächen in ihr Bett gezwungen und hat dort die Schotter bis zur unterlagernden Molasse ausgeräumt.

Im nördlichen Teil der Zeller Hochterrasse streicht die Grenze zur unterlagernden Molasse an den Hangflanken aus (PENCK & BRÜCKNER 1909: 32, KLUSCH 1995: 56, FIXL 2009) und taucht nach S unter die Oberfläche der würmzeitlichen Schmelzwasserschotter, die sich an der W- sowie an der E-Flanke der Zeller Hochterrasse anlagern und somit in einen hydraulischen Kontakt treten können. SINN (1972: 108) gibt für die Zeller Hochterrasse bei Zell Schottermächtigkeiten von 13 bis 14 m an und glaubt im westlichen Ausstrich und im östlichen Einfallen der Quartärbasis beim Gehöft Dießlings einen hochliegenden Randbereich einer Rinnenfüllung zu erkennen, die sich dann mit dem Hawanger Feld verknüpfen ließe. Dagegen schließt KLUSCH (1995: 59) aufgrund der Höhenlage der Quartärbasis von max. 641 m ü. NN²⁴² der Zeller Hochterrasse in Grönenbach und von 647 m ü. NN bei Goßmannshofen am südlichsten Rand des Hawanger Feldes ausdrücklich eine Verknüpfung dieser beiden Hochterrassenschotter aus. Dagegen kann die Zeller Hochterrasse problemlos mit der Hochterrasse von Memminger Berg verknüpft werden (KLUSCH 1995: 59). Hierbei ist allerdings zu beachten, dass es sich bei der Zeller Hochterrasse nach SINN (1972) um den

²³⁷ Dies deckt sich gut mit den Ergebnissen der Bohrung **8027-LEB-BG-379** (R: 43.66783/H: 53.18398), die auf ca. 611 m ü. NN die Quartärbasis der Hochterrasse von Memminger Berg ange-troffen hat.

²³⁸ **8027-LEB-BG-155** (R: 43.64173/H: 53.15014)

²³⁹ **8027-LEB-BG-045** (R: 43.63510/H: 53.16358)

²⁴⁰ **8026-LEB-BG-042** (R: 43.62968/H: 53.13719)

²⁴¹ **8026-LEB-BG-002** (R: 43.62660/H: 53.16939)

²⁴² **8127-LEB-BG-068** (R: 43.67240/H: 53.05870)

westlichen Bereich und beim Hawanger Feld bei Goßmannshofen um den östlichen Rand einer Talfüllung handelt, die in keinem Fall miteinander verknüpft werden dürfen. Das Rinrentiefste, das an der W-Flanke des Hawanger Feldes ausstreicht, liegt auf ca. 619 m ü. NN, was eine Verknüpfung durchaus plausibel machen könnte.

Für die Zeller Hochterrasse wurden bei den Recherchen nur zwei Bohrungen gefunden, die die Molasse im Liegenden der Schmelzwasserschotter angetroffen haben. Im E von Grönenbach liegt die Bohrung **8127-LEB-BG-014**²⁴³, die in einer Teufe von 44 m bei 648 m ü. NN die Molasse angetroffen hat, ca. 315 m weiter im W liegt die Bohrung **8127-LEB-BG-068**²⁴⁴, die bis zu ihrer Endteufe von 45 m bei 643 m ü. NN noch nicht die Molasse erreichte, was aber zeigt, dass die Basis der Zeller Hochterrasse in diesem Bereich scheinbar nach W einfällt. In einer Kiesgrube²⁴⁵ an der westlichen Flanke der Hochterrasse gibt MIARA (1995: 23) für die Quartärbasis eine Höhe von 658,0 m ü. NN an. Mittlerweile ist die Kiesgrube aufgelassen, teilverfüllt und verstürzt, so dass sich dieser Wert nicht mehr überprüfen ließ. Zumindest die Bohrungen und der Ausstrich der Quartärbasis am Geländesporn bei Zell zeigen, dass die Molasseoberfläche scheinbar kaum Richtung N einfällt, die Schottermächtigkeit aber von ca. 40 m auf ca. 6 m abnimmt. Die Datendichte ist jedoch so gering, dass man über das genauere Relief der Quartärbasis und damit über Schüttungsrichtung und Rinnenachse keine Aussagen treffen kann. Somit kann auch eine Beteiligung von Schmelzwässern aus der Rothensteiner Rinnen am Aufbau bzw. an der Formung der Zeller Hochterrasse weder belegt noch widerlegt werden. Die auffällige Mächtigkeitsabnahme könnte einerseits mit einem Übergangskegel oder einer Lage am Rinnenrand, genauso gut aber mit der Erosion der Oberfläche durch Schmelzwässer aus der Rothensteiner Rinne erklärt werden.

Gefälle Quartärbasis: PENCK & BRÜCKNER (1909: 39) geben für das Hitzenhofener Feld ein Gefälle um Memmingen von 3,6 ‰ und um Grönenbach von 13 ‰ an. SINN (1972: 108) verknüpft die Zeller Hochterrasse mit dem Hawanger Feld (Quartärbasis E' Benningen) und gibt ein Gefälle von 4,3 ‰ an; für die Fortsetzung vom Hawanger Feld zwischen den Kiesgruben E' Benningen bis in das Günztal bei Weinried SE' Babenhausen gibt er ein Gefälle von 3,4 ‰ an²⁴⁶. Da die Datendichte auf Blatt Nr. 8027 Memmingen für die Konstruktion einer Quartärbasiskarte der Zeller Hochterrasse, der Hochterrasse von Memminger Berg sowie für den Ostrand des Hitzenhofener Feldes zu lückenhaft ist und nach SINN (1972) die Talachse des Hitzenhofener Feldes vollständig auf Blatt Nr. 8026 Aitrach verläuft, können für den auf Blatt Nr. 8027 Memmingen nur in Schotterrelikten erhaltenen Bereich keine Angaben bezüglich ihres Gefälles gemacht werden.

Deckschichten: Bereits PENCK & BRÜCKNER (1909: 28) schrieben von einem „*lehmbedeckten Feld*“, das hauptsächlich landwirtschaftlich genutzt wird und außer dem Weiler Hitzenhofen nur an seinen Rändern Siedlungen trägt. Der Lehm wurde einst bei Ruf in einer Ziegelei ausgebeutet (PENCK & BRÜCKNER 1909: 30). KLUSCH (1995: 61) erwähnt eine würmzeitliche Lösslehmbedeckung auf der Zeller Hochterrasse, die einem riss-würm-interglazialen Boden auflagert. SINN (1972: 113) gibt auf dem Hitzenhofener Feld Mächtigkeiten für die Decklehme von über 2 m an, BIBUS (1995: 141) schreibt von Mächtigkeiten bis zu 3,4 m. Bohrungen bei Dickenreishausen zeigen durchschnittlich nur 1 bis 2 m mächtige, lehmige Deckschichten, die aber Richtung E im Stadtwald auf 6 m²⁴⁷ ansteigen können.

Wie bereits für das Hawanger Feld beschreibt BIBUS (1995: 141) im Hitzenhofener Feld mehrere Lössböden und u.a. auch den mittelwürmzeitlichen Lohner Boden, allerdings in einer stark vernässten Variante. Risszeitliche oder riss-würm-interglaziale Ablagerungen fehlen auch hier, nur die mindestens 6,3 m mächtige, intensive Schotterverwitterung weist auf die

²⁴³ **8127-LEB-BG-014** (R: 43.67543/H: 53.05806)

²⁴⁴ **8127-LEB-BG-068** (R: 43.67240/H: 53.05870)

²⁴⁵ **8127-LEB-AG-015** (R: 43.66393/H: 53.07449)

²⁴⁶ SINN (1972) verknüpft hier zwei Basishöhen der Hochterrasse über eine Distanz von fast 20 km ohne sich über die Lage dieser beiden Punkte zur ehemaligen Tal- und Schüttungsachse der Hochterrasse zu äußern.

²⁴⁷ **8027-LEB-BG-155** (R: 43.64173/H: 53.15014)

Bodenbildung im Riss-Würm-Interglazial hin (BIBUS 1995: 142). Für die Zeller Hochterrasse gibt MIARA (1995: 23) bis zu 1,5 m mächtige, zu den Terrassenrändern stark ausdünnende Deckschichten an, die von ihm aber nicht weiter pedologisch untersucht wurden.

Verwitterung und Verfestigung: EBERL (1930: 264) beschreibt die Schotter mit einem „*recht frischen Gesteinszustand und wenig Neigung zu Verfestigung*“ und einer 0,75 bis 1 m mächtigen Verwitterungsdecke (EBERL 1930: 266). Dieser unter dem Lösslehm liegende Schotterlehm wird als Bodenbildung des Riss-Würm-Interglazials angesehen (BIBUS 1995, RÖGNER 1998: 22). SINN (1972: 113) gibt für das Hitzenhofener Feld Verwitterungsmächtigkeit von 2,5 m im SW von Hühnerberg und 2,5 bis 3 m E' Illerbeuren an und betont, dass die Verwitterungstiefen im Hawanger Feld sowie im Hitzenhofener Feld sich nicht wesentlich unterscheiden, im zentralen Hitzenhofener Feld sogar größer sein können. BIBUS (1995: 142) schreibt von einer Verwitterungstiefe in den Schottern von mindestens 6,3 m in Hart am Ost- rand des Hitzenhofener Feldes. Diese 6,3 m mächtige Verwitterungstiefe von Hart und andere Bohrerergebnisse könnten Hinweise darauf sein, dass es im Hitzenhofener genauso wie im Hawanger Feld Geologische Orgeln gibt. Leider existiert momentan im Hitzenhofener Feld keine aktive Kiesgrube mit frischen Abbauwänden, um dies überprüfen zu können²⁴⁸. Auch gab es während der Kartierarbeiten keine Baugrube auf dem Hitzenhofener Feld, die tief genug gewesen wäre: die besuchten Baugruben erreichten meist nur die Unterkante des Lösslehms bzw. die obersten Bereiche des Schotterlehms. Daher kann auch bezüglich der Verfestigung nur aus der Literatur stammende Angaben herangezogen werden: beispielsweise beschreiben PENCK & BRÜCKNER (1909: 30) die Schmelzwasserschotter des Hitzenhofener Feldes als „*zu loser Nagelfluh verkittet*“.

3.4 Würmzeitliche Schotterfelder

Das bis zu 3 km breite Memminger Trockental erstreckt sich von den würmzeitlichen Endmoränenwällen bei Ziegelberg im S bis in den südlichen Randbereich von Memmingen und geht dort in das breite Steinheimer Feld sowie in das Tal der Memminger Ache über. PENCK & BRÜCKNER (1909) differenzierten noch nicht die würmzeitlichen Bildungen im Alpenvorland; erst EBERL (1930) untergliederte, wie schon zuvor die Risskaltzeit in zwei, die Würmkaltzeit in drei Stadien mit unterschiedlichen Schotterfeldern. Allerdings konnte er im Memminger Trockental nur zwei Stadien mit zugehörigen Schotterfeldern nachweisen (EBERL 1930), was auch von SCHAEFER (1940) so übernommen wurde. Mittlerweile können drei (seit GRAUL 1953: 17ff, 19 Abb. 1) hochwürmglaziale Schmelzwasserschotter im Memminger Trockental unterschieden werden (siehe Abb. 19). Diese von GRAUL (1953a) entworfene Dreigliederung der würmzeitlichen Ablagerungen im Memminger Trockental konnte weitgehend bestätigt werden und wurde vom Verfasser mit kleinen Umdeutungen²⁴⁹ übernommen.

Der älteste Schotterkörper baut das **Steinheimer Feld** mit seinen südlichen Teilfeldern²⁵⁰ *Benninger Feld*²⁵¹, *Daraster Feld* und *Wolfertschwendener Feld*²⁵² auf, wobei es sich bei diesen drei Namen um reine Arbeitsbezeichnungen zur schnelleren Orientierung handelt, die keine Bedeutung haben sollen, die über diese Arbeit hinausgeht. Das Daraster und Wolfertschwendener Feld haben über einen Übergangskegel Anschluss an die würmzeitlichen

²⁴⁸ Auf das Fehlen von aktiven Kiesgruben im Hitzenhofener Feld weisen schon WEINIG & LAGALLY (1984) hin.

²⁴⁹ Dies betrifft die Deutung des flachen Geländerückens in der nördlichen Fortsetzung der Zeller Hochterrasse als Schwemmkegelrest aus dem Tal des Zeller Baches. GRAUL (1953a: 20) interpretiert den Geländerücken „*als Rest des ursprünglichen Hochwürm-Talbodens*“.

²⁵⁰ Dies sehen auch GRAUL (1953a: 19 Abb. 1) und HABBE (1986b) so: „*Im nördlichen Teil des Memminger Trockentales unterbricht die Ausraumzone Benninger Ried/Memminger Achtal den Zusammenhang zwischen den Schotterfeldern vor den Ziegelberger Endmoränen im Süden und dem Fellheimer Feld im Norden.*“ (HABBE 1986b: 435).

²⁵¹ bei GERMAN (1959: 13, 53) „*Schotter von Benningen*“ bzw. „*Benninger Niveau*“

²⁵² „*Wolfertschwendener Feld*“ nach GERMAN (1959: 13)

Endmoränenwälle des Ziegelberger Lobus und bilden zusammen mit diesen sowie dem im S anschließenden Zungenbecken (Dietmannsrieder Becken) eine im PENCK'schen Sinne klassische, **glaziale Serie**.

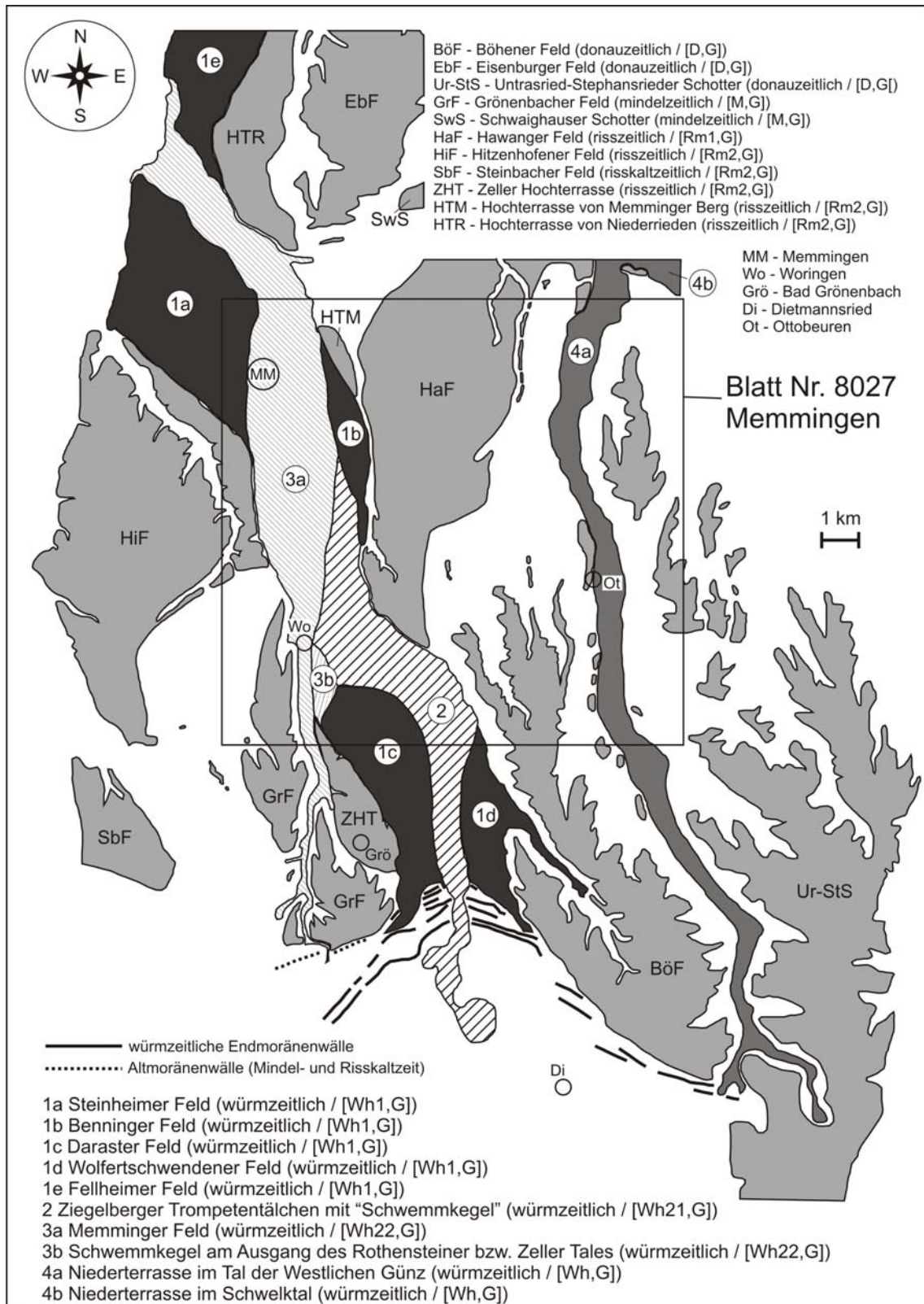


Abb. 19: Karte der Verbreitung der würmzeitlichen Schmelzwasserschotter (nach PENCK & BRÜCKNER 1909, SINN 1972, STREIT et al. 1975, JERZ & WAGNER 1978, HABBE 1985a, 1985b, 1986a, 1986b, ROPPELT 1988, FESSELER & GOOS 1988, SZENKLER et al. 2001, WENNINGER 1994, KLUSCH 1995) und deren Gliederung in Teilfelder im Arbeitsgebiet und deren Fortsetzungen im N und S.

Im S, tief zwischen dem Daraster und Wolfertschwendener Feld eingeschnitten, verläuft das **Ziegelberger Trompetentälchen**, das sich nach N hin öffnet, in einen „Schwemmkegel“ übergeht und sich allmählich, etwa ab der Höhe von Woringen im Südteil des Benninger Feldes verliert. Das Schotterfeld des Ziegelberger Trompetentälchens wurzelt in den Endmoränenwällen (Moränenwall bei Käfers, „Käfers-Phase“ nach HABBE 1986b: 374 Abb. 5) NW' von Dietmannsried.

Als jüngste wärmzeitliche Bildung ist das **Memminger Feld** zu betrachten, das über das Greiter Tal²⁵³ und Rothensteiner Tal (**Rothensteiner Rinne**) mit den Endmoränenwällen zwischen Sommersberg²⁵⁴ und Herbisried (SCHAEFER 1973: 173, 182, HABBE 1985a: 56 Abb. 1, 1986b: 374 Abb. 5) bzw. mit den Endmoränenwällen des wärmzeitlichen Canyon-Lobus verbunden werden kann. Bei Woringen tritt es mit einem ausgeprägten Schwemmkegel in das Memminger Trockental über, durchschneidet das Steinheimer Feld (Terrassenkreuzung) und trifft bei Heimertingen auf das Illertal.

Erste Hinweise darauf, dass diese Dreigliederung sowie stratigraphische Stellung inklusive Eisrandanbindung der wärmzeitlichen Bildungen in Steinheimer Feld mit den südlichen Teilfeldern, Ziegelberger Trompetentälchen samt Vorfeld und Memminger Feld, das bei Woringen ins Memminger Trockental tritt, möglich ist, liefert BRUNNACKER (1959a: 92), der feststellt, dass die Verwitterungsböden auf den Schmelzwasserschottern unterhalb von Memmingen einen wesentlich geringeren Verwitterungsgrad besitzen als oberhalb. BRUNNACKER (1959a: 92) führt aus, dass die Ursache hierfür nicht allein in den höheren Niederschlägen im S zu suchen sei. Ein weiterer Grund hierfür liegt vermutlich darin, dass die von BRUNNACKER (1953a, 1959a) im S von Memmingen beschriebenen Aufschlüsse alle auf den beiden älteren Schottern liegen, die im S von Woringen den gesamten Talboden des Memminger Trockentales aufbauen, und die Aufschlüsse unterhalb von Memmingen im jüngsten Schotter, dem Memminger Feld, liegen.

Als das Memminger Feld noch eine aktive Sanderfläche darstellte, waren die beiden älteren Schotterfelder schon inaktiv und unterlagen der hochglazialen Frostverwitterung mit hauptsächlich mechanischem Schotterzersatz (BRUNNACKER 1953a: 126f, 1959a: 131) im Periglazialbereich. Dieser „kleine“ zeitliche Vorsprung für die Verwitterung kann womöglich in Verbindung mit den höheren Niederschlägen sowie den im S stellenweise auftretenden, dünnen äolischen Deckschichten Ursache für die unterschiedlichen Verwitterungsintensitäten der drei hochglazialen Schotterfelder sein, wobei sich die beiden älteren nicht in der Verwitterung unterscheiden (BRUNNACKER 1953a: 125).

²⁵³ Bereits SIMON (1926: Karte) und GERMAN (1959: 17) haben einen wärmzeitlichen Schmelzwasserabfluss über das Greiter Tälchen beschrieben, was SCHAEFER (1973: 182) und HABBE (1986b: 381) bestätigen; allerdings flossen über das Greiter Tal keine Schmelzwässer mehr ab, als die Schmelzwässer des Canyon-Lobus über die Rothensteiner Rinne dem Memminger Trockental zueilten und das Memminger Feld schufen, da sich zu dieser Zeit der Ziegelberger Lobus vermutlich schon bis Käfers zurückgezogen hatte und das Greiter Tal nur noch ein periglaziales Gewässer führte – den Vorläufer des heutigen Greiter Baches.

²⁵⁴ HABBE (1986b: 378) führt aus, dass die Sommersberg-Kuppe in der Würmkaltzeit nicht von Eis überfahren wurde sondern vielmehr als Eisteiler zwischen dem Dietmannsrieder und Canyon-Lobus Becken gewirkt hat.

3.4.1 Steinheimer Feld

Geographie und Allgemeines: Das Steinheimer Feld²⁵⁵ ist der älteste, im Arbeitsgebiet erhaltene würmzeitliche Schmelzwasserschotter und ist nur das nördlichste Relikt²⁵⁶ eines ehemals großen zusammenhängenden Schotterfeldes im Memminger Trockental, das später zertalt und in Teilfelder zerlegt wurde (GRAUL 1953a: 19 Abb. 1, 22, JERZ & WAGNER 1978: 54, siehe auch Abb. 19). Auf einem kleineren Teilfeld am Ostrand des Memminger Trockentales liegt Benningen und im S des Kartenblattes erstrecken sich noch die Teilfelder von Darast und Wolfertschwenden, die auch weit auf das Blatt Nr. 8127 Bad Grönenbach reichen²⁵⁷. Das Schotterfeld endet aber keineswegs, wie Bohrungen bei Ziegelberg belegen, am würmzeitlichen Endmoränenwall bei Ziegelberg²⁵⁸ sondern zieht unter diesem hindurch weiter Richtung S, wo es auf Blatt Nr. 8127 Bad Grönenbach in einem älteren, während eines späteren Stadiums vom Iller-Vorlandgletscher überfahrenen Endmoränenwall²⁵⁹ bei Hörensberg-Schorenmoos-Sachsenrieder Weihermoos (EBERL 1930: 234, SCHAEFER 1940: 112f) wurzeln soll. Diesen Endmoränenwall können aber weder GRAUL (1953a: 22), GERMAN (1959: 16) noch HABBE (1986b: 386) bestätigen. Unabhängig davon, ob dieses ältere Stadium mit Endmoränenwall existierte oder nicht, kann man das Schotterfeld genetisch mindestens zweiteilen: zuunterst der unter dem Ziegelberger Endmoränenwall hindurchziehende Vorstoßschotter, und darüber der Übergangskegel und die Sanderfläche vom Ziegelberger Stadium²⁶⁰. Ob diese Gliederung allerdings in geeigneten Aufschlüssen auch lithologisch nachweisbar wäre, bleibt fraglich (KLUSCH 1995: 64). Talmorphologisch könnte die Übertiefung (GRAUL 1953a: 20) des Memminger Trockentales möglicherweise genetisch mit den Vorstoßschottern bzw. mit einem älteren Stadium und das darüber sich flächig ausbreitende Schotterfeld mit dem Ziegelberg Stadium verknüpft werden (siehe Abb. 3).

Nach N setzt sich das Steinheimer Feld über das Fellheimer Feld ins Tal der bayerischen Roth fort (z.B. SCHAEFER 1940: 40 Abb. 2, BRUNNACKER 1953a: 121, GRAUL 1953a: 22, JERZ et al. 1975: 115, JERZ 1993: 36f, BIBUS 1995: 137).

Alter: PENCK & BRÜCKNER (1909: 29) differenzieren die würmzeitlichen Bildungen noch nicht und sprechen pauschal von Niederterrassenschottern. EBERL (1930) unterteilt die Niederterrassenschotter im Memminger Trockental in zwei getrennte Stadien und SCHAEFER (1940, 1953a) stellt ein Interstadial zwischen die Ablagerung des Steinheimer und des Memminger Feldes. GERMAN (1959: 54ff) geht sogar noch weiter und betrachtet das Steinheimer Feld zusammen mit dem Fellheimer Feld aufgrund der Deckschichten und den nicht in sein Konzept der würmzeitlichen Schotterbasen passenden Schotterunterkanten als junggrisszeitliche Bildung; allerdings gilt dies mittlerweile als widerlegt. GRAUL (1953a) und HABBE (1985a) betrachten das Steinheimer Feld als Bildung des Würmhochglazials, und KLUSCH (1995: 64) schließt sich der Einstufung des Steinheimer Feldes als Schüttung einer frühhochglazialen Vorstoßphase des Illergletschers durch FESSELER & GOOS (1988: 42) sowie ELLWANGER

²⁵⁵ Das würmzeitliche Steinheimer Feld ist nicht mit der in der Literatur (z.B. BIBUS 1995: 139, MIARA 1995: 52) genannten risszeitlichen Hochterrasse von **Steinheim-Niederrieden-Boos** bzw. **Steinheimer untere Hochterrasse** zu verwechseln, auf der die Ziegeleigrube Steinheim mit dem bekannten, 6 m mächtigen Deckschichtenprofil (JERZ & WAGNER 1978: 63f, JERZ & DOPPLER 1990: 5, JERZ 1993: 35, 1995: 304, BIBUS 1995: 139f) liegt. Da Steinheim auf der Niederterrasse liegt, sollte, wie JERZ & WAGNER (1978: 63) es tun, nur von Niederriedener Hochterrasse gesprochen werden, um Verwechslungen zu vermeiden.

²⁵⁶ Bezogen auf das Blatt Nr. 8027 Memmingen, denn weiter im N gibt es sehr wohl noch weitere Felder, die mit dem Steinheimer Feld korreliert werden: z.B. das Fellheimer Feld, das weiter nach N in das Tal der bayerischen Roth zieht (KLUSCH 1995: 64).

²⁵⁷ GERMAN (1959) sieht nur im Wolfertschwendener und Benninger Feld einen einst zusammenhängenden Schotterkörper, den er ins Frühwürm stellt. Das Steinheimer Feld betrachtet GERMAN (1959: 54ff) als eine Bildung des Jungriss.

²⁵⁸ Blatt Nr. 8127 Bad Grönenbach

²⁵⁹ W I-Stadium bei EBERL (1930: 233f)

²⁶⁰ W II-Stadium bei EBERL (1930: 234)

(1989: 456ff) – eher im Sinne SCHAEFERS²⁶¹ – an und verbindet es mit einem frühen Stand des vorrückenden Iller-Vorlandgletschers.

Aus den unmittelbar auf Blatt Nr. 8027 Memmingen gewonnen Kartierergebnissen können nur relative Alterseinstufungen abgeleitet werden. Auch der aus dem Daraster Feld stammende Fund (siehe Abb. 20) eines Mammutzahnes (vermutlich *Mammuthus primigenius*) aus dem Archiv des Stadtmuseum Memmingen (siehe oben) liefert keine stratigraphisch verwertbare Ergebnisse, da sich das Mammut bereits zu Beginn der Würmkaltzeit wieder über ganz Mitteleuropa ausgebreitet hatte (LISTER & BAHN 2009: 29) und somit typisch für die gesamte Würmkaltzeit ist.



Abb. 20: Präparierter Mammutzahn aus dem Daraster Feld, gefunden in einer Kiesgrube vom Baggerführer Alfons Kern im April 1986; Photo des Verfassers vom 12.11.2010. Nach Dr. Reinhard Ziegler vom Staatlichen Museum für Naturkunde in Stuttgart, der in der Lage war, anhand der Photos den Zahntyp und die Elefantenform zu bestimmen (frdl. Mitt. per E-Mail vom 7.2.2011)²⁶², handelt es sich um einen stark abgekauten (daher weitständige Lamellen), „permanenten Molaren“ aus dem rechten Unterkiefer (M3 inf. dext.) mit der Lamellenformel -12-; höchstwahrscheinlich stammt der Zahn von einem *Mammuthus primigenius* (Mammut), aber eine in der jüngeren Risskaltzeit in Mitteleuropa vorkommende Übergangsform vom *Mammuthus trogontherii* (Steppenelefant) ist aufgrund des stark abgekauten Zustandes nicht völlig auszuschließen. Sollte der Zahn von dieser Übergangsform stammen, wäre er nur durch Umlagerung aus älteren Schottern in die würmzeitlichen Schmelzwasserschotter des Daraster Feldes gelangt.

Für weitergehende stratigraphische Einstufungen der würmzeitlichen Schmelzwasserschotter im Memminger Trockental muss deshalb das Blatt Nr. 8027 Memmingen nach S verlassen und die Anbindung der drei Schotterkörper an die Moränenwälle im S auf Blatt Nr. 8127 Bad Grönenbach (HABBE 1985a, KLUSCH 1995) betrachtet werden. Hierbei zeigt sich, dass das Daraster und das Wolfertschwendener Feld durch einen Übergangskegel mit den äußersten Endmoränen des Ziegelberger Lobus verbunden sind und somit dem Hochglazial (Maximalstand des Ziegelberger Lobus) zugeordnet werden können, was sich mit der Einstufung von GRAUL (1953a) und HABBE (1985a) deckt.

²⁶¹ SCHAEFER (1940, 1953a) betrachtet das Daraster und Wolfertschwendener Feld nicht als Teilfelder des Steinheimer Feldes sondern verknüpft sie mit dem Memminger Feld.

²⁶² An dieser Stelle sei ebenfalls nochmals Hr. Dr. Reinhard Ziegler für die Bestimmung dieses Zahnes ganz herzlich gedankt.

Mächtigkeit und Quartärbasis: Die Quartärbasis des Steinheimer Feldes und des Fellheimer Feldes liegt ca. 5 bis 6 m höher als die Quartärbasis des Memminger Feldes im Memminger Achtal und ca. 8 bis 10 m (15 m) höher als das jüngere Erolzheimer Feld (SCHAEFER 1940: 43, JERZ & WAGNER 1978: 55, HABBE 1986b: 433, ELLWANGER 1988: 217). Im Rahmen seiner Diplomarbeit konnte CHEN (2011b) mit Hilfe der Auswertung von zahlreichen Bohrdaten eine relativ detaillierte Quartärbasiskarte des Steinheimer Feldes konstruieren. Die Quartärbasis zeigt ein flachmuldenförmiges Tal, dessen Talachse etwa SE-NW-orientiert ist und vom Südrand der Memminger Altstadt (Basishöhe ca. 586 m ü. NN) Richtung Autobahnkreuz Memmingen (Basishöhe ca. 579 m ü. NN) verläuft. Eine weitere wichtige Erkenntnis in der Arbeit von CHEN (2011b) ist, dass sich diese Talstruktur scheinbar ohne Unterbrechung im Bereich des Memminger Feldes bis nach Benningen verfolgen lässt, wo sie nach S umschwenkt und weiter Richtung S läuft. Dies deutet darauf hin, dass die Tiefenerosion, die Ausformung der Memminger Ach-Rinne (ELLWANGER 1988: 213), die der Akkumulation des Memminger Feldes vorangegangen ist, etwa erst N' der Memminger Altstadt, wo die Schotter des Steinheimer Feldes beginnen auszudünnen und der ehemalige Talrand ansteigt, die Molasseoberfläche erreicht hat und erst ab dort diese tiefer legen können. Der Rand dieses Tales im Steinheimer Feld hebt nämlich Richtung NE allmählich aus und die unterlagernde Molasse kommt an die Oberfläche, was auch durch die Arbeiten von BRUNNACKER (1953a), GRAUL (1953a) und JERZ & WAGNER (1978) bestätigt wird. Sie beschreiben den Ausbiss der Molasse an der westlichen Talflanke des Memminger Achteales²⁶³ etwa talabwärts Amendingen; z.B. BRUNNACKER (1953a: 121): „Dort reicht nämlich ein Tertiärausbiß bis in das Niveau der Schotteroberkante des Steinheimer Feldes.“

Die Schottermächtigkeit im Steinheimer Feld liegt im Rinnentiefsten bei durchschnittlich 10 bis 20 m und nimmt zu den Rinnenrändern recht gleichmäßig auf ca. 2 bis 6 m ab (CHEN 2011b). Im Benninger Feld werden Schottermächtigkeiten von ebenfalls durchschnittlich 10 bis 20 m erreicht (CHEN 2011b), die aber Richtung S zunächst auf ca. 25 m²⁶⁴ (Gebiet der Woringen Einöde) und weiter auf 30 m²⁶⁵ (Daraster Feld Höhe Woringen) und ganz im S kurz vor dem Ziegelberger Endmoränenwall auf ca. 65 m²⁶⁶ (Daraster Feld an der Autobahnausfahrt Grönenbach) ansteigen.

Gefälle Quartärbasis: Für den Abschnitt zwischen Woringen und Memmingen weist die Rinnenachse ein Gefälle von ca. 2 ‰ auf, ab Memmingen versteilt sie sich dann auf ca. 3 ‰ (CHEN 2011b).

Deckschichten auf dem Steinheimer Feld: EBERL (1930: 243) gibt für seine W I-Terrasse äolische Bildungen bis zu 0,5 m Mächtigkeit an. SCHAEFER (1951 in GRAUL et al. 1951: 99f) deutete die Deckschichten als vorwiegend fluviatile Ablagerung („Auelehm“) „mit solifluktiven Bestandteilen und einer deutlichen äolischen Komponente“. Aber seit BRUNNACKER (1953a: 122f, 129) gilt deren äolische Genese als gesichert, der die lehmige Deckschicht des Steinheimer Feldes als vollständig verwitterten Löss interpretiert. JERZ & WAGNER (1978: 62) belegen dies auch noch mit Korngrößenanalysen, die eindeutig auf eine äolische Bildung hinweisen. BRUNNACKER (1953a: 122) sowie JERZ & WAGNER (1978: 62f) geben für die karbonatfreien²⁶⁷ Lehme bzw. sandigen Schluffe auf dem Steinheimer Feld Mächtigkeiten von durchschnittlich 1,2 m (siehe Abb. 21) bzw. 1 bis 2 m, maximal von 3,5 m (S' Amendingen an der BAB A96) an. RÖGNER (1992: 279) schreibt von einem 1,25 m mächtigen Lösslehm und

²⁶³ auf Blatt Nr. 7927 Amendingen und Blatt Nr. 7926 Rot a. d. Rot

²⁶⁴ **8027-LEB-BG-590** (R: 43.66536/H: 53.12623)

²⁶⁵ **8027-LEB-BG-735** (R: 43.67008/H: 53.10601)

²⁶⁶ **8127-LEB-BG-085** (R: 43.68779/H: 53.06400)

²⁶⁷ Im Tal der bayerischen Roth, auch als Weißenhorner Rothtal bezeichnet, sind bis zu 4,3 m mächtige Ablagerungen aus kalkreichem Löss bekannt (BRUNNACKER 1953a: 118). Das südlichste Vorkommen von kalkhaltigem Löss beschreiben BRUNNACKER (1953a: 122f, 129, 1957: 32), JERZ et al. (1975: 116) sowie JERZ & WAGNER (1978: 62) auf dem würmzeitlichen Fellheimer Feld bei Heimertingen und aus der Ziegeleigrube von Steinheim auf der risszeitlichen Niederriedener Hochterrasse (beide Blatt Nr. 7927 Amendingen); vom würmzeitlichen Steinheimer Feld und dessen südlichen Teilfeldern sind keine Lössvorkommen bekannt.

BIBUS (1995: 137f) interpretiert aufgrund von Geröllen, die bis zu Oberfläche des Lösslehm zu finden seien, diesen eher als Schwemmlöss. In den recherchierten Bohrungen und dokumentierten Baugruben im Stadtgebiet von Memmingen ist eine durchschnittliche Lösslehm-mächtigkeit von ca. 1 m und kein Kalkgehalt mehr festzustellen. Wie hoch allerdings der primäre Karbonatgehalt einmal lag, ist unbekannt; BRUNNACKER (1953a: 123) rechnet auch mit geringeren primären Kalkgehalten.

Als Ausblasungsgebiet kommt das im W nahegelegene Erolzheimer Feld in Betracht. (SCHAEFER 1940: 49, BRUNNACKER 1953a: 122, JERZ & WAGNER 1978: 62).



Abb. 21: Baugrube (R: 43.64200/H: 53.18750) in Memmingen W' der Donaustraße zwischen Baumschulweg und Schönfeldstraße; im Liegenden würmzeitliche, unverfestigte Schmelzwasserschotter (1) des Steinheimer Feldes, die nach oben ohne scharfe Grenze in einen verbraunten Verwitterungshorizont (2) übergehen. Darüber liegt ca. 1 m mächtiger, kalkfreier Lösslehm (3), der am Baugrubenrand von kiesigem Bauaushub (4) überlagert wird. Photo des Verfassers vom 4.7.2010.

Eine pedogene Differenzierung der 1 m mächtigen Deckschichten unterhalb der rezenten Bodenbildung ist laut BIBUS (1995: 138) auf dem Steinheimer Feld nicht möglich, allerdings weist er darauf hin, dass das mächtige Profil bei Amendingen noch nicht lösstratigraphisch bearbeitet wurde.

Deckschichten auf dem Benninger, Daraster und Wolfertschwendener Feld: Auf dem Benninger Feld wurden in Schurfen und Bohrungen lehmige (Lösslehm?) und lehmig-kiesige (Lösslehm + Fließerden?) Deckschichten mit Mächtigkeiten von 1 bis 2 m²⁶⁸ aber auch mit einer Mächtigkeiten von 6 m²⁶⁹ angetroffen, wobei in den Schichtenverzeichnissen der Schurfe und Bohrungen die lehmigen und lehmig-kiesigen Deckschichten nicht näher differenziert sowie keine Kalkgehalte angegeben werden. Häufig beschriebene Kieskomponenten in den Deckschichten deuten auf deren teilweise recht hohen Anteil an Solifluktionmaterial hin, was auch aufgrund der Nähe zum Anstieg (bindige Molasse steht im Hang an) auf das Hawanger Feld zu erwarten ist. Diese Beobachtungen decken sich mit denen von BRUNNACKER (1953a: 125), der für das Benninger Feld von einer stellenweise 2 m mächtigen „*Auflage von lehmigen Sand auf dem Schotter*“ schreibt, die „*örtlich noch mächtiger werden*“ kann. Bei Hetzlinshofen schreibt BRUNNACKER (1953a: 125) von einer ca. 0,7 m mächtigen, lehmigen Sandauflage auf dem Niederterrassenschotter, die sich über die markante Erosionsrinne von Hetzlinshofen hinauf auf das risszeitliche Hawanger Feld und von dort weiter über Goßmannshofen in das Molassegebiet zwischen Theinselberg und Felsenberg verfolgen lässt. „*Dieser Sand stellt eine periglaziale Einschwemmung dar.*“ (BRUNNACKER 1953a: 125, vergl. hierzu auch Kap. 3.3.1).

²⁶⁸ 8027-LEB-AG-009 (R: 43.66886/H: 53.15111) und 8027-LEB-AG-027 (R: 43.66831/H: 53.15475)

²⁶⁹ 8027-LEB-BG-845 (R: 43.66981/H: 53.15223)

In den Kiesgruben auf dem Daraster und Wolfertschwendener Feld wurden meist keine oder in günstigen Geländepositionen allenfalls geringmächtige (0,1 bis 0,2 m) Deckschichten dokumentiert, bei denen es sich überwiegend ebenfalls um Lösslehm und in Hangnähe um Solifluktionmaterial, Abschwemm- und Rutschmassen handelt. Dieser deutliche Unterschied zum Steinheimer Feld hängt damit zusammen, dass im W des Daraster und Wolfertschwendener Feldes kein Ausblasungsgebiet, sondern die Barriere des Grönenbacher Feldes existierte.

Verwitterung: Für das Steinheimer Feld geben EBERL (1930: 243) und RÖGNER (1992: 279) als Verwitterungstiefe mit weitgehender Entkalkung aber geringer Verlehmung 30 bis 35 cm an und EBERL spricht von kleinen Verwitterungszapfen, die gelegentlich etwas tiefer greifen; die Gerölle selbst sind „*frisch sowie fest*“ und zeigen nur wenige Spuren von Anwitterung. Der von SCHAEFER (1940: 47ff, 1951 in GRAUL et al. 1951: 100) als Bildung eines Interstadials betrachtete Verwitterungshorizont an der Oberfläche der Schotter im Liegenden des Lösslehms kann seit BRUNNACKER (1953a: 129) und JERZ & WAGNER (1978: 62f) als widerlegt gelten, denn über bodenkundliche Untersuchungen konnten JERZ & WAGNER (1978) nachweisen, „*daß nach der Entkalkung der durchschnittlich 1 m mächtigen Deckschichten die Lösungsverwitterung auch den unterlagernden Kalkschotter erfaßt hat. Auf diese Weise ist auch der 0,20 m mächtige Schotterverwitterungshorizont im Profil der ehem. Ziegeleigrube Fellheim ... entstanden.*“ Die Verwitterung der obersten Schotter des Steinheimer Feldes ist demnach erst nach der Lössaufwehung und Lössentkalkung entstanden und somit spätglazial bis rezent (JERZ & WAGNER 1978: 63). BIBUS (1995: 137) spricht ganz im Sinne von BRUNNACKER (1953a: 123) von einem „*Durchgriff der Verwitterung auch bis 20 cm auf den liegenden Schotterkörper.*“ Entsprechende Verwitterungsbildungen konnten sowohl in Baugruben in Memmingen (siehe Abb. 21), in Kiesgruben als auch bei der Auswertung der zahlreichen recherchierten Bohrdaten bestätigt werden. Gleiches gilt für das Benninger Feld. Aufgrund der fehlenden oder nur sehr geringmächtigen (max. 0,1 m), lehmigen Deckschichten auf dem Daraster und dem Wolfertschwendener Feld findet dort die Bodenbildung und Verwitterung meist unmittelbar auf der Schotteroberfläche statt und ist stellenweise nur gering, kann aber auch bis zu 1 m mächtig werden (siehe Abb. 22). In den Kiesgruben wurden Verbraunung und Verlehmung mit Mächtigkeiten zwischen 0,1 bis 1 m dokumentiert, die unter Bäumen und Sträuchern auch über 1 m in den Schotter hineinreichen; stellenweise sollen die braunen Farben ins rotbraun bis blutrot umschlagen (BRUNNACKER 1953a: 125), was allerdings bei den Geländebegehungen in dieser Farbintensität nicht entdeckt wurde. Darunter folgt noch eine Zone von ca. 0,5 bis 1 m, in der die Schotterkomponenten eine schwache Anwitterung an der Gerölloberfläche zeigen, die nach unten ohne scharfe Grenze in einen scheinbar „*frischen*“ und „*unverwitterten*“ Schotter übergeht. BRUNNACKER (1953a: 125) bezeichnet die rotbraunen bis blutroten Verwitterungsbildungen als „*Blutlehm*“²⁷⁰ und beschreibt sie mit Richtung S zunehmender Mächtigkeit für das Benninger, Daraster und Wolfertschwendener Feld. Allerdings konnte während der Kartierarbeiten in den bestehenden Kiesgruben und Baugruben dieser „*Blutlehm*“ nicht überall aufgefunden werden, was eher für dessen lückenhafte Verbreitung spricht. Nach BRUNNACKER (1953a) soll der Blutlehm W' Hetzlinshofen 0,7 bis 0,9 m und auf der Höhe von Grönenbach rund 1,2 m mächtig werden²⁷¹, was BRUNNACKER mit zunehmender Durchfeuchtung Richtung S erklärt.

²⁷⁰ BRUNNACKER (1957: 57) lässt diesen Begriff in der Folgezeit fallen, da er wissenschaftshistorisch mit einem Klimaoptimum verbunden ist, und führt den neutralen Begriff „*Schotterlehm*“ ein, der auch in vorliegender Arbeit Verwendung findet. Diese auffallend rotgefärbten Unterböden (B-Horizont) von Kiesparabraunerden, die PENCK & BRÜCKNER (1909: 32) sowie REISSINGER (1950: 27) bereits als „*Rotkies*“ erwähnen und der Kiesgrubenbetreiber auf dem Hawanger Feld als „*Rotlage*“ bezeichnet, werden nicht nur in Schwaben sondern auf der gesamten süddeutschen Niederterrasse als Relikte einer wärmer-trockeneren Klimaperiode vor dem Subatlantikum gedeutet (KRAUS 1921, SCHMID 1962, BLEICH 1983: 73).

²⁷¹ BRUNNACKER (1953a: 125): „*In der Gegend westlich Hetzlinshofen ist der Schotter des Memminger Tales 70-90 cm tief zu Blutlehm verwittert. Nach Süden hin kommt es infolge der zunehmenden Durchfeuchtung zu der eingangs erwähnten Profilvertiefung und den anderen damit zusammenhängenden Erscheinungen. So ist der Blutlehm auf der Höhe von Grönenbach rd. 120 cm mächtig. Dabei*

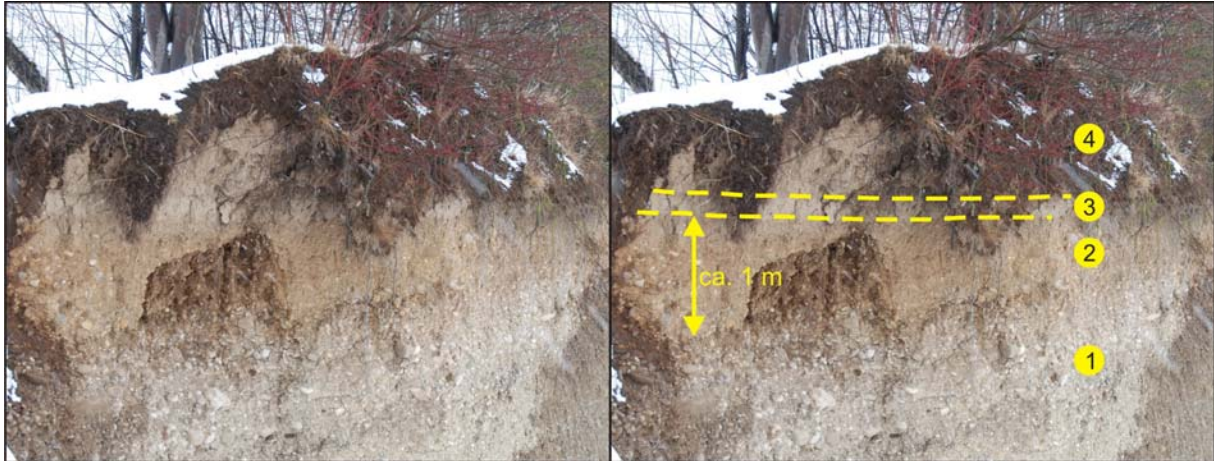


Abb. 22: Kiesgrube (8027-LEB-AG-129²⁷²) in der Sohle des Ziegelberger Trompetentälchens ca. 2 km N¹ Bahnhof Grönenbach; im Liegenden würmzeitliche, unverfestigte Schmelzwasserschotter (1) des Ziegelberger Trompetentälchens²⁷³, die nach oben ohne scharfe Grenze in „Blutlehm“ (BRUNNACKER 1953a: 125), einen verbraunten Verwitterungshorizont (2) übergehen. Darüber liegt ca. 0,2 m mächtiger, kalkfreier Lösslehm (3), der am Kiesgrubenrand von abgeschobenen, lehmigen Deckschichten (4) überlagert wird; Photo des Verfassers vom 24.2.2009.

Verfestigung: In den Kiesgruben auf dem Daraster Feld zeigen einzelne, v.a. tieferliegende Lagen und Linsen eine beginnende Verfestigung, die stellenweise schon eine sehr gute Kornbindung aufweist, aber nur geringe Ausdehnungen besitzt, so dass die Verfestigung für die Kiesgewinnung keinerlei Abbau- und Qualitätsprobleme darstellt.

3.4.2 Schotterfeld im Vorland des Ziegelberger Trompetentälchens

Geographie und Allgemeines: Das Ziegelberger Trompetentälchen²⁷⁴ als morphologische Form mit seinem zugehörigen Schotterkörper („Schwemmkegel“) durchbricht die älteren Endmoränenwälle und wurzelt im jüngeren, weiter im S liegendem Endmoränenwall²⁷⁵ bei Vockenthal und Käfers²⁷⁶ (EBERL 1930: 234, SCHAEFER 1951 in GRAUL et al. 1951: 105, GRAUL 1953a: 22, HABBE 1986b: 374 Abb. 5, 386ff). Im N des Ziegelberger Endmoränenwalles durchschneidet es mit steilen und scharfen Erosionskanten den Südteil des Steinheimer Feldes (gemeint sind das Daraster und Wolfertschwendener Feld) und verliert sich dann im S des Benninger Feldes. „Der zu diesem „Trompetentälchen“ gehörige Schwemmkegel erstreckt sich auf der rechten Hälfte der Talung bis abwärts Bahnhof Woringen.“ (SCHAEFER 1951 in GRAUL et al. 1951: 105). Ob dieser „Schwemmkegel“ tatsächlich existiert, muss stark angezweifelt werden, denn morphologische wie lithologische Geländebefunde sprechen eher für einen überwiegend erosiven und nur gering akkumulativen Charakter.

konnten dort keine Unterschiede in der Bodenausbildung zwischen den einzelnen Flächen (Übergangskegel, Trompetentälchen) gefunden werden.“

²⁷² 8027-LEB-AG-129 (R: 43.69100/H: 53.08272)

²⁷³ Ob es sich bei den Schottern auf der Sohle des Ziegelberger Trompetentälchens tatsächlich um eine Akkumulation des Trompetentälchens handelt oder um eine reine Erosionsfläche in den wenig älteren Schmelzwasserschottern des Daraster und Wolfertschwendener Feldes, konnte trotz bester Aufschlussverhältnisse in der Kiesgrube nicht abschließend geklärt werden, da keine Hinweise auf einen flächig durchziehenden Hiatus in den Kiesgrubenwänden zu finden waren. Vielmehr schaut es nach einem einheitlichen Schotterkörper mit kleinflächigen Erosionsdiskordanzen aus, die für glazifluviale Schüttungen auf einer Sanderfläche typisch sind. Somit hätte das Ziegelberger Trompetentälchen zumindest in diesem Abschnitt nur rein erosiven Charakter.

²⁷⁴ KELLENBERGER (1924: 308) spricht von der „Talmulde bei Ittelsburg“, GRAUL (1953a: 22) vom „Trompetentälchen vom Schorenmoos“ und STEPP (1953: 176) von der „spätglazialen Rinne von Grönenbach-Thal“. Geotop-Nr.: 778R003 (LAGALLY et al. 2009: 99)

²⁷⁵ W III-Stadium bei EBERL (1930: 234)

²⁷⁶ Bei KELLENBERGER (1924: 308) als „Überfallschwelle bei Käfers“ bezeichnet.

Die im S noch scharfen und hohen (beim Bahnhof Grönenbach auf Blatt Nr. 8127 Bad Grönenbach noch ca. 14 m) Erosionskanten verflachen rasch (≤ 1 m) und v.a. die östliche Erosionskante fiedert in einzelne Äste auf. Im Gelände sind diese niedrigen Erosionskanten meist kaum zu erkennen, aber mit Hilfe der Hillshade-Darstellung noch einigermaßen gut auskarterbar. Die aufgefiederten Erosionskanten spiegeln einen zeitlichen Ablauf der Erosion wieder: das heutige Taltiefste liegt zwischen der weitgehend durchziehenden, nicht aufgefiederten Westkante und der untersten, östlichen Kante; nach E hin steigt das Gelände von Kante zu Kante schwach stufenartig an²⁷⁷, so dass man daraus schließen kann, dass die Eintiefung sich von E nach W verlagert hat. Zunächst trafen die Schmelzwässer in Verlängerung des Trompetentälchens den Molassehang bei Niederdorf, erodierten und unterschritten diesen²⁷⁸ und flossen weiter über Dietratried am Südhang des Hawanger Feldes entlang (GERMAN 1959: 29), um sich dann im NE von Woringen im Benninger Feld zu verlieren, da die Erosionskraft des Wassers nachließ und keine Tiefenerosion mehr stattfand. Allmählich verlagerte sich die Talachse nach W, wobei noch schwache Tiefenerosion stattfinden konnte. Beim derzeitigen Kenntnisstand auf Blatt Nr. 8127 Bad Grönenbach (KLUSCH 1995) ist es wahrscheinlich, dass es sich beim Durchbruch der Schmelzwässer durch den Endmoränenwall bei Ziegelberg nicht um ein kurzzeitiges, „katastrophales“ Ereignis gehandelt hat, etwa indem ein Eisrandstausee ausgelaufen ist, wie es TROLL (1926: 221) dargestellt hat, sondern es wird vielmehr ein kontinuierlicher Prozess gewesen sein, der beim Rückzug des Eises vom Maximalstand begann und beim anschließenden Eisrückzug kontinuierlich ablief, indem der Durchbruch im Endmoränenwall weiter benutzt und tiefergelegt wurde, bis die Schmelzwässer einen neuen Weg Richtung NW fanden. Für einen eher kontinuierlichen Prozess spricht auch der bis jetzt ausstehende Nachweis von größeren Seetonvorkommen im fraglichen, intramoränen Bereich (SCHOLZ & PETER 1995: 190 Abb. 1)²⁷⁹ und die Ausbildung eines ausgeprägten Schotterfeldes im Vorfeld des Endmoränenwalles von Käfers (HABBE 1986b: 374 Abb. 5, 386ff).

Die Tiefenwirkung der Erosion sowie die Akkumulation und damit die Mächtigkeit dieses Schotterfeldes im Vorfeld des Ziegelberger Trompetentälchens sind auf Blatt Nr. 8027 Memmingen nur gering, denn dort, wie oben bereits erwähnt, scheint es sich um fast reine Erosionsformen zu handeln und die oberflächlich anstehenden Schotter hauptsächlich Schotter des Wolfertschwendener und Benninger Feldes zu sein, die nur wenig umgelagert wurden. Dies hat auch schon SCHAEFER (1953a) beschrieben: *„Mit den zwei (oder drei) inneren Jung-Endmoränenwällen hängt allein das Trompetentälchen (von Schoren)²⁸⁰ zusammen. Dies stellt aber eine reine Erosionsform dar, wie sie beim Gletscherrückzug in allen größeren (fluvioglazialen) Tälern gebildet wurde. Was sich anschließend an das Trompetentälchen als flache und kleine Schwemmkegel-Akkumulation bis (nicht sehr viel weiter als) Bahnhof Woringen erstreckt, ist nur das Geröll, das aus dem Trompetentälchen ausgeräumt und hier flach ausgebreitet wurde, in keinem Falle aber ist es primäres fluvioglaziales Schottermaterial, dessen Anschüttung von der Gletscherstirn her erfolgt.“* (SCHAEFER 1953a: 59f).

Alter: Da keine Unterschiede in der Verwitterung und Bodenbildung zwischen den Übergangskegeln des Daraster und Wolfertschwendener Feldes sowie der Talsohle des Ziegelberger Trompetentälchens zu erkennen sind, schließt BRUNNACKER (1953a: 125), dass es sich vermutlich um Bildungen mit einem sehr ähnlichen Alter handelt. HABBE (1985a) stellt das Ziegelberger Trompetentälchen ins ausgehende Würm-Hochglazial.

²⁷⁷ In der Folgezeit schnitt sich dann der Mühlbach bei Niederdorf und Dietratried in die von den Schmelzwässern des Ziegelberger Trompetentälchens gestaltete Schotteroberfläche ein.

²⁷⁸ Sowohl im Gelände als auch auf der Hillshade-Darstellung fällt einem genau in diesem Bereich an der Westflanke des Böhener Feldes die ungewöhnliche Häufung von tiefgreifenden Rotationsrutschungen auf, die alle ein ähnliches Alter zu besitzen scheinen und gut mit einem Erosionsereignis am Hangfuß durch Schmelzwässer in Verbindung zu bringen wären.

²⁷⁹ Im Bereich unmittelbar N' des Moränenwalles bei Käfers scheint es einmal einen kleineren Eisrandstausee geben zu haben, der durch Seesedimente belegt ist, die nicht zum Kemptener See des ausgehenden Würm-Hochglazials gehören (SCHOLZ & PETER 1995: 190 Abb. 1). Zur Thematik des Kemptener Sees siehe auch LINK (2002) und LINK & PREUSSER (2005).

²⁸⁰ Gemeint ist das Ziegelberger Trompetentälchen (Anmerkung des Verfassers).

Da das Schotterfeld des Ziegelberger Trompetentälchens letztmalig in den Endmoränenwällen (Moränenwall bei Käfers, „Käfers-Phase“ nach HABBE 1986b: 374 Abb. 5) NW' Dietmannsried wurzelt und während dieses Stadiums seine abschließende Ausformung erhielt, ist es jünger als das Hochglazial des Maximalstandes des Ziegelberger Lobus und mindestens so alt, wie der Endmoränenwall von Käfers; das Ziegelberger Trompetental entstand also während eines gewissen Zeitraumes zwischen dem Rückschmelzen vom Maximalstand und dem Wall bei Käfers.

Da es aber Hinweise darauf gibt, dass die beiden westlichen Loben des Iller-Vorlandgletschers (siehe Kap. 4.2.3.6) ihre Maximalstände erst nach Ausformung des Ziegelberger Trompetentälchens aber gleichfalls im Würm-Hochglazial erreicht haben bzw. „wieder aktiv“ wurde, spricht eigentlich alles dafür, dass es sich sowohl beim Steinheimer Feld, beim Ziegelberger Trompetentälchen und beim Memminger Feld um Bildungen des Würm-Hochglazials handelt.

Deckschichten: In einer Kiesgrube (**8027-LEB-AG-129**²⁸¹) am südlichen Blattrand, die unmittelbar auf der Talsohle des Ziegelberger Trompetentälchens liegt, waren keine bis nur sehr geringmächtige (0,1 m) Deckschichten aufgeschlossen, die als äolische Bildungen interpretiert werden (siehe Abb. 22). In einer Kiesgrube (**8127-LEB-AG-016**²⁸²) W' von Wolfertschwenden wurden bis zu 0,5 m mächtige, stellenweise kiesige Decklehme und ein stark humoser Horizont dokumentiert. Da der Aufschluss aber unmittelbar unterhalb des Anstieges zur älteren Niederterrasse liegt (Wolfertschwendener Feld), und auch ein Einfluss des heutzutage E' verlaufenden Mühlbaches nicht ausgeschlossen werden kann, handelt es sich bei diesen Deckschichten wohl eher um Fließerden und von der Oberfläche des Wolfertschwendener Feldes abgeschwemmte Deckschichten. Hinzu kommt, dass er unterhalb einer bereits verfüllten Kiesgrube liegt und somit auch mit Abraummassen zu rechnen ist.

Zu den Molassehängen im E hin nimmt die Mächtigkeit der Deckschichten jedoch zu, da dort mit größeren Akkumulationen aus Abschwemmungen und Solifluktionmaterial zu rechnen ist. Stellenweise liegen auch die Ablagerungsbereiche größerer Rutschungen z.T. auf den Niederterrassenschottern. Dies trifft v.a. auch auf das Vorfeld des Ziegelberger Trompetentälchens zu, auf dessen Ostrand im Gebiet von Niederdorf und Dietratried die Ablagerungsbereiche großer Rutschungen von der Westflanke des Böhener Feldes liegen.

Verwitterung: BRUNNACKER (1953a) kann keine Unterschiede in der Verwitterung zwischen Daraster und Wolfertschwendener Feld sowie im Vergleich zum Ziegelberger Trompetentälchen feststellen (daher siehe Kap. 3.4.1).

3.4.3 Memminger Feld

Geographie und Allgemeines: Von Woringen im S erstreckt sich das Memminger Feld bis Heimertingen im N, wo es in das Illertal mündet. Ab Memmingen bildet es den Talboden des Memminger Achtales und kann mit dem Erolzheimer Feld im Illertal verknüpft werden (u.a. ELLWANGER 1988: 218, KLUSCH 1995). S' von Woringen kann es über das Tal des Zeller Baches und über das Rothensteiner Tal bis nach Rothenstein verlängert werden, wo es in das Tal von Rothmoos, in das Rothensteiner Tal und das Greiter Tal auffiedert. Sowohl beim Tal von Rothmoos als auch beim Rothensteiner Tal handelt es sich um geköpfte Täler, deren Oberlauf fehlt (SCHAEFER 1973: 182). Beim Talabschnitt S' von Woringen, der Rothensteiner Rinne, handelt es sich aufgrund der Talenge höchstwahrscheinlich um einen überwiegend erosiven Taleinschnitt mit allenfalls geringmächtigen Schmelzwasserablagerungen. Erst ab der Talweitung bei Woringen wurde akkumuliert und ein großer Schwemmkegel aufgeschüttet. Dieser Schwemmkegel ist nicht nur im Gelände, auf der Hillshade-Darstellung und anhand der Höhenlinien klar zu erkennen, sondern auch über bodenkundliche Untersuchungen zu fassen (SERDA & RÖGNER 1997: 12 Abb. 4). SERDA & RÖGNER (1997: 16) schreiben Fol-

²⁸¹ **8027-LEB-AG-129** (R: 43.69100/H: 53.08272)

²⁸² **8127-LEB-AG-016** (R: 43.69624/H: 53.07630)

gendes für den „*geoökologischen Gebietstyp GTe*“: „*Die Böden dieses Gebietstyps finden sich in einem kleinen Vorkommen nördlich des Zeller Hochterrassensporns ... , wo sie sich auch morphologisch mit einer Höhendifferenz von einigen Metern von den Fluvikies-Braun- und Parabraunerden abheben. Sie liegen auf einem flachen Rücken, der sich mit einer durchschnittlichen Breite von 300 m vom Zeller Sporn nach Norden fortsetzt.*“ Bereits GRAUL (1953a: 20) beschreibt diesen Geländerücken: „... *der kleine Flächensporn in der nördlichen Fortsetzung der Zeller Hochterrasse, welcher das Trockental und das Zeller Tal zwischen dem Hofe Rauenbauer und Woringen trennt ...*“ und deutet ihn allerdings „*als Rest des ursprünglichen Hochwürm-Talbodens*“.

In der Folgezeit wurde der Schwemmkegel aber von den über die Rothensteiner Rinne zufließenden Schmelzwässern, die vermutlich kaum Sedimentfracht besaßen, wieder zur Hälfte erodiert. Das Steinheimer Feld wurde durchschnitten und sie gruben sich ab Memmingen in die Molasseoberfläche ein. Erst danach wurde akkumuliert und ab Zell/Woringen entstand ein breites Schotterfeld.

Wieviel von den Schmelzwasserschottern des Memminger Feldes umgelagertes, risszeitliches „Moränenmaterial“ und Schmelzwasserschotter aus der Rothensteiner Rinne, wieviel umgelagerte Schmelzwasserschotter des durchschnittenen Steinheimer Feldes sind und wie hoch der Anteil an „frischem“ glazifluvialen Material des Canyon-Lobus ist, lässt sich nicht abschätzen.

An der Oberfläche werden die Schmelzwasserschotter großflächig von holozänen Bildungen (z.B. Hochflut- und Auenlehme, Anmoor, Torf sowie mächtigen Kalkausfällungen) bedeckt, so dass sie sich weitgehend der Beobachtung entziehen, da es auch keine Kiesgruben in diesen jüngsten Schmelzwasserschottern gibt.

Das Memminger Feld liegt nicht nur tiefer als das Steinheimer Feld, sein Gefälle ist auch höher, so dass etwa bei der Brücke der BAB A96 über die Memminger Ach der randliche Kontakt und somit auch die hydraulische Verbindung der beiden Schotterkörper verloren geht. Folglich tritt die Molasse an der Basis des Steinheimer Feldes zu Tage und bildet ab Amendingen Richtung N – im Ausstrich immer mächtiger werdend – den unteren Teil der westlichen Talflanke des Memminger Achteles (BRUNNACKER 1953a: 121, GRAUL 1953a: 21).

Alter: Das Memminger Feld wird ebenfalls von Niederterrassenschottern aufgebaut PENCK & BRÜCKNER (1909: 29). EBERL (1930: 237) verknüpft es mit dem Ziegelberger Trompetentälchen, was sich allerdings bei der Bearbeitung von Blatt Nr. 8027 Memmingen als unwahrscheinlich herausstellte. GRAUL (1953a) und KLUSCH (1995: 64) widersprechen EBERL (1930) und verknüpfen das Memminger Feld mit dem Maximalstand, was sich allerdings gleichfalls als unwahrscheinlich herausstellte, denn der am Talausgang des Zeller Baches geschüttete, zur Hälfte erhaltene Schwemmkegel des Memminger Feldes, sitzt dem Schotterfeld des Ziegelberger Trompetentälchens auf und blockiert sozusagen dessen tiefste, an der Oberfläche erkennbare Rinne. Der Schwemmkegel muss demnach jünger sein als das Ziegelberger Trompetentälchen. Er muss aber auch älter sein, als der Beginn der Tiefenerosion im Iller-Canyon, den STEPP (1953: 178, 183) an die Wende vom 1. zum 2. Rückzugshalt des Canyon-Lobus legt. Vor Beginn der Tiefenerosion im Iller-Canyon gab es nach STEPP (1953: 182ff) drei Abflusssysteme für die Schmelzwässer: die Weitenauer und Bettrichs-Rinne im W und die Rothensteiner Rinne im NE. Nach SCHAEFER (1940, 1953a) ist die Bildung des Memminger Feldes von der des Steinheimer Feldes durch ein Interstadial getrennt, das er mit der Schotterverwitterung im Liegenden des Lösslehms auf dem Steinheimer Feld begründet. Dies gilt allerdings seit BRUNNACKER (1953a) als widerlegt (siehe Kap. 3.4.1). ELLWANGER (1988: 213f) betrachtet das Memminger Feld mit der Memminger Ach-Rinne an der Basis als Bildungen, die älter sind als das Würm-Maximum. Dabei bezieht er sich meist auf den Maximalstand im westlichen Lobus des Iller-Vorlandgletschers, da er die Memminger Ach-Rinne v.a. im Vergleich mit der „*Tiefen Aitrach-Rinne*“ und der „*Canyon-Rinne*“ betrachtet.

Beim Memminger Feld handelt es sich höchstwahrscheinlich ebenfalls um eine würmhochglaziale Schmelzwasserrinne (BRUNNACKER 1959a, HABBE 1985a), die ihren Ursprung im Canyon-Lobus hat. Mit Beginn des Eisrückzuges und dem Einschneiden des Iller-Canyons fiel das Tal weitgehend trocken und es kam nur noch zu kleineren, lokalen Umlage-

rungen; der Zeller Bach, der Haibach und die Memminger Ache schnitten sich geringfügig ein und lagerten lehmig-sandige Bachschotter ab. Bedeutender war die Bildung von Niedermoortorfen und Alm als Folge von Grundwasseraustritten auf der Höhe von Benningen.

Mächtigkeit und Quartärbasis: S' von Memmingen lassen sich bezüglich der Mächtigkeit und Quartärbasis keine genauen Aussagen machen, da in diesem Abschnitt die Schotter des Memminger Feldes von den älteren Schottern des Steinheimer Feldes unterlagert werden. Zudem fehlen Aufschlüsse und es gibt nur wenige Bohrungen, in denen keinerlei Grenze zwischen liegenden und hangenden Schottern zu erkennen ist. Mächtigkeit und Quartärbasis können als grobe Maximalwerte für die Hangendschotter herangezogen werden, da in diesem Abschnitt die Erosion vor der Akkumulation der Schotter des Memminger Feldes nicht die Basis der Liegendschotter erreicht hat. N' von Memmingen, wo sich beide Schotter getrennt haben, ist die Datenlage wesentlich besser. GRAUL (1953a: 46) gibt für das Memminger Feld bei Benningen eine Mächtigkeit von 8 bis 9 m und für deren Nordende bei Heimerdingen eine Mächtigkeit von 5 bis 6 m an. Nach Auswertung zahlreicher Bohrdaten im Bereich des Memminger Achteles gibt CHEN (2011b) für den Bereich von Memmingen Schottermächtigkeiten von 6 bis 10 m (Quartärbasis auf ca. 592 m ü. NN), für das Gebiet bei Amendingen von 2 bis 6 m (Quartärbasis auf ca. 576 m ü. NN) und für den Bereich bei Steinheim wieder von 6 bis 10 m (Quartärbasis auf ca. 570 m ü. NN) an. Beim Schotterkörper des Memminger Feldes, N' von Memmingen im Memminger Achtal, handelt es sich ebenfalls eindeutig um eine rinnenförmige Talfüllung (CHEN 2011b).

Gefälle Quartärbasis: PENCK & BRÜCKNER (1909: 39) geben für das Memminger Feld ein Gefälle um Memmingen von 3,6 ‰ und um Grönenbach von 7 ‰ an. ELLWANGER (1988: 213) gibt für das Tal der Memminger Ach 4 bis 5 ‰ und CHEN (2011b) für die Rinnenachse N' von Memmingen im Memminger Achtal eine Gefälle von 5,5 ‰ an.

Deckschichten: Schon BRUNNACKER (1953a: 125) beschreibt die Vorkommen von Alm, Torf, Kalktuff und Hochflut-/Auenlehm im Hangenden des Memminger Feldes, die von ihm ins Präboreal und Boreal gestellt werden (BRUNNACKER 1959a: 130ff, JERZ et al. 1975: 117), wobei der überlagernde Hochflut-/Auenlehm die jüngste Bildung darstellt (BRUNNACKER (1953a: 125, 1959a: 130ff). Zuerst auf einer „Schotterersatzzone“ folgt zunächst eine dünne Torflage, die von einer unregelmäßigen Wechselfolge von mehr oder weniger mächtigen Torf- und Almhorizonten überlagert wird (BRUNNACKER 1959a: 130ff).

Verwitterung und Verfestigung: Da auf Blatt Nr. 8027 Memmingen während der Kartierarbeiten keine Aufschlüsse im Memminger Feld existierten und die dort liegenden Bohrungen keine Aussagen diesbezüglich zulassen, können auch keine Aussagen bezüglich Verwitterung und Verfestigung der Schmelzwasserschotter des Memminger Feldes auf Blatt Nr. 8027 Memmingen getroffen werden. BRUNNACKER (1959a) stellt nur fest, dass die Verwitterung auf dem Memminger Feld im Bereich Blatt Nr. 7927 Amendingen geringer sei, als auf dem Daraster und Wolfertschwendener Feld; ferner spricht er von einer „Schotterersatzzone“ im Liegenden der Moor- und Almbildungen.

3.4.4 Würmzeitliche Schmelzwasserschotter im Tal der Westlichen Günz

Geographie, Allgemeines und Alter: Das zwischen 500 und 800 m breite Tal der Westlichen Günz durchquert den Ostteil des Kartenblattes von S nach N. Der Talboden wird von würmzeitlichen Schmelzwasserschottern aufgebaut, die allerdings größtenteils von 1 bis 2 m mächtigen Hochflut- und Auenablagerungen bedeckt sind. Obwohl sie an keiner Stelle direkt aufgeschlossen waren, konnten sie allerdings mit Hilfe des Bohrstockes stellenweise nachgewiesen werden. Eine Untergliederung der Niederterrasse in verschiedene Terrassenniveaus wie im Memminger Trockental ist im Tal der Westlichen Günz nicht möglich. Die Schotter wurzeln in den Endmoränenwällen bei Probstried und Untrasried, unmittelbar NW

der Nahtstelle zwischen Wildpoldsrieder und Dietmannsrieder Lobus (ELLWANGER 1980a: 116 Abb. 3) und werden deshalb gleichfalls ins Hochwürm gestellt.

Mächtigkeit, Quartärbasis und Gefälle Quartärbasis: SINN (1972: 114) schreibt von Schottermächtigkeiten von 1,5 bis 3 m, JERZ et al. (1975: 115) und CHEN (2011b) von 6 bis 8 m. Darüber hinaus ermittelte CHEN (2011b) ein Gefälle der Quartärbasis von 7 ‰ und gibt deren Höhenlage an der Südgrenze des Blattes mit ca. 680 m ü. NN, in Ottobeuren etwa in der Mitte mit ca. 650 m ü. NN und an dessen Nordgrenze mit ca. 605 m ü. NN an.

Deckschichten: Im Tal der Westlichen Günz werden die würmzeitlichen Schmelzwasserschotter großflächig von sandig-schluffigen, stellenweise auch kiesigen Hochflut- und Auenablagerungen bedeckt, die stellenweise durch organische Beimengungen dunkelgrau bis schwarz gefärbt sein können und häufig das Liegende von Vernässungszonen und Anmooren darstellen. In der Nähe der nördlichen Blattgrenze kam es infolge von Grundwasseraustritten auch hier zur Bildung eines Niedermoores (Hundsmoor), wie schon im Memminger Trockental. Im Günztal sind allerdings keine Almbildungen bekannt bzw. aufgefunden worden.

Verwitterung und Verfestigung: Da auf Blatt Nr. 8027 Memmingen während der Kartierarbeiten in den Schmelzwasserschottern des Westlichen Günztales keine Aufschlüsse existierten und die dort liegenden Bohrungen keine diesbezüglichen Aussagen zulassen, können hier auch keine Aussagen bezüglich ihrer Verwitterung und Verfestigung getroffen werden. Im Liegenden der Moorbildungen gibt es sicher ebenfalls eine „Schotterzersatzzone“ im Sinne BRUNNACKERS (1959a).

4. Erdgeschichte

4.1 Tertiär

Den Sockel für die pleistozänen und holozänen Ablagerungen bilden Sande, Schluff, Tone und Mergel der Oberen Süßwassermolasse, der oberste und jüngste Abschnitt der neogenen Schichtfolge, die im nördlichen Alpenvorland dem mesozoischen Deckgebirge und dieses wiederum dem variszischen, kristallinen Grundgebirge auflagert. Entstanden ist diese jungtertiäre Schichtfolge während der neoalpidischen Orogenese aus dem Abtragungsmaterial der sich heraushebenden Alpen, der sich in einem langsam einsinkenden, parallel zum Alpenrand verlaufenden, E-W-orientierten externen Molassebecken sammelte. Im Laufe des Tertiärs kam es zu zwei großen Meerestransgressionen, bei denen jeweils die festländische Fazies (fluviatil) vorübergehend durch eine brackisch-marine Fazies abgelöst wurde. Die Fazieswechsel ermöglichen die Grobgliederung der gesamten Molassesedimente in Untere Meeresmolasse (UMM), Untere Süßwassermolasse (USM), Obere Meeresmolasse (OMM) und Obere Süßwassermolasse (OSM). Nach dem letztmaligen Rückzug des Meeres aus dem Molassebecken setzte wieder die fluviatile Sedimentation ein und es wurden die Sande, Schluffe, Tone und Mergel der Oberen Süßwassermolasse abgelagert, die sich weiter im S am Alpenrand mit grobkörnigen Schwemmfächersedimenten verzahnen. An der Wende vom Obermiozän zum Pliozän wechselte nicht nur die Entwässerungsrichtung im Alpenvorland von W nach E (HANTKE 1993: 226, BECKER-HAUMANN 2005: 23)²⁸³ sondern es begann – als Folge einer starken Hebung des Alpenkörpers samt seines Vorlandes²⁸⁴ – auch eine Phase

²⁸³ zur Flussgeschichte der Donau siehe auch FEZER (1991), FINK (1966), TILLMANN (1980, 1984), VILLINGER (1986, 1989, 1998, 2003)

²⁸⁴ „Im deutschen Alpenvorland lassen sich drei Landschaftstypen auseinanderhalten: - Am Alpenrand das Jung-Moränengebiet mit eisüberschliffenen Hügeln, Endmoränenstaffeln und reichlich Schmelzwasser-Ablagerungen. - N schließt eine durch kaltzeitliches Bodenfließen geformte Altmoränen-Landschaft an. - Gegen die Sammelader der pleistozänen Donau wird sie von einer Schotterlandschaft abgelöst, in der Schmelzwasserströme ihre mitgeführte Geröllfracht ablagerten.“

intensiver Erosion, die letztendlich zu einer Schichtlücke von ca. 10 Ma zwischen den jüngsten, erhaltenen Molassesedimenten und den ältesten, erhaltenen, quartären Sedimenten führte (JERZ & WAGNER 1978: 14, GRAUL 1983: 42). In diese Erosionsphase fällt auch der Wechsel von einem vorwiegend warm-gemäßigten, abschnittsweise auch subtropischen zu einem kühl-gemäßigten Klima, was während der Kaltzeiten im Quartär von Phasen mit arktischem Frostklima abgelöst wurde (JERZ & WAGNER 1978: 14).

4.2 Quartär

Gegen Ende des Tertiärs kam es weltweit zu einer allmählichen und generellen Klimaabkühlung, in deren Folge es im Quartär zu mehreren Klimazusammenbrüchen kam. Während dieser Kaltzeiten bildeten sich in den Alpen zunächst zahlreiche Kargletscher, die dann weiter anwuchsen, sich vom Hochgebirge ausgehend in die Täler erstreckten und mächtige Talgletscher formten, die sich während der Eishöchststände zu einem Eisstromnetz vereinigten (SCHOLZ 1986b). Während der Hochglaziale scholl das inneralpine Eisvolumen so stark an, dass einige Auslassgletscher des Eisstromnetzes das Alpenvorland erreichten, wo sie sich jenseits der Talausgänge ausbreiteten und fächerförmige Vorlandgletscher (Piedmontgletscher) formten. Heutzutage nimmt man an, dass während des Pleistozäns einige dieser alpinen Auslassgletscher mindestens fünfmal (Donau-, Günz-, Mindel-, Riss- und Würmkaltzeit) aus dem Alpenraum bis weit ins Alpenvorland vorstießen (JERZ 1974: 55 und JERZ & WAGNER 1978: 15).

4.2.1 Überblick über das Quartär im Gebiet des Iller-Vorlandgletschers

Nach SINN (1972), JERZ (1974: 56), GLÜCKERT (1974), JERZ et al. (1975: 111) und JERZ & WAGNER 1978: 50 erreichte der Iller-Vorlandgletscher seine größte Ausdehnung während der Mindelkaltzeit, wo er vom Alpenrand aus ca. 43 km nach N vorstieß. Dies wird u.a. durch Geschiebelehme bei Engetried und Linden ca. 2 km bzw. 2,5 km S' Markt Rettenbach belegt (Blatt Nr. 8028 Markt Rettenbach). In der Risskaltzeit waren es immerhin noch 40 km, belegt durch Altmoränen mit Wallform bei Ronsberg (Blatt Nr. 8028 Markt Rettenbach). In der Würmkaltzeit stieß der Iller-Vorlandgletscher nur mehr 35 km nach N vor, was durch die Jungendmoränen der Maximalstände bei Grönenbach und Obergünzburg bewiesen ist (Blätter Nr. 8127 Bad Grönenbach und 8128 Obergünzburg).

Hingegen lassen sich günzzeitliche und noch ältere glazigene Bildungen aus dem Illergletschergebiet nicht zweifelsfrei nachweisen. Allerdings stellen sich Verbreitung und Abgrenzung der den ältest-, alt- und mittelpleistozänen Schotter entsprechenden „Altmoränen“ keineswegs so klar dar, worauf HABBE (1985b: 38ff, 1986b: 459ff) und KLUSCH (1995: 31ff) ausdrücklich hinweisen. Seit EBERL 1930 haben v.a. SINN (1972), SCHAEFER (1973), GLÜCKERT (1974), JERZ et al. (1975), ELLWANGER (1980a), STEPP 1981), SCHOLZ & ZACHER (1983), HABBE (1985a, 1985b, 1986a, 1986b) und KLUSCH (1995) mit teils erheblich differierenden Lösungsansätzen versucht, die unterschiedlichen glazigenen Bildungen stratigraphisch zu gliedern und Maximalstände der verschiedenen Gletschervorstöße zu definieren. Schwierig gestalten sich aber nicht nur die Festlegung der Außengrenzen der verschiedenen Endmoränenwälle und deren stratigraphische Einstufung. Häufig ist auch deren genaue Genese unsicher, denn meist ist eine Unterscheidung zwischen kiesiger „Moräne“ (kiesigem Geschiebelehm) oder feinkornreichem Schmelzwasserschotter aufgrund der schlechten Aufschlussverhältnisse und deren Veränderungen im Zuge ihrer Verwitterung nicht oder kaum möglich. Gleiches gilt für die Grenzziehung zwischen den Deckenschottern im Liegenden

Im Laufe des Pleistozäns schnitten sie sich – als Folge eines stärkeren Emporhebens des Alpenkörpers – immer mehr in die weiche jüngste Molasse ein und bewirkten eine sukzessive Tieferlegung der jeweils wirksamen Erosionsbasen. Die älteren Schotterablagerungen liegen daher heute auf den höchsten Stufen einer treppenförmigen Hochfläche, die in Oberschwaben als Iller-Riß-, im E als Iller-Lech-Platte bezeichnet wird.“ (HANTKE 1978: 285)

und den jüngeren, kiesigen Bildungen im Hangenden. Bei wallartigen Strukturen wird häufig darüber diskutiert, ob es sich nun um Reste eines morphologisch erkennbaren Endmoränenwalles oder doch eher nur um einen wallförmig aussehenden Rücken zwischen zwei Erosionstälern handelt. Exemplarisch kann hier das Böhener Feld genannt werden, auf dessen Südteil verschiedene „moränenartige“, teils wallförmige Bildungen beschrieben sind, die sich je nach Bearbeiter unterschiedlich weit nach N erstrecken, verschieden gegliedert und genetisch sowie stratigraphisch eingestuft werden. KLUSCH (1995) hat im Rahmen seiner Kartierung des Blattes Nr. 8127 Bad Grönenbach diese unterschiedlichen Hypothesen in einer Karte anschaulich dargestellt.

Je nach angetroffenem oder sich im Laufe einer Kaltzeit sich veränderndem Relief im Vorland, Eisbewegungen innerhalb des Gletschers und unterschiedlicher Dynamik der einzelnen, den Iller-Vorlandgletscher aufbauenden Teilströme, konnte sich der Vorlandgletscher in einzelne Teilloben aufspalten. Besonders Molasserücken, die von konglomeratisierten Schmelzwasserschottern gekrönt sind, wirkten vielerorts als Eisteiler.

Zumindest für den riss- sowie den würmzeitlichen Iller-Vorlandgletscher lassen sich die einzelnen Loben rekonstruieren: der risszeitliche Iller-Vorlandgletscher kann von W nach E in die Legauer, Dietmannsrieder und Obergünzburger Zunge, der würmzeitliche Iller-Vorlandgletscher in die Altusrieder, die Dietmannsrieder und die Wildpoldsrieder (Günztal-) Zunge unterteilt werden (KELLENBERGER 1924: 296, SCHOLZ 1995: 239), wobei jeweils das Grönenbacher Feld und das Böhener Feld (während der Würmkaltzeit v.a. der sog. Wagegger Sporn in der SE-Fortsetzung des Böhener Feldes bei Börwang) als Eis- bzw. Lobenteiler fungiert haben (KELLENBERGER 1924: 296, JERZ 1974: 61, STEPP 1981: 65).

Im E berührten sich im Bereich des Kempter Waldes²⁸⁵ und Haarberges der Iller- und der Wertach-Vorlandgletscher, zumindest in der Riss- und Würm- sowie höchstwahrscheinlich auch in der Mindelkaltzeit (JERZ 1983c: 107). Im W stellte der bis 1118 m ü. NN aufragende, vom morphologischen Alpenrand weit nach N vorspringende Kürnach-Eschacher Wald²⁸⁶ eine Barriere für die sich im Vorland auch seitlich ausbreitenden Eismassen des Rhein-Bodensee- und des Iller-Vorlandgletschers dar. WENNINGER (1994: 18) vermutet, dass dieses Bergland samt seiner nördlichen Ausläufer nie von Ferneis überfahren wurde. Vielmehr bezeichnet er das Bergland als „Eisteiler“ zwischen Rhein- und Illergletscher. Ob überhaupt und wenn ja, wie intensiv, es während der Risskaltzeit zum Eiskontakt zwischen den beiden Gletschern im nördlichen Vorfeld des Kürnach-Eschacher Waldes kam, ist abschließend noch nicht geklärt. Aber nach dem Verlauf der jeweiligen Endmoränenwälle sowie der heute noch vorhandenen Reste zugehöriger Schmelzwasserschotter scheint es eher unwahrscheinlich und ist für die Mindel- und Würmkaltzeit dezidiert auszuschließen (WEIDENBACH & BERZ 1933, SCHAEFER 1951 in GRAUL et al. 1951: 104, GERMAN 1959: 5, KELLER & KRAYSS 1980, 2005, BAUBERGER et al. 1981, SCHOLZ & ZACHER 1983, HUSEN 1987, WENNINGER et al. 1994, SCHOLZ 1995). Nach WENNINGER et al. (1994: 5) nähern sich die heute noch nachweisbaren Reste der risszeitlichen Endmoränenwälle des Rhein-Bodensee-Vorlandgletschers und des Iller-Vorlandgletschers zwischen Leutkirch und Legau bis auf ca. 1 km; der Abstand zwischen den würmzeitlichen Endmoränenwällen im Vorland liegt bei ca. 10 km und der zwischen den mindelzeitlichen Endmoränenwällen bei ca. 12 km. Im Gletschervorfeld vereinigten sich zumindest deren Schmelzwasserströme und schütteten gemeinsam Schotterfelder auf (z.B. das risszeitliche Hitzenhofener Feld und das würmzeitliche Erolzheimer Feld).

Unabhängig von den Kontakten der Vorlandgletscher gab es auch inneralpine Eiskontakte und Transfluenzen benachbarter Gletscher mit dem Illergletscher. Nach RICHTER (1966: 34), KRAUS & REIS (1929: 75, beide zit. in JERZ 1974: 56) sowie JERZ (1983c: 107) gab es an

²⁸⁵ Bei KELLENBERGER (1924: 295f) „Kempterwalde“ bzw. „Kempterwald“, bei REISSINGER (1950: 27) „Kemptener Wald“ und bei JERZ (1983c: 107) „Kemptner Wald“.

²⁸⁶ Gemeint ist immer nicht nur der Kürnach-Eschacher Wald sondern auch der Sonneckzug.

mehrerer Stellen Transfluenzen zwischen Lech-²⁸⁷ und Illergletscher. Inwieweit es zum Eiskontakt und zu Transfluenzen von Rheingletschereis (bzw. seiner östlichen Teilgletscher: Bregenzer-Ach-Gletscher sowie Illgletscher) zum Illergletscher im Gebiet zwischen dem Kürnach-Eschacher Wald und dem Hochgrat kam, ist abschließend ebenfalls noch nicht geklärt und nach dem momentanen Kenntnisstand auch nicht belegbar (DOPPLER 2003: 266). Für Eiskontakt und Transfluenz kämen z.B. die Täler Wengen-Buchenberg (= Tal der Wengener Argen), Weitnau-Buchenberg und Staufen-Immenstadt (= Alpseefurche) infrage. Sowohl WEINHARDT (1973)²⁸⁸, KELLER & KRAYSS (1980, 2005)²⁸⁹, HUSEN (1987)²⁹⁰, SCHOLZ (1995: 239)²⁹¹ als auch BINI et al. (2009)²⁹² haben für die Würmkaltzeit Eiskontakte bzw. Transfluenzen für dieses Gebiet auf ihren Karten eingezeichnet²⁹³ und HANTKE (1983: 40) schreibt: „Das von Immenstadt gegen W ins Alpseetal eingedrungene Eis hing bei Oberstaufen mit dem östlichen Rhein-Gletscher zusammen (Bd. 2, S. 68). Innere Jung-Endmoränen E und SE von Oberstaufen bekunden einen bis an den Staufener Berg reichenden Lappen (Fig. 9).“ Da in der Riss- sowie in der Mindelkaltzeit die Gletscherstände höher waren, ist auch mit verstärkten Eiskontakten und Transfluenzen zu rechnen, über deren Ausmaß aber keinerlei Aussagen möglich sind.

Für das Gebiet des Blenders am Ostrand des Kürnach-Eschacher Waldes gibt JERZ (1974: 57f) eine risszeitliche Eisgrenze bei 985 bis 975 m ü. NN an, die durchschnittlich 50 m über den Würmendmoränen liegt. Bei 1020 bis 1030 m ü. NN befinden sich hier vermutlich mindelzeitliche Geschiebelehmreste und bei 1050 m ü. NN (Rauher Stein) sind noch Reste eisrandnah gebildeter, vermutlich altpleistozäner Schotter erhalten MÜLLER (1952: 21)²⁹⁴.

JERZ schreibt in den Erläuterungen zur GK25 Blatt Nr. 8327 Buchenberg (JERZ 1974: 58): „Die Frage, ob sich der Iller- und der Rheingletscher im Alt- und Mittelpleistozän außer in der Alpseefurche bei Immenstadt auch an anderer Stelle im Vorland jemals berührt haben, kann vorläufig noch nicht genau beantwortet werden.“ und in den Erläuterungen zur GK25 Blatt Nr. 8427 Immenstadt i. Allgäu (JERZ 1983c: 107): „Der Illergletscher hing außerhalb des Blattgebietes westlich des Alpsees mit dem größeren Rheingletscher zusammen, im Kemptner Wald verband er sich mit dem Wertach-(Lech-)Gletscher.“

Unabhängig davon, wie weit es dort tatsächlich zu Eiskontakten bzw. Transfluenzen gekommen ist, lässt sich aber feststellen, dass es höchstwahrscheinlich zum Eindringen von Schmelzwässern und damit verbunden auch zum Transport von Schottermaterial des Rhein-Bodensee-Vorlandgletschers in Richtung zum Iller-Vorlandgletscher gekommen ist. Das vom Rhein-Bodensee- zum Iller-Vorlandgletscher gelangte Material hat aber sicher nur sehr wenig zentralalpines Material enthalten, da der Ostteil des Rhein-Bodensee-Vorlandgletschers stark von den Lokalgletschern der Bregenzer Ach sowie der Ill (beide Vorarlberg) geprägt war, die ihre Haupteinzugsgebiete in den Nördlichen Kalkalpen, im Flysch und im Helvetikum hatten. Daher ist über diesen Weg höchstwahrscheinlich nur sehr wenig kristallines Material vom Rhein-Bodensee- in den Bereich des Iller-Vorlandgletschers gelangt. JERZ (1983c: 107)

²⁸⁷ Mit der Transfluenz von Lechgletschereis kann auch zentralalpines Material des Inngletschers zum Illergletscher gelangt sein, denn EBERL (1930) weist auf den Bericht von O. Ampferer hin, der „von einem Funde reichlichen zentralalpiner Gerölles im obersten Lechtal an der Einmündung des Kälbertales östlich der Tannleger Alpe (1639 m), welches nur durch Eis über den Formarin- oder über den Spullerseesattel dahin gelangt sein kann ...“ (EBERL 1930: 219) schreibt. Der Einfluss von zentralalpinem Material auf den oberen Lechgletscher muss unbedeutend und von diesem auf den Illergletscher verschwindend klein gewesen sein. Vielleicht sind die äußerst seltenen, aber an zentralalpine Vergleichsstücke erinnernden Amphibolitgerölle sowohl im östlichen als auch im westlichen Illergletscher-vorland stille Zeugen dieser Transfluenz.

²⁸⁸ Karte des Eisstromnetzes der Ostalpen-Nordseite zur Zeit des Würmmaximums

²⁸⁹ Karte der würmzeitlichen Bodensee-Vereisung und Karte des würmzeitlichen Rhein-Linth-Gletschers

²⁹⁰ Karte der würmzeitlichen Vereisung der Ostalpen

²⁹¹ Karte der würmzeitlichen Vereisung des Alpenvorlandes zwischen Bodensee und Isar

²⁹² Karte der Schweiz während des letztkaltzeitlichen Maximums (LGM)

²⁹³ siehe hierzu auch IRMLER & SCHOLZ (2005)

²⁹⁴ KELLENBERGER (1924: 296): „Am Rauhen Stein auf dem Blender liegt in 1050 m Meereshöhe noch ein Randmoränenrest des Illergletschers in Gestalt diluvialer Nagelfluh, den ich seiner festen Verkitung wegen der Günzeiszeit zuweisen möchte.“

verneint dies sogar ausdrücklich, zumindest für den inneralpinen Bereich („*Zentralalpines Material wurde nicht zugeführt.*“). Dies wird in den Schmelzwasserschottern des Iller-Vorlandgletschers deutlich, die alle durchschnittlich nur einen sehr geringen Kristallinanteil (< 2 %) besitzen, der aber v.a. aus den Molassekonglomeraten der Hochgrat-Adelegg-Schüttung stammen dürfte. Etwas abgeschwächt stellt es VOLLMAYR (1958: 26) in den Erläuterungen zur GK25 Blatt Nr. 8426 Oberstaufen für das Alpseegebiet dar: „*Die dem Alpseeatal folgenden Altmoränen sind sicher sehr komplexe Bildungen. Kristallineschiebe, besonders Amphibolite, sind von W her bis etwa Thalkirchdorf relativ reichlich darin enthalten. Ihre Häufigkeit nimmt von dort gegen E ab. Jedoch finden sie sich bis zum Ostrand des Blattes²⁹⁵ eingestreut. Diese Kristallingerölle dürfen als Spuren des in älteren Eiszeiten bis hierher vorgedrungenen Rheingletschers aufgefasst werden.*“ und „*Südöstlich Thalkirchdorf finden sich in 1000 m Höhe²⁹⁶ glaziale Seetone ... in Wechsellagerungen mit Schottern aus Rheingletschermaterial von mindestens 40 m Mächtigkeit.*“ Thalkirchdorf liegt E' der Europäischen Hauptwasserscheide (Rhein/Donau) bei Oberstaufen im Tal der Konstanzer Ach (Alpseeatal), die den Alpsee durchströmt und bei Immenstadt in die Iller mündet. Dem Gefälle des Alpseeales folgend könnten demnach Schmelzwässer vom Rheingletscher bei Oberstaufen Richtung E dem Illergletscher bei Immenstadt zugeflossen sein. Tatsächlich aber fallen alle Moränen und Kamesterrassen im Alpseeatal nach W ein. Daher scheint es vielmehr, als ob der Illergletscher im Alpseegebiet eher dominierte, den nach E strebenden Brengener-Ach-Gletscher blockierte und diesen womöglich nach W drängte (SCHOLZ 1993: 33 Abb. 11).

Der Anteil an zentralalpinem Material war dort aber in jedem Falle sicherlich gering. Die immer wieder auftretenden Amphibolitgerölle in den Schmelzwasserschottern des Iller-Vorlandgletschers, die im würmzeitlichen Memminger Trockental sowie auf dem risszeitlichen Hawanger Feld und in den risszeitlichen Schmelzwasserschottern des Auerbachtales E' Markt Rettenbach gefunden wurden und nicht mit den aus dem Einzugsgebiet des Illergletschers selbst stammenden Amphiboliten vergleichbar sind (frdl. mündl. Mitt. Prof. Dr. H. Scholz), sind vielleicht auch Zeugen dieser kleinen Transfluenzen des östlichsten Rheingletschers bzw. Spuren seiner Schmelzwässer und deren Ablagerungen.

Die aus den Alpentälern allmählich ins Vorland vorstoßenden Gletscher führten gewaltige Mengen von alpinem Gesteinsschutt und aufgearbeiteten, älteren quartären Ablagerungen mit sich und gaben dies beim Abschmelzen an den Gletscherrändern wieder frei. Dort formte es Moränenwälle oder wurde von den Schmelzwässern aufgenommen und umgelagert.

Die Schmelzwässer der ältesten im Arbeitsgebiet dokumentierten Kaltzeiten fanden ein Molassehügelland mit S-N bis SW-NE-verlaufenden Tälern vor, die einerseits von den aus den Alpen der Donau zufließenden Gewässern als auch von Bächen, die im Molassegebiet selbst entsprangen, geschaffen worden waren (BECKER-HAUMANN 2005). Die aus den Alpen kommenden, plio- bis frühpleistozänen, kaltzeitlichen wie interglazialen Flüsse werden in der Literatur häufig unter Verwendung der heutigen Flussnamen als „Ur-Iller“, „Ur-Wertach“ und „Ur-Lech“ bezeichnet. Die „Ur-Iller“ soll, nachdem sie die Alpen verlassen hatte, relativ bald auf NE-Richtung geschwenkt und Richtung Augsburg geflossen sein (BECKER-HAUMANN 2005: 243 Abb. 104). Die biberzeitlichen Schmelzwässer sollen dann dieses „Ur-Illertal“ benutzt und überprägt haben. Dabei wurden wohl die alten periglazialen Flussablagerungen weitgehend ausgeräumt und umgelagert, die Täler vertieft und erweitert. Schließlich wurden mächtige Schmelzwasserschotter geschüttet. Zwischen den einzelnen, mit quartären Schmelzwasserschottern erfüllten Tälern blieben langgestreckte Geländerrücken des Molasseuntergrundes erhalten.

In den zunächst von den Schmelzwässern unbeeinflussten, „autochthonen“ Bachtälern des Molasse-Hügellandes fand während der Kalt- und Warmzeiten ununterbrochen rückschreitende Erosion Richtung S statt, die die Wasserscheiden aus Molassegesteinen zwischen

²⁹⁵ D.h. bis zum Westrand des oben schon genannten Blattes Immenstadt i. Allgäu (Anmerkung des Verfassers).

²⁹⁶ heutiger Talgrund auf ca. 740 m ü. NN (Anmerkung des Verfassers).

Donau und den Schmelzwassertälern zertalten und weiter verflachten. Hierbei konnte es passieren, dass dabei ein anderes, S' gelegenes Tal angeschnitten und der darin fließende Bach oder Fluss angezapft wurde, wenn es die Gefälleverhältnisse zuließen. So entstanden neue Abflussmöglichkeiten und auch neue Abflussrichtungen für die von S andrängenden Schmelzwässer einer folgenden Eiszeit. Stellten diese neuen Abflusswege verkürzte Wege zum Vorfluter Donau dar, wurden diese periglazialen Täler von den Schmelzwässern benutzt und aufgrund des verkürzten Weges auch stärker in die Tiefe gehend erodiert. Somit wurden die alten Abflussrinnen inaktiv. Im Laufe des Pleistozäns entstand so aus dem tertiären ein neues quartäres Gewässernetz, das bis heute im Großen und Ganzen Bestand hat.

Die sog. „**Westwanderung der Iller**“ im Laufe des Pleistozäns (SINN 1972: 124ff, LÖSCHER 1976: 113f, HANTKE 1993: 242ff), eine Idee, die letztlich auf PENCK & BRÜCKNER (1909) zurückgeht, ist von BECKER-HAUMANN (2005: 242ff) jüngst zusammengefasst und anschaulich dargestellt worden. Da Blatt Nr. 8027 Memmingen aufgrund seiner Lage nahe am Alpenrand kaum²⁹⁷ von dieser Westwanderung der Iller beeinflusst wurde, sondern v.a. der E und der N der Iller-Lechplatte, wird im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter darauf eingegangen sondern auf die Arbeit von BECKER-HAUMANN (2005) verwiesen.

Mit dem im jeweiligen ausgehenden Hochglazial in die Alpen zurückweichenden Gletscherstand setzte bereits wieder die Erosion der Schmelzwasserschotter ein, die sich dann in der darauf folgenden Warmzeit fortsetzte.

Es entstanden spät- und postglaziale Erosions- und Akkumulationsterrassen in den hochglazialen Schotterflächen. Vergleichbar ist die Situation mit der würmzeitlich entstandenen Münchener Schotterebene, in der sich im Spät- und Postglazial die Isar schrittweise durch die Niederterrasse bis hinunter in den tertiären Untergrund einschneidet und dabei im Stadtgebiet und im N von München die spätglaziale Altstadtstufe sowie die postglaziale Pulling-, Lerchenfeld- und Dichtel-Stufe als Akkumulationsterrassen schuf (BRUNNACKER 1959b, 1964d).

Aufgrund der anhaltenden tektonischen Hebungen des schwäbischen Alpenvorlandes (HANTKE 1978: 285, GRAUL 1983: 44, JERZ 1993: 27, 1995: 303, BECKER-HAUMANN 2005: 272) bzw. Tieferlegung des Vorfluters und damit der Erosionsbasis während der einzelnen Warm- und Kaltzeiten mussten sich die Flüsse und Bäche von Warmzeit zu Warmzeit und die Schmelzwässer von Kaltzeit zu Kaltzeit immer tiefer bis auf das heutige Niveau einschneiden. Dabei benutzten die Flüsse und Schmelzwässer das bestehende Talsystem und erodierten teilweise oder vollständig die älteren quartären Ablagerungen in den Tälern, lagerten diese um, schnitten sich weiter in die Molasse ein und akkumulierten neue warmzeitliche Flussschotter und -sande oder kaltzeitliche Schmelzwasserschotter. Dabei ist die Ausräumung älterer Schotter stark vom Verfestigungs- sowie Verwitterungsgrad der Schotter abhängig. Waren die älteren Schmelzwasserschotter bereits verfestigt und damit schwerer erodierbar oder erfolgte die Seiten- und Tiefenerosion nicht in der Talmitte sondern eher am Rande²⁹⁸, wie es EBERL (1930: 105f) beschreibt, schnitten sich die Flüsse vermehrt in die Molasse ein und schufen im Bereich der ehemaligen tertiären Höhenrücken neue Täler, die dann wiederum mit Schmelzwasserschottern teilweise aufgefüllt werden konnten – allerdings auf einem tieferen Niveau. So kam es im Laufe des Pleistozäns zu einer **Reliefumkehr**: Im Bereich der ehemaligen Täler bilden jetzt die alten Talfüllungen aus Schmelzwasserschottern Höhenrücken und im Bereich der alten Höhenrücken aus tertiären Gesteinen verlaufen die heutigen Täler, die mit jüngeren Schmelzwasserschottern gefüllt sind (EBERL 1930: 106).

In die Schmelzwasserschotter der letzten Kaltzeit schneiden sich bis heute die rezenten Flüsse und Bäche ein, tragen die Schmelzwasserschotter ab, lagern diese um und schütten holozäne Schotterkörper auf.

²⁹⁷ Die Westwanderung der Iller ist für das Arbeitsgebiet unmittelbar nicht relevant, aber für die Korrelation mit datierten Schottern, z.B. den Schottern der Zusamplatte, durchaus von Bedeutung.

²⁹⁸ Dies wird durch die meist leicht gewölbte Oberfläche der Schmelzwasserschotter begünstigt.

4.2.2 Genese der Schmelzwasserschotter im Arbeitsgebiet

Die folgende Darstellung gilt prinzipiell für Schmelzwasserschotter weltweit, bezieht sich aber im Speziellen auf die Schmelzwasserschotter im bayerischen Alpenvorland im Vorfeld des Iller- sowie des Lech-Wertach-Vorlandgletschers.

Im quartärgeologischen Sinne handelt es sich bei Schmelzwasserschottern primär um kiesig-sandige, stellenweise steinige, nahezu planar bis schräggeschichtete Ablagerungen von Schmelzwässern im Gletschervorfeld. Diese glazifluviatilen Bildungen bauen weite Sand- und Schotterflächen auf, nach dem isländisch Wort „*sandur*“ auch als Sander oder Sanderflächen bezeichnet (JERZ 1993: 27, SCHOLZ 1995: 209). Stark schwankende Wasser- und Sedimentmengen sowie die häufige Verlagerung der verschiedenen Abflussrinnen charakterisieren die sedimentologischen Prozesse derartiger Zopfstromsysteme (englisch: *braided river systems*), die von einem schnellen Wechsel von Erosion mit Akkumulation geprägt sind. Abhängig von der Wassermenge und dem mitgeführten Material erodierten die Schmelzwässer der aus den Allgäuer und Ammergauer bzw. Lechtaler Alpen unterschiedlich weit ins Vorland vorstoßenden Talgletscher ältere quartäre Ablagerungen sowie die Gesteine des tertiären Untergrundes und lagerten diese um; zusätzlich akkumulierten sie mitunter gewaltige Mengen an mitgeführten, „frischen“ Schmelzwasserschottern. Gerade die Aufarbeitung und Umlagerung älterer, häufig verwitterter (Anreicherung der verwitterungsresistenten Komponenten), quartärer Ablagerungen ist für die Quartärgeologie ein wichtiger und nicht zu unterschätzender Prozess, da hierdurch ältere Ablagerungen mitunter vollständig „verschwinden“ können und das „scheinbare Fehlen“ von Ablagerungen einer Kaltzeit in einem Gebiet, im vorliegenden Arbeitsgebiet geht es um das „Fehlen“ günzzeitlicher Schmelzwasserschotter, erklären könnten.

Im Arbeitsgebiet gibt es verschiedene Schmelzwasserschotter, die im Sinne der Morphostratigraphie aufgrund der Höhenlage ihrer Basen unterschiedlich alt sein müssen und unterschiedlichen Kaltzeiten zugeordnet werden können. Bei den einzelnen, jeweils zu einer Kaltzeit gehörenden Schmelzwasserschottervorkommen handelt es sich um ehemalige Talfüllungen (EBERL 1930: 106ff und 304f), die in E-W-Richtung nicht mit gleichaltrigen Vorkommen zu einer ehemals riesigen Schotterfläche zusammengehängt werden können. Das trifft im Arbeitsgebiet und dessen angrenzenden Gebieten im E und W zweifellos für die Schmelzwasserschotter der Mindel-, Riss-, und Würmkaltzeit und mit großer Wahrscheinlichkeit auch für die prägünz- und günzzeitlichen Ablagerungen zu. Eine gewaltige Schotterebene, die eine tertiäre Landschaft mit ausgeprägtem Relief vollständig und großflächig überdeckt, wie sie von PENCK & BRÜCKNER (1909) angenommen wird, halten EBERL (1930: 106ff) und BECKER-HAUMANN 2005: 271 für das Arbeitsgebiet für eher unwahrscheinlich. Geländebefunde bestätigen dies zumindest für die würm- und riss sowie für die mindelzeitlichen Schmelzwasserschotter, wie das Grönenbacher Feld, bei dem ein einseitiges, über dem „normalen“ Gefälle liegendes Ansteigen der Quartärbasis am Westrand des Schotterkörpers zu beobachten ist, was mit einer alten Talform bzw. Talfüllung erklärt werden kann, die in der Mitte des Tales am mächtigsten ist und zu den Rändern hin ausdünt.

Von den Schotterflächen blasen Winde das feinkörnigere Material aus (SCHOLZ 1986b: 12, JERZ 1995: 309), bis ein dichtes Steinpflaster den Untergrund vor weiterer Erosion schützt (SCHOLZ 1984: 101). Schluff und Feinsand können über weite Strecken transportiert und auf benachbarten oder entfernteren Hängen und Hochflächen in Leelagen abgelagert werden. Die Mittel- und Grobsande hingegen werden meist auf den aktiven Sanderflächen vom Wind zu Dünen mit typischer Schrägschichtung aufgehäuft (SCHOLZ 1984: 101), die stellenweise von kiesigem Material wieder einsedimentiert werden. Ein derartiger Dünenrest, der in die Schmelzwasserschotter der Rainer Hochterrasse eingeschaltet ist, konnte am 26.4.2009 auf der Exkursion der AGAQ-Tagung in einer Kiesgrube S' von Oberpeiching im E des Lech beobachtet werden.

4.2.3 Die verschiedenen Kaltzeiten im Arbeitsgebiet – Versuch einer Rekonstruktion

Die Datengrundlage für die nun folgenden Ausführungen wurde im Kap. 3 ausführlich dargestellt und dient als Fundament für manche Hypothese, die mangels Beweisen Spekulation bleiben muss.

Nach KLUSCH (1995: 32) sollen in der näheren Umgebung der Blätter Nr. 8127 Bad Grönenbach und 8027 Memmingen derzeit mindestens 7 Kaltzeiten nachweisbar sein und z.T. auch im Arbeitsgebiet deutliche Spuren der Erosion und Akkumulation hinterlassen haben, was allerdings für das Blatt Nr. 8027 Memmingen nicht bestätigt werden konnte.

Abgesehen vom Ottobeurer Schotter, bei dem noch nicht endgültig geklärt ist, ob es sich um fluviatile, periglazial-fluviatile oder sogar glazifluviatile Schotter handelt, sind die Ablagerungen von vier Kaltzeiten auf dem Kartenblatt Memmingen nachgewiesen, wobei es sich in allen Fällen um Schmelzwasserschotter handelt. Geschiebelehm und Moränenwälle gibt es im Arbeitsgebiet nicht, da die äußersten Randlagen des Iller-Vorlandgletschers S' des Blattes bei Grönenbach liegen.

Tab. 35: Pleistozän-Gliederung auf Blatt Nr. 8027 Memmingen (verändert nach KLUSCH 1995: 32).

Jungpleistozän	Würmkaltzeit	im Arbeitsgebiet nachgewiesen
Mittelpleistozän	Risskaltzeit	im Arbeitsgebiet nachgewiesen
Altpleistozän	Mindelkaltzeit	im Arbeitsgebiet nachgewiesen
	Haslachkaltzeit	im Arbeitsgebiet nicht nachgewiesen
	Günzkaltzeit	im Arbeitsgebiet nicht nachgewiesen
Ältestpleistozän	Donaukaltzeit	im Arbeitsgebiet nachgewiesen
	Biberkaltzeit	im Arbeitsgebiet nicht nachgewiesen

Im Folgenden wird nun versucht, die Genese der einzelnen Schmelzwasserschotter und die Entwicklung der Landschaft in der jeweiligen Kaltzeit zu rekonstruieren.

4.2.3.1 Biberkaltzeit oder präquartäre Bildungen

Im Arbeitsgebiet können der Biberkaltzeit keine Ablagerungen sicher zugeordnet werden.

Der Ottobeurer Schotter, der momentan an keiner Stelle auf dem Kartenblatt Memmingen oder in dessen näherer Umgebung aufgeschlossen ist, stellt eine Liegendfazies der Schmelzwasserschotter des Böhener Feldes, des Guggenberger und des Stephansrieder Schotters dar, die alle drei der Donaukaltzeit zugeordnet werden (BELLMANN 2009, CHEN 2011a). Stellenweise trennt eine Bodenbildung mit warmzeitlichen Fossilien die überlagernden, donauzeitlichen Schmelzwasserschotter vom unterlagernden Ottobeurer Schotter, weshalb er als deutlich älter als donauzeitlich eingestuft wird. Da sich der Ottobeurer Schotter petrographisch erheblich von den Schmelzwasserschottern unterscheiden soll, v.a. das Fehlen von Dolomit und der relativ hohe Kristallinanteil sind prägend, ist bis heute noch nicht klar, ob es sich bei ihm um glazifluviale Schmelzwasserschotter, um umgelagerte, verwitterte Schmelzwasserschotter oder um periglaziale oder sogar präglaziale Flussschotter aus dem Umfeld der Hochgrat-Adelegg-Schüttung handelt. Bei der Interpretation der Petrographie ist aber stets darauf zu achten, dass sich durch Verwitterungsprozesse und anschließende Umlagerung eine erhebliche Selektion und Veränderung des petrographischen Spektrums ergeben können (SINN 1972: 50). Da die Schotter sich einer Begutachtung durch den Verfasser entzogen, gründet in diesem Falle die stratigraphische und genetische Einstufung als biberzeitliche Flussschotter allein auf Literaturangaben.

Der Ottobeurer Schotter tritt nicht als zusammenhängendes Schotterfeld oder -terrasse sondern stets immer nur punktuell auf. BELLMANN (2009) konnte bei der Konstruktion einer Quartärbasiskarte für den Nordteil des Böhener Feldes rinnenartige Strukturen in der Grenzfläche Molasse/Quartär ermitteln, deren Ausstreichen mit den bei EBERL (1930) beschriebenen

Vorkommen von Ottobeurer Schotter gut zusammenpassen. Gleiches gelang CHEN (2011a) für den Guggenberger und Stephansrieder Schotter.

Trägt man all diese Beobachtungen zusammen, so scheint es sich beim Ottobeurer Schotter um mehrere, annähernd parallel verlaufende Rinnenfüllungen zu handeln, die im Gebiet von Ottobeuren in der Molasseoberfläche von SW nach NE (SINN 1972: 56) verlaufen, was in etwa mit dem zu erwartenden Entwässerungssystem im präglazialen Molassehügelland übereinstimmen würde (BECKER-HAUMANN 2005: 242ff). Ihren Ursprung könnten die damaligen Täler und Rinnen im Gebiet der Hochgrat-Adelegg-Schüttung gehabt haben und überwiegend umgelagertes und von der Verwitterung ausgelesenes Material der oberflächlich entfestigten Molassekonglomerate aufgenommen haben (SINN 1972: 53). Bei dieser Vorstellung wäre dann der Gehalt von „frischem“, alpinen Material eher gering bis auszuschließen. Weitere Möglichkeiten wären, dass es sich um präglaziale, stark durch die Verwitterung vorausgelesene („vorselektierte“) Flussschotter aus den Allgäuer Alpen, sozusagen um Ablagerungen einer präglazialen Ur-Iller, oder um ebenfalls durch die Verwitterung stark vorausgelesene, möglicherweise im Biber-Donau-Interglazial umgelagerte Schmelzwasserschotter des biberzeitlichen Iller-Vorlandgletschers handelt.

Vor Beginn der Biberkaltzeit muss es ein fächerartig in N- bis NE-Richtung orientiertes System mit zahllosen größeren und kleineren Tälern gegeben haben, das den damals in seiner Ausdehnung noch wenig größeren Kürnach-Eschacher Wald entwässerte (SINN 1972: 55, BUCHNER et al. 2005). In diesen Tälern könnte der Ottobeurer Schotter abgelagert worden sein. An der Ostseite des Kürnach-Eschacher Waldes floss die damalige Ur-Iller nach NE und eilte über das Staufenberg-Gebiet im NW von Augsburg der Donau zu. Dieses Entwässerungssystem benutzten die Schmelzwässer des biberzeitlichen Illergletschers, weiteten und vertieften die Täler und lagerten anschließend die Schmelzwasserschotter ab, die heutzutage als „*Staufenberg-Serie*“ bekannt sind (BECKER-HAUMANN 2005: 97ff, 242ff). Im Laufe einer Kaltzeit kann sich, je nach Schmelzwasser- und Materialmenge, dieser Vorgang wiederholen. Da man bei der Biberkaltzeit sogar von einem Kaltzeitenkomplex ausgeht, sind viele Wechsel von Erosion und Akkumulation möglich. Ob auch der biberzeitliche Illergletscher und nicht nur seine Schmelzwässer das Alpenvorland erreichten, ist unbekannt (JERZ 1974: 55), da glazigene Ablagerungen in diesem so alpenrandnahen Gebiet aus jener Zeit nicht nachgewiesen sind.

4.2.3.2 Biber-Donau-Interglazial und Donaukaltzeit

Aus dem Biber-Donau-Interglazial sind keine Ablagerungen bekannt; möglicherweise gehören die Reste der Bodenbildung über dem Ottobeurer Schotter (siehe Kap. 3.2.3.1) in dieses Interglazial.

Die nächstjüngeren Ablagerungen sind die donauzeitlichen Schmelzwasserschotter des Böhener Feldes, des Guggenberger und Stephansrieder Schotter, die Füllungen vermutlich breiter, muldenförmiger Täler darstellen. Diese Täler müssen wahrscheinlich im Biber-Donau-Interglazial geschaffen sowie durch die ersten Schmelzwässer des donauzeitlichen Illergletschers erweitert worden sein. Sie überprägten das im Arbeitsgebiet bis dahin bestehende, vom Ottobeurer Schotter nachgezeichnete, eher SW-NE-verlaufende Talsystem, denn die anhand von detaillierten Quartärbasiskarten konstruierte Talachse des Böhener Feldes (BELLMANN 2009) mit seiner östlichen Fortsetzung, dem Guggenberger und Stephansrieder Schotter (CHEN 2011a), verläuft im Arbeitsgebiet eher S-N. Die große Talbreite lässt sich nur damit erklären, dass ein Großteil der Schmelzwässer des Illergletschers nicht mehr, wie in der Biberkaltzeit, unmittelbar nach NE über Obergünzburg, sondern zunächst nach N über Ottobeuren abfließen. Welche Zwänge dahinter steckten, lässt sich nur vermuten:

- rückschreitende Erosion von N her könnte einen neuen, verkürzten Abflussweg mit stärkerem Gefälle Richtung Donau geschaffen haben
- Blockierung des alten Abflussweges durch Talverschüttung
- Blockierung des alten Abflussweges durch Eis (Lech-Wertach-Vorlandgletscher oder Tot-eismasse des Iller-Vorlandgletschers)

In jedem Falle haben die Schmelzwässer ein breites Tal geschaffen, an dessen Sohle immer wieder Reste älterer Talfüllungen erhalten geblieben sind. Wie weit sich dieses Tal allerdings nach W erstreckte und ob die donauzeitlichen Schmelzwasserschotter der Kronburg und des Hohenrain einst zu einer gemeinsamen Talfüllung gehört haben, für die die vergleichbare Höhenlage der Quartärbasen spricht, lässt sich nicht mehr rekonstruieren. Möglicherweise handelt es sich um zwei Talfüllungen auf annähernd gleichem Niveau: im W die mit ca. 1 bis 2 km eher relativ schmale Talfüllung mit der Kronburg und dem Hohenrain und im E die mit ca. 8 km eher breite Talfüllung mit dem Böhener Feld.

Ob und wie weit der donauzeitliche Illergletscher und nicht nur seine Schmelzwässer das Alpenvorland erreichten, ist unbekannt, da Geschiebelehme aus dieser Zeit nicht nachgewiesen sind. JERZ (1974: 55) und BECKER-HAUMANN (2005: 249ff) halten es dennoch für wahrscheinlich. In diesem Falle könnte dann der Vorlandgletscher die Ostflanke des Kürnach-Eschacher Waldes erodiert und womöglich auch damit den Weg für das Eis und die Schmelzwässer Richtung N freigemacht haben.

4.2.3.3 Donau-Günz- und Günz-Haslach-Interglazial sowie Günz- und Haslachkaltzeit

Auf Blatt Nr. 8027 Memmingen gibt es momentan keine Ablagerungen oder Bildungen, die der Günz- oder der Haslachkaltzeit bzw. den beiden Interglazialen zugeordnet werden könnten.

4.2.3.4 Haslach-Mindel-Interglazial sowie Mindelkaltzeit

Aus dem Haslach-Mindel-Interglazial sind keine Ablagerungen auf dem Blatt Memmingen bekannt. Für den mindelzeitlichen Illergletscher lässt sich durch Geschiebelehme und Endmoränenwälle erstmals direkt belegen, dass er tatsächlich das Alpenvorland erreicht hat. Sein westlicher Lobus reichte bis an den Südrand des Grönenbacher Waldes, sein östlicher deutlich weiter (ca. 8 km) nach N bis kurz vor Markt Rettenbach (JERZ 1974: 56) (siehe Abb. 23 und Abb. 24). Im Gegensatz zum risszeitlichen Iller-Vorlandgletscher stieß der mindelzeitliche nicht Richtung Legau vor sondern erreichte seine westlichste Position am Endmoränenwall bei Brandholz auf Blatt Nr. 8127 Bad Grönenbach (SINN 1972: 84, 121). Am Ende der beiden Loben lagen wohl „Gletschertore“ des Iller-Vorlandgletschers, aus denen die Schmelzwässer des westlichen Lobus Richtung Memmingen und des östlichen Lobus Richtung Markt Rettenbach strömten. Ob die beiden Gletscherloben synchron aktiv waren oder ob es wie beim riss- und wärmzeitlichen Iller-Vorlandgletscher zu zeitlich versetzten Maximalständen gekommen ist, muss offen bleiben, ist aber zu vermuten (siehe Kap. 4.2.3.5 und 4.2.3.6).

Zwischen der Donau- und der Mindelkaltzeit schritt die Zertalung und Erosion der donauzeitlichen Schmelzwasserschotter voran. Im westlichen Bereich des heutigen Memminger Trockentales entstand ein Tal, das von den mindelzeitlichen Schmelzwässern des Dietmannsrieder Lobus des Iller-Vorlandgletschers erweitert, vertieft und schließlich mit Schmelzwasserschottern teilgefüllt wurde. Diese Füllung aus Schmelzwasserschottern stellt das heutige Grönenbacher Feld mit seiner nördlichen Fortsetzung, dem Schwaighauser Schotter auf Blatt Nr. 7927 Amendingen, dar (PENCK & BRÜCKNER 1901/09, SINN 1972, SCHAEFER 1973, JERZ & WAGNER 1978, JERZ 1993: 33).

Das Tal verlief von Brandholz SW' Grönenbach über das heutige Hawanger Feld zum Günztal (BECKER-HAUMANN 2005: 230), da damals noch ein Molasserücken zwischen Kronburg/Hohenrain und Eisenburger Feld bestanden haben muss (SCHAEFER 1973: 194), an dessen E-Flanke die mindelzeitlichen Schmelzwasserschotter abgelagert wurden (siehe Abb. 24).

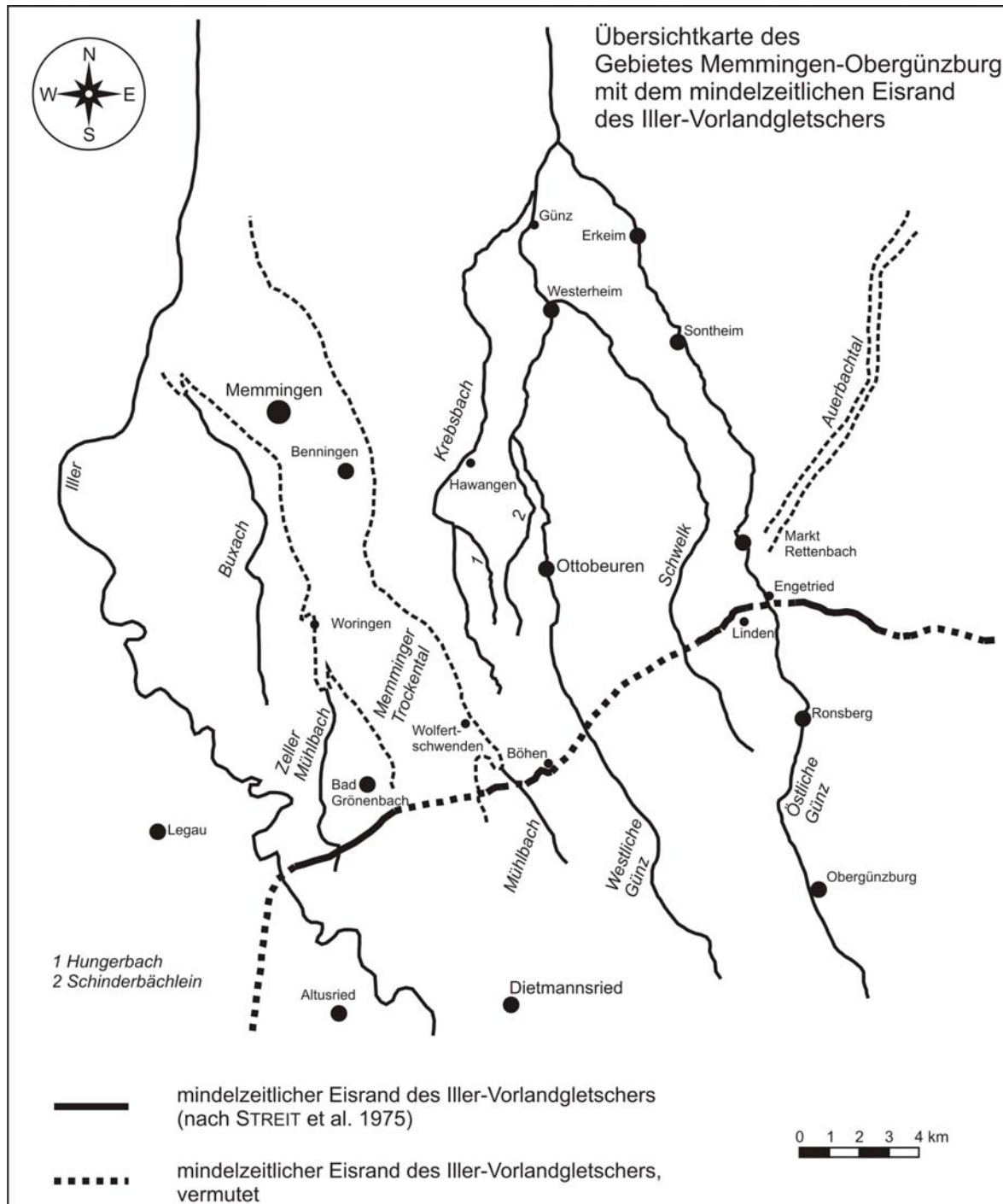


Abb. 23: Übersichtskarte des Gebietes Memmingen-Obergünzburg mit dem mindelzeitlichen Eisrand des Iller-Vorlandgletschers.

Dieser Molasserücken erstreckte sich vermutlich vom Kürnach-Eschacher Wald im S, über Memmingen und das Eisenburger Feld und dessen nördlicher Fortsetzung bis hin zur Donau und stellte für das Eis und die Schmelzwässer des mindelzeitlichen Iller-Vorlandgletschers ein damals noch unüberwindliches Hindernis im W dar. Er trennte die Schmelzwässer des Rhein-Bodensee-Vorlandgletschers von denen des Iller-Vorlandgletschers, die sich somit erst im Donautal trafen. Stellenweise oder womöglich vollständig (zumindest ab dem Hohenrain) war der Molasserücken von donauzeitlichen Schmelzwasserschottern bedeckt, von denen Reste heute noch erhalten sind: z.B. Hohenrain, Kronburg und Eisenburger Feld. Wie im W wurde das Tal auch im E von Molassehöhen begleitet, die ebenfalls von donauzeitlichen Schmelzwasserschottern gekrönt waren, deren Reste z.B. die Schotterdecken auf dem Böhener Feld, der Untrasried-Stephansrieder Schotter, das kleine Schottervorkommen im

Ungerhauser Wald²⁹⁹, den Lerchenberg und die Schotter von Inneberg-Oberschönegg aufbauen.

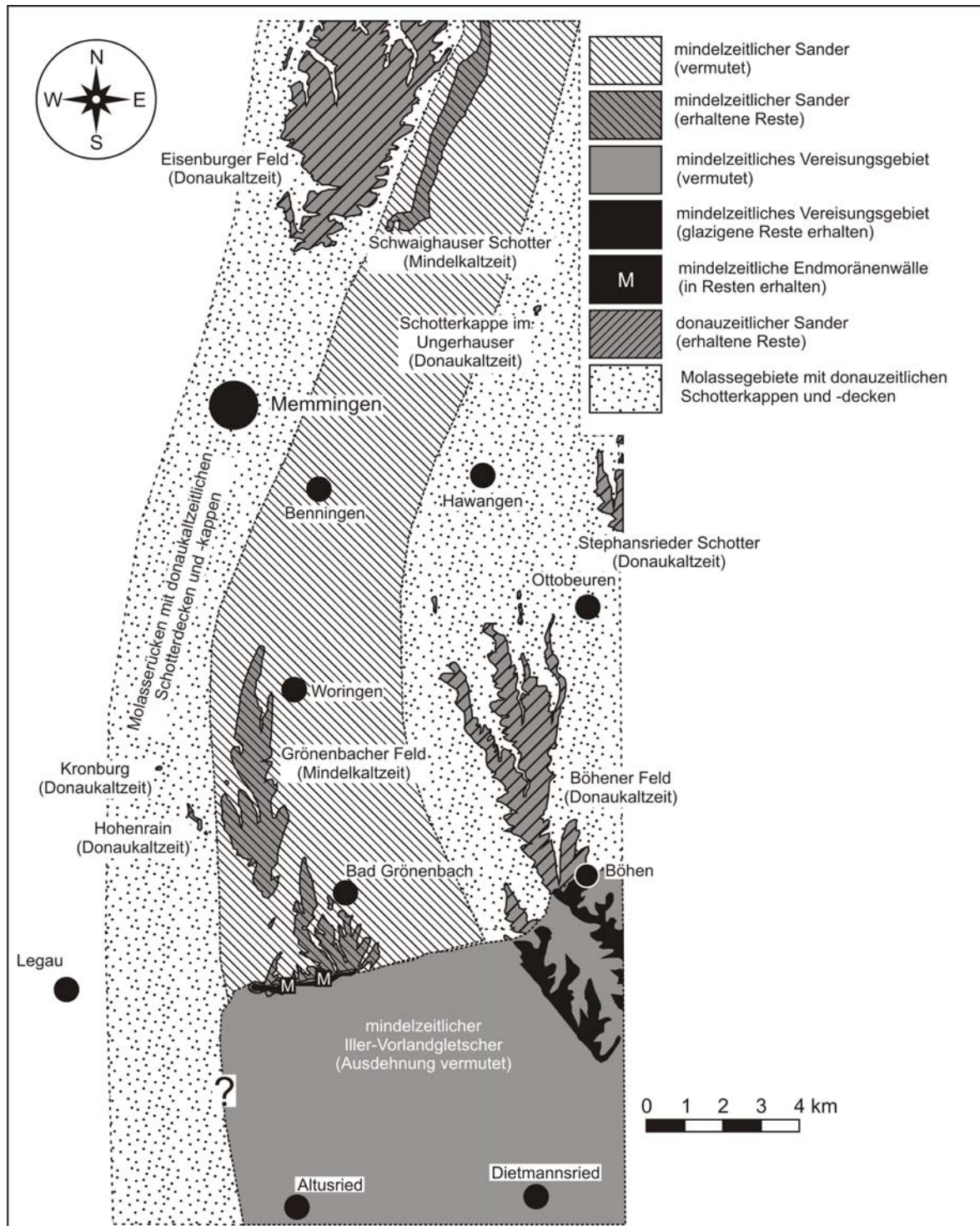


Abb. 24: Verbreitung der mindelzeitlichen Schmelzwasserschotter (Grönenbacher Feld und Schwaighauser Schotter) im Großraum Memmingen mit vermuteten Talverlauf (verändert und ergänzt nach BECKER-HAUMANN 2005: 230).

²⁹⁹ Das Schottervorkommen im Ungerhauser Wald auf Blatt Nr. 7927 Amendingen wird hier nicht in die Mindelkaltzeit (wie bei JERZ & WAGNER 1978: 50f und BECKER-HAUMANN 2005: 226) sondern aufgrund seiner Höhenlage (Quartärbasis bei 652 bzw. bei 655 m ü. NN) und Position zwischen dem Böhener Feld (Quartärbasis am Theinselberg auf 710 m ü. NN nach BELLMANN 2009) und dem Lerchenberg bei Günz im N (Quartärbasis am Südrand auf 633 m ü. NN nach BECKER-HAUMANN 2005: 230) in die Donaukaltzeit gestellt.

Von S her kommend mündeten im Arbeitsgebiet die Periglazialtäler des Krebs- und des Hungerbaches in das mindelzeitliche Schmelzwassertal. Beide Bäche zertalten durch rückschreitende Erosion von N nach S voranschreitend das Böhener Feld. Inwiefern die Täler der Westlichen und der Östlichen Günz ursprünglich ebenfalls Periglazialtäler waren oder von mindelzeitlichen Schmelzwässern benutzt und überprägt wurden, lässt sich momentan noch nicht abschließend beantworten.

Zwar reichen beide Täler heutzutage weit über den mindelzeitlichen Eisrand hinaus nach S, doch während der Geländearbeiten auf Blatt Nr. 8027 Memmingen wurden im Tal der Westlichen Günz keine Schotter gefunden, die zweifelsfrei der Mindelkaltzeit zugeordnet werden konnten. Die beiden Schottervorkommen an der St 2013 (Höhe 679,9 W' und bei Halbersberg/Guggenberg E' von Ottobeuren) sowie die Schottervorkommen (v.a. Restschotter) in den Wäldern des Allenberges und „In der Kehle“ (siehe Kap. 3.2.2) konnten aufgrund ihrer starken Verwitterung nicht mehr als Schmelzwasserschotter identifiziert werden. Vermutlich handelt es sich um periglaziale Flussschotter. Allein ihre Höhenlage zwischen den donau- und den risszeitlichen Schmelzwasserschottern legen eine Einstufung in die Mindelkaltzeit nahe.

Eine Einstufung der Schottervorkommen bei Erkheim³⁰⁰ als mindelzeitliche Schmelzwasserschotter (STREIT et al. 1975, JERZ & WAGNER 1978: 50f) konnte von RÖGNER & LÖSCHER (1993: 94ff) im Zuge ihrer Untersuchungen nicht bestätigt werden; vielmehr sehen sie in den Schottern mindelzeitliche Periglazialbildungen. Im Tal der Östlichen Günz bzw. Schwelk auf den Blättern Nr. 8027 Memmingen und 8028 Markt Rettenbach konnten im Zuge zweier Diplomkartierungen (CHEN 2011a, GRIMMEISEN 2011) ebenfalls keine mindelzeitlichen Schmelzwasserschotter im N von Markt Rettenbach nachgewiesen werden, was auch schon RÖGNER & LÖSCHER (1993: 97) festgestellt hatten. Die bei Markt Rettenbach nachgewiesenen, mindelzeitlichen, glazifluvialen Schottervorkommen zeichnen vielmehr einen Talverlauf nach, der am mindelzeitlichen Eisrand bei Engetried beginnend, zunächst Richtung N bis Markt Rettenbach verlief und dort nach NE in das Auerbachtal/Kammlachtal abknickte³⁰¹ (EBERL 1930: 270f). Diese Beobachtungen lassen eigentlich nur einen Schluss zu: nämlich, dass sowohl das Tal der Westlichen als auch das der Östlichen Günz (zumindest N' Markt Rettenbach) während der Mindelkaltzeit überwiegend Periglazialtäler waren, die, wenn überhaupt, nur kurzzeitig und von kleineren Schmelzwasserflüssen erreicht und benutzt wurden. Ähnlich muss in beiden Tälern die Situation auch noch in der Risskaltzeit gewesen sein. Wohl erst in der Würmkaltzeit hatte sich das Tal der Östlichen Günz so weit nach S durch rückschreitende Erosion vorgearbeitet, dass bedeutende Mengen würmzeitlicher Schmelzwässer es erreichen und überprägen konnten (EBERL 1930: 202). Im Tal der Westlichen Günz blieb die Situation in der Würmkaltzeit weiterhin unverändert und es wurde nur von eher geringen Schmelzwassermassen durchflossen.

Deshalb handelt es sich bei den als mindelzeitlich und risszeitlich eingestuften Schottern im Tal der Westlichen und Östlichen Günz (N' von Markt Rettenbach) eher um periglaziale Flussschotter, wie RÖGNER & LÖSCHER (1993) schon postuliert haben, wobei natürlich kleinere Reste von „echten“ Schmelzwasserschottern nicht auszuschließen und punktuell auch nachgewiesen sind (RÖGNER & LÖSCHER 1993, siehe auch Kap. 3.2.2 und 3.3.2).

³⁰⁰ am Egelsberg W' von Erkheim auf Blatt Nr. 7927 Amendingen und bei Dankelsried sowie von „Hoher Berg“ E' von Erkheim auf Blatt Nr. 7928 Mindelheim.

³⁰¹ Dies trifft auch noch für die Risskaltzeit zu (GRIMMEISEN 2011). Erst in der Würmkaltzeit benutzten und überprägten die Schmelzwässer das Tal der Östlichen Günz N' von Markt Rettenbach.

4.2.3.5 Mindel-Riss-Interglazial sowie Risskaltzeit

Aus dem Mindel-Riss-Interglazial sind keine Ablagerungen auf dem Kartenblatt Memmingen bekannt. Welchen Weg die „Ur-Iller“ in dieser Zeit zur Donau hin nahm, lässt sich ebenfalls nur vermuten: wahrscheinlich nutzte sie die mindelzeitliche Sanderfläche im Vorfeld des Dietmannsrieder Lobus, die sich bei Grönenbach beginnend, im Bereich des Hawanger Felds ins Günztal wechselnd und diesem folgend bis zur Donau erstreckte (siehe Abb. 24). Bei der im Interglazial voranschreitenden Zertalung und Erosion der donau- und mindelzeitlichen Schmelzwasserschotter entstand am Ostrand der mindelzeitlichen Schmelzwasserschotter des Grönenbacher Feldes ein Tal, vermutlich durch Einschneiden der „Ur-Iller“. Dieses Tal wurde von den risszeitlichen Schmelzwässern des Dietmannsrieder Lobus des Iller-Vorlandgletschers, der seine äußerste Rاندlage ebenfalls bei Grönenbach erreichte, erweitert, vertieft und schließlich mit Schmelzwasserschottern teilverfüllt, die das heutige Hawanger Feld darstellen. Das Tal verlief in gleicher Weise wie das mindelzeitliche von Grönenbach über das heutige Hawanger Feld zum Günztal, da der Molasserücken zwischen Kürnach-Eschacher Wald im S und Eisenburger Feld im N noch nicht durchbrochen war. An der Ostflanke dieses stellenweise von donauzeitlichen Schmelzwasserschottern gekrönten Molasserückens blieben abschnittsweise Terrassen aus mindelzeitlichen Schmelzwasserschottern erhalten, die heutzutage das Grönenbacher Feld und die Schwaighauser Schotter darstellen. Neben dem Hauptabfluss der risszeitlichen Schmelzwässer über das Memminger Trockental, die das Hawanger Feld schütteten, gab es auch noch Schmelzwasserabflüsse über das Tal der Westlichen Günz und das Auerbachtal³⁰² bei Markt Rettenbach bzw. über dessen Fortsetzung, das Kammlachtal (EBERL 1930: 261, RÖGNER & LÖSCHER 1993: 99, GRIMMEISEN 2011). Der Zeller Bach, der Mühlbach bei Wolfertschwenden und die Schwelk (EBERL 1930: 265) hatten höchstwahrscheinlich Anschluss an den Gletscherrand, wurden aber sicherlich nur von untergeordneten Schmelzwassermengen benutzt, die eher erodierten statt akkumulierten, was in den geringmächtigen, meist stark verwitterten, risszeitlich eingestufteten Schmelzwasserschottern im Westlichen Günztal und im Schwelktal deutlich wird (BELLMANN 2009, CHEN 2011a, GRIMMEISEN 2011). Die Östliche Günz hatte wohl noch keinen Anschluss an den Gletscherrand (EBERL 1930: 261) und entsprang irgendwo N' von Markt Rettenbach.

Im Laufe der Risskaltzeit gelang es nun endlich dem Iller-Vorlandgletscher die Wasserscheide im W bei Altusried zu überschreiten und einen dritten, tiefer liegenden Teillobus bei Legau auszubilden. Ebenso gelang es seinen Schmelzwässern die Wasserscheide bei Memmingen zu durchbrechen und zusammen mit den Schmelzwässern des Legauer Lobus sowie des östlichen Rhein-Bodensee-Vorlandgletschers den Weg ins Tal der bayerischen Roth (auch Weißenhorner Rothtal genannt) zu finden (SINN 1972: 110ff).

Was führte nun möglicherweise zu diesen beiden Durchbrüchen? Von W wurde der Molasserücken durch den Vorläufer der bayerischen Roth und seiner Nebenflüsse (z.B. Buxach) erodiert, der vermutlich bis in den Kürnach-Eschacher Wald zurückreichte. Von E durch die Schmelzwässer an einer Prallhangsituation bei Memmingen. S' von Grönenbach blieb der Iller-Vorlandgletscher zwischen dem Grönenbacher Feld und dem Böhener Feld stecken (SCHAEFER 1973: 191) bzw. musste den Anstieg auf diese Hochflächen bewältigen. Möglicherweise kam es dadurch zu einer Stausituation („Eisaufstau“), so dass dort lokal womöglich größere Eishöhen als in der Mindelkaltzeit erreicht wurden. Das Eis drang weiter nach NW vor und die Schmelzwässer suchten neue Abflussmöglichkeiten, wobei sie einerseits das Grönenbacher Feld zerschnitten und die Vorläufer des Rothensteiner (STEPP 1953: 182ff, SCHAEFER 1973: 182, KLUSCH 1995: 59) und Greiter Tales schufen, andererseits im Molassegebiet zwischen Grönenbacher Feld und Kronburg/Hohenrain das autochthone Tal

³⁰² Das Auerbachtal setzte sich vermutlich noch bis ins Spät- oder Postriss über Markt Rettenbach bis nach Obergünzburg fort. Dieser Talabschnitt wird heutzutage von der Östlichen Günz benutzt, die vermutlich im Riss-Würm-Interglazial von N kommend durch rückschreitende Erosion das Auerbachtal erreichte, es „köpfte“ und die Wässer des Auerbaches ableitete, wobei es zu einer Tieferlegung der Talsohle kam, so dass das Untere Auerbachtal trockenfiel. Dieses Tal (Oberes Auerbachtal und Tal der Westlichen Günz) benutzten dann die würmzeitlichen Schmelzwässer, die nicht mehr das mittlerweile zu hoch liegende Untere Auerbachtal (ab Markt Rettenbach) erreichen konnten.

der Buxach fanden, das sich vom N her in den Molasserücken eingeschnitten hatte. Nun konnten die Schmelzwässer ihre Erosionskraft entfalten und den Molasserücken über Memmingen hinweg bis zum Eisenburger Feld erodieren. Dabei wurde auch das Grönenbacher Feld anerodiert (scharfe Erosionskante an der Westflanke des Schärtelesspitzes) und dessen N-Fortsetzung vollständig erodiert. Letztendlich konnten das Eis bei Altusried und die Schmelzwässer bei Memmingen den Molasserücken durchbrechen. Es bildete sich der neue, tieferliegende Lobus von Legau aus, in dessen Vorfeld das Steinbacher und das Hitzenhofener Feld geschüttet wurden. Da die Vorflut im bayerischen Rothtal nun tiefer lag als im Günztal, liegen die Schotterbasen ebenfalls tiefer als beim Hawanger Feld. Die Schmelzwässer hatten aufgrund des gesteigerten Gefälles eine höhere Erosionskraft und konnten zuvor abgelagerte Schotter wieder erodieren und umlagern. So kann auch die Zeller Hochterrasse, die wohl eine südliche Fortsetzung des Hitzenhofener Feld ist, erklärt werden. Das höherliegende Hawanger Feld wurde inaktiv und konnte von äolischen Ablagerungen bedeckt werden, die vom nun aktiven Hitzenhofener Feld stammten. Diese feinkörnigen Deckschichten förderten aufgrund ihrer ausgezeichneten Fähigkeit Feuchtigkeit zu speichern eine stärkere Verwitterung der unterlagernden Schmelzwasserschotter. Bodenfließen und Deflation in der Würmkaltzeit scheinen diese Deckschichten aber weitgehend beseitigt zu haben, noch bevor die würmzeitlichen, äolischen Bildungen zu Ablagerung kamen, denn für die Deckschichten des Hawanger Feldes wird nach pedologischen Gesichtspunkten ein maximales Alter von Mittelwürm angegeben (MIARA 1995: 24ff).

Bei Legau bildeten sich, wie schon bei Grönenbach, Endmoränenwälle mit vorgelagerten Schotterfeldern aus. Dieser Legauer Lobus war vermutlich in zwei Teilloben gegliedert: im W mit den heute noch gut erkennbaren Endmoränenwällen des Legauer Lobus (i.e.S.) und im E in den „*Cañontallobus*“ (WENNINGER 1994: 53) bzw. „Oberbinnwang-Lobus“³⁰³, dessen Endmoränenwälle bis auf Reste an seiner Westflanke beim Durchbruch der würmzeitlichen Schmelzwässer im Iller-Canyon vollständig zerstört bzw. auf dem östlichen Illerufer noch nicht nachgewiesen wurden. In den wallähnlichen Strukturen oberhalb Oberbinnwang könnte man einen Endmoränenwall vermuten, was aber noch durch Felduntersuchungen im Rahmen von Kartierungen auf Blatt Nr. 8127 Bad Grönenbach verifiziert werden müsste. Eine weitere Eisrandlage könnte man in den Hügeln E' Au an der Straße nach Rothenstein vermuten.

4.2.3.6 Riss-Würm-Interglazial sowie Würmkaltzeit

Im Riss-Würm-Interglazial, wie schon in den Interglazialen zuvor, schnitten sich die periglazialen Bäche weiter ein und die Verwitterung wandelte sich von einer eher physikalischen Verwitterung der Kaltzeit („*mechanische Zertrümmerung unter glazialen Frostwechselklima*“, GERMAN 1959: 15) zu einer eher chemisch-biogenen Verwitterung.

Tab. 36: Gliederung der Würmkaltzeit
(nach JERZ 1993: 13 Tab. 4 und LITT et al. 2003 zit. in EHLERS 2011: 253).

Geologischer Abschnitt	Zeitdauer in Jahren vor heute
Postwürm (Postglazial)	11 590 – heute
Spätwürm (Spätglazial)	14 450 – 11 590
Hochwürm (Hochglazial)	25 000 – 14 450
Frühwürm (Frühglazial)	117 000 – 25 000

In der Würmkaltzeit, während des Hochglazials (siehe Tab. 36), stieß der Illergletscher vorerst das letzte Mal aus den Alpen ins Vorland vor³⁰⁴ und bildete zwei große Hauptloben aus:

³⁰³ nach dem Weiler Oberbinnwang am östlichen Iller-Hochufer benannt.

³⁰⁴ Der Hochstand der Vergletscherung während der Würmkaltzeit, d.h. die Bildung der großen Tal- und Vorlandgletscher, lag zwischen 22 000 und 18 000 a v.h.; vor ca. 15 000 a v.h. war das Alpenvorland wieder eisfrei (JERZ 1993: 90, 1995: 316).

im E der Wildpoldsrieder Lobus und im W der Dietmannsrieder Lobus (i.w.S.), der nach HABBE (1986b: 374 Abb. 5, 388 Abb. 8, 383) in drei Teilbecken mit je einem dazugehörigen Lobus inklusive eigenem Schmelzwasserabfluss untergliedert werden kann (siehe Abb. 25): Dietmannsrieder Becken mit dem Ziegelberger Lobus (auch Dietmannsrieder Lobus i.e.S. genannt), Canyonalt-Becken mit dem Canyonalt-Lobus und Altusrieder Becken mit dem Altusrieder Lobus³⁰⁵. Diese Lobenbildung hängt vermutlich nicht nur mit der Morphologie des Eises und des Untergrundes zusammen sondern vermutlich auch mit den verschiedenen Eisströmen, aus denen sich der Iller-Vorlandgletscher zusammensetzte: im E der **Ostrachgletscher** (Einzugsgebiet 126,67 km² [7]), der vermutlich den Wildpoldsrieder Lobus bildete, im W der **Breitachgletscher** (Einzugsgebiet 116,64 km² [7]), der wohl den Altusrieder Lobus bildete, und dazwischen der **Trettach-** (Einzugsgebiet 75,97 km² [7]) sowie der **Stillachgletscher** (Einzugsgebiet 81,80 km² [7]), die zusammen wahrscheinlich den Ziegelberger Lobus bildeten.

Allerdings gibt es Hinweise darauf, dass weder die zwei Hauptloben noch die drei Teilloben zeitgleich im gleichen Maße aktiv waren, sondern zu unterschiedlichen Zeiten ihre Maximalstände erreichten bzw. in ihren Maximallagen aktiv waren³⁰⁶, wie es auch bei historischen Gletscherständen der Fall war: „*So sind bei heutigen Gletschern die historischen Maximalstände nicht alle gleichaltrig. Die Frage, ob sich dies während der Eiszeit ebenso verhielt, ist nicht nur berechtigt, sondern sie bildet – zusammen mit derjenigen, ob die Vorstöße und Rückzüge gleichzeitig erfolgt sind, oder ob auch damals, wie heute, einige vorstoßen, während sich andere zurückziehen – ein zentrales Problem bei der Korrelation von pleistozänen Eisständen.*“ (HANTKE 1978: 385). Ein rezentes Beispiel aus Westgrönland führt SCHOLZ (1984: 99) an: „*Auch die synchrone Entstehung eines Walles muß fraglich werden, wenn man sieht, daß in Westgrönland Teile eines Walles aktiv wachsen, während andere Abschnitte desselben Walles über 100 m vom Eisrand entfernt sind.*“

Im Folgenden werden nur die drei westlichen Loben betrachtet: Der Ziegelberger Lobus erreichte wohl als erstes seinen Maximalstand und blieb zwischen den „hochaufragenden Konglomeratrücken“ des Böhener Feldes im E und des Grönenbacher Feldes im NW „stecken“. Wie schon zuvor der risszeitliche Iller-Vorlandgletscher begann nun auch der würmzeitliche nach NW Richtung Legau vorzustoßen, erreichte aber bei weitem nicht die Ausdehnung seines risszeitlichen Vorläufers und bildete nur die zwei westlichsten Teilloben. HABBE (1986b: 397) legt dar, dass die Schüttung vom „Gletschertor“³⁰⁷ des Altusrieder Lobus früher als jene vom Canyonalt-Lobus erfolgt sein muss³⁰⁸, so dass sich daraus folgende, mögliche Reihenfolge ableiten lässt, in Anlehnung an die „*morphogenetischen Phasen*“ von GRAUL (1953a: 20f): zuerst erreicht der Ziegelberger Lobus seinen Maximalstand (LGM)³⁰⁹ und schüttet das Steinheimer Feld. Anschließend wird er weitgehend inaktiv und beginnt zurückzuschmelzen (sukzessive Bildung des Ziegelberger Trompetentälchens), während der westliche Teil des Iller-Vorlandgletschers nach NW vorstößt, zunächst den Altusrieder Lobus bil-

³⁰⁵ Bei großräumigen Betrachtungen werden meist der Altusrieder Lobus (i.e.S.) und der Canyonalt-Lobus als Altusrieder Lobus (i.w.S.) zusammengefasst.

³⁰⁶ Dies scheint GRAUL (1953a: 34) bereits anzudeuten: „*Da der äußerste Endmoränenwall am Westrand des Illergletschers dem von Ziegelberg-Schwenden entspricht, was bisher noch niemand bezweifelte, muß die Bettricher Rinnenbildung gleichalt mit dem Würmschotter im Memminger Tal, d.h. aber auch mit dem Fellheimer Feld sein.*“

³⁰⁷ Es ist fraglich, ob die pleistozänen Vorlandgletscher Gletschertore wie heutige intramontane Gletscher besaßen, oder ob die Schmelzwässer der Vorlandgletscher nicht an vielen Stellen am Eisrand zutage traten, sich dort sammelten und zwischen Moränenwall/Hang und Eisrand gen N drängten bis sie an einer Stelle den Moränenwall durchbrachen und sich ins Gletschervorland ergossen, wie es heutzutage am westlichen Rand des grönländischen Inlandeises der Fall ist (SCHOLZ 1984: 99f, SCHOLZ 1986b: 11f).

³⁰⁸ In ähnlicher Weise stellt es STEPP (1953: 171) dar, der dem Canyonalt-Lobus (seinem „*Morämentor von Wurms*“) eine größere Bedeutung zumisst als dem Altusrieder Lobus (seinem „*Binzer Morämentor*“).

³⁰⁹ HABBE (1986b: 434): „*Damit bestätigt sich auch von der Talgeschichte des Memminger Raums her, daß der Schmelzwasserabfluß über das Memminger Trockental derjenige mit der länger zurückreichenden Tradition ist.*“

det und dann weiter nach N vorrückt, um letztlich seinen endgültigen Maximalstand im Canyon-Lobus im Bereich Neumühle (GERMAN 1959: 19) zu erreichen. Es muss sich aber nicht zwingend um einen „echten“ Vorstoß handeln, sondern es kann ebenso nur eine Reaktivierung des westlichen Teils gewesen sein, der schon früher seinen Maximalstand erreicht hatte und nur eine Zeitlang inaktiv bzw. weniger aktiv gewesen war, während der Ziegelberger Lobus seine Hauptaktivität hatte.

Der Schmelzwasserabfluss über die Rothensteiner Rinne und die Bildung des Memminger Feldes scheint nicht nur mit dem Maximalstand im Canyon-Lobus zusammenzufallen sondern schon früher einzusetzen, da ELLWANGER (1988: 214) die Tiefenerosion in der Memminger Ach-Rinne vor den Maximalstand stellt³¹⁰. Die Akkumulation des Schotterkörpers des Memminger Feldes könnte dann ebenfalls schon vor dem Maximalstand begonnen und beim ersten Rückzug vom Maximalstand beendet worden sein. HABBE (1986b: 405) spricht von einem „plötzlichen Talwechsel“ der Schmelzwässer von der Legauer Rinne ins Canyon-Lobus. Als der Maximalstand (LGM) im Canyon-Lobus erreicht wurde, muss der Ziegelberger Lobus bereits bis auf die Endmoränen bei Käfers zurückgeschmolzen sein, da das Ziegelberger Trompetentälchen bis zu diesem Stand zurückreicht. Auf dessen Ausläufer bei Woringen lagert der Schwemmkegel des Schmelzwasserabflusses über die Rothensteiner Rinne³¹¹. Somit muss die Bildung des Ziegelberger Trompetentälchens bereits abgeschlossen und der Ziegelberger Lobus bis Käfers zurückgeschmolzen gewesen sein, als der Canyon-Lobus seinen Maximalstand erreichte und zunächst über die Rothensteiner Rinne entwässerte. Schließlich überwand seine Schmelzwässer den risszeitlichen Endmoränenwall (Oberbinnwang-Lobus) im Bereich des heutigen Canyonales und begannen das tiefe Canyonale einzuschneiden, dessen Sohle sukzessive mit dem phasenweisen Gletscherrückzug vom Canyon-Lobus tiefer gelegt wurde. Aus diesen Gründen ist die zeitliche Parallelisierung des Maximalstandes und der Rückzugsstände des Ziegelberger Lobus mit den Rückzugsständen sowohl des Altusrieder als auch des Canyon-Lobus, wie es ELLWANGER (1980) und HABBE (1986b) versucht haben, wohl zu schematisch und kritisch zu hinterfragen, da hier ungleichalte (Rückzugs-) Endmoränenwälle miteinander verknüpft wurden.

Aus der Zeit des Schmelzwasserabflusses über die Rothensteiner Rinne ins Memminger Trockental stammt nicht nur der Schwemmkegel von Woringen sondern auch die Zerschneidung des Steinheimer Feldes und die Bildung des Memminger Achtales³¹². Bei dieser Zer-

³¹⁰ Tiefenerosion in der Memminger Ach-Rinne vielleicht durch „geklärte“ Schmelzwässer aus einem Eisrandstausee zwischen Gletscherrand und risszeitlichem Endmoränenwall im Bereich Hub-Kaltbrunn-Oberbinnwang-Au.

³¹¹ Diesen wärmzeitlichen Schmelzwasserabfluss über die Rothensteiner Rinne beschreiben aber weder SCHAEFER (1953a) noch HABBE (1986b). Vielmehr sieht SCHAEFER (1953a: 79) einen Schmelzwasserabfluss über einen Vorläufer des Canyonales bzw. HABBE (1986b: 397) Richtung Legau über die Bettrichs-Rinne: *„Andererseits muß auch der Canyon-Lobus des vorrückenden Würm-Gletschers einen Abfluß gehabt haben. Aber er dürfte bis zu dem Zeitpunkt, da der Gletscher selbst die äußere Beckenschwelle überwand, über einen proglazialen See erfolgt sein, so daß er nur wenig Schotter führen konnte. Dieser Abfluß ist aber ebenfalls zur Bettricher Rinnen gegangen und nicht, wie das SCHAEFER (1953: 79) angenommen hat – schon ursprünglich gegen das Canyonale.“* HABBE (1986b: 454) betont zwar ausdrücklich, dass das Rothensteiner Tal (bei ihm „Zeller Mühlbachtal“ bzw. „Rothensteiner Taltorso“ genannt) eine postmindelzeitliche Bildung ist und es sich um einen „Taltorso“ handelt, über den schon in der Risskaltzeit womöglich die Zeller Hochterrasse geschüttet wurde (STAPP 1953: 182); HABBE lässt allerdings die Frage, wann der Taltorso seinen Oberlauf verloren hat, offen. SCHAEFER (1973: 181) sieht den Oberlauf des Rothensteiner Tales in den Ausläufern des Kürnach-Eschacher Waldes *„vornehmlich in der Richtung des (Ottenstaller) Rohrachtales.“* Vermutlich verlor das Rothensteiner Tal seinen Oberlauf mit dem Durchbruch der Schmelzwässer durch den risszeitlichen Endmoränenwall des Oberbinnwang-Lobus Richtung N und dem raschen Einschneiden des Canyonales.

³¹² Im Gegensatz dazu betrachtet GRAUL (1953a: 21ff) das Memminger Achtal als periglazial-fluviatile Bildung aus einer Zeit, als sich der Iller-Vorlandgletscher bereits bis Käfers zurückgezogen hatte und der Rhein-Bodensee-Vorlandgletscher erst seinen Maximalstand erreichte, das Erolzheimer Feld schüttete und die Wasserscheide im W des Steinheimer und Fellheimer Feldes überwunden wurde.

schneidung, „Ihr breitkastenförmiges Querprofil – darin ist SCHAEFER (in GRAUL & SCHAEFER 1953: 68ff.³¹³) recht zu geben – spricht eindeutig für eine Formung durch glazifluviale Schmelzwässer.“ (HABBE 1986b: 438), wurde nicht nur ein Großteil des Schotterkörpers zwischen Steinheimer und Benninger Feld ausgeräumt, sondern auch noch im Memminger Achtal die Quartärbasis tiefer gelegt³¹⁴. Grund für diese Erosionsleistung ist nicht nur eine vermutlich geringere Materialführung der Schmelzwässer (Eisrandstausee als Auffangbecken?) sondern v.a. das stärkere Gefälle, da die Schmelzwässer nun nicht mehr, wie das Steinheimer Feld über das Fellheimer Feld ins Weißenhorner Tal mit der bayerischen Roth (HABBE 1986b: 433), sondern auf das deutlich tiefere Niveau des Erolzheimer Feldes³¹⁵ zielten (HABBE 1986b: 433f), nachdem die Schmelzwässer den trennenden Hochterrassenriegel des Hitzenhofener Feldes Richtung W überwunden hatten. Das Erolzheimer Feld lässt sich nicht nur über das Memminger Feld und die Rothensteiner Rinne (erhaltene Endhöhe bei ca. 690 m ü. NN), sondern auch über die Legauer und Bettrichs-Rinne (erhaltene Endhöhe bei ca. 700 m ü. NN) mit dem Canyon-Lobus (SCHAEFER 1953a: 53 Abb. 1) verbinden³¹⁶, sowie über die Legauer und Weitenauer Rinne (erhaltene Endhöhe bei ca. 765 m ü. NN) mit dem Altusrieder Lobus (HABBE 1986b: 434)³¹⁷. Bei der Altusrieder Rinne, bei der Bettrichs-Rinne sowie bei der Rothensteiner Rinne handelt es sich um geköpfte Täler, deren erhaltene Endhöhen, wie zu erwarten, im S am höchsten und im N am tiefsten liegen. GRAUL (1953a: 31f) betont³¹⁸ trotz der unmittelbaren Nähe der „äußeren Jugendmoränen“ die „geringe Gerölldecke von etwa 5 m“ in den beiden westlichen Rinnen, was gut zu den Beobachtungen in der Rothensteiner Rinne passen würde, die ebenfalls nur geringmächtige Schotterakkumulationen zeigt.

Der Schlussfolgerung von GRAUL (1953a): „... die Parallelisierung der Jugendmoränen würde mit meiner Annahme einer gewissen Altersverschiedenheit der äußersten Jugendmoränen im Iller- und Rheingletschergebiet unmöglich gemacht und stratigraphische Versuche mit Hilfe der Endmoränen und auch ihrer vorgelagerten Schotterfelder seien von vornherein in Frage gestellt.“ (GRAUL 1953a: 44) sowie seiner Forderung: „Es ist gar nicht so schlimm, die heutzutage ja schon etwas grob wirkenden Verallgemeinerungen, welche durch die Parallelisierung dreier oder noch mehr Jugendmoränenwälle durch das ganze Alpenvorland gemacht worden ist, endlich fallen zu lassen.“ (GRAUL 1953a: 45) ist nicht nur zuzustimmen sondern man kann sie auch dahingehend erweitern, dass schon beim Iller-Vorlandgletscher die Maximalstände der einzelnen Teilloben nicht zeitgleich erreicht wurden und ein Teillobus bereits am Rückschmelzen sein konnte, während sich der andere noch oder schon wieder weiter nach N schob. GRAUL (1953a: 45) führt als Argument für seine

GRAUL berücksichtigt hierbei allerdings ebenfalls nicht die Möglichkeit, dass die verschiedenen Teilloben des westlichen Iller-Vorlandgletschers höchstwahrscheinlich zu unterschiedlichen Zeiten ihren jeweiligen Maximalstand, wie bereits erläutert, erreicht haben. Wenn man es so sehen will, bestätigt GRAUL dennoch indirekt die Hypothese, dass nur der Ziegelberger Lobus bis Käasers zurückgeschmolzen war und über das Ziegelberger Trompetental keine Schmelzwässer mehr abflossen, während von den Schmelzwässern sowohl des Canyon-Lobus (über das Rothensteiner Tal und Memminger Achtal sowie über die Bettrichs-Rinne und später über die Canyon-Rinne) als auch des Altusrieder Lobus (über die Weitenauer und Legauer Rinne) zusammen mit den Schmelzwässern des Rhein-Bodensee-Vorlandgletschers das Erolzheimer Feld geschüttet wurde.

³¹³ Gemeint ist SCHAEFER (1953a) (Anmerkung des Verfassers).

³¹⁴ HABBE (1986b: 434) spricht von „Ausraumzone des Benninger Rieds/Memminger Ach-Tals“.

³¹⁵ Das Fellheimer Feld liegt 8 bis 10 m höher als das Erolzheimer Feld (HABBE 1986b: 433).

³¹⁶ STEPP (1953: 171) spricht in diesem Fall nicht von Lobus sondern von „Morämentor von Wurms“ (Entspricht dem Canyon-Lobus) sowie weiter S' des „Binzener Moräntores“ (entspricht dem Altusrieder Lobus).

³¹⁷ STEPP (1953: 172) gibt für die Schmelzwasserabflüsse zur Weitenauer Rinne drei Gletschertore N' und NW' Wiggensbach an.

³¹⁸ STEPP (1953: 169f) gibt für die Bettrichs- und Weitenauer Rinne Schottermächtigkeiten von durchschnittlich 8 m an (Bettrichs 5 m und am oberen Talende der Bettrichs-Rinne bei Moos 7 m, oberes Talende der Weitenauer Rinne 4 m) und folgert, dass es sich um hochgelegene Abflussrinnen gehandelt haben muss, die nur einmalig beim Eishöchststand aktiv waren, wobei die Legauer Rinne nur kurzzeitig aber die Bettrichs-Rinne „erheblich länger durchflossen“ worden sein sollen.

Schlussfolgerung noch an: „Aus Norddeutschland sind die Altersverschiedenheiten des „äußersten“ Jugendmoränenwalls längst bekannt.“ Auf der anderen Seite kann man somit der Schlussfolgerung von SCHAEFER (1953a: 64) klar widersprechen: „Die äußeren Jung-Endmoränen des westl. wie des östl. Rheingletschers und die des Illergletschers (und darüber hinaus auch die der anderen jungdiluvialen Alpengletscher) sind alle zusammen gleicher Entstehung und gleichen Alters. Dasselbe gilt natürlich auch für die von ihnen ausgehenden Schotterfelder.“

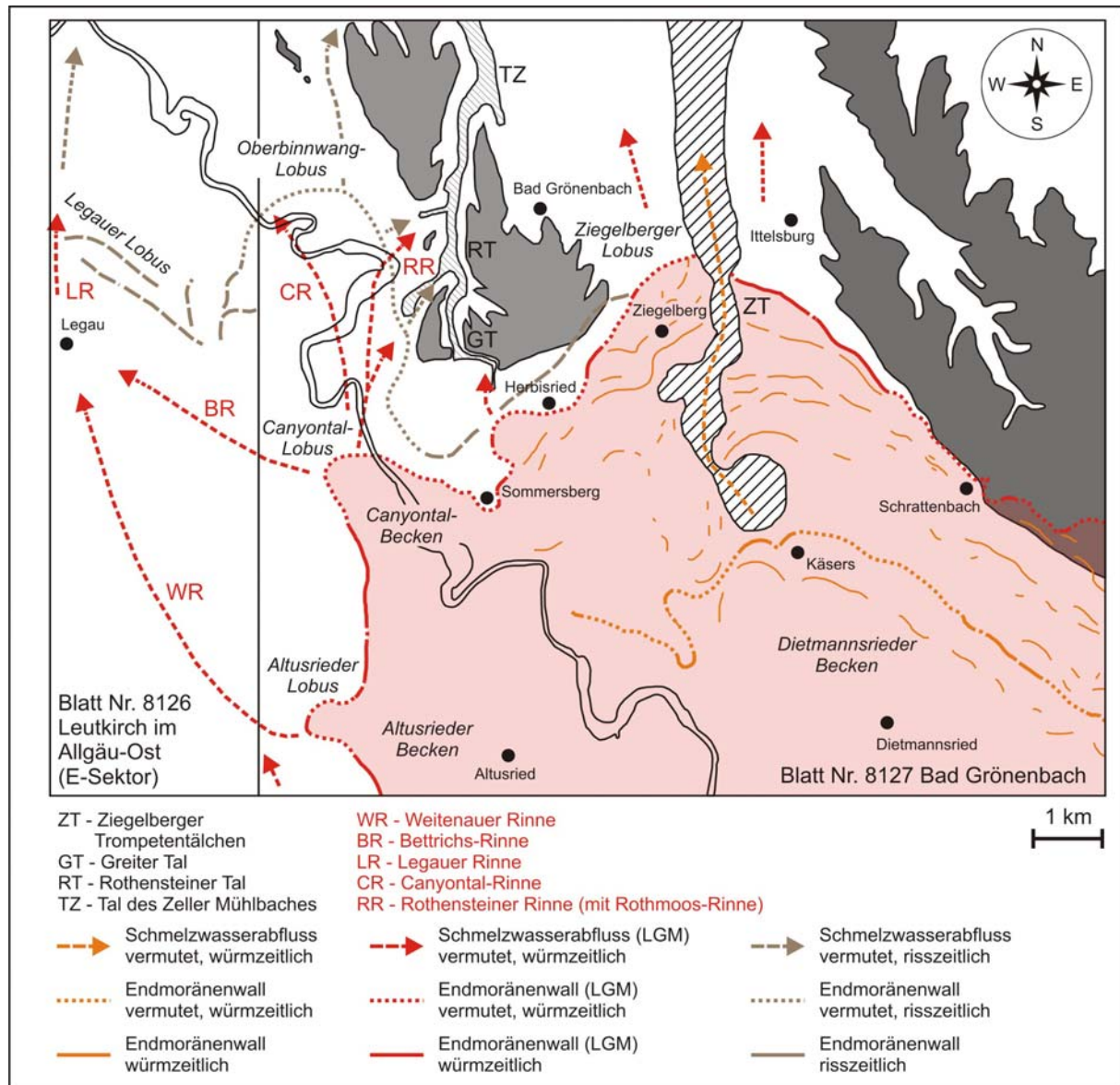


Abb. 25: W-Lobus des würmzeitlichen Iller-Vorlandgletschers; in rot ist der Maximalstand dargestellt, der im Altusrieder und Canyonal-Lobus erst erreicht wurde, als der Ziegelberger Lobus bereits inaktiv geworden und bis nach Käasers zurückgeschmolzen war. Mit dem Inaktivwerden des Ziegelberger Lobus und dem Eisvorstoß Richtung NW verlagerte sich auch der Schmelzwasserabfluss vom Ziegelberger Trompetentälchen im Memminger Trockental Richtung NW. Im Canyonal-Lobus benutzen die würmzeitlichen Schmelzwässer zunächst die alten risszeitlichen Abflussrinnen bevor sie den risszeitlichen Endmoränenwall des Oberbinnwang-Lobus durchschnitten und das Canyonal schufen. Würmzeitliche Rückzugshalte im Altusrieder und Canyonal-Lobus sind nicht dargestellt, ebenso der risszeitliche Endmoränenstand bei Schratzenbach; LGM = Last Glacial Maximum (Karte verändert und ergänzt nach HABBE 1986b und WENNINGER 1994).

4.2.3.7 Spätwürm und Holozän

Aus dem Würm-Spätglazial, das detailliert in verschiedene Klimastufen untergliedert werden kann (siehe Tab. 37), sind im Kartiergebiet keine Ablagerungen überliefert. Da die Schmelzwässer des Iller-Vorlandgletschers nicht mehr über das Memminger Trockental sondern über das Canyonal der Donau zuströmten, fand im Memminger Trockental auch keine Erosion mehr statt, wie es z.B. im benachbarten Tal der Östlichen Günz zwischen Obergünzburg und Markt Rettenbach der Fall gewesen ist, wo die hochglazialen Ablagerungen zum größten Teil wieder ausgeräumt wurden. Die Erosionsleistung des Zeller Baches, des Mühlbaches, des Haibaches und der Memminger Ach war eher gering, so dass sich weder lithologische noch morphologische Veränderungen aus dem Spätglazial bemerkbar machen.

Tab. 37: Gliederung des Würm-Spätglazials (nach LITT et al. 2003 zit. in EHLERS 2011: 253).

Klimastufe	Zeitdauer in Jahren vor heute
Jüngere Dryaszeit	12 680 – 11 590
Allerød-Interstadial	13 350 – 12 680
Ältere Dryaszeit	13 540 – 13 350
Bølling-Interstadial	13 670 – 13 540
Älteste Dryaszeit	13 800 – 13 670
Meiendorf-Interstadial	14 450 – 13 800

Erst im Holozän (siehe Tab. 38) setzt mit der Niedermoor- und Alm- sowie Kalktuffbildung eine neue Phase ein, die nicht nur morphologisch den Talboden im Benninger Ried und im N' anschließenden Memminger Achtal verändert sondern auch völlig neue Gesteine hervorbringt. Durch Aufwachsen des Moores und fortgesetzter Kalkausfällung wird der Talboden um teilweise 6 m angehoben. Ob es in den vorangegangenen Interglazialen ähnliche Bildungen und Prozesse gegeben hat, ist wahrscheinlich, nur sind die Spuren davon völlig verschwunden, so dass ein Nachweis momentan für das Arbeitsgebiet noch aussteht. In anderen Regionen des bayerischen Alpenvorlandes sind an wenigen Stellen Spuren dieser Interglaziale erhalten: z.B. die Schieferkohlen vom Pfefferbichl bei Buching oder vom Uhlenberg bei Dinkelscherben (JERZ 1993: 77, 84, 1995: 297 Tab. 1, 313).

Tab. 38: Gliederung des Holozäns (nach LITT et al. 2001 zit. in EHLERS 2011: 253).

Klimastufe	Zeitdauer in Jahren vor heute
Subatlantikum	2400 – heute
Subboreal	5660 – 2400
Atlantikum	9220 – 5660
Boreal	10 640 – 9220
Präboreal	11 590 – 10 640

5. Schichtenfolge

5.1 Tieferer Untergrund

Nach LEMCKE (1973: 31 Abb. 7, 1988: 83 Abb. 54) liegt die Tertiärbasis am Nordrand des Blattgebietes ca. 1200 m, am Südrand ca. 1900 m unter NN, was eine erhaltene Restmächtigkeit der Molasse im N von ca. 1800 m und im S von ca. 2640 m ergibt. Die Schichtfolge der Molasse lagert mit einer Schichtlücke einer mesozoischen Schichtfolge in germanischer Fazies auf, die nach oben von Malmkalken abgeschlossen wird (JERZ & WAGNER 1978: 107f und KLUSCH 1995: 17). Die im Blattgebiet nur wenige hundert Meter mächtige mesozoische Schichtfolge lagert wiederum mit einer Schichtlücke³¹⁹ dem kristallinen, variszischen Grundgebirge auf, das hier (Bohrung Heimertingen 1) aus Zweiglimmergneisen besteht (JERZ & WAGNER 1978: 107f, DRONG 2003: 47, ROHRMÜLLER 2003: 7 Tab. 1). Nach LEMCKE (1988: 60 Abb. 34) liegt das Grundgebirge am Nordrand des Blattgebietes in einer Tiefe von ca. 2000 m unter NN (ca. 2600 m unter GOK), am Südrand des Blattes ca. 2800 m unter NN (ca. 3500 m unter GOK), was für die mesozoische Schichtfolge eine Mächtigkeit am Nordrand von ca. 800 m (Bohrung Heimertingen 1: 739 m) und am Südrand von ca. 900 m ergibt.

5.2 Tertiär (Miozän)

Im Arbeitsgebiet lagern die landschaftsprägenden quartären Bildungen Gesteinen der ungefalteten Vorlandmolasse, genauer den miozänen Anteilen der Oberen Süßwassermolasse auf, bei denen es sich um Sande und Sandsteinpakete handelt, die in mächtige fossilarme Ton-Schluff- bzw. Mergelfolgen eingelagert sind. Diese feinkörnigeren, größtenteils fluviatilen Ablagerungen gehören noch zur „*Axialschüttung*“ der OSM (SCHOLZ 1995: 181) und gehen S' des Arbeitsgebietes, etwa ab Legau (ca. 7 km SW' des Südrandes des Arbeitsgebietes), rasch in die Grobschüttungen des Hochgrat-Adelegg-Fächers über („*Radialschüttung*“), der mit seinen Konglomerat-Mergel-Wechselfolgen den Schutt- und Schwemmfächer eines oligozänen-miozänen „Hochgratflusses“ („Ur-Iller“) darstellt.

Bei Steinheim im N von Memmingen am Nordrand des Arbeitsgebietes sind die Erolzheimer Sande erbohrt, bei denen es sich um Sande mit fein- bis mittelkiesigen Quarzrestschottern handelt, die zur E-W-gerichteten „*Axialschüttung*“ der OSM gehören (ABELE et al. 1955: 51f, JERZ & WAGNER 1978: 34, SCHOLZ 1995: 149, 183).

5.2.1 Obere Süßwassermolasse (OSM), Obere Serie, miOS + miOS,S

Sarmatium bis Pannonium

Überwiegend kleine (< 4 m²) Ausbisse der OSM findet man hauptsächlich an den Flanken der von quartären Gesteinen gekrönten Höhenrücken zwischen den Tälern, an den Flanken und den Gipfelbereichen des Höhenrückens des Ungerhauser Waldes mit den Kuppen in seiner südlichen Fortsetzung und entlang einiger tief, das Quartär durchschneidender Bachläufe (z.B. entlang des Krebsbaches im Hawanger Feld).

Mächtigkeit: Der Aufbau und die Mächtigkeiten der gesamten Molasse sowie das Molasseauflager lassen sich für das Blattgebiet aus den Erdöl-Tiefbohrungen Heimertingen 1 (JERZ & WAGNER 1978: 107f) und Legau 1 (KLUSCH 1995: 17) (siehe Tab. 39) ermitteln (siehe Tab. 40).

³¹⁹ Die Hochrhein-Bodensee-Senke („Trog“) mit ihren permischen Rotliegendesedimenten (GEYER & GWINNER 1991: 51 Abb. 14, 58) erstreckt sich laut LEMCKE (1988: 60 Abb. 34) bis ca. 4 km W' von Memmingen und erreicht das Blattgebiet sowie die Bohrung Heimertingen 1 nicht mehr.

Tab. 39: Stratigraphische Auswertung der Erdöl-Tiefbohrungen Heimertingen 1 und Legau 1.

	Heimertingen 1			Legau 1		
Rechtswert	43.62037			43.63562		
Hochwert	53.22446			52.99616		
Lage	ca. 3175 m NNW' der Blattnordgrenze zwischen Steinheim und Heimertingen (Blatt Nr. 7926 Rot an der Rot)			ca. 8650 m S' der Blattsüdgrenze im Tal der Rohrach, ca. 3250 m NW' Altusried (Blatt Nr. 8127 Bad Grönenbach)		
GOK [m ü. NN]	580,5			694		
ET [m unter GOK]	2316,7			3012		
	UK [m unter GOK]	UK [m ü. NN]	Mächtigkeit [m]	UK [m unter GOK]	UK [m ü. NN]	Mächtigkeit [m]
Quartär	12	568,5	12	13	681	13
Schichtlücke						
OSM	436	144,5	424	800	-106	787
OMM	686	-105,5	250	1095	-401	295
USM	1534	-953,5	848	2760	-2066	1665
UMM	1577	-996,5	43	2996,5	-2302,5	236,5
Schichtlücke						
Malm	2022	-1441,5	445	mind. 3012	mind. -2318	mind. 15,5
Dogger	2153	-1572,5	131			
Lias	2165	-1584,5	12			
Keuper	2271,5	-1691	106,5			
Muschelkalk ³²⁰	2316	-1735,5	44,5			
Schichtlücke						
Kristallin (Zweiglimmergneis)	mind. 2316,7	mind. -1736,2	mind. 0,7			

Folgende Mächtigkeiten können anhand der beiden Bohrungen für die Molasse im Blattgebiet konstruiert werden:

Tab. 40: Anhand der Bohrungen Heimertingen 1 und Legau 1 für das Blattgebiet konstruierte Mächtigkeiten der Molasseeinheiten.

	Blattnordgrenze	Blattsüdgrenze
	Mächtigkeit [m]	Mächtigkeit [m]
OSM	ca. 420	ca. 650
OMM	ca. 260	ca. 280
USM	ca. 970	ca. 1360
UMM	ca. 70	ca. 160
Molasseauflager	Malmkalke	Malmkalke

Die beiden Erdölexplorationsbohrungen³²¹ (LEMCKE et al. 1953: 101, NATHAN 1955: 96) Memmingen CF 1002 bei Hawangen und Memmingen CF 1003 bei Rothenstein (ca. 4 km S' der Blattsüdgrenze) durchörterten zwar nicht die OSM, unterstützen aber mit ihren erreichten Endteufen (siehe Tab. 41) die konstruierten Mächtigkeiten für die OSM (siehe Tab. 40).

³²⁰ Höchstwahrscheinlich unterlagert der Muschelkalk (LEMCKE 1988: 7 Abb. 3) nicht das gesamte Blatt Nr. 8027 Memmingen: „... überflutete die aus ungefähr nördlicher Richtung erfolgende Transgression des Muschelkalkmeeres bereits ganz Oberschwaben; seine Küste rückte bis etwa an die Iller vor ...“ (LEMCKE 1988: 6). Nach VOLZ (1956: 295), WAGNER (1978: 18f) und LEMCKE (1988: 120) liegt der Muschelkalk unter Heimertingen „in terrestrischer/ästuariner Fazies auf Gneis“ (LEMCKE 1988: 120) über einem Basiskonglomerat als Ton- bis Kalkmergelsteine mit Feinsandlagen vor.

³²¹ zu den Erdölexplorationsbohrungen im Molassebecken siehe auch VOLZ (1956, 1959)

Tab. 41: Stratigraphische Auswertung der Erdöl-Bohrungen Memmingen CF 1002 und Memmingen CF 1003.

	Memmingen CF 1002			Memmingen CF 1003		
Rechtswert	43.71000*			43.65800*		
Hochwert	53.16400*			53.04550*		
Lage	unmittelbar ENE' des Ortsrandes von Hawangen (Blatt Nr. 8027 Memmingen)			wenig SSE' von Rothenstein im Tal (Blatt Nr. 8127 Bad Grönenbach)		
GOK [m ü. NN]	629			691		
ET [m unter GOK]	362,8			356,7		
	UK [m unter GOK]	UK [m ü. NN]	Mächtigkeit [m]	UK [m unter GOK]	UK [m ü. NN]	Mächtigkeit [m]
Quartär	-	-	0	7,3	683,7	7,3
OSM	mind. 362,8	max. 266,2	mind. 362,8	mind. 356,7	max. 334,3	mind. 349,4

* in der Literatur keine Koordinatenangabe aufgefunden, daher Rechts- und Hochwert aus der Geologischen Übersichtskarte der Süddeutschen Molasse 1 : 300 000 entnommen (ABELE et al. 1955)

Die Obere Süßwassermolasse kann im Unterallgäu in die Untere Serie (Ottang, Karpat und Baden) und Obere Serie (Sarmat und Pannon) untergliedert werden, die durch die Erolzheimer Sande der Mittleren Serie (Baden und Sarmat) voneinander getrennt werden (ABELE et al. 1955: 46f, DEHM 1955: 87, JERZ et al. 1975: 106f, DOPPLER 1989: 87 Tabelle 1, SCHOLZ 1995: 149, DOPPLER et al. 2000: 225 Abb. 2). Aus der Bohrung Heimertingen 1 ist bekannt, dass die Erolzheimer Sande dort erst in einer Tiefe von ca. 100 m (ca. 480 m ü. NN) liegen (JERZ & WAGNER 1978: 34); daraus kann man für das S' der Bohrung gelegene Arbeitsgebiet eine erhaltene Mindestmächtigkeit der Oberen Serie von weit über 100 m konstruieren, die an der südlichen Blattgrenze sogar bis auf ca. 420 m zunimmt.

Aus dem höchsten Obermiozän und v.a. aus dem Pliozän sind keine Ablagerungen im Molassebecken überliefert bzw. bisher nachgewiesen. In dieser Zeit müssen die Alpen mit dem ganzen Alpenvorland angehoben und kräftig abgetragen worden sein (SCHOLZ 1995: 186, BECKER-HAUMANN 2005: 23). Die Literaturangaben schwanken dabei für das Unterallgäu zwischen 50 und 100 m (JERZ & WAGNER 1978: 36) und 100 und 200 m (LEMCKE 1988: 56). Wieviel allerdings davon der Erosion durch tertiäre Flüsse anzurechnen ist und wieviel erst durch die quartären Schmelzwässer abgetragen wurde, lässt sich nicht mehr quantifizieren. Fest steht jedenfalls, dass die heutige Tertiäroberfläche im Arbeitsgebiet letztmalig und vollständig durch Schmelzwässer gestaltet und im Bereich der oberflächlich anstehenden Molasse durch pleistozäne und holozäne Erosions- und Verwitterungsvorgänge feinmodelliert worden ist. Reste der präglazialen Tertiärlandschaft sind im Arbeitsgebiet nicht mehr nachweisbar.

Lithologie: In den Aufschlüssen im Arbeitsgebiet zeigt sich die OSM in einer tonig-schluffigen bis sandigen (Fein- bis Mittelsand) Ausbildung mit stark wechselnden Kalkgehalten, so dass auf engem Raum Ton- und Schluffmergel mit kalkarmem bis kalkfreien Ton und Schluff sowie sandigen Partien wechsellagern. Selbst in einem Horizont mit einem Abstand von wenigen Metern können stark kalkhaltige (++) und kalkfreie (0) Bereiche ausgeschieden werden. Die Sande sind im Vergleich mit den Tonen und Schluffen insgesamt eher karbonatärmer, häufig auch vollständig karbonatfrei. Eine Gliederung in eher sandige und in vorwiegend tonig-schluffige Bereiche (sowohl horizontal als auch vertikal betrachtet) ist nach den bisherigen Geländebefunden nicht möglich, was auch in der geologischen Karte Ausdruck findet, in der die sandige Molasse nur dort mit Übersignatur dargestellt ist, wo sie auch tatsächlich im Gelände nachgewiesen ist.

Tone, Schluffe und Mergel der OSM: Feinkörnige Sedimente dominieren in den Molasseaufschlüssen; sie stellen die Ablagerungen stehender oder langsam fließender Gewässer dar. In den Aufschlüssen zeigen sie sich meist als Ton-Schluffgemenge mit stark wechselnden Sand- und Kalkgehalten. Abgebaut wurde ein OSM-Mergelhorizont in der Ziegeleigrube Hawang (JERZ et al. 1975: 107), allerdings existiert dieser Aufschluss heute nicht mehr.

Sande: Fein- bis Mittelsande überwiegen und nur untergeordnet konnten auch Grobsande, allerdings nur in recherchierten Bohrungen³²² dokumentiert werden. Die Sande setzen sich hauptsächlich aus Quarz zusammen, gefolgt von Feldspäten und Heliglimmer. Makroskopisch ist der Glimmer meist so auffallend, dass v.a. in Oberbayern die Sande als Flinzsande, im übertragenen Sinne auch die gesamte OSM als Flinz bezeichnet worden ist (ABELE et al. 1955: 47). Von den Bauern der Region werden die OSM-Sande als „Vogelsand“, „Schweißsand“ oder „Fuchssand“ bezeichnet.

Grobsedimente der OSM: Die oben erwähnten, nur in Bohrungen angetroffenen Grobsande stellen die größten, während der Arbeiten dokumentierten Gesteine der OSM dar. Die in der Literatur (EBERL 1930: 330) beschriebenen Vorkommen von „in reichlichem, sehr losen Sand“ eingebetteten, kleinen Quarzgeröllen („Quarzrieselschotter“, Graupensand) bei Otto-beuren konnten aufgrund der heutigen Aufschlusssituation nicht mehr nachgewiesen werden. Ebensovienig gelang dies für die ebenfalls bei EBERL (1930: 330) und SINN (1972: 45 Fußnote 5) genannten Vorkommen von gröberen Schüttungen in der OSM beim Gehöft Borschach SSE' von Otto-beuren und beim Gehöft Lenz S' Hopferbach (Blatt Nr. 8128). EBERL verbindet diese beiden Vorkommen miteinander zu einer Rinne, in der er einen Zeugen einer von den Alpen herkommenden Flussrinne des oberen Horizontes der OSM sieht. Bei dem gröberen Material in den Flinzsandsteinschichten soll es sich um feinkörnige, unverfestigte Schotter handeln, die ausgezeichnet gerollt und äußerlich von der Verwitterung wenig angegriffen erscheinen und sehr viele kristalline Komponenten (u.a. reichlich weißen Quarz) enthalten. Das sandige Begleitmaterial wird als äußerlich anscheinend sehr frisch und vielfach kalkarm bis kalkfrei beschrieben. EBERL schlussfolgert, dass „Die ganze Ablagerung besagt, daß auch während der Bildung der Flinzschichten über die Ränder der obermiozänen Schotterkegel hinaus mit Stromlinien alpiner Gewässer zu rechnen ist, die sich bis hierher fühlbar machen. Wie weit dieser Gerölltransport noch weiter vorwärts reicht, war aber bis jetzt nicht feststellbar“ (EBERL 1930: 330).

Die von der Abteilung Bodenkunde am Bayerischen Geologischen Landesamt am 20.9.1972 in der ehemaligen Kiesgrube (Steinbruch) Fautzen (siehe Abb. 28) dokumentierten Tertiärkiese (Gerölldurchmesser durchschnittlich 2 bis 5 cm, vereinzelt bis 10 cm) konnten bei einer Begehung im Sommer 2010 nicht mehr beobachtet werden, da der Steinbruch schon vor Jahren weitgehend mit Fremdmaterial (u.a. Bauschutt) verfüllt wurde und nur noch die obersten Bereiche der Konglomeratwände aufgeschlossen waren. Daher war nicht klärbar, ob es sich tatsächlich um Tertiärkiese handelt, denn STEPP (1953: 182) beschreibt dort einen 2 m mächtigen „Liegenschotter von Fautzen“ mit höherem Kristallinanteil und ohne Dolomitgehalt, der von KLUSCH (1995: 48) als ehemalige, periglaziale Rinne gedeutet wurde. Sollten es tatsächlich Molassekiese sein, könnte es sich ebenfalls um eine tertiäre Rinnenfüllung handeln, wie sie von KLUSCH (1995: 23) für ein Molassekonglomerat-Vorkommen (R: 43.63602/H: 53.07362)³²³ an der Westseite des Hohenrain angenommen wird, das aber ebenfalls bei einer Geländebegehung im Herbst 2010 nicht mehr auffindbar war. Die Beschreibung der „Liegenschotter von Fautzen“ durch STEPP als dolomitfrei und mit einem erhöhten Kristallinanteil ähnelt stark den Beschreibungen des Otto-beurer Schotter (GRAUL in STEPP 1953: 182) (siehe Kap. 3.1.1 und 5.3.1.1), aber die Höhenlage (Basis auf ca. 702 m ü.NN) sowie die momentan gültige Alterseinstufung der überlagernden Schotter in die Mindelkaltzeit widersprechen einer stratigraphischen Gleichsetzung, denn die nächstgelegene, bekannte Rinnenstruktur an einer Quartärbasis verläuft in SW-NE-Richtung N' Bossarts (ca. 14 km NE'

³²² beispielsweise in den Bohrungen **7926-LEB-BG-009** (R: 43.63034/H: 53.20638), **7926-LEB-BG-010** (R: 43.62903/H: 53.20887) und **7927-LEB-BG-004** (R: 43.63715/H: 53.21030) bei Steinheim

³²³ Die Koordinatenangaben stammen von KLUSCH (1995: 23).

Fautzen) auf dem Böhener Feld (BELLMANN 2009) und liegt auf ca. 723 m ü.NN (Rinnenbasis); eine Füllung aus Ottobeurer Schotter bzw. kristallreichen sowie dolomitarmen oder -freien Basisschottern ist dort zwar bisher nicht nachgewiesen, konnte aber in der nordöstlichen Fortsetzung der Rinne über Haitzen/Brüchlings und über die Buschlkapelle im Zuge der Geländearbeiten dokumentiert werden bzw. ist in der Literatur beschrieben (EBERL 1930: 312 ff, CHEN 2011a).

Farbe: Im „frischen“ Zustand zeigen die Gesteine der OSM dunkelgraue, graublaue bis grüngraue (Färbung durch Fe^{2+}), im an- und verwitterten Zustand die typischen beige, braunen bis roten, z.T. rostbraunen (Färbung durch Fe^{3+}) Farben. Angewitterte Sande sind mitunter hellgrau bis weißgrau und wirken „gebleicht“ (siehe Aufschluss an der Bahnstrecke³²⁴).

Kalkgehalt: Es treten kalkfreie bis stark kalkhaltige Bereiche faziesunabhängig teilweise unmittelbar nebeneinander auf. Ob und inwieweit der Kalk primär in den anstehenden Gesteinen der OSM vorhanden war, oder sekundär eingetragen bzw. umgelagert wurde, lässt sich nicht mehr feststellen. Auch inwieweit der Kalk schon wieder umgelagert, teilweise oder vollständig aus dem Gestein entfernt wurde, entzieht sich ebenfalls der Kenntnis. ABELE et al. (1955: 47) sprechen in diesem Zusammenhang von „ausgelaugt“ und sekundär „angereichert“. Zu beobachten ist, dass neben knollen-, platten- und zapfenförmigen bis hin zu unregelmäßig geformten, knauernartigen Kalkkonkretionen in den Tonen, Schluffen und Sanden auch einzelne Lagen bis hin zu ganzen Schichtstapeln mit mehreren Metern Mächtigkeit kalkhaltig (z.B. OSM-Mergel) und auch verfestigt sein können (z.B. Mergelsteine und Sandsteine). Auffällig ist, dass gerade im Grenzbereich zu überlagernden Schmelzwasserschottern recht häufig ein hoher Karbonatgehalt und stellenweise auch Verfestigungen sowie Kalkkonkretionen innerhalb der OSM-Gesteine auftreten.

Verfestigungen: Calcitische Verfestigungen treten sowohl als Mergelsteine als auch als Sandsteine auf, wobei die Verfestigungen nicht an einzelne Horizonte gebunden sondern scheinbar regellos verteilt sind und nicht weit durchziehen. Die in den Aufschlüssen mit Feldmethoden (Hammerschlag) ermittelbaren Gesteinsfestigkeiten liegen im Bereich von wenig bis mäßig fest (1 bis 25 MPa), die Kornbindung bei mäßig bis schlecht. Sowohl beim Kalkgehalt als auch bei den Verfestigungen ist aber zu beachten, dass die Gesteine oberflächennah und v.a. in den Aufschlüssen der Verwitterung und Bodenbildung ausgesetzt sind und dadurch lokal oder großflächig entkalkt, aufgeweicht und entfestigt sein können. Deshalb ist mit höheren Konsistenzen, Lagerungsdichten und Gesteinsfestigkeiten in oberflächenferneren Zonen zu rechnen.

Konsistenz und Lagerungsdichte: Aufgrund der für das Arbeitsgebiet anzunehmenden, ehemaligen, 50 bis 100 m (JERZ & WAGNER 1978: 36) bzw. 100 bis 200 m (LEMCKE 1988: 56) mächtigen Überlagerung aus jüngeren miozänen Sedimenten sind die Gesteine überkonsolidiert. JERZ & WAGNER geben dabei als Bezugshorizont die Deckenschotterunterkante an, wobei sie vermutlich die Älteren Deckenschotter auf Blatt Nr. 7927 Amendingen meinen. Die bindigen Gesteine der OSM im Arbeitsgebiet besitzen primär eine halbfeste Konsistenz, was anhand eigener Feldversuche per Taschenpenetrometer bestätigt werden konnte. Durch Kalkverfestigungen treten auch feste, durch Wasserzutritt, Verwitterung und Bodenbildung auch steife bis breiige Konsistenzen auf. Die Sande besitzen aufgrund der ehemaligen Überlagerung primär eine dichte bis sehr dichte *bezogene Lagerungsdichte* I_D , was anhand der Auswertung von recherchierten Daten zu Feldversuchen (v.a. DPH und SPT) bestätigt werden konnte.

Trennflächen und Zerlegungsgrad: Eine undeutliche Internschichtung ist in den Tonen und Schluffen bzw. Mergeln wohl vorhanden, aber i.d.R. nicht zu erkennen und meist nur zu erahnen, was typisch für Hochflutablagerungen ist (SCHOLZ 1986a). Hinzu kommt, dass die bindigen Gesteine von zahllosen, dichtständigen bis sehr dichtständigen Kleinklüften, die die

³²⁴ 8027-LEB-AG-173 (R: 43.72098/H: 53.17201)

Schichtung als mechanisch wirksame Trennfläche verwischen, durchzogen sind. Das in kleine (kleinstückige) bis sehr kleine (sehr kleinstückige), vielflächige Gesteinskörper (Kluftkörper) zerlegte Gestein besitzt dadurch ein bröckeliges Gefüge, das in der Baugeologie den Namen **Bröckeltone** (BAUER et al. 2005 sowie HOLLMANN & WEH 2009) für derartige Tone der OSM prägte. Die Klüfte sind meist geschlossen; nur im Bereich von Hangbewegungen können sie geöffnet sein. Die Oberflächen der Klüfte sind gebogen, poliert und oft gestriemt. Häufig finden sich auf den Kluftoberflächen rostigbraune bis schwarzbraune Kluftbeläge aus Fe- und Mn-Oxiden und -Hydroxiden, unabhängig davon, ob das Gestein noch grünlich-graue oder schon beige Farben zeigt.

Tab. 42: Felsmechanische Klassifizierung der Klüfte in den Tonen und Schluffen bzw. Mergel der OSM.

Klüftung ¹	<i>sehr stark klüftig bis stark klüftig</i>
Zerlegungsgrad ²	<i>völlig zerlegt bis sehr stark zerlegt</i>
Kluftart ³	<i>Kleinklüfte</i>
Trennflächenerstreckung ⁴	<i>sehr klein</i>
Kluftkörperabmessungen ⁵	<i>sehr klein bis klein</i>
Gesteinskörperabmessungen ⁶	<i>sehr klein bis klein</i>
Trennflächenabstand ⁷	<i>sehr dichtständig bis engständig</i>
Trennflächenoberfläche ⁸ (Rauigkeit)	<i>poliert bis gestriemt</i>
Trennflächenoberfläche ⁸ (Ebeneheit)	<i>gebogen</i>
Trennflächenöffnungsweite ⁹	<i>sehr dicht bis dicht, in bewegten/aufgelockerten Bereichen auch teilweise offen bis weit</i>

¹ Klüftung nach ZTVE-StB 94 in FLOSS (2006: 140)

² Zerlegungsgrad nach PRINZ & STRAUß (2006: 115)

³ Kluftart nach PRINZ & STRAUß (2006: 111)

⁴ Trennflächenerstreckung nach ISRM 1978 in SPAUN & THURO (2000: 8)

⁵ Kluftkörperabmessung nach IAEG 1981 in SPAUN & THURO (2000: 9)

⁶ Gesteinskörperabmessung nach DIN EN ISO 14689-1 (2011-06)

⁷ Trennflächenabstand nach ISRM 1978 aus SPAUN & THURO (2000: 8)

⁸ Trennflächenoberfläche nach SPAUN & THURO (2000: 7)

⁹ Trennflächenöffnungsweite nach ISRM 1978 in SPAUN & THURO (2000: 9)

Bei mechanischer Beanspruchung zerfällt das Gestein leicht in polyedrische Bruchstücke. SCHMID (2002: 70ff) führt dieses Polyedergefüge auf oberflächennahe Quell- und Schrumpfungsvorgänge innerhalb feinklastischer Ablagerungen im Bereich von zyklisch auftretenden Paläoböden zurück, wie sie häufig und typisch für die OSM sind. Vergesellschaftet mit diesen Polyedergefügen bzw. Paläoböden sind i.d.R. auch charakteristische Farbwechsel und Wurzelspuren. Ebenfalls als Produkt von starken Quell- und Schrumpfungsvorgängen (**Peloturbation**) im Zuge von Bodenbildungen (Vertisole) deuten sowohl HOLLMANN & WEH (2009) als auch BLUME et al. (2010: 295f, 350f) das Polyedergefüge.

Anders hingegen sieht es BAUMANN (2010), der die Kluft- und Harnischflächen in den meist ausgeprägt plastischen Tonen und Tonmergeln als Folge von Änderungen der Spannungszustände interpretiert, die durch Be- und Entlastungsphasen verursacht werden. Für das im S von München gelegene Gebiet unterscheidet er fünf verschiedene Phasen:

- **Belastungsphase 1:** Belastung durch Molassesedimente des Obermiozäns mit einer Mächtigkeit von mindestens 250 m über heutiger Tertiäroberfläche
- **Entlastungsphase 1:** Entlastung durch Abtrag dieser tertiären Sedimente im Jungtertiär und Pleistozän
- **Belastungsphase 2:** Wiederbelastung durch Schmelzwasserschotter
- **Entlastungsphase 2:** Entlastung durch teilweisen Abtrag dieser quartären Sedimente im Laufe des Pleistozän
- **Entlastungsphase 3:** lokalbegrenzte Entlastung durch Grundwasserentspannung und Rutschvorgänge

Für das Unterallgäu können aufgrund der höheren Anzahl der Erosions- und Akkumulationsereignisse auch wesentlich mehr Be- und Entlastungsphasen angenommen werden.

Die hellglimmerreichen Sande besitzen hingegen eine deutliche, flach- bis schrägliegende Internschichtung, die an vielen Stellen noch durch dünne Horizonte mit Ton-Schluff-Geröllchen (aufgearbeitete und umgelagerte bindige Molasse) und schichtungsparell eingeregelt Helliglimmerschüppchen nachgezeichnet wird. Die Sande und Sandsteine sind i.d.R. eng- bis weitständig geklüftet und die Klein- bis Mittelklüfte verlaufen meist steilstehend und orthogonal zueinander (Aufschlüsse **8027-LEB-AG-173** und **7927-LEB-AG-010**³²⁵). Die Klüfte sind meist geschlossen; nur im Bereich von Hangbewegungen können sie geöffnet sein. Die Oberflächen der Klüfte sind eben bis wellig sowie glatt bis rau. Typisch für die Sande und Sandsteine sind Liesegangsringe aus Fe-Oxiden und -Hydroxiden.

Am auffälligsten ist die Schichtung in der OSM aber bei engen Wechsellagerungen von sandigen mit tonig-schluffigen Lagen zu erkennen, wie es z.B. in der großen Sand- und Tongrube (Aufschluss **8126-LEB-AG-001**³²⁶) SW' der Kronburg beispielhaft zu beobachten ist (siehe Abb. 26).



Abb. 26: Wechsellagerung aus sandigen und tonig-schluffigen Gesteinen der OSM in der Ton- und Sandgrube SW' der Kronburg (Blatt Nr. 8126 Leutkirch im Allgäu-Ost, Aufschluss **8126-LEB-AG-001**); Photo des Verfassers vom 20.10.2008.

Fazies: Bei den Gesteinen der Oberen Serie der OSM handelt es sich um klastische Sedimente, v.a. gröberkörnige Flussablagerungen, sowie um feinkörnige Überflutungsbildungen (Hochflutablagerungen), seltener um limnische Sedimente in Altwasserarmen, die einem häufigen faziellen Wechsel sowohl in vertikaler als auch in horizontaler Richtung unterworfen sind (JERZ et al. 1975: 106f, SCHOLZ 1986a). Die damalige Landschaft kann man sich als eine kleinräumig gegliederte, relativ ebene Flusslandschaft vorstellen, in der sich aktive Flussläufe, Überflutungsebenen und Altwasserbereiche unterscheiden lassen (SCHOLZ 1986a).

³²⁵ **8027-LEB-AG-173** (R: 43.72098/H: 53.17201) und **7927-LEB-AG-010** (R: 43.72359/H: 53.19527)

³²⁶ **8126-LEB-AG-001** (R: 43.62400/H: 53.08300)

Es herrschen glimmerführende Sande und Mergel mit wechselnden Ton- und Kalkgehalten vor, wohingegen geröllführende Lagen nur sehr untergeordnet auftreten (JERZ & WAGNER 1978: 36). In der Literatur (ABELE et al. 1955: 46ff, LEMCKE 1988, JERZ & WAGNER 1978, SCHOLZ 1995) werden immer wieder Erosionsdiskordanzen beschrieben und auf Schichtlücken hingewiesen; aufgrund der meist kleinen und eher schlechten Aufschlussverhältnisse im Arbeitsgebiet konnten diese allerdings nicht dokumentiert werden.

Alter und Fossilführung: Nach Auswertung der Bohrungen (siehe Tab. 39 und Tab. 41) können sämtliche im Arbeitsgebiet aufgeschlossenen Molassegesteine zur Oberen Serie der OSM gestellt werden, was auch durch Fossilienfunde von Dinotherien (*Deinotherium bavarium*) sowie eines kleineren Säbelzähntigers (Eckzahn von *Machairodus* sp.) im Untergrund des Hawanger Feldes bestätigt wird (DEHM 1949: 3 Abb. 1, 6ff, DEHM 1955: 86, DEHM 1960: 38 Abb. 1). Bei dem Fossilfundort, der auf der Geologischen Übersichtskarte der Süddeutschen Molasse (Maßstab 1:300000) mitten auf dem Hawanger Feld (risszeitliche Hochterrasse!, siehe Kap. 3.3.1) N' der Straße St 2013 Benningen-Ottobeuren eingezeichnet ist, muss es sich um die ehemalige, mittlerweile vollständig verfüllte Kiesgrube Hawangen (R: 43.69000/H: 53.15400) handeln, auf deren tiefster Sohle (Quartärbasis in ca. 14 m Tiefe) damals die Molassegesteine aufgeschlossen waren³²⁷.

		Tethys-Gliederung		2,6	Paratethys-Gliederung	
Neogen	Pliozän		Piacenzium	1,0	5,3	Dazium
			Zancleum	1,7		Pontium
	Ober-		Messinium	1,8	Pannonium	
			Tortonium	4,1	Sarmatium	
	Miozän	Mittel-		Serravallium	3,6	Badenium
				Langhium	1,6	Karpatium
		Unter-		Burdigalium	4,1	Ottnangium
			Aquitanium	3,3	Eggenburgium	
					23,8	Ober-Egerium

Abb. 27: Tethys- und Paratethys-Gliederung des Neogens (nach der Stratigraphischen Tabelle von Deutschland 2002 [8] und den Beschlüssen des IUGS vom 29.6.2009 [9]); angegeben ist jeweils die Dauer in Millionen Jahren sowie die Ober- und Untergrenzen des Miozäns und Pliozäns ebenfalls in Millionen Jahren.

DEHM (1955: 83) gibt für die Obere Serie noch ein Alter von Unterst-Pliozän mit Oberst-Miozän (Unter-Pontium mit Ober-Sarmatium) an; nach der Angleichung an die internationale

³²⁷ „Im Sand- und Kieswerk Benningen südlich Memmingen, 1 km südöstlich Benningen, liegen 14 m Hochterrassenschotter der Riß-Eiszeit auf obermiozänem graugrünen Flinzton. Am 26. März 1934 kamen 3 m unter der Flinoberfläche bei der Anlage eines Wasserbehälters zerfallende Stoßzahnreste zum Vorschein. ... die Weitergrabung, welche in drei Wochen mühsamer und sorgfältiger Arbeit Schädelrest mit Gebiß, dazu im natürlichen Verband die Wirbelsäule mit Rippen, und verstreut Schulterblatt, Oberschenkelknochen und mehrere kleine Gliedmaßenknochen freilegte.“ (DEHM 1949: 6f) Der Schädelrest mit den Oberkieferzähnen kam 1936 in die Sammlung nach München, die Skelettreste verblieben beim Verein für Heimatpflege in Memmingen (DEHM 1949: 6).

stratigraphische Gliederung und der damit verbundenen Neueinstufung des kontinentalen Jungtertiärs (Miozän und Pliozän) in Süddeutschland, wie bei FAHLBUSCH (1981) empfohlen, stellen LEMCKE (1988: 53ff) und SCHOLZ (1995: 169f) die Obere Serie ins Sarmatium sowie U-Pannonium und lassen den bisherigen Ablagerungsraum ab dem tieferen Pannonium allmählich zum Abtragungsgebiet (Denudationsgebiet) als Folge der verstärkten Gesamthebung des alpinen Orogens samt seines Vorlandes werden (siehe Abb. 27).

Fossile Bodenbildungen auf der OSM und Umlagerungshorizonte:

Zu erwartende präquartäre bzw. besser präglaziale oder aus den Glazialen und Interglazialen stammende Bodenbildungen auf der Molasseoberfläche oder im Zuge der prä-, syn- oder interglazialen Erosion und Reliefumgestaltung entstandene Bildungen aus umgelagertem Tertiärmaterial konnten weder in den Aufschlüssen ausgeschieden werden noch lieferten die zahlreichen, ausgewerteten Daten von Bohrungen und Schurfen Hinweise auf derartige Bodenbildungen und Ab- bzw. Umlagerungen. Diese waren mit größter Wahrscheinlichkeit vorhanden, müssen aber im Zuge der glazialen Erosionsphasen durch Schmelzwässer weitgehend wieder restlos beseitigt bzw. aufgearbeitet worden sein.

Im Arbeitsgebiet vorhandene Bildungen mit einer vergleichbaren Genese enthalten eindeutig alpines Material („Quartärmaterial“) aus den Nördlichen Kalkalpen. Zu diesen Bildungen gehören der Ottobeurer Schotter, die verschiedenen Aufarbeitungshorizonte, die Fließerdien und die Periglazialschotter sowie die Hochflutlehme und -sande. Allein die Verwitterungslehme der Molasse stellen rezente Vertreter dieser weitgehend verschwundenen Gesteine dar.

Ein einziger Hinweis auf eine derartige fossile Bodenbildung könnte der bereits oben erwähnte „*Liegendschotter von Fautzen*“ sein, den STEPP (1953: 182) erstmals beschreibt und von dem eine detaillierte Profilaufnahme (Abteilung Bodenkunde am Bayerischen Geologischen Landesamt; lfd. Nr.: 30714-716) in der Datenbank des LfU für das Blatt Nr. 8127 Bad Grönenbach gefunden wurde (siehe Abb. 28)³²⁸. STEPP (1953) schreibt von einem durchgehend verwitterten Schotter, der häufig durch Frost gesprengte Gerölle enthalten soll, was er dahingehend interpretiert, nämlich dass es sich bei dem Schotter um eine kaltzeitliche Bildung handelt, die eine „*beträchtliche Zeit lang der Verwitterung ausgesetzt war, bevor er von den Mindel-Schottern bis auf geringe Reste erodiert wurde.*“ (STEPP 1953: 182).

In seiner Arbeit über das Grönenbacher Feld bezeichnet SCHAEFER (1973) die im Liegenden der mindelzeitlichen Konglomerate aufgeschlossenen Schotter als „*die von mir damals entdeckten verwitterten Liegend-Schotter von Fautzen*“ (1973: 172) sowie als „*die seltsamen Liegendschotter von Fautzen*“ (1973: 181) und verweist aus Platzgründen auf eine eigene Abhandlung darüber zu einem späteren Zeitpunkt.

Der Aufschluss³²⁹ liegt an der Geländestufe zwischen dem Gehöft Fautzen und dem Weiler Haitzen ca. 2 km W' Grönenbach und das Profil wird von den Bearbeitern der Abteilung Bodenkunde als „*Wichtiges Profil für Geolog. Karte Bl. Memmingen*“ eingestuft. Im Profil (siehe Abb. 28) werden zwischen Mergeln der OSM im Liegenden und mindelzeitlichen Konglomeraten im Hangenden 1,7 m mächtige, tertiäre Kiese beschrieben, die an „*Ort und Stelle*“ verwittert sein sollen und somit eine „*fossile Bodenbildung*“ darstellen. Über den tertiären Kiesen folgt noch ein geringmächtiger (0,7 m) altpleistozäner Aufarbeitungshorizont bevor dann bis zu 15 m mächtige Konglomerate das Profil nach oben abschließen.

Bei einer Ortsbegehung im Sommer 2010 zeigte sich der ehemalige Steinbruch seit Jahren weitgehend mit Fremdmaterial verfüllt, so dass die Beobachtungen aus dem Jahr 1972 nicht mehr nachvollziehbar waren. Allein die obersten Bereiche der Konglomeratwände waren noch aufgeschlossen und die Geologischen Orgeln in Relikten zu erkennen. Wie schon oben diskutiert, könnte es sich bei den Tertiärkiesen auch um mit dem Ottobeurer Schotter (siehe Kap. 3.1.1 und 5.3.1.1) vergleichbare Bildungen handeln, für die ebenfalls Verwitterung und Bodenbildung beschrieben sind (EBERL 1930: 313). Allein eine Einstufung der Kiese ins Mio-

³²⁸ Dabei handelt es sich um die handschriftliche Profilaufnahme einer ehemaligen Kiesgrube (Steinbruch) in „*altpleistozäner Nagelfluh (Mindelschotter)*“ vom 20.9.1972 (unter Mitarbeit von I. Schaefer).

³²⁹ **8127-LEB-AG-011** (R: 43.64820/H: 53.06243)

zän und somit ihre Deutung als nördlicher Ausläufer der Grobsedimente der Hochgrat-Adelegg-Schüttung, ins Pliozän und somit als „die auf der Hochebene seit langem vermißten pliozänen Schotterströme“ (EBERL 1930: 315) oder ins Pleistozän und somit als peri- oder interglaziale Tal- und Rinnenfüllungen könnte eine Entscheidung bringen, aber dafür fehlt momentan noch eine Datierungsmöglichkeit.

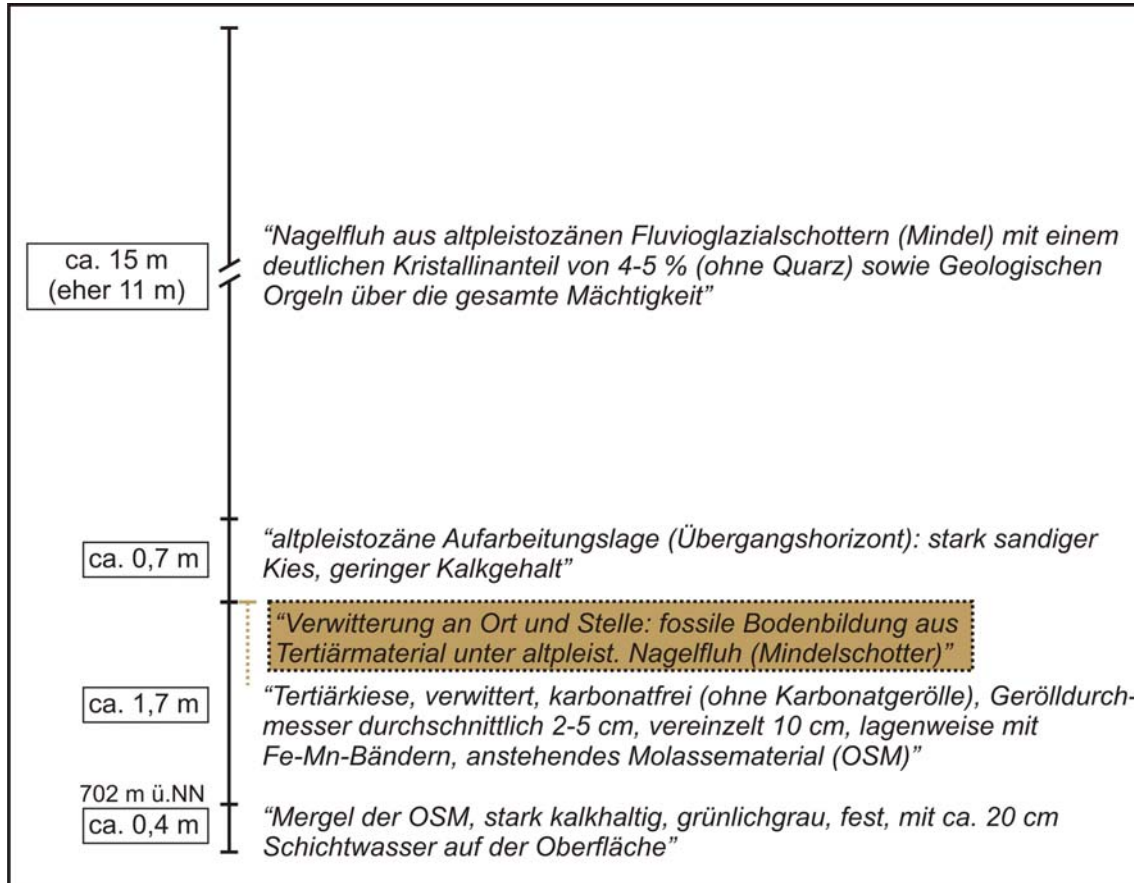


Abb. 28: Profil Steinbruch Fautzen³³⁰, anhand der handschriftlichen Profilaufnahme durch die Abteilung Bodenkunde am Bayerischen Geologischen Landesamt vom 20.9.1972 (Ifd. Nr.: 30714-716) konstruiert und beschriftet.

SINN (1972: 82) deutet sie als „rein periglaziale Ablagerung einer nah-autochthonen Rinne“, die von glazifluviatilen Schmelzwasserschottern überdeckt wurde. Eine stratigraphische Parallelisierung mit dem Ottobeurer Schotter schließt SINN (1972: 83 Fußnote 1) aufgrund der Höhenlage definitiv aus. Für die von SCHAEFER (1973) beschriebene Verwitterung hält er auch einen sekundären Prozess nach der Überschüttung mit Schmelzwasserschotter für möglich, da die im Aufschluss vorhandenen Geologischen Orgeln bis hinab zu den Liegendschottern reichen (SINN 1972: 82f).

Die in der handschriftlichen Profilaufnahme für die mindelzeitlichen Konglomerate angegebene Mächtigkeit von 15 m wirkte bei der Ortsbegehung etwas übertrieben, wenn die Höhenangabe von 702 m ü.NN für die Oberkante der OSM-Mergel stimmt, da die Oberkante der Konglomerate heutzutage auf ca. 715 m ü.NN liegt; eine Mächtigkeit von ca. 10 bis 11 m erscheint plausibler.

³³⁰ 8127-LEB-AG-011 (R: 43.64820/H: 53.06243)

Aufschlüsse:

Obwohl die Molassegesteine an den Talflanken und im Gipfelbereich einzelner Kuppen und Hügel oberflächennah großflächig anstehen, gab es während der Geländearbeiten (2008 bis 2011) auf dem Kartenblatt nur wenige und meist recht kleine Aufschlüsse in den Gesteinen der OSM (siehe Tab. 44 und Tab. 43), denn meist ist die anstehende Molasse von Deckschichten verhüllt, die häufig über einen Meter (Bohrstocktiefe) mächtig sind. Diese Deckschichten (siehe Kap. 5.3.2.1) sind in der Regel ein Gemenge aus quartärem (Gerölle der Schmelzwasserschotter und Löss/Lösslehm) und tertiärem Material mit stark wechselnden Mischungsverhältnissen, was auch eine Grenzziehung zwischen anstehender Molasse und Deckschichten häufig erschwert. Es ist in kleinen Aufschlüssen oder im Bohrstock nicht immer klar, ob man die anstehende Molasse oder nur umgelagertes Molassematerial sieht. Dies liegt natürlich an den bodenmechanischen Eigenschaften der Molassegesteine, die Bodenfließen und Rutschvorgänge begünstigen (siehe Kap. 8), bei denen es zur Vermischung der tertiären und quartären Anteile kommt. Aufschlüsse in der Molasse gibt es fast ausschließlich nur entlang der Bachläufe oder unter Wurzeltellern sowie in künstlichen, meist nur kurzzeitig vorhandenen Aufschlüssen wie Baugruben, Leitungsgräben oder Straßen- und Wegeböschungen.



Abb. 29: Aufschluss (**8027-LEB-AG-173**) in mergeligen, schwach verfestigten Molassesandsteinen an der Bahnstrecke Westerheim-Ottobeuren; die Schichtung und die vertikale Klüftung sind undeutlich zu erkennen. Maßstab 1 m; Photo des Verfassers vom 16.4.2009.

In den Jahren seit EBERL (1930) haben sich die Aufschlussverhältnisse stetig verschlechtert, da sämtliche Kies-, Sand- und Tongruben und kleineren Steinbrüche, die früher von jeder Gemeinde oder gar einzelnen Bauern betrieben wurden, aufgelassen, häufig wiederverfüllt und die Abbauwände verstimmt sind. Nur kurzzeitig vorhandene Baugruben oder Bohrungen können auf längere Sicht diesen Verlust an Aufschlüssen nicht ausgleichen, da sie meist nur wenige Tage zugänglich sind bzw. nur einen kleinen „Nadelstich“ in den Untergrund darstellen. Eine sich im Abbau befindliche Grube lieferte dagegen über Jahre hinweg großflächige, frische und mit dem Abbau fortschreitend laufend neue Aufschlüsse und Erkenntnisse!

Große, meist auch qualitativ hochwertige aber nur kurzzeitige Aufschlüsse liefern immer wieder Baumaßnahmen. Der größte, länger zugängliche Aufschluss (**8027-LEB-AG-173**, siehe Abb. 29) ist ein künstlicher Böschungsanschnitt an einem Wirtschaftsweg parallel zur Bahnstrecke Westerheim-Ottobeuren. In ihm sind schluffige/mergelige, z.T. verfestigte Sande der OSM aufgeschlossen.

Tab. 43: Aufschlüsse in der OSM im Nordteil des Kartenblattes.

Lokalität	Koordinaten	Höhe [m ü. NN]	Lithologie	Aufschluss-Nr.
Krebsbach 1	R: 43.70841	630	Mergel und Sandsteine	8027-LEB-AG-162
	H: 53.16719			
Krebsbach 2	R: 43.70803	631	Mergel und Sande	8027-LEB-AG-163
	H: 53.16622			
Krebsbach 3	R: 43.70789	631	Mergel und Sande	8027-LEB-AG-164
	H: 53.16553			
Krebsbach 4	R: 43.70780	631	Mergel und Sande	8027-LEB-AG-165
	H: 53.16527			
Krebsbach 5	R: 43.70752	632	Mergel und Sande	8027-LEB-AG-166
	H: 53.16481			
Krebsbach 6	R: 43.70733	632	Mergel und Sande	8027-LEB-AG-167
	H: 53.16456			
Krebsbach 7	R: 43.70915	629	Mergel und Sande	8027-LEB-AG-168
	H: 53.16857			
Kasperberg 1	R: 43.71069	635	Sande	8027-LEB-AG-169
	H: 53.16905			
Kasperberg 3	R: 43.71864	651	Sande	8027-LEB-AG-171
	H: 53.17191			
Kasperberg 4	R: 43.71946	642	Mergel	8027-LEB-AG-172
	H: 53.17142			
Kasperberg 5	R: 43.72098	634	Sandsteine	8027-LEB-AG-173
	H: 53.17201			
Kasperberg 6	R: 43.71005	633	Sand, überlagert von Restschotter	8027-LEB-AG-174
	H: 53.17007			
Munitionsniederlage	R: 43.71190	615	Sand, überlagert von Restschotter	8027-LEB-AG-177
	H: 53.17791			
Schlossberg 1	R: 43.71894	627	sandige Mergel	8027-LEB-AG-178
	H: 53.18163			
Schlossberg 2	R: 43.72000	617	Mergel	8027-LEB-AG-179
	H: 53.18146			
Günzberg 3	R: 43.71815	636	Sande	8027-LEB-AG-180
	H: 53.18767			
Tannet	R: 43.71423	623	Mergel	8027-LEB-AG-181
	H: 53.18825			
Günzberg 4	R: 43.71859	635	Sande	8027-LEB-AG-182
	H: 53.18752			
In der Kehle	R: 43.72013	633	Sande	8027-LEB-AG-183
	H: 53.15729			

Tab. 44: Aufschlüsse in der OSM im Südteil des Kartenblattes (verändert und ergänzt nach BELLMANN (2009), FIXL (2009) und CHEN (2011a).

Lokalität	Koordinaten	Höhe [m ü. NN]	Lithologie	Aufschluss-Nr.
Brüchlings 1	R: 43.71378	715	Sandstein	8027-LEB-AG-123
	H: 53.12689			
Bannwald	R: 43.72176	690	Sande und Mergel	8027-LEB-AG-124
	H: 53.12836			
Niebers	R: 43.71454	705	Mergel	8027-LEB-AG-125
	H: 53.12014			
Bossarts 1	R: 43.70044	750	Mergel und Mergelstein	8027-LEB-AG-074
	H: 53.09979			
Rappenloh 1	R: 43.64020	650	Sande	8027-LEB-AG-101
	H: 53.10632			
Eglofs 1	R: 43.63602	640	Sande	8027-LEB-AG-106
	H: 53.10122			
Woringen	R: 43.65288	640	Mergel	8027-LEB-AG-107
	H: 53.11092			
Rappenloh 2	R: 43.64302	670	Sande	8027-LEB-AG-108
	H: 53.10545			
Eglofs 2	R: 43.64160	656	Sande	8027-LEB-AG-109
	H: 53.09699			
Eglofs 3	R: 43.64096	675	Mergel	8027-LEB-AG-110
	H: 53.09832			
Holzmühle	R: 43.65376	670	Sande	8027-LEB-AG-112
	H: 53.09768			

5.3 Quartär

5.3.1 Pleistozän

Beschreibung der Schmelzwasserschotter im Arbeitsgebiet

Da es sich bei den Schmelzwasserschottern des Arbeitsgebietes, die vier Kaltzeiten zugeordnet werden können, um Bildungen des Iller-Vorlandgletschers handelt, der während des Pleistozäns sein Einzugsgebiet nicht änderte und es auch nur zu eher unbedeutenden Transfluenzen von Fremdeis und -schmelzwässern gekommen ist, unterscheiden sich die einzelnen Schmelzwasserschotter lithologisch und petrographisch nur wenig bis gar nicht voneinander. Hinzu kommt, dass der mindel-, riss- und wärmzeitliche Iller-Vorlandgletscher seinen jeweiligen Maximalstand knapp S' Grönenbach erreichte und somit während der Maximalstände in den drei Kaltzeiten immer etwa die gleiche Entfernung zum Arbeitsgebiet besaß. So hat man im Arbeitsgebiet auch keine Möglichkeit, eisrandnahe, deutlich gröbere Schmelzwasserschotter von eisrandfernen, deutlich feinkörnigeren zu unterscheiden. Hinzu kommt, dass es auch in keinem einzigen Fall klar ist, wie weit der Eisrand bei ihrer Ablagerung tatsächlich entfernt war und ob es sich bei den erhaltenen Schottern um Vorstoß- bzw. Rückzugsschotter oder um Bildungen des Maximalstandes handelt, die sich bezüglich Korngröße, Kornform und Sortierung erheblich unterscheiden könnten³³¹. Auch wenn bezüglich dieser drei Kriterien lokal kleinere Unterschiede zu beobachten sind, lassen sich daraus aber keine stratigraphisch belastbaren Schlussfolgerungen ziehen.

³³¹ Diese Unterschiede sind allerdings mit Vorsicht zu genießen, denn i.d.R. ist unbekannt, wieviel älteres Quartär- oder Molassematerial der Gletscher bzw. seine Schmelzwässer gerade aufgearbeitet hatten, als die Schotter abgelagert wurden, die man heute in einem Aufschluss irgendwo an einem Hang sieht.

Primär unterscheiden sich somit alle vier Schmelzwasserschotter nur wenig voneinander und stratigraphisch verwertbare Unterschiede sind erst beim Grad der Verwitterung und Verfestigung festzustellen.

Aufgrund der starken Ähnlichkeiten aller Schmelzwasserschotter der vier Kaltzeiten können hier an den Anfang der Gesteinsbeschreibung der pleistozänen Ablagerungen grundlegende Charakteristika aufgeführt werden, die für alle Schmelzwasserschotter gelten.

Lithologie: Die Schmelzwasserschotter stellen im unverwitterten Zustand ein Gemenge aus Kies und Sand mit stark wechselnden Gehalten an Feinkorn (Ton und Schluff) und Steinen dar. Einzelne Blöcke, die z.B. bei Hochwasserereignissen bzw. auf oder in Eisschollen eingefroren weit ins Gletschervorfeld transportiert wurden, treten immer wieder auf. Die Schotterkörper besitzen eine ausgeprägte, flacheinfallende Schichtung; in den großen Aufschlusswänden der Kiesgruben kann man häufig auch Bereiche mit Schrägschichtungsgefügen erkennen, was typisch für glazifluviale Ablagerungen ist. Die Schichtung wird in der Regel durch Erosionsflächen oder einen Wechsel in der Korngrößenverteilung erzeugt. Gut sortierte, enggestufte (im Sinne der DIN 18196)³³² Sandlagen treten neben schlecht sortierten, weitgestuften (im Sinne der DIN 18196)³³³ Kies-Sandgemischen auf. In Stillwasserbereichen kommt es zur Ablagerung von Ton und Schluff. Kurz gesagt ein kleinräumiger Fazieswechsel in horizontaler und vertikaler Richtung. Eine Internschichtung der einzelnen Lagen ist meist vorhanden und in den Sandlagen besonders gut zu erkennen.

Überall in den Kiesgrubenwänden kann man rollige Kieslagen beobachten, die sich über nur wenige Dezimeter oder einige Meter in horizontaler Richtung erstrecken können. Bei den rolligen, matrixarmen bis -freien Kieslagen, die in der Geotechnik üblicherweise mit dem aus der Bauindustrie stammenden Begriff „*Rollkies*“ (Gegenteil zum gebrochenen, eckigen Split) bezeichnet werden, handelt es sich um gut gerundete, enggestufte, sehr gut sortierte Kiese, die nahezu kein Sand- oder Feinkornmaterial (wurde ausgewaschen) in den Poren aufweisen. Diese komponentengestützten Rollkieslagen stellen Bereiche erhöhter Wasserwegsamkeit dar und sind im Bereich der rezenten oder fossilen Grundwasseroberfläche häufig durch Eisen- und Manganoxide und -hydroxide rostbraun bis schwärzlich gefärbt.

Im Basisbereich der Schmelzwasserschotter sind an einigen Stellen stark schluffige bis stark sandige Kiese erbohrt, die selten mächtiger als 1 m werden und als „Aufarbeitungslage“ bezeichnet werden. Hierbei handelt es sich um ein Gemenge aus Molasse- und Schmelzwassermaterial, das wohl Relikte der ersten Akkumulationen darstellt und aus einer Zeit stammt, als die Schmelzwässer noch viel Molassematerial erodierten, umlagerten und mit „frischen“, kalkalpinen Material vermischen konnten. Bei fortgesetzter Akkumulation wurde dann die Molasse im Sohlbereich durch auflagernde Schmelzwasserschotter vor weiterer Erosion geschützt und die Schmelzwässer konnten nur noch an den Rändern der Täler die anstehende Molasse erodieren.

Als weitere Besonderheit in den Schmelzwasserschottern, ebenfalls eher im Bereich der Basis der Schotterkörper, sind stein- bis blockgroße Brocken aus tonig-schluffigem OSM-Material zu sehen, die vermutlich im gefrorenen Zustand erodiert, umgelagert und einsedimentiert worden sein müssen.

Schotterpetrographie: Wie aufgrund des Herkunftsgebietes des Iller-Vorlandgletschers zu erwarten, überwiegen in den Schmelzwasserschottern karbonatische Materialien (im Arbeitsgebiet bis ca. 80 %)³³⁴, da die im Einzugsgebiet des Illergletschers anstehenden Gesteine der Nördlichen Kalkalpen, des Helvetikums und teilweise auch des Flysches sehr karbonatreich sind. RÖGNER & LÖSCHER (1993: 87) geben sogar Karbonatgehalte bis zu 95 % an. Den alpinen Ursprung des Schottermaterials haben schon PENCK & BRÜCKNER (1909: 30) betont. Da es im Einzugsgebiet des Iller-Vorlandgletschers im Laufe des Pleistozäns

³³² *enggestuft* nach DIN 18196 (2011-05): „*steile Körnungslinie infolge Vorherrschens eines Korngrößenbereiches*“

³³³ *weitgestuft* nach DIN 18196 (2011-05): „*über mehrere Korngrößenbereiche kontinuierlich verlaufende Körnungslinie*“

³³⁴ Die Prozentangaben beziehen sich, wenn nicht anders beschrieben, auf Stück-Prozent bei einer petrographischen Geröllanalyse von mindestens 300 Geröllen der Grobkiesfraktion (siehe Kap. 1.2).

keine wesentlichen Veränderungen gegeben hat, sind auch keine merklichen Wechsel im Geröllspektrum zu erwarten (SINN 1973: 102, DOPPLER 2003: 257), was sich auch im Zuge der Arbeit bestätigt hat. Dies führt zu dem Schluss, dass mit Hilfe der Schotterpetrographie im Vorfeld des Iller-Vorlandgletschers keine Stratigraphie betrieben werden kann, wie bereits SINN (1973: 102)³³⁵ festgestellt hat³³⁶.

Verschiedenste Kalke und Dolomite (fast nur Hauptdolomit) sowie Kieselkalke und kieselige Dolomite sind Vertreter dieser Karbonate, die von einigen Hornsteinen, unter denen rote und grüne Typen (z.B. rote Radiolarite) besonders in den ansonsten relativ eintönig grauen Schottern auffallen, begleitet werden. An zweiter Stelle kommen klastische Sedimente, die ebenfalls in der kalkalpinen Schichtenfolge, im Flysch, im Helvetikum aber auch in der Faltenmolasse stark vertreten sind; hierbei überwiegen verschiedenste Sandsteine³³⁷, da es sich bei den meisten Ton- und Schluffsteine im Einzugsgebiet des Illergletschers um veränderlich feste Gesteine handelt, die als Geröll beim Transport nur eine relativ kurze Lebensspanne haben. Gerölle aus Molassekonglomerat und älteren quartären Konglomeraten treten immer wieder, aber eher untergeordnet auf. Der Anteil an kristallinen Komponenten ist in allen Schmelzwasserschottern, gerade im Vergleich mit den jüngeren Ablagerungen des Isar-Loisach- oder des Rhein-Bodensee-Vorlandgletschers, sehr gering (EBERL 1930: 75) und erreicht im Arbeitsgebiet bei der petrographischen Geröllanalyse meist nur 1-2 %. „Selten, daß einmal eine schwache Anreicherung mit Kristallinen auffällt.“ (EBERL 1930: 75). GRAUL (1953a: 23f) gibt für die riss- und würmzeitlichen Ablagerungen im Vorfeld (Memminger Trockental) des Dietmannsrieder Lobus Kristallingehalte von selten mehr als 1 % sowie für die Ablagerungen im Vorfeld des Altusrieder Lobus Kristallingehalte von 3 bis 4 % an und sieht in den Konglomeraten der Hochgrat-Adelegg-Schüttung einen Hauptlieferanten für die kristallinen Gerölle. Dagegen schreibt SCHAEFER (1973: 190) von deutlich höheren Gehalten: „In den Moränen und Schottern des Illergletschers beträgt der Kristallinanteil aber bis zu 5 und 8 %, hie und da (wie im Grönenbacher Schotter III) bis zu 10 und lagenweise sogar bis zu 20 %.“

Während der eigenen Geländearbeiten wurden eher die geringen Gehalte von GRAUL (1953a) und SINN (1973: 101 Tab. 6) bestätigt (siehe Tab. 45) und an kristallinem Material hauptsächlich Gneise (u.a. auch Hornblendegneise) und Milchquarze sowie Quarzite gefunden, selten sind Glimmerschiefer und Amphibolite und sehr selten Granite, Porphyre und Porphyrite; hinzu kommen noch Gang- und Klufffüllungen aus reichlich Epidot („Epidotfels“). Es ist noch anzumerken, dass bei allen schotterpetrographischen Analysen, die stets auf einer Zählung von über 300 Geröllen der Grobkiesfraktion und „blinder“ Probennahme basiert, niemals Amphibolite, Porphyre oder Porphyrite vertreten waren. Sie lassen sich nur bei gezielter Suche in den Aufschlüssen finden. Allein im Hitzenhofener Feld, das bereits einen deutlichen Einfluss von Rheinmaterial aufweist, liegen die Kristallingehalte höher: 15,3 % am Westrand, 5,9 % am Ostrand und nur 1,2 % in der Hochterrasse von Memminger Berg (SINN 1973: 95 Tab. 1).

Tab. 45: Kristallingehalte in den verschiedenen Schmelzwasserschottern des Memminger Trockentales (verändert nach SINN 1973: 101 Tab. 6).

Stratigraphie	Würm-Schotter	Riss-Schotter	Mindel-Schotter	Donau-Schotter
Kristallinanteil	1,6	1,2	0,3	0,4

³³⁵ SINN (1973: 102): „Eine genaue Sichtung ... läßt ansonsten den Schluß zu, daß die Geröllanalyse im Illergletscherbereich für eine Altersbestimmung nicht in Frage kommt, da die verschiedenartigen Moränen- und Schmelzwasserablagerungen in gleichen Teilgletscher- bzw. Abflußbereichen fast völlig homogen zusammengesetzt sind.“

³³⁶ siehe auch GERTH & BECKER-HAUMANN (2007)

³³⁷ Die Hauptmasse der im Felde identifizierbaren Sandsteine stellen die verschiedenen Sandsteine des Flysch, des Helvetikum und der Faltenmolasse dar (GRUNDMANN & SCHOLZ 2006), zu den auch die helvetischen Grünsandsteine sowie die „Ölquarzite“ des Flysch (sog. „Sedimentquarzite“, SCHOLZ 1995: 82) gehören. Rote Gerölle aus Alpinem Buntsandstein sind sehr selten, aber immer wieder zu finden.

Die unterschiedlichen Schmelzwasserschotter des Arbeitsgebietes über petrographische Untersuchungen zu differenzieren und dadurch womöglich Argumente für stratigraphische Einstufungen zu bekommen, erwies sich leider im Zuge der Bearbeitung des Blattes Nr. 8027 Memmingen als erfolglos³³⁸ und man kann EBERLS Urteil, wie es schon RÖGNER (2001: 12f) tat, nur zustimmen: „... ist hier die Gleichförmigkeit des Moränenmaterials und entsprechend der aus ihm ausgewaschenen Schotter eine so weitgehende, daß sie den Versuch einer Scheidung der Ablagerungen mit petrographischen Mitteln sehr bald als aussichtslos erkennen ließ. Selbstverständlich lassen sich immer wieder lokale Anreicherungen des einen oder anderen Gesteines erkennen, aber zu einer Gliederung lassen sich alle diese meist recht unbedeutenden Unterschiede in keiner Weise verwenden.“ (EBERL 1930: 75) oder „Auch der Versuch, mit Hilfe der Petrographie zu einem Ziel zu kommen, zeigte sich alsbald als undurchführbar. Wohl finden sich im Material gelegentlich lokale Unterschiede in nicht allzu kräftigen Andeutungen, aber im Ganzen ist es so gleichförmig, daß sich eine Gliederung nicht darauf begründen läßt. Und zwar ist das der Fall nicht nur in der horizontalen Erstreckung über das ganze Gebiet hin, sondern auch in der vertikalen Gliederung von den alten Schottern an bis zu den jüngsten.“ (EBERL 1930: 218). Der Grund hierfür liegt hauptsächlich daran, dass der Illergletscher während des Pleistozäns sein Einzugsgebiet nicht änderte (EBERL 1930: 75) und der Einfluss durch Transfluenz von Schmelzwässern und Gletschereis (v.a. vom Rheingletscher) zum Illergletscher nur sehr gering (EBERL 1930: 218) und v.a. nur am westlichsten Rand des Arbeitsgebietes³³⁹ überhaupt merklich nachweisbar ist. Die für das Arbeitsgebiet beschriebenen Unterschiede in der Petrographie, v.a. hinsichtlich des Kristallinanteils, sind eher gering (< 10 %, meist nur 3 bis 5 %) und können sowohl im Vergleich der einzelnen Schotterkörper untereinander als auch innerhalb eines Schotterkörpers in vertikaler und horizontaler Richtung auftreten. Überlegt man sich nun die genetischen Prozesse, die im Pleistozän im Illergletschergebiet und dessen Vorland abgelaufen sind, kann man verschiedene Ursachen hierfür finden:

Verwitterung: Die Verwitterung greift selektiv einzelne Geröllgruppen stärker an als andere; besonders verwitterungsanfällige Komponenten in den Schmelzwasserschottern sind Flyschkalke i.w.S., Kalke, Dolomite, Sandsteine und Gneise: Kalke und Dolomite werden gelöst, Gneise und viele klastische Sedimente mürbe. Durch das Verschwinden der Karbonate, die bis über 80 % der Schotter ausmachen können, verschiebt sich die petrographische Zusammensetzung der Schotter erheblich. Da die Verwitterung von oben nach unten fortschreitet, können so in einem Schotterkörper durch die Verwitterung bedingte, petrographisch unterschiedliche Zusammensetzungen nachgewiesen werden. Den erheblichen Einfluss der Verwitterung auf die Schotterpetrographie betont auch DOPPLER (2003: 257): „Lithostratigraphische Vergleiche beruhen weitgehend auf qualitativen Geröllanalysen. Auch für diese Methode ergeben sich deutliche Einschränkungen, wenn z.B. aufgrund geringer Mächtigkeiten bei tiefreichender Verwitterung kein frisches Material für Untersuchungen zur Verfügung steht.“ An dieser Stelle kann schon vorab erwähnt werden, dass man im Arbeitsgebiet höchsten bei den würmzeitlichen Schmelzwasserschottern von „frischem“ Material sprechen kann, da bereits die risszeitlichen Schotter über ihre gesamte Mächtigkeit Verwitterungsphänomene, wie brüchige bzw. zersetzte Dolomite oder mürbe Sandsteine und Gneise, aufweisen. Selbst in den würmzeitlichen Schottern können schon mürbe Gneise beobachtet werden. Bei den ganzen Verwitterungsphänomenen, die Einzelgerölle betreffen, ist es aber beim kalkalpinen Material in keinem Fall zu entscheiden, ob das Material bei der Einlagerung in den Schotter noch „frisch“ oder schon angewittert war und nur umgelagert wurde. Bei den Gneisen, die überwiegend aus den Molassekonglomeraten stammen, kann man zweifellos von mindestens angewittert ausgehen.

Erosion und Umlagerung älterer Schmelzwasserschotter: Das Gletschereis und dessen Schmelzwässer erodierten ältere quartäre Bildungen, lagerten diese um, mischten

³³⁸ Dies trifft nur für das Arbeitsgebiet zu, denn in anderen Regionen des nördlichen Alpenvorlandes gibt es durchaus schotterpetrographische Unterschiede verschieden alter Schotter, die auch für stratigraphische Einstufungen herangezogen werden können.

³³⁹ Der Einfluss von Schmelzwässern des Rhein-Bodensee-Vorlandgletschers macht sich durch eine Zunahme des Kristallinanteils von E nach W im risszeitlichen Hitzenhofener Feld bemerkbar (PENCK & BRÜCKNER 1909: 30).

diese mit „frischem“ Material und lagerten es als Schmelzwasserschotter ab. Waren die älteren quartären Bildungen verwittert, wurden die durch die Verwitterung mürbe gewordenen Gerölle bei der Umlagerung restlos aufgearbeitet. So blieben nur die verwitterungsresistenten sowie die nur angewitterten Gerölle erhalten und konnten so zu einer Verschiebung der petrographischen Zusammensetzung des „frischen“ Schotters führen.

Zufuhr von Material von den Seiten: Erosions- und Transportkraft der Seitenbäche, Rutschungen, Stein- und Blockschlag, Fels- und Bergstürze, sowie Gelifluktion werden von den klimatischen Bedingungen und der Hangunterschneidung durch Gletschereis und Schmelzwässer erheblich beeinflusst. Je nach klimatischen Bedingungen und Gestalt sowie Ausdehnung des Illergletschers schwankte somit die Zufuhr von Gesteinsmaterial von den Talhängen und nicht vergletscherten Seitentälern (SCHOLZ 1986b: 23). Gerade die Hochgrat-Adelegg-Schüttung mit ihren gneis- und milchquarzreichen Molassekonglomeraten konnte durch wechselnde Materialzufuhr die Zusammensetzung des Illergletschermaterials erheblich beeinflussen (SINN 1972: 71).

Periphere und supraglaziale Entwässerung des Illergletschers: Diese hatten sicher eher geringen Einfluss auf die Petrographie, aber je nachdem, an welcher Seite gerade die Schmelzwässer auf dem Gletscher abfließen und dabei Material, das von den Seitenhängen oder aus den Seitentälern auf das Gletschereis transportiert worden war, umlagerten, kann auch die eine oder andere Schotterlage in einem Schotterkörper eine geringfügig andere Petrographie besitzen. Dies macht sich v.a. dann bemerkbar, wenn auf beiden Seiten des Gletschers unterschiedliche Gesteine anstehen, wie es am Illergletscher mit den Molassekonglomeraten der Hochgrat-Adelegg-Schüttung der Fall ist, die nur im W des Illergletschers anstehen.

Tiefen- und Seitenerosion durch das Gletschereis: Während des Eisaufbaues, des Höchststandes und der Abschmelzphase änderten sich nicht nur die Eismächtigkeit sowie die Fließgeschwindigkeit und somit auch die Erosionskraft des Illergletschers sondern auch die Bereiche, in denen er erodierte. Und je nach Lithologie der während einer Phase erodierten Untergrundbereiche kann sich auch die Petrographie der Schotter im Vorland ändern; ist einer dieser Bereiche dann auch noch kristallinführend, kann dadurch ebenfalls der Kristallinanteil in den Schottern steigen.

JERZ (1974: 68) hat für das Illergebiet mögliche Quellen für Kristallinmaterial zusammengestellt³⁴⁰, die Zacher noch in einem persönlichen Gespräch ergänzte (frdl. mündl. Mitt. Prof. Dr. Wolfgang Zacher 2009):

- Brekzien der Losensteiner und Oberen Branderfleckschichten (Kalkalpine Kreide, „Cenoman“): „exotische Kristallingerölle“ wie Quarzporphyre, Diabase und Granite
- Arosa-Zone: altkristalline, unterostalpine Schubfetzen von der Basis der Kalkalpen (Glimmerschiefer, Amphibolite, Basalte, Pillow-Laven und Serpentinite)
- Feuerstätter Flysch: Blöcke aus Gneis, Granit und basischen Vulkaniten
- Konglomerate der Faltenmolasse und Vorlandmolasse der Hochgratschüttung: v.a. saure Gneise und Gangquarze

Mit der Petrographie der Gerölle der Hochgrat-Adelegg-Schüttung und der Geschiebe des Iller- sowie des benachbarten Rheingletschers haben sich intensiv u.a. CORNELIUS (1923), GEIGER (1948, 1961, 1969), GRAUL (1953a), SCHIEMENZ (1960), SINN (1973), EBERHARD (1986), HALDER (1988), BECKER-HAUMANN (1996), SCHOLZ (2000), GRUNDMANN & SCHOLZ (2006) beschäftigt.

Verfestigung: Unter Verfestigung ist hier stets eine Lithifizierung durch die Ausfällung von Calcit als Bindemittel/Zement zu verstehen, die einen losen Schotter (Lockergestein) in ein Konglomerat (Festgestein) umwandelt. Diese Verfestigung läuft nicht gleichmäßig ab, sondern weitgestufte Schotter und Sandlagen werden gewöhnlich früher und intensiver verfestigt als enggestufte Rollkieslagen, da im ersten Fall wesentlich weniger Zement benötigt wird, den Porenraum zu füllen, als in den Rollkiesen; auch sind die Schmelzwasserschotter i.d.R.

³⁴⁰ EBERL (1930: 219) weist auf die schon bei O. Ampferer, J. Müller und A. Penck erwähnten kristallinreichen (auch Eruptivgesteine) Ablagerungen in der Gegend von Oberstdorf und Hindelang hin.

an den Terrassenrändern stärker verfestigt als im Inneren der Schotterkörper (siehe II. Teil Kap. 5.2.2).

Die von EBERL (1930) postulierte Regel: *„Der Verfestigungszustand der Schotter läßt die Regel erkennen, daß die Schotter um so besser verfestigt sind, je älter sie sind. Doch ist immer mit lokalen Verschiedenheiten zu rechnen, wobei unter Umständen erhebliche Ausnahmen von der Regel sich einstellen können, besonders in tieferen Schichten stärkerer Ablagerung.“* (EBERL 1930: 220) kann, wie EBERL schon selbst einschränkt, als gute Faustformel im Felde herangezogen werden und wertvolle Indizien liefern, darf aber bei stratigraphischen Überlegungen nicht als alleiniger Beweis sondern nur im Kontext mit anderen Beobachtungen und Indizien angeführt werden: *„... das alles kann auf engem Raume wechseln, ist also nur bedingt für eine Gliederung zu verwerten.“* (EBERL 1930: 220).

Verwitterung: Unter Verwitterung i.e.S. wird hier neben der Vergrusung von Kristallingerölen und der Zermürbung von klastischen Sedimenten hauptsächlich die Karbonatlösung und die damit einhergehende Verlehmung, Versauerung sowie Verbraunung des Schotters verstanden (siehe II. Teil Kap. 5.2.1.2). Neben der eher flachgründigen Oberflächenverwitterung wirkt auch noch die Tiefenverwitterung³⁴¹, die zur Bildung von Geologischen Orgeln führt. Die Intensität der Verwitterung kann ebenso wie die Verfestigung als stratigraphisches Indiz herangezogen werden, aber nur, wenn man lokale Verhältnisse und andere Kriterien berücksichtigt (EBERL 1930: 221). Bei der Bewertung der Verwitterungsintensität und der Beurteilung der erhaltenen Mächtigkeit der Verwitterungsdecke ist stets die Erosion zu berücksichtigen, die zur Verringerung bzw. völligen Beseitigung der Verwitterungsdecke führen kann³⁴², wie EBERL (1930) schon klar festgestellt hat: *„Im allgemeinen ist der Tiefenbetrag, den die Verwitterungsanzeichen erreichen, ein Kriterium, das vielfach gute Dienste tut, auch wenn die eigentliche Verwitterungsdecke, die bei den alten Schottern, wo sie erhalten ist, ein großes Ausmaß erreicht, ganz oder teilweise Abtragungsvorgängen zum Opfer gefallen ist.“* (EBERL 1930: 221).

Geologische Orgeln – das Phänomen der punktuellen Tiefenverwitterung: Neben der langsam, relativ gleichmäßig nach unten fortschreitenden Oberflächenverwitterung tritt in pleistozänen Schmelzwasserschottern das Phänomen der punktuellen Tiefenverwitterung auf, die zur Bildung von Geologischen Orgeln führt. Bei den Geologischen Orgeln im Arbeitsgebiet und in vergleichbaren Regionen handelt es sich stets um vertikal stehende, schlotförmige Hohlformen in Konglomeraten, die Füllungen aus braunen, kiesigen Verwitterungslehmen enthalten. Aus unverfestigten Schmelzwasserschottern, waren bisher nur zapfen- oder taschenartige Bildungen beschrieben worden, die selten tiefer als einen Meter reichten. In den Kiesgruben des Kieswerkes Kling auf dem Hawanger Feld konnten nun im Zuge der Geländearbeiten ebenfalls Geologische Orgeln dokumentiert werden. Hier reichen sie allerdings tief in den unverfestigten, angewitterten bis mittelstark verwitterten Schmelzwasserschotter hinein, was den Schluss zulässt, dass die Geologischen Orgeln wohl vor der Verfestigung zu Konglomerat entstehen (siehe II. Teil Kap. 6).

Die Schlotte verlaufen vertikal, haben meist einen Durchmesser von 0,3 bis 1,0 m und eine Tiefe von 1 bis 2 m (bezogen auf die Unterkante des Schotterlehmes). Einige Schlotte sind 4 bis 5 m und wenige über 7 m tief, wobei einige den gesamten Schotterkörper bis zur unterlagernden Molasse durchgreifen und somit Tiefen über 15 bis 20 m erreichen können. Dabei bleibt der Durchmesser über die gesamte Tiefe weitgehend konstant und zeigt nur wenige und kleine Ausbauchungen oder Einschnürungen. Völlig unbeeinflusst von dem annähernd horizontalen Schichtungsgefüge in den Schmelzwasserschottern scheint die Tiefenverwitterung voranzuschreiten und die schlotartigen, vertikalen Strukturen auszubilden. Im oberen

³⁴¹ Unter der Oberflächen- und Tiefenverwitterung wird hier die durch Verbraunung und Verlehmung deutlich sichtbare Verwitterung gemeint. Unterhalb des verbrauchten Schotterlehmes (im pedologischen Sinne des B-Horizontes) sind zumindest bei allen präwürmzeitlichen Ablagerungen in den scheinbar „frischen“ und grauen Schmelzwasserschottern (im pedologischen Sinne der C-Horizont) ebenfalls mehr oder weniger starke Spuren der Verwitterung, wie angegriffene Komponenten (z.B. Dolomite, Sandsteine und Gneise), zu finden.

³⁴² Anderenorts kann auch zusammengeschwemmtes oder -geflossenes (Geli- und Solifluktion) Verwitterungsmaterial eine deutlich intensivere Verwitterung vortäuschen.

Teil sind die Schlotte mit dem rostbraunen Schotterlehm gefüllt, doch im unteren Bereich bestehen sie wie der umgebende Schotter aus angewitterten bis mittelstark verwitterten Schmelzwasserschottern, allerdings stark aufgelockert und mit deutlichen Sackungsstrukturen, die sich nach oben auch in den mit Schotterlehm verfüllten Bereich fortsetzen.

Die Schlotfüllung ist insgesamt aufgelockert bis stark aufgelockert, besitzt aber im Bereich des Schotterlehmes aufgrund des Feinkornanteils eine erhöhte Kohäsion, was ein Ausrieseln bzw. Ausfließen des Schotterlehmes beim Anschnitt in der Böschung verhindert. Aufgrund des höheren Feinkornanteils besitzt der Schotterlehm auch ein größeres Feinporenvolumen und damit eine erhöhte Kapazität, Wasser zu speichern. Auf der anderen Seite stellen die stark aufgelockerten Schlotfüllungen aus sandigem Kiesmaterial vertikal verlaufende Zonen mit stark erhöhter Wasserwegigkeit dar. Außer einigen Sandlagen konnten keine Sedimentgefüge in den Schlotfüllungen aus Schotterlehm gefunden werden, was auf eine intensive Durchmischung infolge der Sackungsvorgänge zurückzuführen ist.

Ebenso wie die Grenze bei der Oberflächenverwitterung zwischen den angewitterten bis mittelstark verwitterten, grauen Schmelzwasserschottern im Liegenden und den stark bis sehr stark verwitterten, braunen Schottern (Schotterlehm) im Hangenden ist die Grenze zwischen dem Schotterlehm der Schlotfüllung und dem umgebenden Schotter unregelmäßig aber scharf: Farb- und Karbonatgehalt wechseln im mm-Bereich.

Früher ging man davon aus, dass sich Geologische Orgeln nur in präriesszeitlichen Schmelzwasserschottern, besonders gut in mindelzeitlichen Schmelzwasserschottern, ausgebildet haben und den gesamten Schotterkörper bis zur unterlagernden Molasse durchsetzen können (EBERL 1930: 221, 294, SCHAEFER 1973: 196f, BECKER-HAUMANN 2004: 32). Mittlerweile sind aber auch aus jüngeren Ablagerungen, wie z.B. aus dem risszeitlichen Hawanger Feld, gleichfalls Geologische Orgeln bekannt, die allerdings nicht den gesamten Schotterkörper zu durchsetzen scheinen³⁴³.

Über den Vergleich der Verwitterungsintensität der würmzeitlichen Schmelzwasserschotter des Arbeitsgebietes, deren Entstehungszeitraum man einigermaßen gut abschätzen kann, mit der der anderen, älteren Schotter auf deren Alter zu schließen, ist nicht möglich, da die Verwitterung nicht nur von der Zeit sondern von zahlreichen, weiteren Prozessen und Bedingungen abhängig ist, die man heutzutage nicht mehr beurteilen kann oder deren Spuren durch die Erosion teilweise oder restlos beseitigt wurden: z.B. die Temperatur- und Niederschlagsverteilung während der verschiedenen Interglaziale, Interstadiale und Glaziale im Arbeitsgebiet³⁴⁴, die Art und Mächtigkeit von Deckschichten³⁴⁵, die Art der Vegetation³⁴⁶, das Vorhandensein und die Ausdehnung von Mooren³⁴⁷ oder der Grundwasserstand³⁴⁸ (siehe II. Teil Kap. 7).

³⁴³ Hierbei ist zu beachten, dass die früheren Bearbeiter unter „echten“ Geologischen Orgeln wohl nur die Hohlformen in den Konglomeratwänden verstanden haben und nicht die schlotförmige Tiefenverwitterung an sich, wie SCHAEFER (1973: 196f) es darstellt: „Gegen eine Zuweisung der tiefsten Grönenbach-Eisenburger Schotter zu den rißeiszeitlichen spräche eine Erscheinung, die letzteren im allgemeinen fehlt: Das sind die geologischen Orgeln, die hier auch schon PENCK (S. 32) aufgefallen sind.“ und weiter „Den rißeiszeitlichen HT-Schottern, auch wo sie – wie besonders die älteren – zum Teil ansehnlich verfestigt sind, fehlen geologische Orgeln durchwegs; sie haben Verwitterungssäcke oder -taschen, manchmal sogar von schlotartiger Form, niemals aber echte geologische Orgeln.“

³⁴⁴ Klimakurven können zwar für andere Regionen anhand von Eisbohrkernen, durchgehenden Sedimentsequenzen im Meer oder Pollenanalysen rekonstruiert werden, aber kleinräumige Unterschiede in der Temperatur- und Niederschlagsverteilung für das nördliche Alpenvorland können damit nicht erfasst werden; hingewiesen sei nur auf die unterschiedlichen Niederschläge N' und S' der Linie Memmingen-Mindelheim, die zum Erhalt von Löss im N und zur Bildung von Lösslehm im S geführt haben (siehe Kap. 2.3.1).

³⁴⁵ Z.B. können bindige Deckschichten besser das für die Verwitterung notwendige Wasser speichern als sandig-kiesige.

³⁴⁶ Pflanzenwurzeln und von den Pflanzen produzierte Huminsäuren haben einen großen Einfluss auf die Karbonatlösung, daher ist es bedeutsam, ob nur Gräser und Zwergsträucher oder eine Waldvegetation mit Flach- und Tiefwurzeln die Landschaft bedeckten. Zur Vegetationsgeschichte Süddeutschlands siehe FRENZEL (1983).

³⁴⁷ Aufgrund der konstanten Feuchtigkeit und den Huminsäuren im Moorwasser ist unter Mooren die Karbonatlösung besonders intensiv.

5.3.1.1 Schmelzwasser- oder Flussschotter (Ottobeurer Schotter, vermutlich periglazial, vermutlich biberzeitlich), B,G,p

Ältestpleistozän (international: Unterpleistozän), Biber

Da zur Zeit der Bearbeitung des Blattes Nr. 8027 Memmingen keine Aufschlüsse im Ottobeurer Schotter auf dem Kartenblatt existierten, können hier zur Beschreibung nur Angaben aus der Literatur herangezogen werden.

Mächtigkeit: Die Literaturangaben zur Mächtigkeit schwanken zwischen 1 m bei Rechberg auf Blatt Nr. 8127 Bad Grönenbach (BECKER-HAUMANN 2005: 168) und ca. 12 m bei Brüchlings (GRAUL et al. 1951: 111), dem aber SINN (1972: 46) widerspricht und für den Ottobeurer Schotter in der Kiesgrube Brüchlings eine Maximalmächtigkeit von 5 m angibt. Die für die Kiesgrube bei Niebers angegebene Mächtigkeit von 10 m (GRAUL et al. 1951: 111) konnte ebenfalls nicht mehr überprüft werden, da auch diese Grube bereits verstürzt und weitgehend verfüllt ist.

Lithologie: Beim Ottobeurer Schotter in der Umgebung von Ottobeuren soll es sich um einen feinkiesigen, kristallreichen, dolomitfreien, sehr sandigen und glimmerreichen Schotter handeln, der stellenweise Linsen und Bänder von lehmigen Sandlagen enthält (EBERL 1930: 312ff, SINN 1972: 44ff, STEPP 1981: 52). Lockere Bereiche wechseln mit schwächer und stärker verfestigten scheinbar regellos ab. Aufgrund des weitaus geringeren Rundungsgrades³⁴⁹ sowie der beträchtlichen Zunahme von verwitterungsresistenten Geröllen im Vergleich zu den Hangenden Schmelzwasserschottern betrachten SCHAEFER (1951 in GRAUL et al. 1951: 112) und SINN (1972) den Ottobeurer Schotter als „*Selektivschotter*“, „*wobei jedoch die Auslese offenbar unterschiedlich intensiv zum Zuge gekommen ist.*“ (SINN 1972: 47).

Schotterpetrographie: Als Kristallinkomponenten nennt SINN (1972: 47ff) hauptsächlich Quarze, Quarzite und helle, sehr glimmerreiche Granitgneise, die er überwiegend der OSM zuordnet; die für Ablagerungen des Rheingletschers recht typischen Amphibolitgesteine sollen nur sehr untergeordnet vorkommen.

Allgemein spricht SINN (1972: 47) von 14 % Kristallingehalt; für einen Aufschluss am Rumpferhof (Blatt Nr. 8127 Bad Grönenbach) ermittelten STEPP (1981: 52) 18 % bzw. SINN (1972: 86) 16,3 %; BECKER-HAUMANN (2005: 142) gibt ca. 20 % an (überwiegend Serizitgneise und Amphibolite).

Für die Kiesgruben Bannwald und Brüchlings gibt SINN (1972: 47) folgende Ergebnisse seiner petrographischen Analysen an:

³⁴⁸ In den jeweils frischen und aktiven Sanderflächen im Gletschervorfeld sollte der Grundwasserstand zumindest während der Jahreszeiten oberflächennah gewesen sein, als auf der gut durchlässigen Sanderoberfläche zahllose Schmelzwasserbäche hin und her pendelten. Wie sich ein Grundwasserkörper allerdings unter Permafrostbedingungen, falls sich unter Permafrostbedingungen überhaupt ein stabiler Grundwasserkörper hat ausbilden können, sowie im Laufe der Geschichte eines Schotterkörpers von aktiver zu inaktiver Sanderfläche, spät- und postglazialer Talfüllung, Terrasse sowie Decke auf den Riedeln entwickelt hat, ist vollkommen unbekannt. Nur alte Grundwassermarken aus Fe- und Mn-Oxiden und -Hydroxiden können Hinweise auf einzelne Stadien dieser Geschichte liefern.

³⁴⁹ Dagegen betont EBERL (1930: 312ff) gerade die sehr gute Rundung, die auch STEPP (1981: 52) für einen Aufschluss am Rumpferhof (Blatt Nr. 8127 Bad Grönenbach) bestätigt.

Tab. 46: Schotterpetrographische Zusammensetzung des Ottobeurer Schotter in den Kiesgruben Bannwald und Brüchliins (verändert nach SINN 1972: 47 Tabelle 4).

Kiesgrube	Position der Probenahme	Gesteine des Oberostalpin		Gesteine des Helvetikum und Flysch	Kristallin-gesteine		Sonstige
		gesamt	davon Dolomit		gesamt	davon Quarz	
		[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
Bannwald	4 m über Abbausohle	25,0	0	53,5	14,5	3,0	7,0
	1,5 m über Abbausohle	30,1	0	46,2	13,0	4,2	10,7
Brüchliins	2 m über Tertiär	38,0	0	38,3	14,5	6,5	9,2
	unmittelbar über Tertiär	20,8	0	45,7	26,2	15,0	7,3

Fazies: Genetisch-faziell deutet EBERL 1930: 314, 318) den Ottobeurer Schotter als „alten Flußschotter“ in Talrinnen und TRICART (1952: 105) postuliert über morphometrische Analysen einen periglazialen Charakter für den Ottobeurer Schotter im Gebiet um Ottobeuren. SINN (1972: 44ff) sieht in ihnen aufgrund des Fehlens von Dolomit keinesfalls eine Schüttung der OSM und betont, dass „das Fehlen des Dolomits ... geradezu als Hauptkennzeichen des „Ottobeurer“ Schotter angesehen werden ...“ SINN (1972: 48) kann. Allerdings könnte es sich nicht nur wegen der Nähe zur Hochgrat-Adelegg-Schüttung sondern auch aufgrund des Kristallinreichtums beider Gesteine sowie der in jedem Falle bestehenden petrographischen Verwandtschaft um umgelagertes OSM-Material handeln, wodurch eine periglazial-fluviatile Fazies in einer SW-NE-orientierten (SINN 1972: 56), „fernautochthonen Rinne“ eines Vorläufers der heutigen Flüsse des Kürnach-Eschacher Waldes am plausibelsten erscheint SINN (1972: 49f, 53)³⁵⁰.

Alter: Bezüglich einer stratigraphischen Einstufung stellt EBERL (1930: 318), ähnlich wie BECKER-HAUMANN (2005), den prädonauzeitlichen Ottobeurer Schotter an den Anfang der Ablagerungsreihe (vor seine sog. drei D-Schotter) und diskutiert ein pliozänes Alter an, macht aber ausdrücklich darauf aufmerksam, dass dies nicht bewiesen werden könne: „Es ergibt sich sogar die Frage, ob diese ältesten Schotter, speziell der gar kein fluvioglaziales Merkmal mehr tragende Ottobeurer Schotter, nicht vielleicht die auf der Hochebene seit langem vermißten pliozänen Schotterströme sind. Ein paläontologischer Beleg ließ sich dafür bisher nicht finden.“ (EBERL 1930: 315) sowie „Dagegen fand sich im Illergletscher³⁵¹ bei Ottobeuren die beschriebene Ablagerung eines Flußschotter, welche in ihren Eigenschaften und in Alter und Richtung einem pliozänen, vom Illertor ausgehenden Strome angehören könnte, ohne daß freilich ein positiver Beweis oder auch nur der Abschluß der Untersuchungen über diesen Schotter schon vorlägen.“ (EBERL 1930: 328). SCHAEFER (1951 in GRAUL et al. 1951: 112) bringt es auf den Punkt, indem er eine anlässlich einer quartärgeologischen Exkursion durch die Riss-Lechplatte im Jahre 1950 gemachte Aussage von E. Kraus aus München wiedergibt: „Er führt weiter aus, daß der Eiszeitforscher, der von der Untersuchung der letzt-eiszeitlichen Bildungen zu jener der alt- und ältestdiluvialen schreite, geneigt ist, das Gemeinsame zu betonen und auch diese Schotter noch als quartäre anzusehen, wohingegen

³⁵⁰ Das Fehlen des Dolomits im Ottobeurer Schotter erklärt SINN (1972: 50) mit der Verwitterungsanfälligkeit (Veraschung) des Dolomits, auf die schon FEZER (1969a: 79) hinweist. Die im Gefüge stark aufgelockerten Dolomite – die veraschten Dolomite – haben nur noch solch geringe Festigkeiten, dass sie die Umlagerung von ihrer sekundären Lagerstätte in den Molassekonglomeraten zu ihrer „tertiären“ Lagerstätte im Ottobeurer Schotter nicht mehr überstanden.

³⁵¹ gemeint ist Illerggebiet bzw. Illergletschervorland.

der Tertiärgeologe bei Kenntnis der tertiären Schotterbildungen des Alpenvorlandes die Ottobeurer Schotter ohne weiteres als tertiäre (aller Wahrscheinlichkeit plio- oder genauer oberpliocäne) Schotter ansprechen würde.“

STEPP (1981: 52) vertieft diese Diskussion nicht weiter sondern betrachtet den Ottobeurer Schotter einfach als präglaziale Bildung. BECKER-HAUMANN (2005: 135) stuft den Ottobeurer Schotter zunächst, wie EBERL (1930), als prädonauzeitliche Bildung ein, da die Schotter im Hangenden der Donaukaltzeit zugeordnet werden, und sieht in ihm somit mögliche Reste von Schmelzwasserschottern einer älteren Donaukaltzeit³⁵² bzw. der Biberkaltzeit oder um rein periglaziale Bildungen von (fern-) autochthonen Gewässern. SINN (1972: 56f) sieht im Ottobeurer Schotter periglaziale, „synchron, d.h. der gleichen Eiszeit zugehörige Bildungen ...“ (SINN 1972: 56) und stuft ihn ebenso wie das überlagernde Böhener Feld in die Günzkaltzeit ein, allerdings aufgrund der Molluskenfunde in den Hochflutlehmen von Buch ins Frühglazial.

Aufschlüsse: keine ständigen Aufschlüsse vorhanden

Heutzutage sind bis auf einen fast verschütteten Aufschluss in Brüchlings alle anderen Aufschlüsse mittlerweile restlos verschwunden und der Ottobeurer Schotter entzieht sich z.Zt. einer direkten Beobachtungsmöglichkeit (siehe Tab. 49); genau diese Situation hat auch schon STEPP (1981: 52) festgestellt.

SINN (1972) beschreibt neben den Aufschlüssen an der Schleifhalde (stuft SINN als Molasse-schüttung ein), in Brüchlings und im Bannwald (1972: 44ff) noch die beiden Vorkommen von Rechberg (Blatt Nr. 8127 Bad Grönenbach) und Günzegg (Blatt Nr. 8128 Obergünzburg).

JERZ & WAGNER (1978: 49) beschreiben in ihren Erläuterungen zur GK25 Blatt Nr. 7927 Amendingen einen Aufschluss im Ottobeurer Schotter in einer Baugrube an der Zufahrt zur Kiesgrube Brüchlings: Der Ottobeurer Schotter erreichte dort eine Mächtigkeit von 8 bis 10 m, war eher ein kiesiger Sand, auffallend splittrig, im Gegensatz zum überlagernden Schmelzwasserschotter deutlich kalkärmer, weitgehend dolomitfrei und kristallinreich. Zahlreiche große Gerölle aus kalkalpinem, Flysch- und Helvetikum-Material interpretieren sie als Ablagerung an der Sohle einer Rinne im Tertiär. Leider sind sämtliche Aufschlüsse in Brüchlings mittlerweile völlig verschwunden und nur noch einzelne, nicht sicher anstehende Konglomeratblöcke, die wohl eher den tiefsten Schmelzwasserschottern zuzuordnen sind, können im Gebüsch am Gipfelbereich noch entdeckt werden. Auffallend an diesen Blöcken ist der erhöhte Milchquarz- und Gneisgehalt.

Tab. 47: Zusammenstellung der bei EBERL (1930: 312ff) beschriebenen Aufschlüsse im Ottobeurer Schotter mit einer stratigraphischen Einstufung (nach EBERL 1930: Tafel I) der überlagernden Schmelzwasserschotter.

Böhener Feld (Deckterrasse)	Kiesgrube Haitzen
	Kiesgrube Konohof
Stephansrieder Schotter (Deckterrasse)	Kiesgrube N' Buschlkapelle
Guggenberger Schotter (Deckterrasse)	Linie Guggenberg – Ölbrechts
Zadels-Eheimer Schotter (Deckterrasse)	Kiesgrube Eheim
Untrasrieder Schotter (Deckterrasse)	Schleifhalde

³⁵² SCHREINER (1997: 218)

Tab. 48: Zusammenstellung der bei GRAUL et al. (1951: 110ff) beschriebenen Aufschlüsse im Ottobeurer Schotter auf dem Böhener Feld.

Aufschluss	Kiesgrube Konohof	Kiesgrube zwischen Haitzen und der Ziegelei E' Niebers	Kiesgrube am S-Ende von Brüchlings
	Bannwaldsporn	Sporn von Wolferts	Schotterrest von Brüchlings
Koordinaten (vermutet!) ³⁵³	R: 43.72300 H: 53.11600	R: 43.71400 H: 43.11900	R: 43.71400 H: 53.12900
Hangendschotter (Schotter des Böhener Feldes)	8 m mächtig, verfestigt, z.T. sehr grobkörnig, tiefgründig verwittert	3 m mächtig, verfestigt	nicht vorhanden
Liegendschotter (Ottobeurer Schotter)	6 m mächtig, lose, sehr sandig, Gerölle im Mittel nur bis hühnerei- und höchstens faustgroß, Kristallinanteil von 6 %, von einem bis über 1 m mächtigen, kalkfreien, z.T. geröllführenden Lehmband durchzogen	10 m mächtig, Kristallinanteil 8 bis 10 %, von zwei bis 1 m mächtigen Lehmändern durchzogen	12 m mächtig, Kristallinanteil 10 % (bis 12 %), keine Lehmänder
Besonderheiten	Geologische Orgeln „durchschlagen“ die Hangendschotter und reichen bis in die Liegendschotter		

Tab. 49: Aufschlüsse im Ottobeurer Schotter (verändert und ergänzt nach BECKER-HAUMANN 2005: 168).

Lokalität	Koordinaten	Aufschluss-Nr.
Buschlberg	R: 43.74123	8027-LEB-AG-086 (verschüttet)
	H: 53.14276	
Brüchlings 1	R: 43.71409	8027-LEB-AG-087 (teilverschüttet)
	H: 53.12667	
Brüchlings 2	R: 43.71390	8027-LEB-AG-088 (verschüttet)
	H: 53.13225	
Bannwald 4	R: 43.72188	8027-LEB-AG-089 (verschüttet)
	H: 53.11842	
Böglings	R: 43.72549	8027-LEB-AG-090 (verschüttet)
	H: 53.11012	
Niebers	R: 43.71556	8027-LEB-AG-091 (verschüttet)
	H: 53.11680	
Schellenberg	R: 43.72513	8027-LEB-AG-092 (verschüttet)
	H: 53.10760	

5.3.1.2 Schmelzwasserschotter, vermutlich donauzeitlich (Höherer Älterer Deckenschotter/Böhener Feld, Stephansrieder und Guggenberger Schotter), D,G

Ältestpleistozän (international: Unterpleistozän), Donau

Mächtigkeit: siehe Kap. 3.1

Lithologie: Die grauen, karbonatreichen Schmelzwasserschotter sind v.a. an der Rändern der Schotterplatten zu Konglomerat verfestigt. Die Komponenten sind überwiegend abgerundet bis gerundet. Sand- und Rollkieslagen treten häufig auf. Schotterpetrographische Ge-

³⁵³ Da in GRAUL et al. (1951) keine exakten Ortsangaben zu den Aufschlüssen im Ottobeurer Schotter gemacht werden, es in den möglichen Gebieten aber meist mehr als eine Kiesgrube gab und diese Kiesgruben heutzutage verstürzt, teilverfüllt und verwachsen sind, lässt sich nicht mehr rekonstruieren, wo genau die damals beschriebenen Aufschlüsse lagen.

röllanalysen ergaben 53 % Kalke, 27,3 % Dolomite, 13,6 % Sandsteine, 3 % Gneise, 1 % Milchquarz und 0,8 % Hornstein (CHEN 2011a). Der überwiegende Teil der Dolomitgerölle ist stark zersetzt und mürbe; man spricht von „Dolomitasche“. Geologische Orgeln sind zu beobachten.

Fazies: glazifluvial

Aufschlüsse: siehe Kap. 3.1 und Anlage 2

5.3.1.3 Schmelzwasserschotter, Günzzeitlich (Tieferer Älterer Deckenschotter), G,G

Altpleistozän (international: Unter- bis Mittelpleistozän), Günz

Auf Blatt Nr. 8027 Memmingen gibt es momentan keine Ablagerungen oder Bildungen, die der Günzkaltzeit zugeordnet werden könnten.

5.3.1.4 Schmelzwasserschotter, vermutlich mindelzeitlich i. w. S. (Jüngere Deckenschotter/Grönenbacher Feld), M,G

Altpleistozän (international: Mittelpleistozän), Mindel i. w. S. (Mindel + ?Haslach)

Mächtigkeit: siehe Kap. 3.2.1

Lithologie: Die grauen, karbonatreichen Schmelzwasserschotter sind v.a. an den Rändern der Schotterplatten zu Konglomerat verfestigt. Die Komponenten sind überwiegend abgerundet bis gerundet. Sand- und Rollkieslagen treten häufig auf. Schotterpetrographische Geröllanalysen von FIXL (2009) ergaben 50 bis 60 % Karbonate, 20 bis 30 % Hornsteine, 10 bis 15 % Sandsteine, 1 bis 2 % Kristallin (Gneise und Milchquarze). Der überwiegende Teil der Dolomitgerölle ist stark zersetzt und mürbe; man spricht von „Dolomitasche“. Geologische Orgeln sind zu beobachten.

Fazies: glazifluvial

Aufschlüsse: siehe Kap. 3.2.1 und Anlage 2

5.3.1.5 Flussschotter, periglazial, vermutlich mindelzeitlich, M,G,p

Altpleistozän (international: Mittelpleistozän), Mindel i. w. S. (Mindel + ?Haslach)

Mächtigkeit: Bis zu 2,1 m mächtige Schotter wurden erbohrt, die bis zu 4 m mächtige, kiesige Decklehme tragen.

Lithologie: Da es sich bei dem in Gelände zugänglichen Material um restlos durchverwitterte Restschotter handelt, sind nur noch kieselige Komponenten erhalten, die bei mechanischer Beanspruchung meist zu einem eckigen Schutt zerfallen. Der Schotter ist stark verlehmt und intensiv braun gefärbt, Schichtungsgefüge sind ausgelöscht und das Material erweckt einen weitgehend homogenen Charakter.

Fazies: vermutlich fluvial-periglazial

Alter: Aufgrund der Höhenlage zwischen dem Niveau der donauzeitlichen Stephansrieder Schotter und der risszeitlichen Hochterrasse werden die Restschotter als mindelzeitlich eingestuft (RÖGNER & LÖSCHER 1993: 94).

Aufschlüsse: keine ständigen Aufschlüsse vorhanden

5.3.1.6 Schmelzwasserschotter, haupttrisszeitlich (Obere Hochterrasse 1/Hawanger Feld), Rm1,G

Mittelpleistozän (international: Mittelpleistozän), Riss

Mächtigkeit: siehe Kap. 3.3.1

Lithologie: Die grauen, karbonatreichen Schmelzwasserschotter sind nur unregelmäßig und eher kleinräumig zu Konglomerat verfestigt. Die Komponenten sind überwiegend angerundet bis gerundet. Sand- und Rollkieslagen treten häufig auf. Von KNAPP (2010) durchgeführte schotterpetrographische Geröllanalysen ergaben 44,2 % Kalke, 28,1 % Dolomite, 8,3 % Hornsteine, 18 % Sandsteine, < 1 % Kristallin (Gneise und Milchquarz) und < 1 % unbekanntes Gerölle.

Die schotterpetrographischen Geröllanalysen von SINN (1973) ergaben, dass der Kristallin-gehalt zur Basis hin zunimmt (siehe Tab. 50). Geologische Orgeln sind zu beobachten.

Tab. 50: Schotterpetrographische Analyse der risszeitlichen Schmelzwasserschotter des Hawanger Feldes in zwei Kiesgruben bei Benningen jeweils auf unterschiedlichen Höhen über der Schotterbasis (verändert nach SINN 1973: 104 Tab. 9).

Kiesgrube	Position der Probenahme	Gesteine des Oberostalpin	Gesteine des Helvetikum und Flysch	Kristallin-gesteine	Sonstige
E' Benningen	8 m über Basis	60,0	31,7	1,0	7,0
	1 m über Basis	49,0	38,5	3,1	9,4
SE' Bennin-gen	8 m über Basis	62,9	26,9	1,5	8,7
	1,5 m über Basis	49,3	37,7	3,0	10,0

Fazies: glazifluvial

Aufschlüsse: siehe Kap. 3.3.1 und Anlage 2

5.3.1.7 Lösslehm über Schmelzwasserschotter, haupttrisszeitlich (Obere Hochterrasse 1/Hawanger Feld), ,Lol_Rm1,G

Schmelzwasserschotter: Mittelpleistozän (international: Mittelpleistozän), Riss

Lösslehm: Jungpleistozän (international: Oberpleistozän), Hochwürm (Mittleres bis Oberes Würm)

Mächtigkeit: 0 bis maximal 4,2 m. Beim Lösslehm handelt es sich nicht um eine flächig verbreitete Schicht mit gleichbleibender Mächtigkeit. Dieser würmzeitliche Lösslehm ist an vielen Stellen bereits stark erodiert, so dass der unterlagernde kiesige Verwitterungslehm stellenweise oberflächennah oder bereits an der Oberfläche liegt. In einigen Mulden und am westlichen Terrassenrand ist dagegen der Lösslehm akkumuliert und weist Mächtigkeiten von über 2 m auf.

Fazies: äolisch

Lithologie: Braune, restlos entkalkte, v.a. oberflächennah stark poröse, tonig-sandige Schluffe, die stellenweise eine undeutliche Schichtung erkennen lassen. In senkrechten Aufschlusswänden zeigen sie häufig eine ausgeprägte vertikale Klüftung, die den Lösslehm festgesteinsartig in größere Klufkörper zerlegt. Nach unten hin nimmt der Gehalt an Kieskomponenten rasch zu, und ohne scharfe Grenze gehen die Lösslehme in den Schotterlehm (verwitterte Schmelzwasserschotter) über.

Aufschlüsse: siehe Kap. 3.3.1 und Anlage 2

5.3.1.8 Schmelzwasserschotter, haupttrisszeitlich (Obere Hochterrasse 2/Hitzenhofener Feld, Hochterrasse von Memminger Berg und Zeller Hochterrasse), Rm2,G

Mittelpleistozän (international: Mittelpleistozän), Riss

Mächtigkeit: siehe Kap. 3.3.3

Lithologie: Schon PENCK & BRÜCKNER (1909: 30) erkannten, dass die Zusammensetzung der Schotter des Hitzenhofener Feldes ähnlich der des Memminger Feldes ist: hauptsächlich kalkalpines Material (v.a. Kalke) zu dem sich Richtung Iller allmählich immer mehr zentralalpine Gerölle gesellen (Kristallinanteil: Zeller Hochterrasse 3 %, Hitzenhofener Feld im E bei Dickenreis 9 % und im W bei Volkratshofen 25 %).

GRAUL (1953a: 23, 26) gibt für die Hochterrasse von Memminger Berg Kristallingehalte von 1,06 % zudem Milchquarzgehalte von 0,75 % und für das Hitzenhofener Feld bei Volkratshofen Kristallingehalte von 13,9 % und Milchquarzgehalte von 1,8 % an.

SINN (1972: 109, 1973: 95 Tab. 1) gibt für den Westrand des Hitzenhofener Feldes (Kiesgruben bei Kardorf, Volkratshofen und Buxach) den Anteil von kristallinen Geröllen mit 15,3 %, für den Ostrand (Kiesgrube NE' Dickenreishausen) mit nur 5,9 % und für die Hochterrasse von Memminger Berg mit 1,2 % an, was das von PENCK & BRÜCKNER (1909) entworfene Bild mit dem starken Einfluss von Rheingletschermaterial („große Amphibolite und Silvrettagneise“) im W des Hitzenhofener Feldes bestätigt. JERZ et al. (1975: 113) geben für das Hitzenhofener Feld einen Kristallinanteil von 5 % an und JERZ & WAGNER (1978: 52) sprechen bei den Schottern der Hochterrasse von Memminger Berg von einer „ausgesprochenen Randfazies“ mit einem Kristallinanteil von 2 bis 3 %, die das „östlichste Vorkommen von Rheingletschermaterial im heutigen Illergebiet“ darstellt.

Bezüglich Verfestigung schreiben PENCK & BRÜCKNER (1909: 32) von einem „lose verfestigten, ziemlich tiefgründig verwitterten Schotter“.

Fazies: glazifluvial

Aufschlüsse: keine ständigen Aufschlüsse vorhanden

5.3.1.9 Lösslehm über Schmelzwasserschotter, haupttrisszeitlich (Obere Hochterrasse 2/Hitzenhofener Feld, Hochterrasse von Memminger Berg und Zeller Hochterrasse), ,Lol_Rm2,G

Schmelzwasserschotter: Mittelpleistozän (international: Mittelpleistozän), Riss

Lösslehm: Jungpleistozän (international: Oberpleistozän), Hochwürm (Mittleres bis Oberes Würm)

Mächtigkeit: Bohrungen bei Dickenreishausen zeigen durchschnittlich 1 bis 2 m mächtige, lehmige Deckschichten, die Richtung E im Stadtwald auf 6 m³⁵⁴ ansteigen können.

³⁵⁴ 8027-LEB-BG-155 (R: 43.64173/H: 53.15014)

Lithologie: Braune, restlos entkalkte, v.a. oberflächennah stark poröse, tonig-sandige Schluffe, die stellenweise eine deutliche Schichtung erkennen lassen. In senkrechten Aufschlusswänden zeigen sie häufig eine ausgeprägte vertikale Klüftung, die den Lösslehm festgesteinsartig in größere Klüftkörper zerlegt. Nach unten hin nimmt der Gehalt an Kieskomponenten rasch zu, und ohne scharfe Grenze gehen die Lösslehme in den Schotterlehm (verwitterte Schmelzwasserschotter) über.

Fazies: äolisch

Aufschlüsse: keine ständigen Aufschlüsse vorhanden

5.3.1.10 Restschotter, risszeitlich, lehmig verwittert, R,G bis #lv

Mittelpleistozän (international: Mittelpleistozän), Riss

Mächtigkeit: 0 bis 7 m

Lithologie: Da es sich bei dem im Gelände zugänglichen Material um restlos durchverwitterte Restschotter handelt, sind nur noch die kieseligen Komponenten erhalten, die bei mechanischer Beanspruchung meist zu eckigem Schutt zerfallen. Der Schotter ist stark verlehmt und intensiv braun gefärbt. Schichtungsgefüge sind ausgelöscht und das Material erweckt einen weitgehend homogenen Charakter.

Fazies: fluvial-periglazial bis glazifluvial

Aufschlüsse: keine ständigen Aufschlüsse vorhanden

5.3.1.11 Schmelzwasserschotter, hochwürmzeitlich (Niederterrasse 1 oder Vorstoßschotter/Steinheimer, Benninger, Wolfertschwendener und Daraster Feld), Wh1,G

Jungpleistozän (international: Oberpleistozän), Hochwürm (Mittleres bis Oberes Würm)

Mächtigkeit: siehe Kap. 3.4.1

Lithologie: Die grauen, karbonatreichen Schmelzwasserschotter sind nur punktuell zu Konglomerat verfestigt. Die Komponenten sind überwiegend angerundet bis gerundet. Sand- und Rollkieslagen treten häufig auf. Schotterpetrographische Analysen durch KNAPP (2010) ergaben 47,9 % Kalke, 24 % Dolomite, 8,6 % Hornsteine, 15,8 % Sandsteine, 2,3 % Kristallin (Gneise und Milchquarz) und < 1 % Konglomerate des Quartärs und der Molasse. Der überwiegende Teil der Gerölle macht einen „frischen“ und unverwitterten Eindruck.

Fazies: glazifluvial

Aufschlüsse: zahlreiche Kiesgruben auf dem Daraster Feld (siehe Anlage 2)

5.3.1.12 Schmelzwasserschotter, hochwürmzeitlich (Niederterrasse 22/Memmingen Feld mit Mündungsschwemmfächer bei Woringen), Wh22,G sowie Wh,[#sw]

Jungpleistozän (international: Oberpleistozän), Hochwürm (Mittleres bis Oberes Würm)

Mächtigkeit: siehe Kap. 3.4.3

Lithologie: Da keine Aufschlüsse vorhanden waren, müssen erneut die Bohrungen herangezogen werden, die einen typischen, grauen, karbonatreichen Schmelzwasserschotter erkennen lassen; Hinweise auf Verfestigungen zu Konglomerat liegen nicht vor. Das Material wird als „frisch“ und unverwittert beschrieben.

Fazies: glazifluvial

Aufschlüsse: Es gibt keine ständigen Aufschlüsse.

5.3.1.13 Schmelzwasser- oder Flussschotter, hochwürmzeitlich (Niederterrasse im Tal der Westlichen Günz), Wh,G

Jungpleistozän (international: Oberpleistozän), Hochwürm (Mittleres bis Oberes Würm)

Mächtigkeit: siehe Kap. 3.4.4

Lithologie: Da keine Aufschlüsse vorhanden waren, müssen erneut die Bohrungen herangezogen werden, die einen typischen, grauen, karbonatreichen Schmelzwasserschotter erkennen lassen; Hinweise auf Verfestigungen zu Konglomerat liegen nicht vor. Das Material wird als „frisch“ und unverwittert beschrieben.

Fazies: glazifluvial

Aufschlüsse: Es gibt keine ständigen Aufschlüsse.

5.3.1.14 Lösslehm, karbonatfrei, ,Lol

Jungpleistozän (international: Oberpleistozän), Oberes Würm, Hochwürm

Mächtigkeit: siehe Kap. 3.3.1, 3.3.3, 3.4.1 und 3.4.2

Lithologie: Braune, restlos entkalkte, v.a. oberflächennah stark poröse, tonig-sandige Schluffe, die stellenweise eine deutliche Schichtung erkennen lassen. In senkrechten Aufschlusswänden zeigen sie häufig eine ausgeprägte vertikale Klüftung, die den Lösslehm festgesteinsartig in größere Klüftkörper zerlegt. Nach unten hin nimmt der Gehalt an Kieskomponenten rasch zu, und ohne scharfe Grenze gehen die Lösslehme in Schotterlehm (verwitterte Schmelzwasserschotter) über.

Fazies: äolisch, stellenweise sicher auch solifluidal

Aufschlüsse: Es gibt keine ständigen Aufschlüsse.

5.3.1.15 Decklehm, ,Ld

Pleistozän, Donau (je nach Alter der Liegendschotter) bis Würm

Schon PENCK & BRÜCKNER (1909: 29) erwähnen eine lehmige Deckschicht, die sich – rein genetisch betrachtet – aus unterschiedlich alten äolischen Bildungen über kiesigen Verwitterungslehmen zusammensetzen müsste. Die Geländebefunde zeigen allerdings ein ganz anderes Bild: reine äolische Bildungen sind selten und erreichen nur geringe Mächtigkeiten. Ursache hierfür sind Erosionsvorgänge und hierbei v.a. das Bodenfließen, bei dem die äolischen Deckschichten nicht nur abgetragen sondern auch mit den kiesigen Verwitterungslehmen vermischt werden und so in diesen „aufgehen“. Einen ähnlichen Effekt haben Prozesse der Bio- und Kryoturbation, bei denen es ebenfalls zu einer Durchmischung genetisch unterschiedlicher Horizonte der Deckschichten kommt.

Daher werden hier als Decklehm polygenetische, heterogen aufgebaute Deckschichten bezeichnet, die alle ältest-, alt- und mittelpleistozänen Schmelzwasserschotter des Arbeitsgebietes stellenweise überlagern.

Mächtigkeit: 0 bis 10 m

Lithologie: braune, karbonatfreie Schluffe mit stark wechselnden Sand-, Ton- und Kiesgehalten: Steine treten nur selten und eher in den tieferen Bereichen auf.

Fazies: äolisch, solifluidal, bio- und kryoturbat gestört

Alter: Pleistozän, vermutlich mehrphasig entstanden und verändert. Je nach Alter der jeweils unterlagernden Schotter und der darauf entstandenen interglazialen Bodenbildungen unterschiedliches Einsetzen möglich. Letzte Überprägung im Permafrostklima der Würmkaltzeit.

Aufschlüsse: Es gibt keine ständigen Aufschlüsse.

5.3.2 Pleistozän bis Holozän

5.3.2.1 Lehm, umgelagert (Fließerde, Hang- oder Schwemmlehm), ,L,u

Fließerde- und Hanglehm werden zu den Deckschichten gezählt, können aber weder im Gelände noch auf der geologischen Karte voneinander nachvollziehbar abgegrenzt werden. Daher wird in der vorliegenden Arbeit pauschal von Fließerden gesprochen.

Mächtigkeit: Nahezu an allen Hängen treten Fließerden auf und überdecken die unterlagernden Gesteine. Ihre Mächtigkeit liegt an den Hängen durchschnittlich zwischen 1 und 2 m, so dass man sie meist nicht mehr mit Hilfe des 1 m-Bohrstockes durchhörern kann. Gerade bei eher geröllarmen Fließerden ist es meist nicht möglich, mit Bohrstock-Sondierungen anstehende Molasse von Fließerde zu unterscheiden. Am Hangfuß können sich die Fließerden auf Mächtigkeit von bis zu 6 m und mehr akkumulieren und sich weit auf die Schotterflächen erstrecken (z.B. BRUNNACKER 1953a).

Lithologie: Je nach Position bestehen sie aus stark wechselnden Anteilen von Molassematerial, Verwitterungsprodukten der Schmelzwasserschotter sowie älteren, zumeist äolischen Deckschichten. Mitunter kann auch organisches Material enthalten sein (siehe Abb. 30). Typisch für die Fließerden sind der bindige Charakter und die meist bräunlichen bis beige Farben. Sie sind i.d.R. karbonatfrei und enthalten fast ausschließlich karbonatfreie Gerölle (v.a. Sand- und Hornsteine sowie Kieselkalkskelette³⁵⁵). Nur unmittelbar unterhalb von Fels-

³⁵⁵ Bei Kieselkalkskeletten handelt es sich um weitgehend bis völlig entkalkte Kieselkalkgerölle v.a. aus dem Flysch, bei denen die Kieselsäure ein stabiles Gerüst bildet. Typisch für sie ist die geringe

nasen und -wänden aus Schmelzwasserschottern können auch merklich Anteile an Karbonatgeröllen auftreten. Viele Gerölle, v.a. die Kieselkalkskelette, sind in einzelne eckige Kluffkörper zerlegt. Sie befinden sich aufgrund der Fließ- bzw. Kriechbewegung nicht mehr im Verband sondern sind über größere Strecken in den Fließerden verteilt, so dass sie sich meist nicht mehr einem Geröll zugeordnet lassen. Da sie relativ oberflächennah liegen, sind sie meist gut durchfeuchtet und die Konsistenz ist weich bis steif, in seltenen Fällen auch einmal halbfest. Sind die Fließerden ohne schützende Vegetation können sie bei Niederschlägen schnell in breiige oder bei langen Trockenperioden auch in feste Konsistenz übergehen.



Abb. 30: Holzfund aus der Ortschaft Kronburg, der bei Kanalbauarbeiten aus ca. 4 m Tiefe in Hangschutt (Lehm und Sand mit Geröllen auf OSM, nach FESSLER & GOOS 1988) geborgen wurde; datiert ist er auf ca. 50 v. Chr., ausgestellt im Schwäbischen Bauernhofmuseum Illerbeuren, Photo des Verfassers vom 4.8.2009.

Fazies: kryogen-solifluidal

Aufschlüsse: Entlang vieler Bäche und Bächlein.

5.3.2.2 Talfüllung, polygenetisch, „ta

Pleistozän bis Holozän

Entlang von Bächen und kleinen Bachläufen sowie in nur periodisch wasserführenden Erosionsrinnen und -gräben wurden Talablagerungen unterschiedlicher Genese und Zusammensetzung (stark abhängig vom geologischen Umfeld) kartiert.

Mächtigkeit: meist nur wenige Dezimeter bis einige Meter

Dichte und bei mechanischer Beanspruchung das Zerfallen in kleinstückigen Schutt (siehe II. Teil Kap. 5.2.1).

Lithologie: Je nach geologischem Umfeld heterogen, aber überwiegend Sande und Schluffe mit stark wechselnden Kies- und Steinanteilen. Auffallend war, dass viele kleine Bächlein, auch weit entfernt von anstehenden Schmelzwasserschottern, eine Bachsohle besitzen, die aus einem Geröllpflaster besteht. Die Gerölle stammen überwiegend aus Fließerden, die fast sämtliche Hänge im Arbeitsgebiet bedecken, und aufgrund der geringen Transportkraft der kleinen Bächlein nicht abtransportiert werden konnten. Sie bleiben sozusagen als „Kondensat“ zurück, während die Sand- und Schluffanteile der Fließerden verschwemmt werden können.

Fazies: Es sind kalt- bis warmzeitliche, fluviale, fluidale (durch Starkregenereignisse ausgelöste Verschwemmungsbildungen), solifluidale oder gravitativ aus den Talhängen umgelagerte Ablagerungen.

Aufschlüsse: Entlang vieler Bäche und Bächlein.

5.3.2.3 Schwemmkegel oder -fächer, §Fk

Pleistozän bis Holozän

Schwemmfächer finden sich häufig an den Mündungen von autochthonen Tälern und Erosionsrinnen in das Memminger Trockental und in das Tal der Westlichen Günz. Dort sitzen sie den riss- und würmzeitlichen Schotterfeldern auf und verzahnen sich auch mit ihnen, da der Materialtransport auch bzw. gerade in den Kaltzeiten andauerte bzw. sogar zunahm. Alle Vorkommen sind aufgrund ihres geringen Gefälles als Schwemmfächer zu klassifizieren.

Mächtigkeit: meist nur wenige bis einige Meter

Lithologie: Je nach geologischem Umfeld heterogen, aber überwiegend Sande und Schluffe mit stark wechselnden Kies- und Steingehalten.

Aufschlüsse: Entlang vieler Bäche und Bächlein.

5.3.2.4 Bachablagerungen, pleistozän bis holozän, „f

Pleistozän bis Holozän

Holozäne Bachablagerungen finden sich entlang des Zeller Baches, des Mühl-/Kressenbaches und des Krebsbaches.

Mächtigkeit: meist nur wenige Dezimeter bis einige Meter

Lithologie: Je nach geologischem Umfeld heterogen, aber überwiegend Sande und Schluffe mit stark wechselnden Kies- und Steingehalten. Häufig ist anthropogenes Material (v.a. Ziegelbruch) enthalten.

Fazies: fluvial-periglazial bis fluvial-warmzeitlich

Alter: pleistozän bis holozän; da der Krebsbach auf dem risszeitlichen Hawanger Feld verläuft, reicht hier die Bildung der Bachablagerungen sicher bis in das Riss-Würm-Interglazial und im Bereich seines Oberlaufes im Böhener Feld noch weiter in die Vergangenheit zurück.

Aufschlüsse: Entlang des Zeller Baches, des Mühl-/Kressenbaches und des Krebsbaches.

5.3.2.5 Hochflut- und Auenlehme, schluffig bis sandig, z.T. kiesführend, pleistozän bis holozän, qhj,L

Pleistozän bis Holozän

Hochflut- und Auenlehme finden sich im Tal der Buxach und im Tal der Westlichen Günz.

Mächtigkeit: meist nur wenige Dezimeter bis einige Meter

Lithologie: Je nach geologischem Umfeld heterogen, aber überwiegend sandige Schluffe mit stark wechselnden Kiesgehalten; organische Beimengungen färben die Schluffe grau bis schwarz. Sand- und Kieskomponenten zeigen beim Test mit verdünnter Salzsäure meist einen Kalkgehalt, wohingegen das schluffige Material überwiegend kalkfrei ist. Bei Untersuchungen mit dem Bohrstock fiel die meist intensive Durchwurzelung des Materials auf.

Fazies: fluviale Hochflutabsätze; überlagern meist holozäne Bachablagerungen und/oder pleistozäne Schmelzwasserschotter. Im Tal der Westlichen Günz aufgrund der Moordegeneration infolge der intensiven Entwässerungsmaßnahmen und landwirtschaftlichen Nutzung schwierig auskartierbar. Fließende Übergänge zu Anmoorbereichen im Gebiet des Hundsmooses.

Alter: pleistozän bis holozän; da die Buxach auf dem risszeitlichen Hitzenhofener Feld verläuft, reicht hier die Bildung der Hochflut- und Auenlehme sicher bis ins Riss-Würm-Interglazial und im Bereich ihres Oberlaufes zwischen Kronburg/Hohenrain und Grönenbacher Feld noch weiter in die Vergangenheit zurück.

Aufschlüsse: Entlang der Buxach und der Westlichen Günz.

5.3.3 Holozän

5.3.3.1 Sinterkalkstein (Kalktuff), holozän, ,Kq

Holozän

Entlang einzelner Bäche, die an der Grenze Quartär-Tertiär entspringen, kommt es zur Ausfällung von Kalktuff, der v.a. organisches Material (Holzstückchen, Fichtenzapfen, Blätter und Schneckenhäuser) mit mehrfach geschichteten, porösen Kalkkrusten überzieht, so dass dort rezent kalkige „Bachgerölle“ entstehen. Ein besonders schönes Beispiel ist das Bächlein³⁵⁶ im Wald unmittelbar N' der Wiese bei der Klessen-Ölmühle am Krebsbach. Sehr selten findet man kleine, im vorgegebenen Maßstab nicht kartierbare Vorkommen von Moostuff.

5.3.3.2 Sinterkalk (Kalktuffstein und Alm), holozän, ,K

Holozän

Der Alm wird in der Literatur auch allgemein als Kalktuff, Kalktuffsand, Tuffsand, Mehlsand und Wiesenkalk, fälschlicherweise auch als Seekreide³⁵⁷ oder speziell als „*Weißerde von Memmingen*“ und „*Memminger Alm*“ (MÜNICHSDORFER 1927: 59ff, JERZ & WAGNER 1978: 66) bezeichnet.

Aus der Iller-Lech-Platte sind zahlreiche Almvorkommen bekannt: EBERL (1930: 226) nennt die mächtigen Almlager bei der Eschenlohmühle und bei Amberg ca. 2 km N' von Buchloe,

³⁵⁶ 8027-LEB-AG-094 (R: 43.70865/H: 53.09813)

³⁵⁷ Seekreide siehe LAGALLY (1984b: 504f)

bei Holzhausen im Singoldtal E' Buchloe, bei Tussenhausen im Floßachtal E' Salgen, bei Nassenbeuren im Mindeltal, bei Günz und N' Erkheim im Günztal und das am Nordrand des Blattes Nr. 8027 Memmingen liegende **Almlager von Memmingen** auf dem Memminger Feld zwischen dem Benninger Ried und Grünenfurt auf Blatt Nr. 7927 Amendingen.

Die mächtigen Almvorkommen auf Blatt Nr. 8027 Memmingen setzen N' der Niedermoortorfe des Benninger Riedes ein und erstrecken sich noch weit auf das Blatt Nr. 7927 Amendingen nach N (JERZ 1993: 135ff, LAGALLY 1984a: 503). Der Alm war während der Geländearbeiten an keiner Stelle aufgeschlossen; lediglich in frisch gepflügten Feldern N' der Autobahn BAB A96 fiel er durch seine hellen Farben auf. Jedoch wurde er in zahlreichen recherchierten Bohrungen angetroffen, so dass seine Verbreitung relativ gut abgegrenzt werden kann.

Mächtigkeit: Im östlichen Stadtgebiet von Memmingen erreicht der Alm Mächtigkeiten von ca. 1 bis 4 m und stellenweise sogar 6 m.

Lithologie: Da keine Aufschlüsse vorhanden waren, müssen erneut Literaturangaben und Ergebnisse von Bohrungen herangezogen werden: Beim Alm handelt es sich um eine weiße, gelbliche bis beigefarbene, feinkörnige, hochporöse, hochreine (bis zu 98 % CaCO₃), lockere, teilweise geschichtete Kalkausfällung, die an frühere Grundwasseraustritte gebunden ist (JERZ 1993: 134ff). Vor allem Cyanobakterien, Algen und Moose sind an der Kalkfällung beteiligt. BRUNNACKER (1959a: 131) sowie JERZ & WAGNER (1978: 67) beschreiben zahlreiche Schneckenschalen sowie „*inkrustierte Schilffreste und sonstige Pflanzenstengel*“.

Die genaue Genese ist noch nicht geklärt, aber man geht davon aus, dass die Kalkfällung bei ansteigendem Grundwasser die Torfbildung abgelöst hat (BRUNNACKER 1959a: 130). JERZ & WAGNER (1978: 66) waren in der Lage, einen „*lockeren, mehlig bis grießigen Alm, einen gröber körnigen, teilweise verschwemmten Kalktuffsand sowie einen ± festen, an der Luft auch harten, löchrigen Kalktuff*“ zu unterscheiden, was mangels geeigneter Aufschlüsse im Rahmen der eigenen Geländearbeiten nicht gelang.

In den Bohrungen zeigt sich, dass in den Alm immer wieder Lagen aus festem Kalktuff und Torf eingeschaltet sind, die sich aber nicht zu durchziehenden Horizonten verbinden lassen. Vielmehr handelt es sich um kleinräumige Wechsel von Alm mit Kalktuff und Torflagen, was wohl den damaligen Bildungsraum gut widerspiegelt. Möglicherweise bildeten sich in den zahllosen Quellteichen und -bächlein zunächst kleinere Hügel und „Barren“ (BRUNNACKER 1959a: 129ff) aus festem Kalktuff³⁵⁸, was zu einem stufenartigen Verlauf der Bachsohlen führte. In den aufgestauten Bereichen konnte dann feiner Kalkschlamm ausgefällt werden und Torfmoose wachsen. Nach den ¹⁴C- und pollenanalytischen Untersuchungen, die an den über- und unterlagernden Torfen durchgeführt wurden, handelt es sich bei den mächtigen Alm- und Torfbildungen v.a. um ein frühholozänes Phänomen (JERZ et al. 1975: 117). Nach oben wird der Alm von einer Erosionsdiskordanz begrenzt, über der noch eine geringmächtige „*Auenmergelüberdeckung*“ folgt (BRUNNACKER 1959a: 132).

Fazies: krenogen/biogen

Alter: Nach den ¹⁴C- und pollenanalytischen Untersuchungen, die an den über- und unterlagernden Torfen durchgeführt wurden, handelt es sich bei den mächtigen Alm- und Torfbildungen v.a. um ein frühholozänes Phänomen (JERZ et al. 1975: 117, JERZ 1993: 137).

Aufschlüsse: Es gibt keine ständigen Aufschlüsse.

³⁵⁸ Bereits während der Römerzeit aber v.a. seit dem Mittelalter wurde der Kalktuff als wichtiger Baustein für Memmingen und Umgebung genutzt (siehe Kap. 2.1).

5.3.3.3 Vernässungszone bis Anmoor sowie Niedermoortorf, holozän, #w bis ,Hm sowie ,Hn

Holozän

Vernässungszonen bis anmoorige Bildungen finden sich überall im Bereich von Quellen, wo Hohlformen oder Hänge mit geringem Gefälle über bindigen Gesteinen im Untergrund liegen. Besonders in Nackentälchen von großen Rutschungen und in den Rutschkörper selbst finden sich häufig Vernässungszonen. Auf den gelegentlich wenig geneigten Hängen im Molasserücken des Ungerhauser Waldes kommt es, in Verbindung mit stellenweise flächigen Grundwasseraustritten an der Grenze von eher sandigen Molasseschichten im Hangenden und tonig-schluffigen Molasseschichten im Liegenden, zu großflächigen Vernässungen, die bereichsweise anmoorigen Charakter annehmen können. Gerade diese Bereiche versucht man wegen land- und forstwirtschaftlicher Bedürfnisse trockenzulegen, was zu einer starken Degenerierung der Anmoorbereiche führt. Ob es vor der land- und forstwirtschaftlichen Nutzung dieser Gebiete oder in früheren Interglazialen sogar zu einer Niedermoorbildung gekommen ist, ließ sich nicht mehr nachweisen.

Im Bereich der Grundwasseraustritte im Benninger Ried und im Hundsmoor kam es zur Ausbildung großflächiger, fast die gesamte Talbreite abdeckender An- und Niedermoore, die randlich in Vernässungszonen übergangen. Im N des Benninger Riedes geht das An- und Niedermoor in mächtige Alm- und Kalktuffablagerungen über, in die nur noch verhältnismäßig geringmächtige Torflagen eingeschaltet sind. BRUNNACKER (1959a: 130) geht davon aus, dass sich das Niedermoor des Benninger Riedes erst bilden konnte, nachdem sich N' davon eine nicht allzu hohe „Barre“ durch „Aufwuchs des Kalklagers“ gebildet hatte.

Mächtigkeit: meist nur wenige Dezimeter bis einige Meter

Lithologie: dunkelgrauer bis schwarzer Boden mit hohem Gehalten organischer Substanz, Niedermoortorf, Einlagerungen von Alm und Kalktuff.

Alter: JERZ et al. (1975: 117) sowie JERZ (1993: 137) geben für die basalen Torflagen ein ^{14}C Alter von 9485 ± 125 und 9240 ± 135 a v.h. sowie für die hangenden Torflagen ein Alter von 8525 ± 170 a v.h. an, was nicht ganz (siehe Tab. 38) zu dem anhand von pollenanalytischen Befunden bestimmten, präborealen Alter passt (BRUNNACKER 1959a: 130ff).

Aufschlüsse: Es gibt keine ständigen Aufschlüsse.

5.3.3.4 Künstliche Ablagerungen (Auffüllungen, Aufschüttungen) „ya

Jungholozän, zumeist Industriezeitalter

Künstliche Ablagerungen wurden nur in den Bereichen ausgewiesen, in denen sie große Flächen ausmachen und bedeutende Mächtigkeiten besitzen, besonders aber dann, wenn sie sich außerhalb von Gebieten befinden, die schon aufgrund ihrer Darstellung in der topographischen Kartengrundlage als anthropogen verändert erkennbar sind (z.B. Siedlungen, Verkehrswege). Allerdings gibt es auch an anderen Stellen künstliche Ablagerungen, die aber aufgrund ihrer geringen Ausdehnung angesichts des Maßstabes nicht darstellbar sind. Hierzu zählen v.a. die im Zuge der Bachbegradigungen eingebrachten Auffüllungen der Mäanderschlingen. Dies sei am Beispiel des Krebsbaches N' Hawangen kurz erläutert: auf alten topographischen Karten ist der Krebsbach noch als stark mäandrierender Bachlauf dargestellt. Heutzutage verläuft er aber fast schnurgerade durch die Wiesen, und nur an einzelnen Stellen sind Reste alter Mäanderschlingen als Depressionen zu erkennen. Die Mäanderschlingen wurden nahezu vollständig mit dem bei der Bachbegradigung angefallenen Aushub sowie mit Fremdmaterial (Aushubmaterial von anderen Orten, das häufig mit Bauschutt und Müll vermengt ist) zugefüllt. Das stellt sich bei einer Begehung des Bachlaufes so dar,

dass die Bachböschung abschnittsweise im natürlich gewachsenen Boden und streckenweise in künstlichen Auffüllungen verläuft, die durch Ziegelbruch, Eisenschrott und Kunststoffmüll meist deutlich zu erkennen sind. Vergleicht man die heutige Situation mit den alten Landkarten, dann muss man davon ausgehen, dass der Talgrund des heutigen Krebsbachtals zwischen Hawangen und Ungerhausen zu einem Großteil aus geringmächtigen künstlichen Auffüllungen besteht, die sich mindestens 10 bis 20 m zu beiden Seiten des Krebsbaches erstrecken. Vergleichbare Beobachtungen kann man u.a. auch entlang der Buxach machen.

Mächtigkeit: Je nach Art der Ablagerung bis über 10 m bei der Verfüllung von Schotter-, Sand- und Lehmmaßnahmen.

Lithologie: Die verzeichneten künstlichen Ablagerungen bestehen im Wesentlichen aus Erdaushubmaterial und Bauschutt.

Alter: Die verzeichneten Ablagerungen entstanden größtenteils erst ab dem 20. Jahrhundert.

5.3.3.5 Künstlich verändertes Gelände ,yo

Jungholozän, prähistorische bis historische Zeit

Als künstlich verändertes Gelände wurden nur Bereiche bezeichnet, deren anthropogene Veränderung sich nicht aus der Kartendarstellung ergibt. Somit bezieht sich diese Einheit nur auf den Golfplatz SE' Ottobeuren, auf die ehemalige Ziegeleigrube Hawangen, die Munitionsniederlage des Fliegerhorstes Memminger Berg im Ungerhauser Wald und das Altstadtgebiet von Memmingen.

6. Hydrogeologie

Die hydrogeologischen Verhältnisse des Arbeitsgebietes sind durch zwei Hauptgrundwasserleiter charakterisiert, wobei die Gesteine der miozänen Oberen Serie das untere Grundwasserstockwerk und die quartären Gesteine das obere Grundwasserstockwerk darstellen. Bezüglich der hydrogeologischen Eigenschaften unterscheiden sich diese beiden Grundwasserleiter aber erheblich, was v.a. durch die Korngrößenunterschiede und die Homogenität bestimmt wird.

Gesteine der Oberen Serie: Die von Schluffen, Tonen und Fein- bis Mittelsanden dominierten Molassegesteine, die stellenweise in enger Wechselfolge auftreten, stellen einen inhomogenen Grundwasserleiter dar, der bereichsweise gespanntes Grundwasser enthält, was aus den Bohrprotokollen einzelner Bohrungen³⁵⁹ hervorgeht. Aufgrund dieses inhomogenen Baues der Molasse aus Sandlagen mit dazwischenliegenden Ton-Schluff-Lagen werden häufig von Bohrmeistern und Ing.-Büros in der Molasse noch weitere „Grundwasserstockwerke“ unterschieden, da sich deren Untergrundmodell meist nur auf wenige Bohrprofile stützt (siehe Tab. 51).

³⁵⁹ z.B. 8027-LEB-BG-476 (R: 43.72189/H: 53.17181)

Tab. 51: Bohrung **8027-LEB-BG-476** als Beispiel für eine Bohrung in die Molasse, in der vom Bohrmeister/Gutachter drei Grundwasserstockwerke unterschieden wurden, von denen die unteren beiden gespanntes Grundwasser enthielten.

Bohrung 8027-LEB-BG-476			
Teufe [m]	Geologie	Hydrogeologie	
0 – 2,20	Quartär	1. Grundwasserstockwerk	freier Grundwasserspiegel
2,20 – 5,80	OSM-Ton		
5,80 – 25,50	OSM-Sand („Obere Sande“)	2. Grundwasserstockwerk	Druckwasserspiegel in 2,10 m Tiefe
25,50 – 45,70	OSM-Ton-Schluff		
45,70 – 54,50	OSM-Sand („Mittlere Sande“)	2. Grundwasserstockwerk	Druckwasserspiegel in 2,10 m Tiefe
54,50 – 57,50	OSM-Ton-Schluff		
57,50 – 63,20	OSM-Sand („Untere Sande“)	3. Grundwasserstockwerk	Druckwasserspiegel in 14,00 m Tiefe
63,20 – 64,50	OSM-Schluff-Sand		

Vergleicht man aber verschiedene Bohrungen miteinander und zieht die Beobachtungen aus dem Gelände mit hinzu, dann ergibt sich, wie oben bereits beschrieben, ein relativ kleinräumiger Bau der Molasse, der von häufigen Gesteinswechselln sowohl in vertikaler als auch in horizontaler Richtung geprägt ist. Selten lassen sich einzelne Horizonte weder in benachbarten Bohrungen eindeutig miteinander verknüpfen noch im Gelände über längere Strecken verfolgen. Daher kann man zwar in einzelnen Bohrungen sicher von verschiedenen Grundwasserstockwerken sprechen, doch handelt es sich hierbei um nur lokal vorkommende Grundwasserkörper, die teilweise getrennt oder gar völlig „abgeschlossen“ sein können, eher aber miteinander kommunizieren. Gespeist wird das Grundwasser in der Oberen Serie direkt von Niederschlagswasser oder von Grundwasser aus den quartären Gesteinen.

An den Molassehängen des Arbeitsgebietes kommt es nicht nur an der Grenze Quartär/Tertiär zu Quellaustritten, sondern vielerorts auch innerhalb der Molasse, wenn wasserführende Molassesandlagen von bindigen Molassegesteinen unterlagert werden und die Grenze durch den Hang angeschnitten ist. Bei diesen Quellaustritten an den Flanken der Riedel handelt es sich um Schichtwasseraustritte, deren Schüttung stark von den Niederschlägen gesteuert wird. Nach langen Trockenperioden verringerte sich die Schüttung dieser Schichtwasseraustritte ebenso deutlich, wie die Schüttung der Quellen an der Grenze Quartär/Tertiär³⁶⁰. Besonders deutlich wird dies bei den kleinen Molassehügeln des Ungerhauser Waldes: die im Frühjahr noch zahlreichen Quellaustritte und Feuchtstellen an der südlichen Flanke des Kasperberges verringern ihre Schüttung im Laufe des Sommers erheblich oder trocknen gar ganz aus. Daher ist in den Riedeln und Molassehügeln stets mit periodisch existierenden, schwebenden Grundwässern zu rechnen, was v.a. für bautechnische Fragen von Relevanz ist. Diese heterogenen Grundwasserverhältnisse innerhalb der Oberen Serie mit z.T. „abgeschlossenen“ Grundwasserkörpern, mit gespannten Grundwässern, mit stark wechselnden Durchlässigkeiten und Fließgeschwindigkeiten machen die Obere Serie zu einem komplexen Grundwasserleiter, was nicht nur die Nutzung des Grundwassers erschwert sondern auch ingenieurgeologische Schlüsselprobleme v.a. hinsichtlich Entwässerbarkeit und Standfestigkeit (drückendes Wasser) beinhaltet.

Quartäre Gesteine: Als Grundwasserleiter sind hier nur die verschiedenen Schmelzwasserschotter von Bedeutung, die aufgrund ihrer Lithologie im Gegensatz zur Molasse weitgehend homogene Körper darstellen und deutlich höhere Durchlässigkeiten besitzen (JERZ 1993: 167). Die Durchlässigkeiten sind wegen der sedimentären Schichtung (Materialwechsel) der Schotter in horizontaler Richtung etwas höher als in vertikaler (BAUER et al. 2005: 88), wobei

³⁶⁰ Namen wie z.B. Hungerbrunnen oder Hungerbach weisen auf dieses Phänomen hin (MURAWSKI 1992: 87). Z.B. gibt es einen Hungerbrunnen bei Haitzen SW' von Ottobeuren und einen Hungerbach bei Brühlins.

gerade Rollkieslagen Bereiche erhöhter Wasserwegsamkeiten darstellen. Aufgrund der morphologischen und geologischen Situation mit der von Schottern gekrönten Riedellandschaft stellen die präwürmzeitlichen Schotterkörper jeweils voneinander getrennte Grundwasserleiter dar, die wegen fehlender Kontaktflächen nicht miteinander kommunizieren können. Abgesehen von einem geringen Grundwasserstrom von einem Schotterkörper durch Molassegesteine zum nächsten Schotterkörper stellen Oberflächengewässer die einzigen Verbindungswege von einem Schotterkörper zum nächsten dar. Daher sind die Quellaustritte an der Grenze Quartär/Tertiär typisch für die geologischen Verhältnisse im Arbeitsgebiet (JERZ 1993: 167). Diese Quellaustritte wurden früher intensiv genutzt, werden aber mittlerweile nicht mehr zur Trinkwasser- sondern gelegentlich noch zur Brauchwasserversorgung herangezogen. Neben einigen gefassten Quellen und funktionsfähigen Sammelbehältern und Leitungen zeugen vielerorts halbverfallene Anlagen noch von der einstigen Nutzung. Stellenweise werden aber gerade Sammelgräben und Drainagen im Bereich flächiger Grundwasseraustritte oder in Bereichen mit vielen, kleinen Quellen noch unterhalten und gepflegt, um Waldgrundstücke, Wiesen und Äcker trocken zu halten. Hierbei sind z.B. manche Waldgebiete von einem stark verästelten System aus Gräben fast netzartig durchzogen. Heutzutage dient zur Wasserversorgung der Stadt Memmingen und deren Umland fast ausschließlich das große Grundwasservorkommen im mächtigen, würmzeitlichen Schmelzwasserschotter des Memminger Trockentals, das über Brunnen S' von Memmingen erschlossen ist.

7. Tektonischer Bau und Trennflächen

Blatt Nr. 8027 Memmingen liegt im N des tektonischen Alpennordrandes, der durch Kempten verläuft, in der ungefalteten Vorlandmolasse. Die Molasse stellt eine großräumige Muldenstruktur im Vorfeld des alpidischen Orogens dar, deren Muldenachse S' der Linie Mindelheim-Memmingen verläuft und deren Molasseschichten im Nordflügel, in dem das Arbeitsgebiet liegt, flach nach S bzw. SE einfallen (JERZ & WAGNER 1978: 72f). Störungen in den Molassegesteinen wurden nicht beobachtet. „Für tektonische Bewegungen im Quartär fehlen noch sichere Hinweise.“ (JERZ & WAGNER 1978: 73).

Die Schichtlagerung sowohl der tertiären als auch der quartären Ablagerungen ist im Blattgebiet weitgehend horizontal, eine tektonische Verkippung kann nicht nachgewiesen werden. Allerdings weisen sowohl die Gesteine der Oberen Süßwassermolasse als auch die pleistozänen, zu Konglomerat verfestigten Schmelzwasserschotter eine mehr oder weniger intensive, nicht-tektonische Klüftung auf. Die Klüftung der Gesteine der Oberen Süßwassermolasse ist bereits in Kap. 4.2.1 beschrieben.

Die steilstehende Klüftung der Konglomerate entsteht entweder durch Hangbewegungen oder durch differentielle Setzungsvorgänge an der Grenze Schmelzwasserschotter/Molassegesteine. Die Molassegesteine nehmen Wasser auf und weichen unterschiedlich stark auf. Dadurch sinken die überlagernden Konglomerate allein aufgrund ihrer Last unterschiedlich weit in die aufgeweichten Molassegesteine ein, und es kommt zu Spannungen im Gestein, die durch Bruchvorgänge abgebaut werden. Aufgrund der Aufschlussverhältnisse können die steilstehenden Klüfte in den Konglomeraten nur an den Rändern der Schotterkörper dokumentiert werden, wobei sich dort allerdings gezeigt hat, dass viele der Klüfte geöffnet sind – ein eindeutiger Hinweis auf Hangbewegungen. Die Klüfte besitzen eine erhöhte Wasserwegigkeit und können durch Verkarstungsprozesse erweitert sein. Möglicherweise kann sich in den Klüften auch Wasser aufstauen, wenn die Poren des umgebenden Konglomerates durch lehmiges Material oder Kalksinter verschlossen sind, und der sich allmählich aufbauende Kluftwasserdruck Bewegungen verursacht. Aber nicht nur die verfestigten sondern auch die unverfestigten Schotter belasten den Untergrund, und dort kann und muss es gleichfalls zu differentiellen Setzungen kommen. Die Ausbildung von Schichtverbiegungen, Rissen oder Spalten (Klüften) in den Schmelzwasserschottern wären die Folge, konnten aber im Arbeitsgebiet bisher nicht entdeckt werden. Entlang dieser Risse gäbe es erhöhte, steilstehende Wasserwegigkeiten, entlang derer aber auch vermehrt Verwitterungslehm in die Risse eingeschwemmt werden würde, wie es für die Münchener Deckenschotter be-

schrieben ist: „Die Oberfläche der Nagelfluh zeigt häufig kleine Furchen und Vertiefungen, die anscheinend von fließendem Wasser erzeugt worden sind, das auch auf Klüften in das Gestein eindrang und dieselben bald mehr, bald weniger erweitert hat. Später ist brauner Ton und feiner Sand in diese Spalten eingedrungen, die aber meist zu eng waren, um gröberem Material der darüberliegenden Moräne Einlaß gewähren zu können.“ (ROTHPLETZ 1913: 239). Diese lehmverfüllten Risse könnten dann als steilstehende Wasserstauer wirken und das horizontal anströmende Grundwasser aufstauen bzw. in Verbindung mit feinkornreichen Schichten aus hydrogeologischer Sicht eine Kammerung des Gebirges bewirken, was Maßnahmen zur Wasserhaltung erschweren würde.

8. Hangbewegungen

Bereits PENCK & BRÜCKNER (1909: 30) weisen auf Hangbewegungen an den Molassehängen hin: „Schotter endlich decken in geringer Mächtigkeit die Höhe der Kronburg und des Hohen Rain; unter ihnen erhebt sich das Miocän hoch über die Höhen des Grönenbacher Feldes, es bildet auf der Ostseite des Hohen Rain ausgedehnte **Rutschungen**.“

Durch das Einschneiden der Flüsse, Bäche und Schmelzwässer wurden die rutsch- sowie verwitterungsanfälligen Gesteine der OSM freigelegt und die Talflanken übersteilt. Hierdurch kam und kommt es allerorten, v.a. unter dem Einfluss von Grund- und Niederschlagswasser an den Hängen zu kleineren und größeren Hangbewegungen in den präquartären, neogenen Gesteinen, die in vielen Fällen nur relativ oberflächennah, teilweise aber auch als tiefgreifende Rutschungen ablaufen. Mechanismen mit einfachem Böschungsversagen und mit Versagen der Basis können unterschieden werden.

Für die tiefgreifenden Rutschungen müssen neben der Hangunterschneidung und -übersteilung sowie dem Einfluss des Wassers ebenfalls die überlagernden Schmelzwasserschotter als eine treibende Kraft angesehen werden, da sie für die präquartären Gesteine eine Auflast darstellen, was sich negativ auf die Hangstabilitäten auswirkt. Mit grundbrucharartigen Mechanismen muss gerechnet werden. An vielen Stellen reichen daher die Gleitbahnen bis hinauf in die Schmelzwasserschotter. BAUMANN et al. (1975) und BAUMANN (1988) haben dies ausführlich für vergleichbare geologische Verhältnisse bei Grünwald im Isartal im S von München untersucht sowie beschrieben und BELLMANN (2009) konnte dies für die Westflanke des Böhener Feldes bestätigen.

BAUMANN et al. (1975) und BAUMANN (1988) konnte nachweisen, dass nur dort, wo hochplastische Tone im Untergrund vorhanden sind, sich tiefliegende Gleit- und Scherbahnen ausbilden können, wenn die von ihm ermittelte kritische Höhe eines ungebrochenen Hanges von 38 bis 40 m (BAUMANN 1988: 136) erreicht oder überschritten wird. Fehlen diese Tone kommt es nur zu flachgründigen/oberflächennahen, meist kleineren Hangbewegungen. Somit können anhand der Hangbewegungstypen indirekt Rückschlüsse auf die Ausbildung der Molassegesteine im Untergrund gezogen werden, auch wenn diese nirgends aufgeschlossen sind.

Darüber hinaus kommt es entlang der Konglomeratwände auch immer wieder zu Stein- und Blockschlag sowie Felsstürzen. Stein- und Blockschläge sind als unmittelbare Folge der Verwitterung zu sehen, bei der sich einzelne Komponenten oder größere Konglomeratblöcke aus der Felswand lösen können. Felsstürze sind in den Konglomeraten meist an Trennflächen gebunden, die in den Konglomeraten als relativ horizontal liegende Schichtflächen und steilstehende Kluffflächen (siehe Kap. 6) auftreten.

In Tab. 52 sind die im Arbeitsgebiet auftretenden Typen von Hangbewegungen und in Tab. 53 mögliche Ursachen sowie Trigger aufgelistet.

Tab. 52: Im Arbeitsgebiet auftretende Typen von Hangbewegungen (Klassifizierung nach [10] sowie PRINZ & STRAUß 2006: 346ff).

Hangbewegungstyp	Untertyp	Gesteine
Fallen	Stein- und Blockschlag	Konglomerate
	Felssturz	Konglomerate
Kippen	-	Konglomerate
Gleiten	Translationsrutschung	Molassegesteine
	Rotationsrutschung	Molassegesteine und Konglomerate
	kombinierte Rutschung	Molassegesteine und Konglomerate
Driften	-	Konglomerate auf Molassegesteinen
Fließen	Solifluktion	Molassegesteine und Deckschichten
	Kriechen ³⁶¹	Molassegesteine und Deckschichten

Tab. 53: Ursachen und Trigger für Hangbewegungen im Arbeitsgebiet.

Ursachen und Trigger	Folge	Gesteine
„hart auf weich“	differentielle Setzungen und Spannungen	steife Konglomerat auf weichen Molassegesteinen
Trennflächen (Schichtung, Klüfte z.T. mit Harnischen)	generell Schwächung des Gebirges	v.a. bindige Molassegesteine
Talvertiefung und Übersteilung der Hänge	- Erhöhung der Schub- und Zugspannungen - Überbelastung des Kopfes eines Hanges - Schwächung des Hangfußes durch Anschneiden und Unterschneiden	alle
Materialveränderungen durch Wasseraufnahme und Verwitterung	generell: - Verlust der Kohäsion - Verringerung der Scherfestigkeit speziell: - Schwächung des Hangfußes durch Aufweichen	überkonsolidierte, bindige Molassegesteine
Starkregenerienisse und Hochwasser	- Lastzuwachs durch Wassersättigung - Stauhorizonte und Wasserdruck im Hang	v.a. bindige Molassegesteine

Im Gelände kann man viele Anzeichen, wie Säbelwuchs von Bäumen, „betrunkene“ Wälder, aufgerissene Vegetation, gespannte Wurzeln, frische Sturzblöcke unterhalb von Felswänden etc., dokumentieren, die darauf hindeuten, dass einige Hangbewegungen aktiv sind; v.a. Solifluktion³⁶² tritt nahezu überall an den Hängen aus bindigen Molassegesteinen auf. In den Kaltzeiten stellte v.a. das Bodenfließen unter periglazialen Bedingungen (Gelifluktion³⁶³) in den Permafrostgebieten eine Hauptform der Massenbewegungen im Pleistozän dar. Die Gelifluktion führte auch zur Ausbildung der asymmetrischen Talformen periglazialer Bäche in den Molassegebieten und auf den Schotterflächen.

Die meisten Hangbewegungen, die noch anhand von bucklig-welligen, unruhigen Geländeformen erkennbar sind, scheinen inaktiv zu sein, befinden sich aber meist in einem labilen bis metastabilen Zustand und können durch Umwelteinflüsse (z.B. Starkregenerienisse)

³⁶¹ Kriechen: Sonderform des Fließens mit kaum merkbarer Formveränderung der Landschaft (PRINZ & STRAUß 2006: 351)

³⁶² Solifluktion: Bodenfließen.

³⁶³ Gelifluktion: Bodenfließen unter periglazialen Bedingungen, ab Hangneigungen von mehr als 2° (BÜDEL 1960 zit. in GERMAN 1962a: 74, PRINZ & STRAUß 2006: 351).

und menschliche Eingriffe (z.B. Kahlschlag oder Baumaßnahmen) jederzeit reaktiviert werden. Einzelne größere Rutschereignisse auf dem Kartenblatt sind abgrenzbar und z.B. der Hauptabriss, Sekundärabriss, der Hauptrutschkörper, Randspalten und der Rutschungsfuß im Gelände auskartierbar. Auf der geologischen Karte im Maßstab 1:25000 sind die großen Hangbewegungen jedoch nur als einheitliche Rutschmassen darstellbar.

II. Teil: Die Verwitterung von pleistozänen, karbonatreichen Schmelzwasserschottern – Entwicklung einer Verwitterungsklassifizierung

1. Einleitung

Weite Schotterebenen und mächtige Talfüllungen aus Schmelzwasserschottern charakterisieren die Nordalpen und das nördliche Alpenvorland. Diese Schotter wurden während der verschiedenen pleistozänen Vereisungsphasen durch die Schmelzwässer der aus den Alpen Richtung N in das Vorland vorstoßenden Gletscher geschüttet und sind aufgrund ihres Liefer- bzw. Einzugsgebietes in den Nördlichen Kalkalpen und im Helvetikum sehr karbonatreich; RÖGNER & LÖSCHER (1993: 87) geben Karbonatgehalte bis zu 95 % der Grobkiesfraktion an³⁶⁴. Ihre günstigen hydrogeologischen Eigenschaften (u.a. große Verbreitung und Mächtigkeit sowie hohe Durchlässigkeiten) machen sie im Alpenvorland zu den wichtigsten Gesteinen bezüglich der Grundwassernutzung, für die Gewinnung von Trink- und Brauchwasser sowie für die oberflächennahe Geothermie. Aber auch für die Steine- und Erdenindustrie sind sie wichtige Rohstoffe und stellen wegen ihrer großräumigen Verbreitung auch einen häufigen sowie wegen ihrer geotechnischen Eigenschaften meist auch einen bevorzugten Baugrund dar.

Doch diese sowohl für die Grundwassernutzung als auch Geotechnik eher günstigen Eigenschaften der Schmelzwasserschotter können sich innerhalb vergleichsweise kurzer geologischer Zeiträume – das Quartär umfasst eine Zeitspanne von nur 2,58 Millionen Jahren – stark verändern. Die jüngsten, im nördlichen Alpenvorland vorkommenden Schmelzwasserschotter stammen aus der vorerst letzten Kaltzeit, der Würmkaltzeit; sie sind selten älter als 20000 bis 25000 Jahre und können meist als „frisch“ und kaum verändert angesehen werden. Doch bei den Schmelzwasserschottern der älteren Kaltzeiten machen sich der Einfluss der Verwitterung und die damit einhergehenden Veränderungen deutlich bemerkbar, so dass sie mitunter völlig veränderte hydrogeologische und geotechnische Eigenschaften besitzen können.

Und obwohl die Verwitterung einen großen Einfluss auf die hydrogeologischen und geotechnischen Eigenschaften sowohl von Fest- als auch von Lockergesteinen hat, fehlt im Gegensatz zu den Festgesteinen bislang eine vergleichbare, zusammenfassende Beschreibung der Prozesse bei der Verwitterung von Lockergesteinen. Natürlich wurden in der Vergangenheit (z.B. SALGER 1954, FEZER 1969a, SCHEUENPFLUG 1974, SCHMID 2002, BAUER et al. 2005) schon öfters ausgewählte Verwitterungsprozesse untersucht und beschrieben sowie teilweise die Einflüsse auf die bodenmechanischen Eigenschaften betont, doch niemals in all-gemeingültiger Form zusammengeführt. Dies wäre aber z.B. für die baubegleitende, geologisch-geotechnische Dokumentation oder für klassische geologische Kartierungen eigentlich erforderlich. Darüber hinaus wurden Erkenntnisse aus der Erforschung der Lockergesteinsverwitterung bislang nicht in eine Klassifizierung analog zur Verwitterungsklassifizierung für Festgesteine (ISRM 1978, IAEG 1981, SPAUN & THURO 2000) umgesetzt. Folge dieses Mangels ist, dass Geologen, Geotechniker oder Geomorphologen bei der Gesteinsansprache die Verwitterung häufig gar nicht beschreiben oder sich meist mit rein subjektiven, für andere wenig oder gar nicht nachvollziehbaren Beschreibungen behelfen³⁶⁵. Manchmal werden zwar

³⁶⁴ RÖGNER & LÖSCHER (1993) ermitteln den Karbonatgehalt, wie es in der Quartärgeologie üblich ist, über schotterpetrographische Auszählungen der Grobkiesfraktion, nicht über Laboruntersuchungen, die das Gesamtgestein betrachten, wie z.B. mit dem Scheibler-Versuch nach DIN 18129, Röntgendiffraktometrie oder gravimetrisch über den Glühverlust.

³⁶⁵ Bisher wurde die Verwitterung hauptsächlich nur im Bereich der Pedologie (Bodenkunde) in ausreichendem Maße berücksichtigt und gewürdigt, da sie ein wichtiger Prozess der Bodenbildung ist. Hier finden sich auch zahlreiche Beobachtungen, Beschreibungen und Schlussfolgerungen zu Verwitterungsprozessen, die auch für die Klassifizierung der Verwitterung im geotechnischen Sinne heran-

die aus der Festgesteinsverwitterung bekannten Begriffe wie „frisch“, „angewittert“ oder „verwittert“ verwendet, doch jeder betrachtet dabei immer nur sein individuelles Arbeitsgebiet – immer nur im Vergleich des einen Gesteins oder Aufschlusses mit dem jeweils anderen. Werden aber Begriffe bzw. Beschreibungen wie „frischer“ oder „deutlich weniger verwittert“ verwendet, wird es für einen späteren Bearbeiter fast unmöglich, daraus die richtigen, geologischen und geotechnischen Schlussfolgerungen zu ziehen, falls er die Gesteine nicht (mehr) selbst ansehen und beurteilen kann. Gleiches gilt auch für die Quartärgeologie, bei der die Verwitterungsintensität häufig als stratigraphisches Indiz³⁶⁶, mitunter sogar als stratigraphischer Beweis herangezogen wird³⁶⁷.

Betrachtet man die verschiedenen Verwitterungsprozesse und -phänomene aber genauer, sollte so manche stratigraphische Einstufung, die vorwiegend mithilfe der Verwitterungsintensität begründet wurde, kritisch hinterfragt werden.

In unmittelbarem Zusammenhang mit der Verwitterung im engeren Sinne (i.e.S.) steht auch die Verfestigung der Schmelzwasserschotter zu Konglomerat, so dass die Verfestigung auch als Verwitterung im weiteren Sinne (i.w.S.) bzw. als deren unmittelbare Folge betrachtet werden kann. Ebenso wie der Grad der Verwitterung i.e.S. wird häufig auch die Intensität der Verfestigung zu Konglomerat als Indiz, teilweise auch als Beweis³⁶⁸ für eine stratigraphische Einstufung herangezogen, was ebenfalls kritisch zu betrachten ist. In diesem Zusammenhang weist SCHAEFER (1951 in GRAUL et al. 1951: 105) im Rahmen einer Exkursion besonders auf die extrem unterschiedlichen Verfestigungsgrade der würmzeitlichen Schmelzwasserschotter im Umfeld des Arbeitsgebietes hin: *„Von der Illerbrücke Unterau erblickten wir am nächsten nördlich gelegen Prallhang über tertiären Mergeln Nagelfluhpartien. Es sind verfestigte W-Schotter ..., die gut vor Augen führen, ein wie unsicheres Kriterium Art und Grad der Verfestigung sind. Etwas weiter talauf bieten einige Tobel (Kaldener-T., Högers-T. u. a.) mit ihren bis 12 und mehr Meter steilen Nagelfluhwänden richtige Wolfsschluchtszenarien – und alles in würmeiszeitlichen Schottern!“* Auch KLEIN (1940: 301) sowie FEZER (1969a) sehen die Verfestigung als stratigraphisches Kriterium kritisch: *„Die Intensität der Konglomerierung ist nur ein sehr schlechtes Maß für das Alter eines Sediments, sie richtet*

gezogen werden können. Auch in stratigraphischer Hinsicht kann die Bodenkunde, unter Berücksichtigung v.a. von Erosions- und Umlagerungsprozessen, eine große Bedeutung für die Quartärgeologie besitzen.

³⁶⁶ *„Nun wird man im allgemeinen gewiß aus dem Grade der Verwitterung oder Cementierung einer Ablagerung keinen Schluß auf ihr Alter machen dürfen, da beides in erster Linie von ihrer petrographischen Beschaffenheit und den äußeren Agentien abhängig ist, denen sie ausgesetzt ist. Wenn aber verschiedene Ablagerungen, so wie es mit unseren Schottern der Gegend von Memmingen der Fall ist, dieselbe petrographische Zusammensetzung besitzen, gleichen klimatischen Einflüssen ausgesetzt sind und ähnliche geologische Lagen besitzen, dann kann man die Intensität der Verwitterung und Verkittung als eine Funktion der Zeit ansehen, und unter dieser Voraussetzung erscheint uns die Reihe der Verschiedenheiten unserer vier Schotter als Ausdruck ihres verschiedenen Alters.“* (PENCK & BRÜCKNER 1909: 34) und *„Aus dem Verwitterungsgrad und der relativen Höhenlage kann in erster Näherung das Alter abgeleitet werden.“* (ZEPP 2008: 169)

³⁶⁷ z.B. FEZER (1969a: 67): *„Die Schotter müssen tief entkalkt sein; aber in 4 Kaltzeiten ist der größte Teil des Bodens abgeflossen. Nicht einmal als Mindestwert kann eine Entkalkungstiefe abgegeben werden. Umso wichtiger ist es, die Tiefenverwitterung zur Datierung heranzuziehen.“* oder *„Im allgemeinen werden Schotter aufgrund ihres Niveaus, Zusammensetzung oder Deckschichten gegliedert. Diese Indizien hängen aber nur mittelbar mit dem Alter zusammen, außerdem können sie zu verschiedenen Datierungen führen. Jedes weitere ist daher willkommen. Die Intensität der Verwitterung ist – gleiche Umstände vorausgesetzt – eine unmittelbare Funktion der Zeit. Sobald es gelingt, in der Paläopedologie zu quantitativen Aussagen zu kommen und Störeinflüsse durch Korrekturen auszuschalten, kann sie den anderen Methoden überlegen sein. ... Wenn oben eine Spur des braunen, entkalkten Bodens zu erkennen ist und der Schotter Dolomite enthalten hat, so läßt sich durch Auszählen das Alter bis zur Mindeleiszeit absolut angeben; wenn nur der Schotter da ist, immerhin eingrenzen. ... Liegt die Grenze (gemeint ist die Dolomitgrenze nach FEZER, Anmerkung des Verfassers) z.B. 7 m unter dem rezenten B-Horizont, so muß der Schotter aus der Mindeleiszeit stammen oder noch älter sein.“* (FEZER 1969a: 127f)

³⁶⁸ Beispielsweise KELLENBERGER (1924: 296): *„... den ich seiner festen Verkittung wegen der Günz-eiszeit zuweisen möchte.“* oder KNAUER (1938: 38).

sich mehr nach der Durchlüftung.“ (FEZER 1969a: 131); ebenso WEIDENBACH (1974: 332): „Je kräftiger eine Ablagerung verkittet ist, desto eher ist der Verdacht berechtigt, daß die Kiese einer älteren Eiszeit angehören. Ich möchte jedoch davor warnen, nach dem Grad der Verfestigung das Alter eines Schotterfeldes oder einer Moräne festzulegen, also damit Stratigraphie zu machen.“

Und obwohl diese Unsicherheiten und deutlichen Unterschiede auftreten, sollten der Grad der Verwitterung und die Intensität der Verfestigung aber in jedem Falle untersucht und dokumentiert werden, da sie, abgesehen von der geotechnischen Relevanz, trotz gewisser Einschränkungen neben der Höhenlage der Quartärbasis einen ersten und mitunter wertvollen Hinweis darauf geben können, in welchem stratigraphischen Niveau man sich befindet. Daraus kann man dann ein Konzept für weitergehende Untersuchungen und Überlegungen zu entwerfen. In den meisten Fällen werden bei den Geländearbeiten aber Höhenlage der Quartärbasis, Verwitterungs- sowie Verfestigungsgrad in Ermangelung „echter Beweise“ die einzigen Indizien für eine stratigraphische Einstufung bleiben müssen.

Im Folgenden soll nun gezeigt werden, welche quartär- und hydrogeologisch sowie geotechnisch relevanten Prozesse bei der Verwitterung von karbonatreichen Schmelzwasserschottern ablaufen und wie aus der Untersuchung der Verwitterungsprozesse eine Verwitterungsklassifizierung entwickelt werden kann.

2. Methodik

Genauso wenig wie für Festgesteine kann es für Lockergesteine eine allgemeingültige Verwitterungsklassifizierung geben, da die Bandbreite der Lockergesteine (reiner Ton bis hin zu Blockschutt) aus geologischer und geotechnischer Sicht einfach zu groß ist und ebenso die Verwitterungsprozesse zu unterschiedlich sind. Vielmehr muss man sich eine größere Lockergesteinsgruppe mit ausreichend geologisch-geotechnischer Bedeutung auswählen, die einflussreichsten und quartär- und hydrogeologisch sowie geotechnisch relevanten Verwitterungsprozesse untersuchen und beschreiben, sowie mit Hilfe davon eine Verwitterungsklassifizierung entwerfen. Für das bayerische Alpenvorland bieten sich hier die zahlreichen pleistozänen, karbonatreichen, grobkörnigen Schmelzwasserablagerungen an.

Bei der Untersuchung der Verwitterungsprozesse stellte sich heraus, dass es wichtig ist, die Verwitterungsprozesse von zwei Seiten aus zu betrachten: einerseits, wie die Prozesse das Lockergestein als Ganzes verändern, andererseits, wie ihr Einfluss auf die einzelnen Komponenten ist. Für die Umsetzung in eine Verwitterungsklassifizierung (LEMPE 2010, LEMPE et al. 2010, LEMPE & THURO 2011) erwies es sich als zielführend, die Prozesse nur dahingehend zu betrachten, wie sie die Einzelkomponenten betreffen. Für hydrogeologisch-geotechnische Bewertungen müssen aber die Prozesse auch hinsichtlich ihrer Beeinflussung des Lockergesteins als Ganzes betrachtet werden.

Die in den Schmelzwasserschottern erkennbaren Verwitterungsprozesse und -erscheinungen wurden exemplarisch im Großraum Memmingen im Rahmen der vorliegenden Dissertation näher untersucht, qualitativ beschrieben und soweit wie möglich quantifiziert. Die Ergebnisse stellen die Grundlage für einen ersten Entwurf einer Verwitterungsklassifizierung für pleistozäne, karbonatreiche Schmelzwasserschotter dar.

3. Geologischer Überblick

Quartäre (pleistozäne), karbonatreiche Schmelzwasserschotter, die tertiären (miozänen), bindigen bis sandigen Gesteinen der Oberen Süßwassermolasse auflagern, bilden im Arbeitsgebiet weite Schotterflächen am Talgrund und auf den Höhenzügen weite Schotterflächen, die sowohl am Talgrund, an höher liegenden Terrassen an den Talflanken als auch auf plateauartigen Höhenzügen zu finden sind. An den Hängen zwischen den einzelnen Schotterfluren dieser Verebnungsflächen treten vielfach Molassegesteine zu Tage. Dieser treppenartige Bau prägt das Landschaftsbild der Iller-Lech-Schotterplatten (HANTKE 1978: 285, JERZ 1993: 30). Hierbei gilt für das Unterallgäu die Faustregel: je höher die einzelnen Schotter eines Talquerschnittes liegen, desto älter sind sie (HANTKE 1978: 285). Die unterschiedlich hoch liegenden und unterschiedlich alten Schmelzwasserschotter des Arbeitsgebietes, die von Schmelzwässern als sog. Sanderflächen im Vorfeld des Iller-Vorlandgletschers geschüttet wurden, können vier verschiedenen alten Kaltzeiten (Donau, Mindel, Riss und Würm) zugeordnet werden. Der sich in jeder Kaltzeit in den Allgäuer Alpen aufbauende Illergletscher erreichte mehrfach den Alpenrand und breitete sich Richtung N ins Vorland aus. Verschiedene, hintereinander gestaffelte Endmoränenwälle bei Grönenbach ca. 11 km S' von Benningen markieren seinen Maximalstand während dreier Kaltzeiten (Mindel-, Riss- und Würm-kaltzeit).

E' von Benningen verläuft in etwa S-N-Richtung eine ausgeprägte Terrassenkante zwischen dem sog. Memminger Feld³⁶⁹ (würmzeitliche Schmelzwasserschotter), dem heutigen Talboden des Memminger Trockentales, im W und der ca. 30 m höher liegenden Hochfläche des sog. Hawanger Feldes³⁷⁰ (risszeitliche Schmelzwasserschotter) im E (siehe Abb. 31). Die Kiesgruben des Kieswerkes Kling liegen in der Hochfläche beidseitig der Straße Benningen-Hawangen an der westlichen Terrassenkante des Hawanger Feldes. Momentan läuft nur noch in der S' der Straße gelegenen Grube, die im Folgenden als „**Kiesgrube Benningen**“ bezeichnet wird, an ihrem Ostende der Kiesabbau. Die nördliche wird ebenso wie bereits Großteile der südlichen Grube als Deponie benutzt und ist in weiten Bereichen schon wieder verfüllt. Die dort verbliebenen Grubenwände sind großflächig verstrützt und teilweise schon wieder bewachsen, so dass sie nur noch punktuelle, wenig aussagekräftige Aufschlüsse liefern; ähnlich schlecht ist die Aufschlusssituation in den zahlreichen anderen, weiter im N und S gelegenen, ehemaligen Kiesgruben, in denen die risszeitlichen Schmelzwasserschotter des Hawanger Feldes abgebaut wurden.

In der aktiven Kiesgrube (siehe Abb. 32 und Abb. 35) lagern die Schmelzwasserschotter dem Molasseuntergrund mit einer Mächtigkeit von bis zu 18 m auf. Besonders die obersten Meter (< 2 m) der Schmelzwasserschotter sind sehr stark verwittert. Sie enthalten kein Karbonat mehr, sind stark verlehmt, verbraunt und versauert. Die Grenze zwischen den angewitterten bis mittelstark verwitterten und den überlagernden, stark bis sehr stark verwitterten Schmelzwasserschottern ist meist recht scharf (siehe Abb. 34). Sie ist aber nicht eben, sondern weist ein ausgeprägtes Relief auf: der stark bis sehr stark verwitterte Schmelzwasserschotter (im Folgenden stets als „**Schotterlehm**“ bezeichnet³⁷¹) greift taschen-, zapfen- bis schlotartig in die angewitterten bis mittelstark verwitterten Schmelzwasserschotter hinein. Diese schlotartige Tiefenverwitterung³⁷² in den Schmelzwasserschottern, die zusätzlich zur

³⁶⁹ Der Name „**Memminger Feld**“ wird hier stellvertretend und pauschalisierend für alle würmzeitlichen Schmelzwasserschotter im Memminger Trockental verwendet, da hier eine genauere Unterteilung, wie sie im I. Teil aufgeführt wurde, nicht notwendig ist.

³⁷⁰ Das Hawanger Feld erstreckt sich im Arbeitsgebiet großflächig zwischen dem tertiären Höhenrücken des Ungerhauser Waldes im E und dem Memminger Feld im W und trägt u.a. die namensgebende Gemeinde Hawangen.

³⁷¹ Diese „Schicht“ aus verwitterten, verbraunten und verlehmtten Schmelzwasserschottern wird vom Kiesgrubenbetreiber als „**Rotlage**“ bezeichnet. Der Begriff „**Schotterlehm**“ geht auf BRUNNACKER (1957: 57) zurück, der mit diesem neutralen Begriff den alten Begriff „**Blutlehm**“ ersetzte.

³⁷² Unter Tiefenverwitterung ist hier die punktuelle, meist durch Verbraunung und Verlehmung deutlich sichtbare Verwitterung gemeint, die an der Basis der Oberflächenverwitterung ansetzt, zapfen- bis schlotartig in die Tiefe geht und zur Bildung von Geologischen Orgeln führt. Unter Tiefenverwitterung

langsam in die Tiefe fortschreitenden Oberflächenverwitterung³⁷³ auftritt, gilt als Besonderheit und bringt große Abbau- und Qualitätsprobleme für die Kiesgewinnung mit sich. Gleichzeitig liefert sie aber für die Quartärgeologie ein interessantes Untersuchungsgebiet, wobei zugleich wichtige Erkenntnisse für die Geotechnik gewonnen werden können. Die zahllosen, tieferreichenden, schlotartigen Strukturen sind nur im oberen Bereich mit Schotterlehm gefüllt und setzen sich nach unten in Form von ebenfalls schlotartigen Sackungsstrukturen im deutlich „weniger verwitterten“ Schotter fort. Derartige Strukturen werden als „**Geologische Orgeln**“ bezeichnet und sind v.a. als Hohlformen aus älteren, konglomeratisierten Schmelzwasserschottern bekannt.

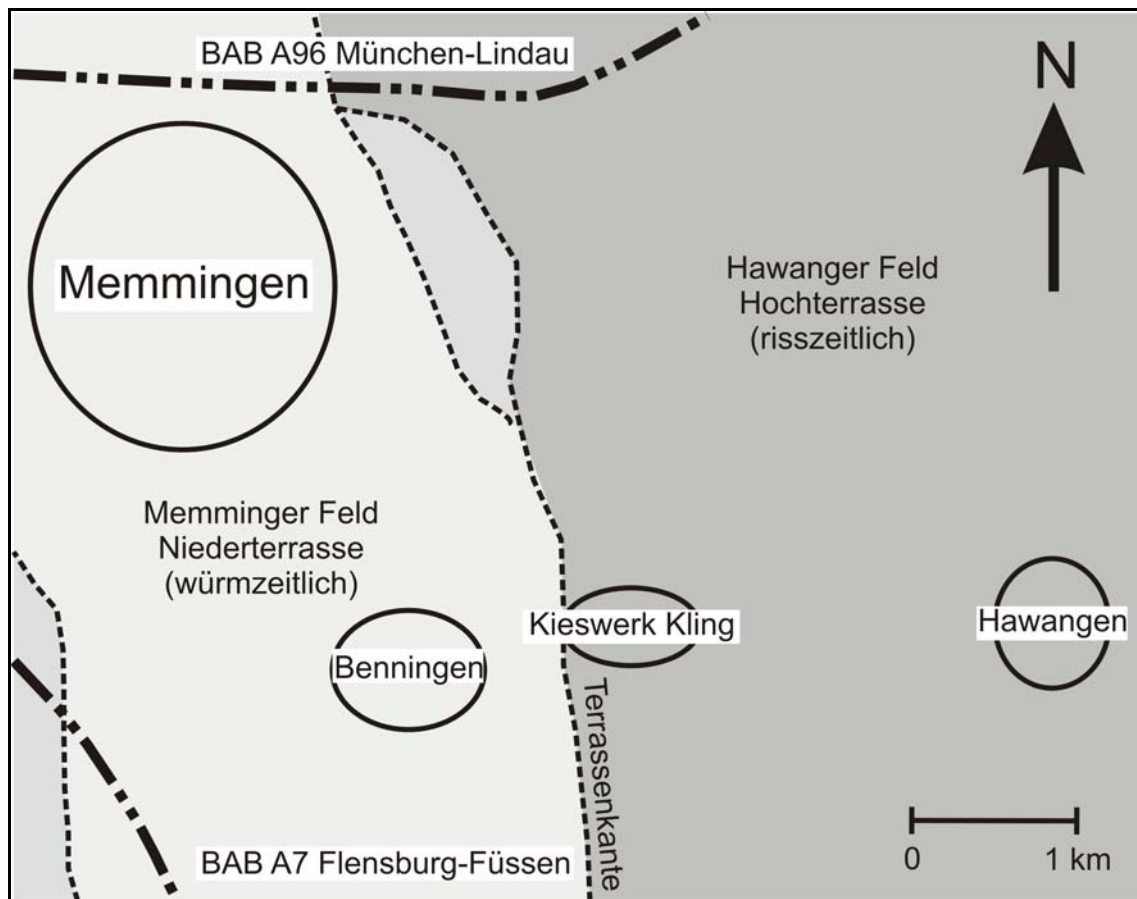


Abb. 31: Stark vereinfachte geographische Übersichtskarte der Umgebung von Memmingen mit der Lage des Kieswerkes Kling („Kiesgrube Benningen“) zwischen Benningen und Hawangen.

Nach dem Inaktivwerden der Sanderfläche erfasst die Verwitterung an seiner Oberfläche beginnend den Schotterkörper und ihre Front wandert flächenhaft langsam in die Tiefe. Gesteuert wird dieser Vorgang durch einsickernde Niederschlagswässer. Da es sich bei den Schmelzwasserschottern um einen heterogen aufgebauten Körper mit unterschiedlichen Wasserdurchlässigkeiten und Feinkorngehalten handelt, schreitet die Verwitterung recht un-

wird hier **nicht** die Definition nach FEZER (1969a: 13f) verstanden, der unter Tiefenverwitterung all jene Prozesse zusammenfasst, die unterhalb des verbrauchten Schotterlehmes (im pedologischen Sinne des B-Horizontes) im „frischen“ grauen Schmelzwasserschotter (im pedologischen Sinne der C-Horizont) ablaufen und einzelne Komponenten (z.B. Dolomite, Sandsteine und Gneise) angreifen, da diese Prozesse bzw. deren Spuren manchmal nicht ohne Spezialuntersuchungen im Felde oder Labor zu erkennen sind.

³⁷³ Unter der Basis der Oberflächenverwitterung wird hier der Übergang des „frischen“ grauen Schmelzwasserschotters (im pedologischen Sinne der C-Horizont, der allerdings bereits ebenfalls angewittert bis mittelstark verwittert sein kann) zum verbrauchten, verlehmteten und weitgehend karbonatfreien Schotterlehm (im pedologischen Sinne der B-Horizont) verstanden.

terschiedlich voran. Folglich besitzt die Verwitterungsfront³⁷⁴ bald ein ausgeprägtes Relief, wobei sich dessen Intensität mit der Zeit zu verstärken scheint. Schließlich reicht der verbrauchte Schotterlehm stellenweise taschen- oder zapfenartig in die angewitterten bis mittelstark verwitterten Schmelzwasserschotter hinein, was durch eine intensive Durchwurzelung noch verstärkt wird. Als Verwitterungsfront wird in der vorliegenden Arbeit der markante, meist recht scharf ausgebildete Farbwechsel vom Grau der Schmelzwasserschotter zum Rostbraun des Schotterlehmes bezeichnet. Dabei ist aber zu beachten, dass auch unterhalb dieses Farbwechsels, bis zur tiefsten Abbausohle, die Verwitterung vorauseilend einzelne Gerölle oder bestimmte Gerölltypen (hauptsächlich Dolomite, Gneise und Sandsteine) angreift, wie es auch FEZER (1969a: 22f) beobachtet hat. Allerdings markiert der Farbwechsel eine wichtige Grenze, nämlich zwischen dem vollständig bzw. weitgehend entkalkten, rostbraunen Schotterlehm im Hangenden und dem angewitterten bis mittelstark verwitterten, aber immer noch karbonatreichen, grauen Schmelzwasserschottern im Liegenden. Die Grenze der Entkalkung ist scharf und trennt in der Pedologie den B- vom C-Horizont (FEZER 1969a: 20).



Abb. 32: Kiesgrube Benningen, Photo des Verfassers vom 10.11.2010. Deutlich ist zuoberst ca. 1,5 m mächtiger Lösslehm (beiger Horizont) zu erkennen, darunter folgt eine ca. 2 m mächtige rotbraune Lage aus Schotterlehm, die zapfen- bis schlotförmig mehrere Meter in die zuunterst liegenden, grauen Schmelzwasserschotter des risszeitlichen Hawanger Feldes eingreift.

³⁷⁴ Gemeint ist hier die im Aufschluss aufgrund der Verbraunung, Verlehmung und weitgehenden Entkarbonatisierung deutlich erkennbare Grenze zwischen dem braunen Schotterlehm im Hangenden und dem „frischen“, grauen Schmelzwasserschotter im Liegenden. Diese Grenze entspricht in etwa der Karbonatlösungsfront nach FEZER (1969a: 20). „Man hat in der Bodenkunde selten eine so scharf scheinende, mit Auge, Finger und Säure gleich gut faßbare Grenze wie die Karbonatlösungsfront: Braun liegt über Blaugrau, Schotterlehm über sandigem Kies, kalkfreies über lebhaft mit Salzsäure brausendem Feinmaterial.“ (FEZER 1969a: 21)



Abb. 33: Kiesgrube Benningen, Photo des Verfassers vom 8.4.2010. Schotterlehm mit Sandlage, bei der es sich vermutlich um ein durch Solifluktsions- und Akkumulationsprozesse sekundär entstandene Struktur handelt, da gewöhnlicher Weise im Schotterlehm keinerlei primäre Sedimentstrukturen der Schmelzwasserschotter mehr erhalten sind.

Durch Bodenfließen, Kryoturbation und Umlagerungsprozesse infolge des Massen- und Volumenverlustes bei der Karbonatlösung sind nahezu alle primären Sedimentgefüge der Schmelzwasserschotter (Schichtung, Korngrößenwechsel, Imbrikation etc.) im Schotterlehm ausgelöscht. Vereinzelt dokumentierte Sandlinsen (siehe Abb. 33) im Schotterlehm sind vermutlich als Neubildungen bei Erosions- und Akkumulationsvorgängen zu deuten. Besonders diese Vorgänge stellen einen nicht zu kalkulierenden Faktor bei der Rekonstruktion der ehemaligen Oberfläche des unverwitterten Schmelzwasserkörpers dar.

Die Frage, ob und in wie weit es sich bei dem im Profil aufgenommenen Schotterlehm um autochthones, das heißt *in situ* aus den Schmelzwasserschottern hervorgegangenes, verwittertes Material, oder um allochthones, das heißt von benachbarten Bereichen umgelagertes Verwitterungsmaterial handelt, kann nicht geklärt werden³⁷⁵; ebenso die Frage, wieviel vom Schotterlehm durch Erosion schon abgetragen worden ist³⁷⁶. Mit Erosionsdiskordanzen und Schichtlücken ist auf alle Fälle zu rechnen, auch wenn sie bisher innerhalb des Schotterlehm noch nicht nachgewiesen werden konnten. Bereits BRUNNACKER (1953a: 115) beschrieb Schotterlehme, wie sie in der Kiesgrube Benningen aufgeschlossen sind, und betonte den stets zu berücksichtigenden Einfluss der Erosion und Solifluktion: „Außer seiner schokoladenbraunen bis braunroten Färbung weist der tonige Lehm des Schotterverwitterungshorizontes allgemein folgende Kennzeichen auf: Über dem frischen Schotter folgt der Verwitterungslehm mit mehr oder weniger ausgeprägten, in den frischen Schotter eingesenkten Verwitterungstaschen (spitztrichter- bis muldenförmig). Vor allem im unteren Teil ist der Lehm mit viel Restgeröll durchsetzt. Diese Restgerölle bestehen aus stark verwitterten Kristallingeröllen (wenn solche im frischen Schotter vorhanden waren), entkalkten Kalksteingeröllen (sie sind meist längs ehemaliger Klüftungsflächen in prismatische Körper zerfallen) und sehr

³⁷⁵ Die meisten, in Klüftkörper zerlegte Gerölle befinden sich noch im Verband und Geröllbruchstücke, wie sie typisch für Fließerden sind, sind sehr selten. Dies spricht eher dafür, dass es sich bei dem Schotterlehm in der Kiesgrube Benningen überwiegend wohl um *in situ* verwitterte Schmelzwasserschotter handelt.

³⁷⁶ BÜDEL (1944) beschäftigt sich intensiver mit der Frage nach dem flächenhaften Abtrag im Periglazialbereich.

mürben Sandsteingeröllen. Die Mächtigkeit dieses Schotterverwitterungshorizontes ist häufig sekundär verändert, insbesondere durch Erosion und bei vorwürmeiszeitlichen Bildungen auch durch Solifluktion.“

Auf alle Fälle wird der Schotterlehm nach oben hin von einer relativ ebenen Erosionsfläche³⁷⁷ begrenzt, auf der während der Würmkaltzeit äolische Deckschichten in Form von Löss oder Lösslehm abgelagert wurden. FEZER (1969a: 123) spricht in diesem Zusammenhang von einem „**geköpften Bodenprofil**“. Im Bereich des Kieswerkes tragen die Schmelzwasserschotter nahe der Terrassenkante etwa 4 m mächtige Deckschichten aus Lösslehm, die Richtung E auf etwa 2 m und weniger ausdünnen. Die ehemals scharfe Grenze zwischen dem Löss und dem Schotterlehm wurde durch Bodenfließen und Kryoturbation stark verwischt, so dass heute eher ein fließender Übergang als eine scharfe Grenze zu beobachten ist. Wie viele Akkumulations- und Erosionsphasen in Verbindung mit Bodenfließen und Kryoturbation in den nunmehr entkalkten Schotter- und Lösslehmen stecken, lässt sich nicht mehr nachvollziehen.

Im Beobachtungszeitraum (2008-2011) reichte der Kiesabbau bis ca. 2 m über die Grenze Quartär/Molasse, da er ansonsten auf den wasserstauenden Molassegesteinen auftretendes Schichtwasser antreffen würde. Im gesamten, aufgeschlossenen Schotterkörper konnten neben dem auffälligen Schotterlehm und den Geologischen Orgeln überall Anzeichen für Verwitterung (z.B. veraschte Dolomitgerölle, zermürbte Gerölle klastischer Sedimente und vergrusste Gneisgerölle) gefunden werden, so dass der gesamte Schmelzwasserschotter als angewittert bis mittelstark verwittert (siehe Tab. 58) zu betrachten ist.



Abb. 34: Kiesgrube Benningen in risszeitlichen Schmelzwasserschottern des Hawanger Feldes, Photo F. Grimm-eisen vom 13.11.2009. Relativ scharfe Grenze zwischen den grauen, angewitterten bis mittelstark verwitterten Schmelzwasserschottern und dem braunen Schotterlehm (stark bis sehr stark verwitterte Schmelzwasserschotter).

³⁷⁷ Der Schotterlehm in der Kiesgrube Benningen stellt den Rest eines B-Horizontes, einer Bodenbildung aus dem Riss-Würm-Interglazial, dar. Vor Ablagerung der würmzeitlichen Lösslehm wurde der ehemalige A-Horizont vollständig und vermutlich auch Teile des B-Horizontes erodiert, wobei Geli- und Solifluktionsprozesse sicher die Hauptrolle gespielt haben.

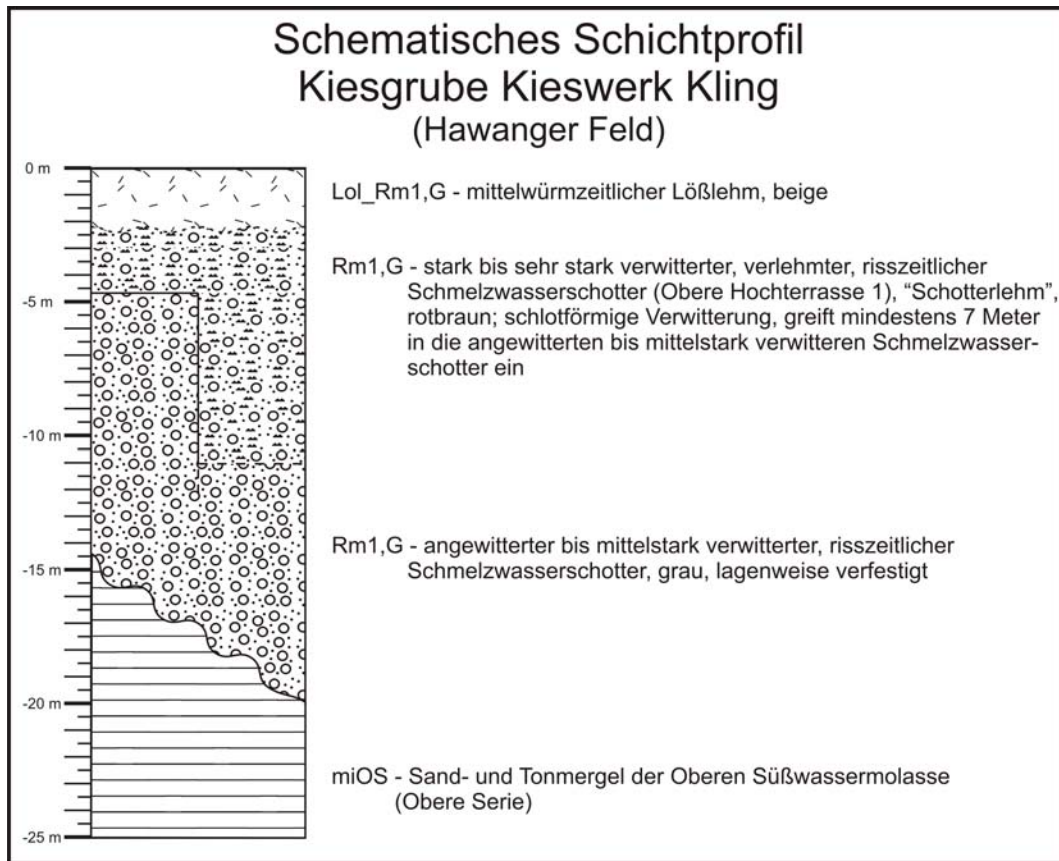


Abb. 35: Stark schematisiertes Schichtprofil der Kiesgrube Benningen (Kieswerk Kling) in risszeitlichen Schmelzwasserschottern des Hawanger Feldes.

Eine unregelmäßige Verfestigung zu Konglomerat³⁷⁸ ist in den unteren Lagen der Schmelzwasserschotter stellenweise feststellbar.

Die Schmelzwasserschotter des Hawanger Feldes sind älter (risszeitlich) als die des Memminger Feldes (würmzeitlich) und stärker verwittert als dieses, was hinsichtlich der geotechnischen Verwertbarkeit ein mindere Qualität bedeutet. Dies dürfte der Hauptgrund dafür sein, dass heutzutage bis auf die Kiesgrube des Kieswerkes Kling ausschließlich die würmzeitlichen Schmelzwasserschotter des Memminger Feldes abgebaut werden, obwohl es im Hawanger Feld keine Grundwasserprobleme für den Kiesabbau gäbe.

4. Geotechnische Betrachtung der Schmelzwasserschotter

4.1 Allgemeine, geotechnische Betrachtung der Schmelzwasserschotter

Betrachtet man die unterschiedlichen Aufschlüsse innerhalb eines stratigraphischen Niveaus detailliert und vergleicht die unterschiedlich alten Schmelzwasserschotter miteinander, dann erkennt man, dass es sich bei den auf den ersten Blick einheitlichen Schmelzwasserschottern im geotechnischen Sinne um eine heterogene Gesteinsgruppe, wie es in Tab. 54 dargestellt ist, handelt. Bedeutenden Einfluss haben hauptsächlich die stark wechselnden Fein- und Sandkornanteile. Feingeschichtete, reine Sandlagen (siehe Abb. 36) wechseln mit kiesigen Sandlagen (siehe Abb. 37), enggestuften Rollkieslagen (siehe Abb. 38) und weitgestuften Schotterlagen ab (siehe Abb. 39).

³⁷⁸ Auffallend ist, dass nicht nur die kiesigen Bereiche sondern auch feingeschichtete Sandlagen verfestigt sind und als regelrechte Sandsteinschollen freigegeben werden können.



Abb. 36: Kiesgrube Benningen, Photo des Verfassers vom 19.1.2010. Nahezu horizontal feingeschichtete, seitlich auskeilende Sandlage in den risszeitlichen Schmelzwasserschottern des Hawanger Feldes.



Abb. 37: Kiesgrube Benningen, Photo des Verfassers vom 26.11.2010. Fein- sowie schrägeschichtete, kiesige Sandlage in einer vertikalen Abbauwand in den risszeitlichen Schmelzwasserschottern des Hawanger Feldes.

Tab. 54: Schmelzwasserschotter – Zusammenstellung der möglichen und größtenteils im Arbeitsgebiet auch dokumentierten Bodenarten, Bodengruppen und Bodenklassen.

Schmelzwasserschotter		DIN 4022 (Bodenart, veraltet)	DIN EN ISO 14688-1 (Bodenart)	DIN 18196 (Bodengruppe)	DIN 18300 (Bodenklasse)
unverwittert	Feinkorn < 5 %	G, s'-s*	saGr	GE, GW, GI	3
		S, g'-g*	grSa	SE, SW, SI	3
	Feinkorn > 5 %	G, s'-s*, t bis G, s'-s*, u	clsaGr bis sisaGr	GU, GU*, GT, GT*	3 und 4 (ab 15 % Feinkorn)
		S, g'-g*, t bis S, g'-g*, u	clgrSa bis sigrSa	SU, SU*, ST, ST*	3 und 4 (ab 15 % Feinkorn)
		U, g'-g*, s'- s* bis T, g'-g*, s'- s*	sagrSi bis sagrCl	UL, UM, UA, TL, TM, TA	4
	Sandlagen	S	Sa	SE	3
	rollige Kieslagen	mG bis gG, z.T. gG bis X	MGr bis CGr, z.T. CGr bis Co	GE	3, 5 und 6 (ab 30 % Steine)
Steine > 5 %	G, s'-s*, x'- x* bis X, g'-g*, s'- s*	cosaGr bis sagrCo	GE, GW, GI, SE, SW, SI, GU, GU*, GT, GT*, SU, SU*, ST, ST*, UL, UM, UA, TL, TM, TA	3, 4, 5 und 6 (ab 30 % Steine)	
Blöcke > 5 %	G, s'-s*, y'- y* bis Y, g'-g*, s'- s*	bosaGr bis sagrBo bis sagrLBo	GE, GW, GI, SE, SW, SI, GU, GU*, GT, GT*, SU, SU*, ST, ST*, UL, UM, UA, TL, TM, TA	3, 4, 5, 6 (ab 30 % Steine) und 7 (ab Blöcken > 0,1 m³)	
verwittert (unverfestigt)	Feinkorn > 5 %	G, s'-s*, t bis G, s'-s*, u	clsaGr bis sisaGr	GU, GU*, GT, GT*	3 und 4 (ab 15 % Feinkorn)
		S, g'-g*, t bis S, g'-g*, u	clgrSa bis sigrSa	SU, SU*, ST, ST*	3 und 4 (ab 15 % Feinkorn)
	Feinkorn prägend	U, g'-g*, s'- s* bis T, g'-g*, s'- s*	sagrSi bis sagrCl	UL, UM, UA, TL, TM, TA	4
	Steine > 5 %	G, s'-s*, x'- x* bis X, g'-g*, s'- s*	cosaGr bis sagrCo	GE, GW, GI, SE, SW, SI, GU, GU*, GT, GT*, SU, SU*, ST, ST*, UL, UM, UA, TL, TM, TA	3, 4, 5 und 6 (ab 30 % Steine)
	Blöcke > 5 %	G, s'-s*, y'- y* bis Y, g'-g*, s'- s*	bosaGr bis sagrBo bis sagrLBo	GE, GW, GI, SE, SW, SI, GU, GU*, GT, GT*, SU, SU*, ST, ST*, UL, UM, UA, TL, TM, TA	3, 4, 5, 6 (ab 30 % Steine) und 7 (ab Blöcken > 0,1 m³)
verwittert (verfestigt)	-	Gst bis Sst	-	-	6 und 7



Abb. 38: Kiesgrube Benningen, Photo des Verfassers vom 19.1.2010. Matrixfreie, enggestufte, seitlich auskeilende Rollkieslage in den risszeitlichen Schmelzwasserschottern des Hawanger Feldes.



Abb. 39: Kiesgrube Benningen, Photo des Verfassers vom 19.1.2010. „Normaler“, weitgestufter, nahezu horizontal sowie schrägeschichteter Schmelzwasserschotter des risszeitlichen Hawanger Feldes mit Rollkieslagen.

Da, abgesehen von einzelnen Kiesgruben- und Konglomeratwänden, nur wenige Aufschlüsse in den Schmelzwasserschottern des Arbeitsgebietes existieren und diese dann eher einen kleinen, häufig nicht für den gesamten Schotterkörper repräsentativen Ausschnitt zeigen,

wäre eine Klassifizierung der Schmelzwasserschotter nach Tab. 54 im Gelände nur im jeweiligen Aufschluss aber nicht für den gesamten Schotterkörper möglich und auch nicht sinnvoll, da Kieslagen³⁷⁹ mit unterschiedlichen Kornverteilungen z.T. im Dezimeterabstand miteinander abwechseln. Ebenso liegt die horizontale Erstreckung der einzelnen Homogenbereiche i.d.R. im Meterbereich und kann nur in Ausnahmefällen über Zehnermeter verfolgt werden. Dementsprechend können einzelne, im Gelände genommene Proben und deren Bearbeitung im Labor immer nur einen kleinen Teilbereich charakterisieren und niemals den gesamten Schotterkörper erfassen und repräsentieren³⁸⁰. Daher stellen die Laborergebnisse, v.a. die Korngrößenverteilungen, immer nur einen Teilaspekt des möglichen Spektrums dar und müssen daher stets kritisch hinterfragt werden, inwieweit sie repräsentativ sind, gerade wenn man verschiedene Schmelzwasserschotter miteinander vergleichen und stratigraphische Überlegungen anstellen will. Ein Vergleich verschiedener Schmelzwasserschotter mitsamt stratigraphischer Einstufung, die hauptsächlich auf bodenmechanischen Laborergebnissen gründen, sind wenig sinnvoll und in jedem Fall mit Geländebefunden zu untermauern.

Um überhaupt für die unterschiedlichen, heterogen aufgebauten Schmelzwasserschotter im Arbeitsgebiet eine allgemeingültige Beschreibung zu geben, müssen alle Beobachtungen und Dokumentationen der vorhandenen Aufschlüsse im Gelände herangezogen und mit den Bohr- und Labordaten kombiniert werden. Ein repräsentatives Ergebnis für die Korngrößenverteilung der Schmelzwasserschotter kann selbstverständlich keine einzelne Körnungslinie sein, sondern muss in Form eines Körnungsbandes dargestellt werden, das den Schwankungsbereich in der Zusammensetzung widerspiegelt.

Fasst man sämtliche Aufschlüsse der jeweils einzelnen, unterschiedlich alten Schmelzwasserschotter zusammen, kommt man unweigerlich zu dem Schluss, dass alle im Arbeitsgebiet vorhandenen und aufgeschlossenen Schmelzwasserschotter im unverwitterten Zustand bezüglich Korngrößenverteilung, Sortierung, Kornform, Rundung sowie Sphärizität der Komponenten und Schichtungsgefügen keine oder nur geringe Unterschiede aufweisen³⁸¹; ebenso, wie oben bereits erwähnt, in der Petrographie. Ursprünglich müssen sämtliche Schmelzwasserschotter des Arbeitsgebietes, die im Detail betrachtet hochgradig anisotrop und sehr heterogen sein können, als Ganzes betrachtet, sehr ähnlich gewesen sein. Tab. 55 zeigt die für die jeweiligen, ganzheitlich betrachteten Schotterkörper generalisierte Angaben der Bodenart, Bodengruppe und Bodenklasse.

³⁷⁹ Kies wird hier nicht im Sinne der Korngröße nach DIN EN ISO 14688 verwendet sondern im Sinne von Schotter, einem Kies-Sandgemenge mit stark wechselnden Gehalten an Feinkorn, Steinen und Blöcken.

³⁸⁰ Mit dem Spaten und ein paar Eimern können in einer Kiesgrube keine, den gesamten Schotterkörper repräsentierende Proben genommen werden, auch wenn man an verschiedenen Stellen den Schotterkörper beproben würde. Um eine einigermaßen repräsentative Probe zu gewinnen, müsste man z.B. mit einem Radlader von einer großen Abbauwand gesamtflächig Material entnehmen, auf einen Haufen schütten, diesen Haufen so lange durchmischen, bis er homogenisiert ist und dann beproben, was in Einzelfällen in den Kieswerken sicher möglich wäre aber ansonsten nicht durchführbar ist. Hinzu kommt, dass in den Schmelzwasserschottern, z.B. in Benningen, zahlreiche Steine mit Durchmessern > 100 mm enthalten sind und man daher gewaltige Probenmengen (> 100 kg) bearbeiten müsste, wenn man nach DIN 18123 repräsentative Ergebnisse erzielen wollte, da sich die Mindestprobenmenge immer nach dem Größtkorn richtet. Darüber hinaus könnte eine Aufteilung eines Schmelzwasserschotters in hunderte Untereinheiten, falls dies möglich wäre, für sedimentologische Fragestellungen sicher interessant sein, besäße aber aus quartärgeologischer und stratigraphischer Sicht kaum Aussagekraft und wäre aus baugeologischer Sicht völlig praxisfern.

³⁸¹ Mit Terrassenbildungen, Aufschotterung und Erosion sowie Schotteranalysen inklusiv Schwermineraluntersuchungen und daraus ableitbaren Interpretationen haben sich u.a. SOERGEL (1921), SZÁDECZKY-KARDOSS (1933) ZEUNER (1933), ZINGG (1935), RICHTER (1952), TRICART (1952), WEYL (1952), WOLDSTEDT (1952), LOTZE (1953), LÜTTIG (1956), KÜRSTEN (1960), REICHEL (1961), KNOTH & KRIEBEL (1965), FEZER (1969b), STÄBLEIN (1970), HOFMANN et al. (1984) und BREMER (1991) beschäftigt.

Tab. 55: Schmelzwasserschotter – generalisierte Angaben der Bodenarten, Bodengruppen und Bodenklassen.

Schmelzwasserschotter	DIN 4022 (Bodenart, veraltet)	DIN EN ISO 14688-1 (Bodenart)	DIN 18196 (Bodengruppe)	DIN 18300 (Bodenklasse)
unverwittert	G, s-s*, x'-x	sacoGr	GW	3 und 5
stark bis sehr stark verwittert (unverfestigt)	U, g-g*, s-s* bis T, g-g*, s-s*	sagrSi bis sagrCl	TL, TM, TA, UL, UM, UA	4
verwittert (verfestigt)	Gst bis Sst	-	-	6 und 7

Allein durch den Grad der Verwitterung bzw. Verfestigung, durch die Höhenlage der Quarzärbasis, das Gefälle von Basis und Oberfläche der Schotterkörper sowie sehr bedingt mithilfe des Kristallingehaltes können die einzelnen, heutzutage im Arbeitsgebiet aufgeschlossenen Schmelzwasserschotter voneinander abgegrenzt und relativ stratigraphisch eingestuft werden. Eine Ausnahme hauptsächlich in schotterpetrographischer Hinsicht und aufgrund seiner nur eher punktuellen Verbreitung stellt der Ottobeurer Schotter (siehe I. Teil Kap. 3.1.1 und 5.3.1.1) dar, der allerdings während der Bearbeitung des Kartenblattes an keiner Stelle im Arbeitsgebiet aufgeschlossen war, in der Literatur aber ausführlich beschrieben ist.

4.2 Geotechnische Bemerkungen

Aus geotechnischer Sicht stellen die Schmelzwasserschotter im Arbeitsgebiet einen guten Baugrund für den Tief- und Grundbau und ein gutes Bodenmaterial für den Erdbau dar. Im Stollen- und Tunnelbau können v.a. die kohäsionslosen Rollkieslagen und die Sandlagen in Verbindung mit Wasser Schwierigkeiten verursachen und Sondermaßnahmen erforderlich machen.

4.2.1 Tief- und Grundbau

Ist die Konsolidierung nach der Ablagerung weitgehend abgeschlossen, sind die Schmelzwasserschotter bei statischen Lasten setzungs- und verformungsarm und auch für große Lasten tragfähig. Die natürliche Lagerungsdichte ist so ausreichend, dass ohne zusätzliche Verdichtungsarbeiten Gebäude über Einzel-, Streifen oder Plattenfundamente unmittelbar auf den Schotter bei entsprechender Mächtigkeit flachgegründet werden können. In der Regel müssen nur die obersten, durch den Erdbau aufgelockerten Zentimeter vor dem Betonieren der Sauberkeitsschicht nachverdichtet werden. Anders verhält es sich bei dynamischen Lasten, wie sie zum Beispiel über vibrierende Maschinen oder Verkehr in den Untergrund eingebracht werden. Dynamische Lasten können Materialumlagerungen in den Schmelzwasserschottern verursachen und dadurch die natürliche Lagerungsdichte erhöhen, was unmittelbar zu einer Volumenverringerng und damit zu Setzungen führt. (FLOSS 2006: 250f) Auf der Baustelle für das Terminal 2 am Flughafen München³⁸² wurde versuchsweise³⁸³ mit einem Tiefenrüttler der anstehende Schotter der spätwürmzeitlichen Altstadt-Stufe (BRUNNACKER 1959b, 1964d) nachverdichtet, wobei erhebliche Setzungen an der Oberfläche auftraten. Bei Rütteltiefen von 3 bis 4 m kam es zu Setzungen von ca. 0,2 m, was ca. 6 % der Rütteltiefe entspricht. Die anschließende Überprüfung der Lagerungsdichte mit der schweren Rammsonde³⁸⁴ nach DIN 4094-3 erbrachte eine Lagerungsdichte von ca. D_{Pr} 100 %. Dies bedeutet, dass der natürlich gelagerte Boden der Münchener Altstadt-Stufe eine Lagerungsdichte von ca. D_{Pr} 94 % besitzt, die mit Hilfe einer dynamischen Tiefenverdichtung um ca.

³⁸² Auf dieser Baustelle war der Verfasser von 12/2000 bis 03/2003 als Geologe u.a. im Rahmen der Bauüberwachung des Erd- und Grundbaus tätig.

³⁸³ Der Versuch wurde vom Verfasser begleitet und dokumentiert.

³⁸⁴ DPH, indirektes Prüfverfahren, zuvor mit einem direkten Prüfverfahren kalibriert

6 % erhöht werden kann. Da es sich hierbei allerdings um einen Einzelversuch handelt, kann er selbstverständlich nicht als statistisch überprüft und repräsentativ gelten, dennoch liefert er einen guten Eindruck von dem erheblichen Verdichtungs- und Setzungspotential der Schmelzwasserschotter unter dynamischem Lasteinfluss. Die Ursache hierfür liegt nicht nur in einer geringeren (verglichen mit dem Erdbau), natürlichen Lagerungsdichte auch nach der Konsolidierung sondern v.a. auch im geschichteten Aufbau der Schmelzwasserschotter, bei dem z.B. sandreiche sandarme Kieslagen überlagern können. Treten nun dynamische Lasten auf, beginnt der Sand aus der überlagernden Schicht³⁸⁵ in die Poren der unterlagernden Schicht³⁸⁶ zu wandern. Hierdurch kommt es zu kleineren Sackungen in den überlagernden Schichten (BAUER et al. 2005). Bricht das gesamte Korngerüst der überlagernden Schicht zusammen, können größere Setzungen auftreten. Dies ist v.a. dann der Fall, wenn es sich um ein matrixgestütztes Korngerüst handelt. Auch liegen die Kieskomponenten in korngestützten Schotterlagen meist nicht in der dichtesten Kugelpackung, so dass hier auch noch die Dichte erhöht und dadurch das Volumen verringert werden kann, was sich ebenfalls in Form von Setzungen äußert.

Die Schmelzwasserschotter besitzen hohe Wasserdurchlässigkeiten (BAUER et al. 2005) und sind dadurch gut injizierbar. Böschungen (Neigung bis 45° ohne statischen Nachweis) in den Schmelzwasserschottern sind wenig rutschungsanfällig aber durch fließendes Wasser leicht erodierbar. Geotechnisch stellen die Rollkieslagen mit ihrer hohen Durchlässigkeit und ihrer fehlenden Kohäsion (rollige Eigenschaften) ein Schlüsselproblem dar. Sie können viel Wasser führen und dieses rasch abgeben, können leicht durch fließendes Wasser erodiert werden und sorgen durch Ausrieseln für Instabilitäten in Böschungen (BAUER et al. 2005). Bei Baugrundinjektionen können sie einen erheblichen Mehrverbrauch an Injektionsgut und eine unregelmäßige Form des Injektionskörpers verursachen. Die Erfahrung zeigt, dass innerhalb von Rollkieslagen Injektionsmaterial horizontal viele Meter weit von der Injektionsbohrung weg fließen kann und somit Bereiche verfestigt werden, die unnötig oder sogar unerwünscht sind, was z.B. bei einem Baugrubenaushub neben dem Mehrverbrauch zu einem erhöhten Löseaufwand führen kann.

4.2.2 Erdbau

Im unverwitterten und unverfestigten Zustand können die Schmelzwasserschotter, sofern sie keine erheblichen Mengen an Steinen und Blöcken oder Feinkorn enthalten, leicht gelöst (Bodenklasse 3 nach DIN 18300), geladen, transportiert und, falls notwendig, auch deponiert werden. Beim Wiedereinbau, z.B. als Gebäudehinterfüllung oder im Dammbau, lassen sie sich aufgrund der gut abgestuften Korngrößenverteilung problemlos verdichten, sind nicht wasser- sowie frostempfindlich und besitzen ein geringes Wasseraufnahmevermögen und eine geringe Kapillarität. (FLOSS 2006)

4.2.3 Stollen- und Tunnelbau

Sofern ein Tunnel- oder Stollenvortrieb in den Schmelzwasserschottern nicht im Grundwasser liegt, kann dort nahezu problemlos ein Tunnel oder Stollen im konventionellen Kalotten- und Strossen-Sohl-Vortrieb im NÖT-Verfahren auch mit großen Querschnitten aufgefahren werden, wobei das Öffnen der Ortsbrust in Teilflächen mit einem Tunnelbagger und stützendem Brustkeil bei größeren Querschnitten üblich ist (MAIDL 1994: 113f). Meist ist nur eine Firstsicherung durch Spieße, Dielen, bei geringer Überlagerung oder Bebauung auch durch Rohrschirme erforderlich. Anwitterung und gute Konsolidierung wirken stabilisierend, ebenso Verfestigungen, die aber beim Lösen problematisch sein können. Rollige sowie sehr locker bis locker gelagerte Kieslagen stellen mit ihrer hohen Durchlässigkeit und v.a. ihrer fehlenden Kohäsion (rollige bis fließende Eigenschaften) ein Schlüsselproblem für den Stollen- und

³⁸⁵ die unter Umständen matrixgestützt sein kann

³⁸⁶ die korn- bzw. komponentengestützt ist

Tunnelbau dar. Sie können viel Wasser führen und dieses rasch abgeben, können leicht durch fließendes Wasser erodiert werden und sorgen durch Ausrieseln bzw. Ausfließen für Instabilitäten (Gefahr von Nachfall und Nachbrüchen) sowie Mehrausbruch in der Tunnelaibung. Als Gegenmaßnahme kommen i.d.R. Injektionsspieße und -rohrschirme zum Einsatz (PRINZ & STRAUSS 2006: 445ff).

Auf feinkornreichen Lagen und Feinsanden können sich oberhalb des Grundwasserspiegels schwebende Grundwasserkörper ausbilden, die ebenfalls ein Schlüsselproblem für den Tunnelbau darstellen. Unerwartete Wasserzutritte an der Ortsbrust oder in der Laibung können Bodenmaterial erodieren und Instabilitäten verursachen. Bei ausreichend Wasser und ungünstiger Korngrößenverteilung können Sande ins Fließen geraten und dadurch ebenfalls eine Gefahr (Fließeand!) für den Tunnelbau darstellen.

Innerhalb des Grundwassers kann ein Tunnel oder Stollen nur mittels TBM oder aufwändiger Sonderverfahren (z.B. Druckluftvortrieb oder Vereisung) in Schmelzwasserschottern aufgeföhren werden.

5. Die natürliche Veränderung der Schmelzwasserschotter

Ab dem Moment ihrer endgültigen Ablagerung sind die Schmelzwasserschotter verändernden Prozessen unterworfen. Dabei kann zwischen Prozessen unterschieden werden, die nur lithologische Parameter, wie z.B. Schichtung (Korngrößenverteilung einzelner Schichten) oder Lagerungsdichte verändern können, und solchen, die schotterpetrographische Parameter, wie z.B. chemische Zusammensetzung (besonders Karbonatgehalt) oder Korngrößenverteilung des gesamten Schotterkörpers beeinflussen.

Die Verwitterung und somit die Bodenbildung werden hauptsächlich vom Klima (Niederschlag und Temperatur), von Organismen (v.a. Pflanzen) und vom Relief stark beeinflusst. Gerade das Relief ist ein wichtiger, auf den ersten Blick aber häufig unterschätzter Faktor, worauf schon BLEICH (1983) ausdrücklich hinweist: „... als durch dieses die Intensität bestimmter bodenbildender Prozesse verändert wird, z.B. der Einfluß gestauten Wasser in ebenen Hochflächen, die Erosion am Oberhang und die Sedimentation am Hangfuß, der Absatz gelöster Stoffe in Mulden (Kalk, Eisen) u.a. Aus einem Gestein entstehen damit zu gleicher Zeit verschiedene Böden.“ (BLEICH 1983: 65)

5.1 Konsolidierung während und nach der Sedimentation: Suffosion, Erosion und Kolmatierung innerhalb der Schmelzwasserschotter

Setzungen: Schon während und nach der Sedimentation bzw. Ablagerung³⁸⁷ der Schmelzwasserschotter werden schon durch die Eigenlast des Schotterkörpers Setzungsprozesse induziert, bei denen die zunächst eher lockere Lagerung allmählich in eine dichtere Lagerung übergeht. Abhängig von der Mächtigkeit der Schmelzwasserschotter und dem Sedimentationszeitraum können großräumige Setzungen der Schotteroberfläche im cm- bis dm-Bereich auftreten.

Suffosion und Erosion: Hinzu kommen durch die Durchströmung von Grundwasser und durch einsickerndes Niederschlagswasser angetriebene Umlagerungsprozesse, wobei nach VOGEL (1999: 17f) **Suffosion**³⁸⁸ und **Erosion**³⁸⁹ unterschieden werden können, wovon v.a.

³⁸⁷ Sofern der Schmelzwasserkörper unter Permafrostbedingungen nicht vollständig durchföhrt (HABBE 1991: 8ff).

³⁸⁸ „Die Suffosion ist im wesentlichen dadurch gekennzeichnet, daß die feineren Fraktionen eines ungleichföhrmigen nichtbindigen Erdstoffes, die die Skelettfüllung bilden, durch die Strömungskraft des Wassers mobilisiert und im vorhandenen Porenraum des Skeletts umgelagert bzw. abtransportiert werden. Das tragende Erdstoffskelett wird dabei nicht unbedingt verändert.“ (VOGEL 1999: 17) Die

die feinkörnigeren Komponenten der Ton-, Schluff- und Sandfraktion betroffen sind. Diese bauen in den Schmelzwasserschottern die Matrix auf und werden von durchströmendem und einsickerndem Wasser an einer Stelle aus den Poren zwischen den Kieskörnern ausgeschwemmt und an anderer Stelle wieder abgelagert. Sand wird z.B. aus sandreichen Kieslagen oder reinen Sandlagen ausgewaschen und in hohle Zwickel von Rollkieslagen eingeschwemmt. Hierdurch kann es zu erheblichen, gesteinsinternen Materialumlagerungen, in einem Bereich zur Erhöhung der Dichte und in einem anderen Bereich zur Verringerung und damit verbunden zu punktuellen Sackungen evtl. sogar plötzlich auftretenden Erdfällen (bruchhafte Verformung) oder flächigen, langsamen und langanhaltenden Setzungen/Senkungen/Subsidenzen (bruchlose Verformung) an der Geländeoberfläche kommen (FISCHER & SPAUN 1962: 44)³⁹⁰. FEZER (1969a: 81f) beschreibt dolinenartige und wannenförmige Strukturen auf älteren Save-Terrassen und mehrere Strukturen aus dem nördlichen Alpenvorland. VOGEL (1999: VIII, 3, 16) bezeichnet die Setzungen und Sackungen/Erdfälle infolge der Materialumlagerungen als „**hydromechanische Bodendeformationen**“ und beschäftigt sich detailliert mit den daraus resultierenden, häufig schwerwiegenden Schäden an Bauwerken sowie mit Sanierungskonzepten (VOGEL 1999). Neben verkarstungsfähigen Gesteinen betont er auch die Anfälligkeit gerade von jungen, fluviatilen, meist geschichteten Lockergesteinen für die Suffosions- und Erosionsprozesse (VOGEL 1999: VIII, 3, 20). Sobald bestimmte korn- bzw. porengeometrische als auch hydraulische Verhältnisse vorliegen, können aufgrund von Sickerwasserbewegungen und Grundwasserströmungen bzw. Schwankungen des Grundwasserspiegels hydromechanische Prozesse ausgelöst werden, die zu Materialumlagerungen führen (VOGEL 1999: 3, 21f). Ursprünglich dürften in den glazifluvialen Schmelzwasserschottern des Arbeitsgebietes die Voraussetzungen für hydromechanische Bodendeformationen gegeben gewesen sein, mittlerweile sind diese aber wohl überwiegend zur Ruhe gekommen. Mit zunehmenden Alter der Schotter klingen die Umlagerungs- und Bewegungsprozesse allmählich ab und ein Gleichgewicht stellt sich ein, das aber durch geologische (z.B. Einschneiden eines Flusses), hydrogeologische (z.B. Veränderung des Grundwasserstandes) oder anthropogene (z.B. Grundwasserentnahme oder Wassereintrag) Einflüsse gestört werden kann, wodurch die Prozesse wieder in Gang gesetzt werden können (VOGEL 1999: 20). *„Entscheidend für das Auslösen der Schadensprozesse sind dabei letztendlich immer die aus der Bewegung des Wassers resultierenden (Strömungs-) Kräfte, die auf das Korngerüst des Erdstoffes übertragen werden. Da bei rolligen Lockergesteinen zwischen den einzelnen Bodenteilchen keine Bindungskräfte wirksam sind, die den angreifenden Strömungskräften entgegenwirken, können einzelne Bodenteilchen aus dem Kornverband herausgelöst und verlagert werden. Eine suffosionsbedingte Materialverlagerung kann dann in die Hohlräume des kavernen Auflagers erfolgen. Halten diese Vorgänge über längere Zeiträume an, so geht die Suffosion schließlich in Erosion über, wodurch sich das Massendefizit eventuell bis an die Geländeoberfläche durch Senkungserscheinungen bemerkbar macht.“* (VOGEL 1999: 21)

Aber es kommt nicht nur zur Verringerung der Bodendichte sondern – damit verknüpft – normalerweise auch zu einer Erhöhung von Porosität und Durchlässigkeit; andererseits sinken Porosität und Durchlässigkeit auch mit Erhöhung der Dichte (VOGEL 1999: 17).

Suffosion kann nach VOGEL (1999: 17f) in die „**innere Suffosion**“, die „**äußere Suffosion**“ und in die „**Kontaktsuffosion**“ untergliedert werden.

³⁸⁹ „Unter Erosion versteht man im Gegensatz zur Suffosion die Umlagerung und den Transport aller Fraktionen eines Erdstoffes bzw. eines Erdstoffes zur Gänze.“ (VOGEL 1999: 18) Ähnlich wie die Suffosion kann die Erosion nach VOGEL (1999: 18f) in die „**innere Erosion**“, die „**äußere Erosion**“, in die „**Fugenerosion**“ und in die „**Kontakterosion**“ untergliedert werden.

³⁹⁰ „Die dabei auftretenden hohlraumreichen Schotterlinsen begünstigen im Zusammenwirken mit wenig verfestigten Sandlinsen ein Einschwemmen der Sande in die Hohlräume zwischen den Schotterkörnern. Diese Einschwemmungen geben aber nach oben Raum für Nachsackungen, die ähnlich wie Laufmaschen eines Strumpfes dann bis an die Oberfläche gelangen ...“ (FISCHER & SPAUN 1962: 44)

Kolmatierung: Die mitunter bei der Suffosion auftretende, konzentrierte Ablagerung von Feinkorn in Poren über sogenannten Filterlagen (v.a. Fein- bis Mittelsandlagen) hat aus hydrogeologischer Sicht stellenweise bedeutende Auswirkungen: während in den ausgeschwemmten Bereichen die Durchlässigkeit steigt, kann es über den Filterlagen zu einer Kolmatierung kommen (siehe Abb. 40).

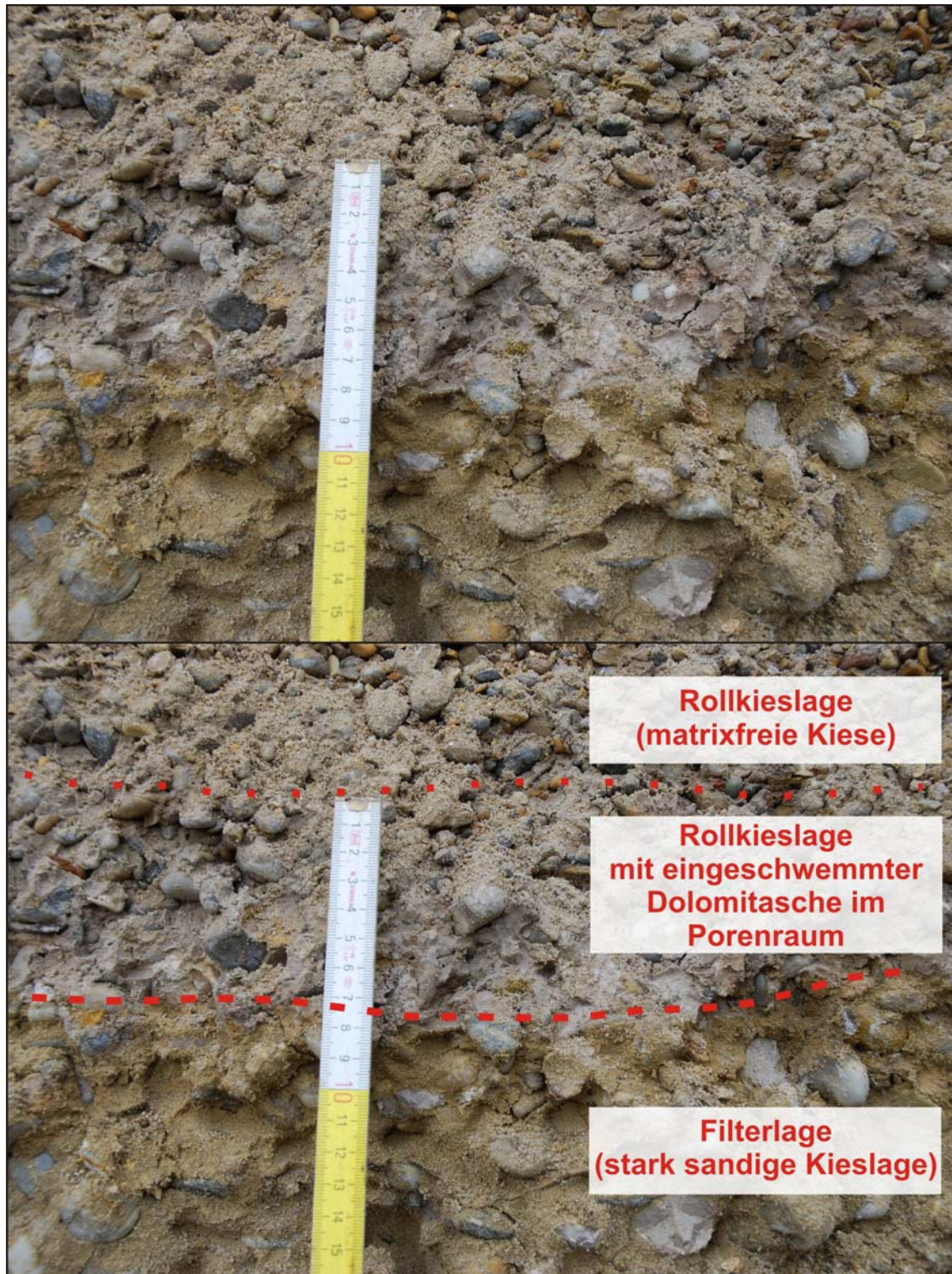


Abb. 40: Kiesgrube Inneberg auf Blatt Nr. 7827 Babenhausen, Photo des Verfassers vom 15.10.2009. Kolmatierung einer Rollkieslage über einer als Filterlage fungierenden stark sandigen Kieslage. Der ansonsten große nutzbare Porenraum dieser Rollkieslage wurde fast vollständig mit Schluff aufgefüllt, mit „Dolomitasche“, die von einsickerndem Niederschlagswasser aus den überlagernden Schotter-schichten als Verwitterungsprodukte ausgewaschen, umgelagert und durch die stark sandige Kieslage wieder aus dem Wasser „gefiltert“ wurde.

Viele Schmelzwasserschotter, v.a. die älteren, tragen bindige Deckschichten aus Löss oder Lösslehm, aus denen einsickernde Niederschlagswässer ebenfalls Feinkorn ausspülen und in die unterlagernden Schotter einschwemmen können. Dies erhöht den Feinkornanteil im Schotterkörper, was wiederum die Kolmatierung unterstützt und verstärkt. Aufgrund des eher kleinräumigen, heterogenen Baues der Schmelzwasserschotter laufen die Suffosionsprozesse nicht über allzu große Entfernungen sondern eher im Meterbereich ab.

Konsolidierung: Syn- und postsedimentäre Setzungen des Schotterkörpers und Suffosion sowie Kolmatierung kann man unter dem Begriff „**Konsolidierung**“ zusammenfassen. In der Geotechnik, besonders im Erdbau, würde man von „Liegezeiteinfluss“³⁹¹ sprechen. Konsolidierung bzw. der Liegezeiteinfluss kommt hauptsächlich bei großen Erdbauwerken, wie z.B. bei hohen Eisenbahn- oder Autobahndämmen, in einem relevanten Maße zum Tragen und ist bei der Planung einzukalkulieren, da es bei allen Erdbauwerken, trotz ausreichender Verdichtungsarbeiten, zu Setzungen kommt. Die natürliche Erhöhung der Lagerungsdichte eines Erdbauwerkes im Laufe der Zeit konnte auf der Baustelle für das Terminal 2 am Flughafen München versuchsweise durch Rammsondierungen, die vom Verfasser begleitet und dokumentiert wurden, nachgewiesen werden: Eine Rammsondierung wurde unmittelbar nach den Schütt- und Verdichtungsarbeiten sowie eine weitere an gleicher Stelle ein paar Tage später durchgeführt, wobei ein Anstieg der Proctordichte um ca. 1 bis 2 % festzustellen war.

Wenn man davon ausgeht, dass durch Schmelzwässer natürlich geschüttete Schotterkörper primär eine deutlich geringere Lagerungsdichte besitzen als im Erdbau geschüttete und verdichtete Bauwerke, dann besitzen diese ein erheblich höheres Potential für die Erhöhung der Lagerungsdichte und damit für Sackungen und Setzungen.

Bei der Konsolidierung ist der Schotterkörper als Ganzes betrachtet keiner Änderung seiner Kornverteilung unterworfen, wenn nicht Feinkorn aus überlagernden, feinkornreichen Deckschichten eingeschwemmt wird. Anders verhält es sich dagegen mit den Verwitterungsprozessen, bei denen sich der Schmelzwasserschotter lithologisch, petrographisch und geotechnisch erheblich verändert, was nun im Folgenden betrachtet werden soll.

5.2 Die Verwitterung von karbonatreichen Schmelzwasserschottern

Nach ihrer Ablagerung unterliegen die Schmelzwasserschotter nicht nur der Konsolidierung sondern auch der Verwitterung. Bei der Verwitterung im Allgemeinen kann eine physikalische und eine chemische bzw. chemisch-biogene unterschieden werden (KUNTZE et al. 1994: 226ff, BLUME et al. 2010: 37ff), wobei die physikalische Verwitterung (**Kataklase**) hauptsächlich beim Transport (mechanische Beanspruchung) und unter kaltzeitlichen Klimabedingungen (**Kryoklastik:** Temperatur- und Eissprengung³⁹², möglicherweise aufgrund der vermuteten sehr großen Trockenheit auch Salzsprengung³⁹³) bei geringer Vegetationsbedeckung abläuft und einen „*Wegbereiter*“ für die chemische Verwitterung darstellt (BLUME et al. 2010: 39, 283). Die chemische Verwitterung läuft zwar ebenfalls unter kaltzeitlichen Klimabedingungen ab (BRUNNACKER 1953a: 127)³⁹⁴, wird aber erst bei höheren Bodentemperaturen und unter weiter entwickelter Vegetationsbedeckung zum dominierenden Prozess. Aber nicht nur die chemische Verwitterung sondern sogar die Moorbildung sind nicht nur auf die Interglaziale und das Holozän beschränkt, sondern laufen auch unter glazialen Bedingungen

³⁹¹ z.B. **Eigensetzungen** und **Eigenverformungen** von Dammschüttungen, siehe FLOSS (2006: 254ff).

³⁹² BRUNNACKER (1953a: 125, 127) bezeichnet die durch zahlreiche, zerbrochene Gerölle gekennzeichnete oberste Schotterlage als „*vorwiegend durch mechanische Verwitterung*“ entstandene „*Schotterersatzzone*“.

³⁹³ Ein rezentes Beispiel für erhöhte Salzgehalte im Gletschervorland von Westgrönland führt SCHOLZ (1991: 120) an: „*Heftige Fallwinde trocknen das Land so stark aus, daß die periglaziären Seen vielfach keinen Abfluß besitzen und manchmal deutlich erhöhte Salzgehalte aufweisen.*“

³⁹⁴ „... dann bestand bei Memmingen in der Kühlfeuchtzeit eine Sedimentationspause, in der aber kein Blutlehm erzeugt wurde, sondern lediglich die Frostverwitterung und untergeordnet Kalklösung wirksam war.“ (BRUNNACKER 1953a: 127)

ab. BLEICH (1983: 73ff) gibt für heutige Bodenbildungen unter arktischen Bedingungen an, dass Vermoorung schon bei einem Jahresmittel von -25°C und weniger als 65 mm Niederschlag stattfinden kann und dass es somit im Pleistozän außerhalb der vergletscherten Bereiche nie zu ungünstig für Moorbildungen war. „Bei -10°C und 200 mm/Jahr ist bereits Kalkumlagerung und auf Kieskuppen Braunerdebildung nachweisbar.“ (TEDROW 1977 zit. in BLEICH 1983: 73) „Die ersten Parabraunerden erscheinen offenbar im subarktischen Bereich (um 0°C , 500 mm/Jahr) ...“ (TEDROW 1977 zit. in BLEICH 1983: 73).

Nach BLEICH (1983: 66ff) sind die Hauptprozesse bei der Verwitterung die Entkalkung, Verbraunung und Verlehmung, bei denen es sich um ineinander greifende Vorgänge handelt, die bei stärkeren Niederschlägen und höheren Temperaturen beschleunigt ablaufen und auch mit fortschreitender Vegetationsentwicklung zunehmen. Unabhängig davon, ob es sich um Schmelzwasserschotter oder um Löss handelt, beginnen nach der Ablagerung die Verwitterung und die Besiedelung mit Pionierpflanzen. Im Laufe der Zeit bildet sich unter Grasheiden Humus, unter Buschbeständen findet verstärkt Verbraunung statt, und eine länger anhaltende Verwitterung sowie Bewaldung führt zu einer tiefreichenden Verlehmung (BLEICH 1983: 66 Abb. 27, 67 Abb. 28). Die Vernässung des Bodens und dadurch auch die Verwitterungsprozesse werden durch die Tonverlagerung gefördert und verstärken sich mit zunehmendem Alter der Landoberfläche (BLEICH 1983: 70).

5.2.1 Prozesse der chemisch-biogenen Verwitterung

Da es sich bei den pleistozänen Schmelzwasserschottern im bayerischen Alpenvorland überwiegend um sehr karbonatreiche Schmelzwasserschotter handelt, spielen die **Verkarstung**³⁹⁵ und die damit einhergehende Verbraunung, Versauerung und Verlehmung sowie der Zersatz von Dolomitgeröllen (**Veraschung**) eine besondere Rolle. Die **Zermürbung** (v.a. der Sandsteingerölle) und **Vergrusung** (v.a. der Gneisgerölle) treten dementsprechend nur untergeordnet auf. Im Laufe der Verwitterung reichern sich verwitterungsresistentere Komponenten an, die i.d.R. kieselig und verschleißrelevant sind.

Betrachtet man z.B. ein Geröll aus Kieselkalk, beginnt normalerweise die Verwitterung an der Gerölloberfläche und schreitet von dort aus allmählich – an Klüften vorausgehend – zum Zentrum des Gerölls voran, bis letztendlich das gesamte Geröll erfasst ist. Aufgrund dieses Prozesses findet man alle Zwischenstadien: angewittert mit einem unverwitterten Kern (siehe Abb. 41) und mehr oder weniger dicken Verwitterungsrinden bis vollständig durchverwittert. Durch die Verwitterung ändern sich die felsmechanischen Eigenschaften der Gerölle. In vielen Fällen geht ein Festgestein, als solches das Geröll einzeln betrachtet gilt, in ein Lockergestein über.

Die wichtigsten Verwitterungsprozesse, die zunächst nur das Einzelkorn aber übergeordnet auch das Korngemenge betreffen, sind im Folgenden aufgeführt. Im Kap. 8 werden diese Prozesse erneut aufgegriffen und unter dem Gesichtspunkt beleuchtet, ob sie als Kriterien für eine Verwitterungsklassifizierung herangezogen werden können.

³⁹⁵ Unter **Verkarstung** wird hier der Prozess der Entkalkung ohne Bildung von stabilen, unterirdischen Hohlräumen verstanden, bei dem Karbonat chemisch gelöst und in Ionenform über Sicker- und Grundwasser abgeführt wird.



Abb. 41: Anschnitt eines Kieselkalkgerölls mit kalkhaltigem Kern (grau), der von einer aus einem entkalkten Kieselgeröll bestehenden Rinde (braun) umgeben wird. Sowohl makro- als auch mikroskopisch (siehe Abb. 42 und Abb. 44) stellt die Kalklösungsfront eine scharfe Grenze dar. Das Geröll stammt aus der Kiesgrube Benningen; Photo des Verfassers.

5.2.1.1 Verkarstung

Von Verkarstung betroffen sind alle karbonathaltigen Komponenten der Schotter: Kalk- (Kalke, Kalkmergel, Mergel, Mergeltone etc.) sowie Dolomitgerölle (Dolomite, Dolomitkalke, Dolomitmergel etc.), calcitisch gebundene Ton-, Schluff- und Sandsteine, Brekzien und Konglomerate sowie deren karbonatische Komponenten, die karbonatischen Komponenten und Matrix in silikatisch gebundenen, klastischen Sedimenten, Kieselkalke und -dolomite sowie karbonathaltige Kristallingerölle (z.B. Karbonatschiefer). Kohlen- und huminsaurer Wässer greifen das Karbonat (hauptsächlich Calcit und Dolomit, untergeordnet Siderit u.a.) an, lösen es und transportieren es ab. Das gelöste Karbonat kann an anderer Stelle wieder als Zemente, Sinterkrusten oder Kalktuffe ausgefällt werden.

Kalkgerölle: Da die Kalkgerölle fast nie aus 100 % Calcit bestehen, bleiben die unlöslichen Bestandteile (überwiegend Tonminerale und biogener sowie detritischer Quarz) zurück und es kommt zu einer Verlehmung des Bodens. Die verlehnten Bereiche können aufgrund des erhöhten Feinporenanteils mehr und länger Wasser speichern, haben eine höhere Standfestigkeit, sind weniger erosionsanfällig aber wasser- und frostempfindlicher. Das Lösen von Karbonatgeröllen bewirkt eine deutliche Verschiebung der Korngrößenverteilung in Richtung Feinkorn: Kies- und gröbere Sandkomponenten verschwinden und lassen feineren Sand und Schluff zurück. Hierdurch ändern sich die geotechnischen Eigenschaften (Durchlässigkeit, Wasser- und Frostempfindlichkeit etc.) und die Wiederverwertbarkeit (Erdbau-, Zuschlagstoff etc.), wie in Tab. 56 dargestellt. Da die unlöslichen Bestandteile i.d.R. kein stabiles Gerüst aufbauen, bleibt von einem Kalkgeröll zunächst – idealisiert betrachtet – ein Hohlraum mit einer Lehmschicht auf der Sohle zurück, der dann aufgrund des Überlagerungsdruckes kollabiert; ein Großteil des Lehms kann auch schon während der Verwitterung des Gerölls durch Wässer umgelagert werden. In der Realität wird es schon während des sukzessiven

Lösens ein Nachfallen und Nachsacken des überlagernden Materials geben, das zunächst aufgelockert aber im Laufe der Zeit wieder konsolidiert wird. Langfristig betrachtet, hat somit der Volumenverlust durch das Lösen von Karbonat Sackungen und Setzungen zur Folge.

Dolomitgerölle: Dolomit ist wie Calcit durch saure Wässer prinzipiell löslich, aber deutlich schwerer als dieser, was dazu führt, dass sich im Zuge der Verwitterung die Dolomitgerölle zunächst relativ anreichern bis sie letztendlich auch vollständig aufgelöst werden. Darüber hinaus zeigen die Dolomitgerölle im Gegensatz zu den Kalkgeröllen das Phänomen der „Veraschung“, das weiter unten genauer betrachtet wird (siehe Kap. 5.2.1.3).

Kieselkalke und kieselige Dolomite: Bei Kieselkalcken und kieseligen Dolomiten handelt es sich um sekundär verkieselte Kalke und Dolomite oder um Gesteine, die primär Kieselsäure in Form von pflanzlichen und tierischen Hartteilen (z.B. kieselige Schwammnadeln) oder detritischem Quarz (z.B. eingewehte oder eingeschwemmt Quarzkörner) enthalten. Im Zuge der Verwitterung wird das Karbonat herausgelöst. Bildet nach dem Herauslösen des Karbonates das kieselige Material ein stabiles Gerüst, bleibt ein zwar poröses³⁹⁶ aber volumenbeständiges Geröll zurück (siehe Abb. 42).

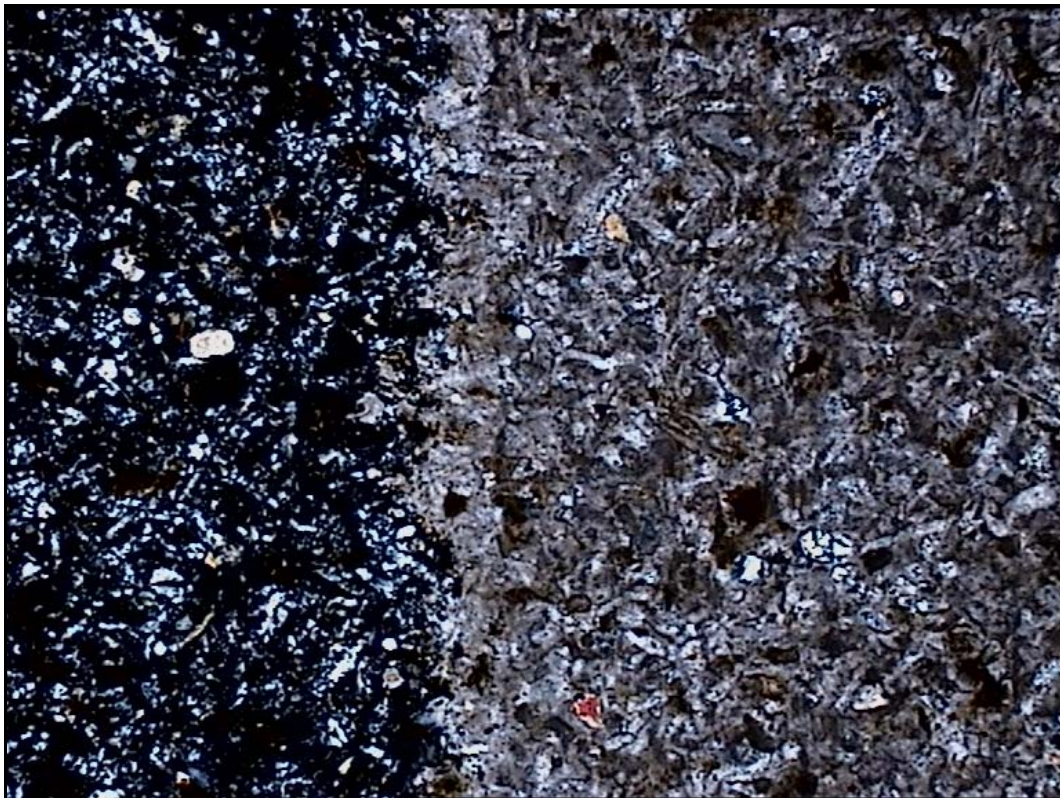


Abb. 42: Dünnschliffaufnahme eines Flyschgerölls aus Kieselkalk (5-fache Vergrößerung, Durchlicht, gekreuzte Polarisatoren, Bildbreite 2,5 mm; Photo Dr. G. Grundmann, TU München, 2009). Das Geröll stammt aus der Kiesgrube Benningen, aus risszeitlichen Schmelzwasserschottern des Hawanger Feldes. Die Kalklösungs-/Verwitterungsfront durchzieht als scharfe Grenze etwa mittig das Bild von oben nach unten. Im rechten Teil ist das Karbonat (graue Matrix) noch nahezu vollständig vorhanden, im linken Bereich bereits weitgehend weggelöst, und das kieselige Material baut ein noch stabiles Gerüst auf. Anstelle des karbonatischen Bindemittels liegen nun Hohlräume (Poren) vor, die im Dünnschliff schwarz erscheinen.

Dieses Phänomen ist typisch für viele Kieselkalke aus dem Flysch, tritt aber auch bei anderen Kalken mit kieseligen Anteilen auf (siehe Abb. 44). Bilden die kieseligen Bestandteile

³⁹⁶ Die Dichte ist teilweise so gering, dass die Gerölle „bimssteinartig“ leicht wirken. Da aber die Poren miteinander verbunden sind, saugt sich beim „Schwimmversuch“ das Geröll rasch mit Wasser voll und geht unter. Im Labor wurden nach der DIN 18125 Dichten mit einem Minimum von 1,31 g/cm³ ermittelt (RIESBERG 2009).

kein stabiles Gerüst, zerfällt das Geröll in seine verwitterungsresistenten Bestandteile mit ihrer entsprechenden Abrasivität (siehe Kap. 5.3).

Die kieseligen Flyschkalke reagieren bei tektonischer Beanspruchung spröde und zerbrechen zu einem kleinstückigen, scharfkantigen Schutt. Im Gesteinsverband im Anstehenden sind die meisten Klüfte mit Eisen- und Mangan-Oxiden und -Hydroxiden³⁹⁷ sowie Calcit gefüllt, so dass der Flyschkalk bei der Erosion in größere Kluffkörper zerlegt als Geröll transportiert werden kann. Auf der Oberfläche des Gerölls sind die verheilten Klüfte als schwarzbraune Linien zu erkennen, die an ein schiefes Gitter aus Bleistiftstrichen erinnern³⁹⁸. Nach der Ablagerung in den Schmelzwasserschottern wittern die Kluffüllungen heraus und es bleiben die einzelnen, nun losen Gesteinssplitter³⁹⁹ zunächst im Verband. Erst bei mechanischer Beanspruchung, z.B. bei Erdbewegungen im Rahmen von Baumaßnahmen oder unter Einfluss von Frost (Kryoklastik⁴⁰⁰), geht der Verband verloren und das Geröll zerfällt in einen kleinstückigen, scharfkantigen Schutt aus kieseligem Material (siehe Abb. 43).



Abb. 43: Kiesgrube Benningen in risszeitlichen Schmelzwasserschottern des Hawanger Feldes, Photo des Verfassers vom 7.9.2009. Zersplitterung eines Gerölls aus kieseligem Flyschkalk entlang von Klüften im Zuge der Verwitterung.

Dass es sich aber bei den äußerlich gelblich bis gelbbraun anwitternden, mehr oder weniger porösen, häufig zu eckig-splittrigem Schutt zerfallenden Geröllen nicht nur um verwitterte, kieselige Flyschkalke handelt, zeigt eine Dünnschliffserie (siehe Abb. 44), die von Geröllen angefertigt wurde, die in der Kiesgrube diese Verwitterungsphänomene zeigten (RIESBERG 2009)⁴⁰¹.

³⁹⁷ FEZER (1969a: 109) spricht in diesem Zusammenhang von „Mangandentriten“.

³⁹⁸ FEZER (1969a: 109f) deutet diese Gerölle mit „grau-gelb gescheckten Oberflächen“ als „Mergelgerölle“ aus dem Flysch, bezeichnet sie als „Ruinenmergel“ und gibt einen Gehalt von 40 bis 50 % von „Ton und anderes Unlösliche“ an.

³⁹⁹ „... als Rückstand bleibt ein feines Quarzskelett, das schließlich in „Stengel und Scherben“ zerfällt (WERNER 1964 S. 34).“ (FEZER 1969a: 112)

⁴⁰⁰ Kryoklastik = Eissprengung (siehe BLUME et al. 2010: 38, KUNTZE et al. 1994: 43f)

⁴⁰¹ Im Rahmen der vorliegenden Dissertation wurde eine Bachelorarbeit (RIESBERG 2009) angesetzt, die sich gezielt mit diesen gelblich verwitternden Geröllen befasste.

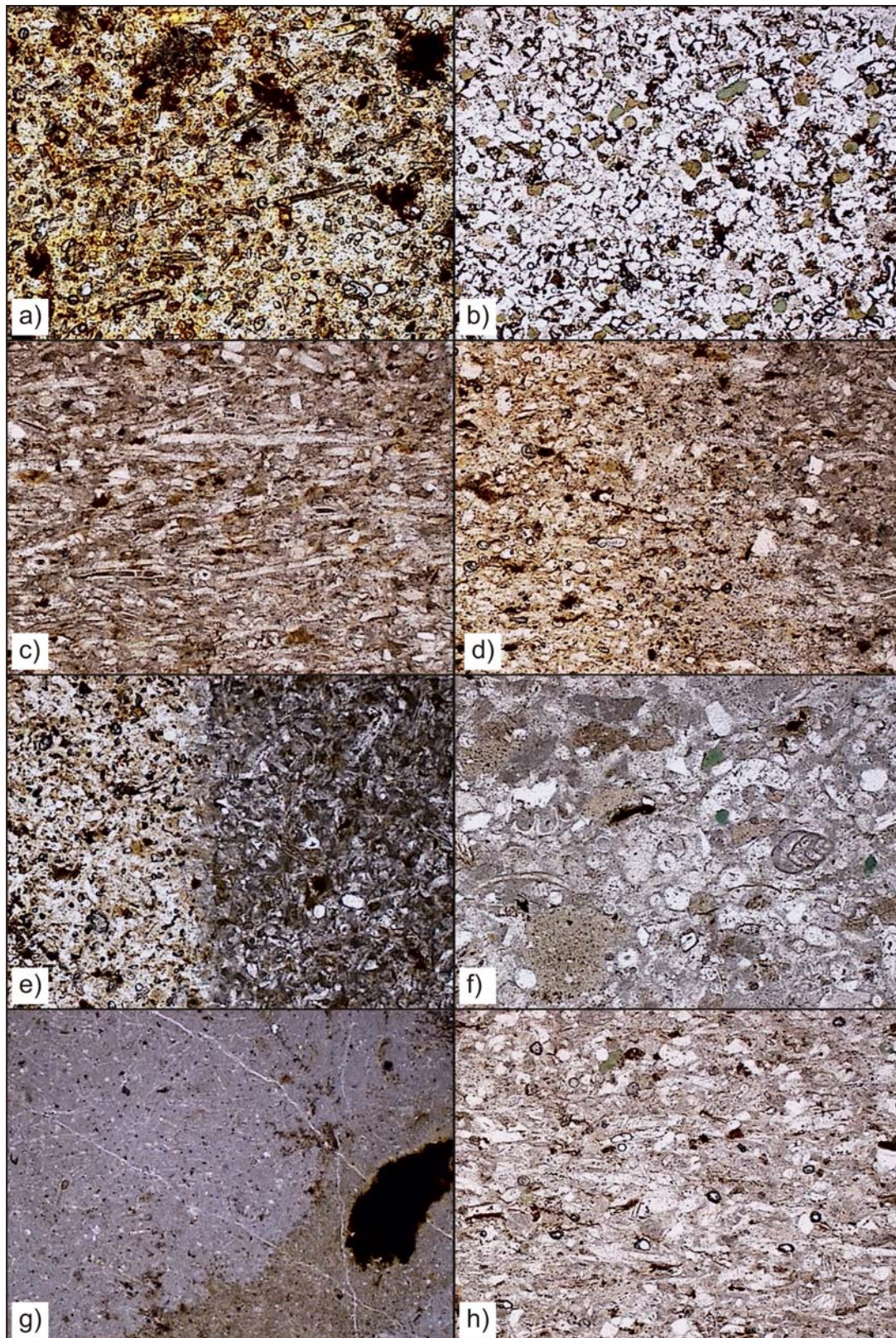


Abb. 44: Dünnschliffserie verschiedener Gerölle, die oberflächlich alle gelbliche bis gelbbraune Verwitterungsfarben besitzen (5-fache Vergrößerung, Durchlicht, nicht gekreuzte Polarisatoren, Bildbreite 2,5 mm, Dünnschliffaufnahmen Dr. G. Grundmann, TU München, 2009). Die Proben stammen aus der Kiesgrube Benningen in risszeitlichen Schmelzwasserschottern des Hawanger Feldes. Lithologisch reicht das Spektrum von lutitischen Kalken **g)** bis hin zu glaukonitführenden, arenitischen Kalken (z.B. **b)**, **f)** und **h)**). Bereichsweise treten primär kieselige Schwammnadeln auf, die sekundär calcitisiert sind (z.B. **a)**, **c)** und **h)**). Die Kalklösungs- bzw. Verwitterungsfront durchzieht die Photos **d)** und **e)** etwa mittig von oben nach unten als scharfe Grenze. Im rechten Teil ist das Karbonat (graue Matrix) noch nahezu vollständig vorhanden, im linken bereits weitgehend weggelöst. Hier baut das kieselige Material ein noch stabiles Gerüst auf.

Geht man gar ins Anstehende in den Nördlichen Kalkalpen fallen dort u.a. die gelblich anwitternden Kalke aus den Kössener Schichten auf, die auf den ersten Blick den gelblich anwitternden Kieselkalken des Flysches zum Verwechseln ähnlich sehen können (siehe Abb. 45). Allein das Aufschlagen der Gerölle und die „Kratzprobe“ auf einer Glasscheibe, falls die Möglichkeit zur Dünnschliffherstellung nicht besteht, können Unterschiede aufzeigen. Die Unterscheidung dieser Gerölle ist nicht nur dann wichtig, wenn man die Schotterpetrographie allein nach lithologischen Kriterien ermittelt, sondern v.a. dann, wenn auch das Herkunftsgebiet der Gerölle berücksichtigt werden soll, wie es z.B. SINN (1973) gemacht hat.



Abb. 45: Gelblich anwitternder, lutitischer, schwarzgrauer Kössener Kalk in Kössener Mergeln, Photo des Verfassers aus dem Jahre 1995. Links im Schichtverband freigelegt, rechts aufgeschlagen; im Anschlag sind deutlich die verschiedenen, sich farblich unterscheidenden „Verwitterungszonen“ zu erkennen.

Bunte, schwarze und graue alpine Hornsteine und Kluffüllungen: Schwarze und graue sowie bunte alpine Hornsteine (u.a. Radiolarite) enthalten primär kein oder nur sehr geringe Mengen an Karbonat. Da sie aber bei mechanischer Beanspruchung, z.B. im Zuge einer Faltung, spröde reagieren und kleinstückig zerbrechen, sind sie von zahllosen Klüften durchzogen, die sekundär mit Kieselsäure, viel häufiger aber mit Calcit verheilt sind. Die Verwitterung löst nun den Calcit aus den Klüften heraus. Die Gerölle bekommen eine stark und tiefgreifend geriefte bis zerfurchte Oberfläche und u.U. zerfällt das Geröll in einen kleinstückigen Schutt. Der kleinstückige Kieselschutt ist scharfkantig und ebenso wie das intakte Geröll verschleißrelevant (siehe Kap. 5.3).

Gerölle klastischer Sedimente: Sofern klastische Sedimente karbonatische Zemente besitzen, fallen auch diese der Kalklösung zum Opfer. Die Gerölle werden mürbe, porös und zerfallen in ihre Bestandteile (siehe Kap. 5.2.1.4). Aber nicht nur der Zement sondern auch eine karbonatische Matrix und karbonatische Komponenten können selektiv aus dem Geröll gelöst werden, was zu einem Dichte- und Festigkeitsverlust sowie zu einer teilweise hohen Porosität führt.

5.2.1.2 Versauerung, Verbraunung und Verlehmung

Ein saures Milieu und Feuchtigkeit bzw. Wasser sind die beiden treibenden Kräfte für die chemische Verwitterung der karbonatreichen Schmelzwasserschotter.

Durch das Auflösen und Abtransportieren des Karbonates sinkt der pH-Wert und es kommt zu einer Versauerung des Bodens⁴⁰², was wiederum die Karbonatlösung unterstützt. Verstärkt wird dieser Vorgang durch Verlehmung, die bewirkt, dass der Boden länger und mehr Wasser speichern kann, also länger feucht bleibt. Zur Verlehmung⁴⁰³ kommt es einerseits durch die bei der Karbonatlösung zurückbleibenden Residualtone⁴⁰⁴, andererseits ist oft die Verbraunung mit der Neubildung von Tonmineralen verknüpft (FEZER 1969a: 19, BLUME et al. 2010: 283). Der Einfluss neugebildeter Tonminerale durch die Verwitterung feldspat- und glimmerreicher Gesteine (hauptsächlich Grauwacken und Arkosen aus dem Flysch sowie Gneise aus den Molassekonglomeraten) ist aufgrund der Schotterpetrographie für das Arbeitsgebiet eher als gering einzustufen, auch wenn immer wieder Grauwacken- und Arkosegerölle im Schotterlehm gefunden werden, die eine poröse Oberfläche besitzen⁴⁰⁵. Die Poren auf der Oberfläche weisen mit ihrer tafel- und leistenförmigen Struktur und den häufig darin enthaltenen, weißlichen Tonresten auf eine ursprüngliche Füllung der Pore mit Feldspat hin.

Der sich in der Verwitterungsdecke ansammelnde Ton sowie Ton aus feinkornreichen Deckschichten (z.B. Löss/Lösslehm) kann in Wasser suspendiert in den unterlagernden „frischen“ Schotter umgelagert werden, wo er aufgrund des alkalischen Milieus ausflockt und als kolloidaler Schlamm die Komponenten überzieht (FEZER 1969a: 19).

Die Verbraunung, die Bildung von Eisenoxiden und -hydroxiden, ist ein wichtiger Prozess der Bodenbildung (Braunerde), der erst nach nahezu vollständiger Entkalkung des Bodens und Absinken des pH-Wertes unter 7 in höherem Maße stattfindet (BLUME et al. 2010: 283). Die Eisenoxide und -hydroxide können aus dem Verwitterungshorizont (B-Horizont) ausgeschwemmt und in den angewitterten Bereich (C-Horizont) umgelagert werden, in dem sie entlang der Wasserwege innerhalb des C-Horizontes eine intensive Braunfärbung verursachen können. Diese Braunfärbung hängt aber nicht mit der Ausfällung von Eisen- und Manganoxiden und -hydroxiden im Schwankungsbereich des Grundwassers (FEZER 1969a: 69f, 104ff, WEIDENBACH 1974: 336) zusammen (siehe Abb. 46 und Abb. 47), bei der die Gerölle mit dünnen Oxid- und Hydroxidhäutchen überzogen werden.

Für stratigraphische Fragen liefern die Versauerung, Verbraunung und Verlehmung keine oder nur geringe Anhaltspunkte, da weder die ursprüngliche Ausgangssituation noch die einzelnen Prozesse zu quantifizieren sind. BLUME et al. (2010) stellen hierzu nur fest: *„Verbraunung und Verlehmung wurden in mitteleuropäischen Böden begünstigt, weil hier während der Kaltzeiten eine intensive kryoklastische Verwitterung stattfand. Häufig fällt die heutige Grenze intensiver Verbraunung mit der (aus kryoklastischer und kryoturbater Veränderung erschlossenen) Auftautiefe des periglaziären Permafrostbodens zusammen, woraus teilweise geschlossen wird, dass auch die Verbraunung bereits im Pleistozän stattfand.“* (BLUME et al. 2010: 283), was natürlich für eine Untergliederung des Pleistozäns oder bei stratigraphischen Einstufungen nicht weiterhelfen kann.

⁴⁰² Der Einfluss von Bodenorganismen und Vegetation auf den pH-Wert des Bodens wird im Rahmen dieser Arbeit nicht näher behandelt, sondern auf KUNTZE et al. (1994: 124, 132ff) und BLUME et al. (2010: 83ff) verwiesen.

⁴⁰³ In den Gebieten mit Löss oder Terrassenschottern sind besonders entkalkte, braune Böden mit Tonverlagerung (Parabraunerden/Kiesparabraunerden) weit verbreitet (BLEICH 1983: 68, 73).

⁴⁰⁴ Bei tonmineralogischen Untersuchungen von verwitterten, risszeitlichen Schmelzwasserschottern N' von Mindelheim fand SALGER (1954: 309) Illit *„als einziges Tonmineral in natürlich verwitterten Kalkrückständen“*, wohingegen **Kaolinit** *„zum größten Teil ... neu entstanden ist.“* *„Die meisten der alpinen Kalke enthalten bis zu 20 % Beimengungen“* (FEZER 1969a: 19).

⁴⁰⁵ siehe hierzu auch FEZER (1969a: 106)



Abb. 46: Ostflanke des Greiter Tales auf Blatt Nr. 8127 Bad Grönenbach, Photo des Verfassers vom 10.11.2010. Durch Ausfällungen von Eisenoxiden und -hydroxiden rostbraun verfärbte Rollkieslage in den konglomeratisierten, mindelzeitlichen Schmelzwasserschottern des Grönenbacher Feldes.



Abb. 47: Wand der Kiesgrube Benningen, Photo des Verfassers vom 30.4.2009. Durch Ausfällungen von Manganoxiden und -hydroxiden in Form dünner Häutchen auf den Gerölloberflächen schwarz gefärbte Rollkieslage in den risszeitlichen Schmelzwasserschottern des Hawanger Feldes. Aufgrund der schwarzen Farbe und der schmierigen Konsistenz der Ausfällungen erinnern diese Beläge an eine Verunreinigung durch Altöl, weisen aber im Gegensatz zu diesen keinen Ölgeruch auf.

5.2.1.3 Dolomit-Zersatz/Dolomit-Veraschung

In den risszeitlichen⁴⁰⁶ und älteren Schmelzwasserschottern des Arbeitsgebietes⁴⁰⁷ sind zahllose, zersetzte Dolomite⁴⁰⁸, man spricht auch von „**Dolomitleichen**“ oder allgemein von „**Geröllgeistern**“⁴⁰⁹, auffällig, die auch schon bei SINN (1972) auf besonderes Interesse stießen und ihre große Bedeutung für die Beschreibung und Charakterisierung der Verwitterung bereits von FEZER (1969a) erkannt wurde. Einer der ersten, der den Dolomit als besonders auffälliges Gestein in den Schmelzwasserschottern beschrieb, wird wohl QUENSTEDT (1876 zit. in FEZER 1969a) gewesen sein. SINN (1972: 34) stellte fest, dass veraschte Dolomite besonders „im Illermaterial vor allem sehr reichhaltig vertreten sind.“ In der Kiesgrube Benningen sind im scheinbar „frischen“ grauen Schotter bis hinunter zur tiefsten Abbausohle zahllose, verschiedenfarbige Dolomitgerölle (siehe Abb. 48) zu beobachten, die teilweise oder vollständig zu einem grauen, gelblichen, bräunlichen oder fast weißen Pulver aus Dolomitekristallen⁴¹⁰ zersetzt sind. Im trockenen Zustand erinnert das Pulver stark an Mehl oder helle Holzasche, weshalb man auch von „**veraschten Dolomiten**“ bzw. von „**Dolomitasche**“ spricht (SCHOLZ 1995: 213)⁴¹¹. Diese und daraus entwickelte Begriffe werden auch in vorliegender Arbeit verwendet. Betrachtet man ein Dolomitgeröll, beginnt normalerweise die Veraschung an der Gerölloberfläche und schreitet von dort aus allmählich – an Klüften vorseilend – zum Zentrum des Gerölls voran, bis letztendlich das gesamte Geröll erfasst ist. Aufgrund dieses Prozesses findet man alle Zwischenstadien: angewittert mit einem unverwitterten Kern und mehr oder weniger dicken Verwitterungsrinden bis vollständig durchverwittert. Ein anderes Phänomen zeigen Dolomitgerölle, die an der Gerölloberfläche noch kaum verascht sind, aber bei mechanischer Belastung entlang von Klüften in zahlreiche Bruchstücke zerfallen. Bei diesen Geröllern scheinen die Kluffüllungen besonders anfällig für die Verwitterung zu sein. Prof. Dr. H. Scholz (frdl. mündl. Mitt. am 18.1.2012) spricht in so einem Falle vom „**Brüchigwerden**“ der Dolomitgerölle.

Im Zuge der Veraschung nehmen die Gefüge- und Druckfestigkeit sowie die Dichte der Gerölle kontinuierlich ab, bis die Gerölle zerfallen. Infolge dessen wird ebenfalls die Korngrößenverteilung der Schmelzwasserschotter Richtung Feinkorn verschoben und die bodenmechanischen Eigenschaften (Durchlässigkeit, Wasser- und Frostempfindlichkeit etc.) sowie die Wiederverwertbarkeit (Erdbau-, Betonzuschlagstoff etc.) verändern sich (siehe Tab. 56). Auflockerung, Umlagerung des freigesetzten Materials und Setzungen können auch hier die Folge sein. Enthält ein Schotter sehr viele veraschte Dolomite, nimmt auch die Tragfähigkeit des Schotters ab; wird er als Zuschlagstoff verwendet, wirken sich die veraschten Gerölle negativ auf die Druckfestigkeit z.B. des Betons oder Asphalts aus.

⁴⁰⁶ FEZER (1969a: 24f) beschreibt auch verwitterte Dolomite aus würmzeitlichen Schmelzwasserschottern.

⁴⁰⁷ Veraschte Dolomite sind aus allen pleistozänen Schottergebieten im Großraum der Nördlichen Kalkalpen bekannt: Riss-Iller-Platte (FEZER 1969a), Iller-Lech-Schotterplatten, Münchener Schotterebene (BAUER et al. 2005), Innsbrucker Mittelgebirge etc.

⁴⁰⁸ Dolomit-Zersatz bzw. Dolomit-Veraschung wäre im Englischen mit „**disintegrate**“ bzw. „**disintegration of dolomite**“ zu übersetzen. „**Dedolomitization**“ entspräche im Deutschen „**Dedolomitisierung**“, was aber den chemischen Prozess der allmählichen Auflösung des Dolomits und die damit einhergehende Neusprossung von Mikrosparit bedeutet (JØRGENSEN 1988): bei der Dedolomitisierung bilden sich sozusagen Dolomitrhomboeder-Pseudomorphosen („*ghosts of rhombohedra*“) aus mikrosparitischem Calcit (JØRGENSEN 1988: 67), was einen deutlich anderen Prozess als die Veraschung (disintegration) darstellt. Im Gegensatz dazu sehen BAUER et al. (2005) in der Dolomitveraschung und in der Dedolomitisierung einen einheitlichen Prozess, was aber im Rahmen der eigenen Untersuchungen nicht bestätigt werden konnte.

⁴⁰⁹ WEIDENBACH (1974: 333) spricht von „*kranken Geröllern*“.

⁴¹⁰ Für die Hypothese von WEIDENBACH (1974), dass es sich bei der Dolomitasche eigentlich „*meist ... um puren Quarzschluff*“ (WEIDENBACH 1974: 336) handeln soll, konnten keinerlei Hinweise gefunden werden.

⁴¹¹ Laut FEZER (1969a: 107) geht der Begriff „**Aschen**“ für Dolomite, die bei der Verwitterung zu „*sandig-schmierigen Rückständen*“ zerfallen, auf LEHMANN (1932 zit. in FEZER 1969a: 107) zurück. WAGNER (1950 zit. in FEZER 1969a: 107) spricht von „**Dolomitsand**“ und GERSTENHAUER (1963 zit. in FEZER 1969a: 107) von „**Grus**“.

Aber nicht nur aus den risszeitlichen Schmelzwasserschottern des Hawanger Feldes sind veraschte Dolomite bekannt, man findet sie auch in allen älteren Schmelzwasserschottern des Arbeitsgebietes, wohingegen sie in den würmzeitlichen Schmelzwasserschottern unterhalb der Verwitterungsdecken nicht beobachtet wurden (KNAPP 2010).

Besonders gut sind sie in konglomeratisierten Schmelzwasserschottern des Böhener Feldes zu sehen, in denen von ihnen häufig nur noch die Hohlformen erhalten sind. In so einem Fall spricht man von „**Hohlen Geröllen**“, in denen manchmal noch Reste der ehemaligen Füllung aus Dolomitasche zu finden sind. Häufig ist die Wandung des Hohlraumes bereits von sekundär gebildetem, calcitischen Sinterkrusten ausgekleidet. Diese Hohlen Gerölle werfen natürlich die Frage nach dem Zeitpunkt der Konglomeratisierung und der Veraschung auf. Man könnte vermuten, dass allein die Existenz der Hohlen Gerölle die Konglomeratisierung vor die Dolomitveraschung datiert, da ansonsten der Überlagerungsdruck im unverfestigten Schmelzwasserschotter einen Großteil der veraschten Dolomite und die bei der Veraschung entstehenden Hohlräume zusammengedrückt hätte. Dagegen spricht aber die Beobachtung, dass auch in unverfestigten Schmelzwasserschottern veraschte Dolomite auftreten, die keine oder kaum Anzeichen von Deformation durch den überlagernden Schotterkörper erkennen lassen. Es scheint so zu sein, dass Veraschung und Konglomeratisierung in keinem zeitlichen Zusammenhang stehen. Ob womöglich ein genetischer Zusammenhang besteht, dass die Veraschung z.B. durch die Konglomeratisierung beschleunigt wird, indem zur calcitischen Zementation des Schotters den Dolomitgeröllen Ca-Ionen entzogen werden, müsste in einer eigenen Arbeit, vielleicht im Zusammenhang mit der Rauhackenbildung⁴¹², untersucht werden.

Bei der Veraschung werden Dolomitgerölle zu einem feinsandigen Schluff zersetzt, der aus zahllosen Dolomitkristallen besteht (KNAPP 2010)⁴¹³. Dieser Prozess beginnt an der Gerölloberfläche und eilt entlang von Klüften dem von außen nach innen fortschreitenden Zersatz des Gerölls voraus. Die Dolomitkristalle waren ursprünglich Bestandteil des Dolomitgesteins und bildeten ein granulares Gefüge. Alle Stadien von nur oberflächlich rauhen bis leicht mehlig-absandenden Geröllen, über Gerölle mit dicker Veraschnungsrinde um einen noch „frischen“ Kern (siehe Abb. 48 a und c) bis hin zu vollständig veraschten und mit den Fingern zerdrückbaren Geröllen (siehe Abb. 48b) treten nebeneinander auf.

⁴¹² Beim Anschlagen von Rauhacken findet man nämlich häufig noch Reste von Dolomitasche in den eckigen Poren. Die Poren sind bei der Verwitterung von Dolomitbruchstücken zurückgeblieben, denn das unmittelbare Ausgangsmaterial für eine Rauhacke ist eine Dolomitbrekzie mit calcitischer Matrix.

⁴¹³ Möglicherweise interpretiert FEZER (1969a) diese Dolomitkristalle als eckige, im Schotter durch Ausfällung sekundär entstandene Calcitkristalle: „... die sekundär ausgefällten, eckigen Karbonatkörner ...“ (FEZER 1969a: 29), „Von dem abgerollten ... Karbonat ist fast nichts mehr übrig, auch das sekundär ausgefällte, eckige ist schwächer vertreten ...“ (FEZER 1969a: 65), „Das sekundär auskristallisierte Karbonat erhöht die Ca^{2+} und Mg^{2+} -Anteile, es läßt sich erst unter dem Polarisationsmikroskop von den primären, runden (gerundet durch Transport, Anmerkung des Verfassers) Karbonatkörnern unterscheiden ... Innerhalb des Karbonates sind bei Würmschottern 1/3 der Körner noch rund, 2/3 sind kantig, also umgefällt, bei Reiß-Schottern sind es 4/5, bei noch älteren Schottern liegt fast das ganze Karbonat in sekundärer Form vor, die runden Körner nehmen also in einer besonders krassen Weise ab und erlauben es, die Verwitterungszeit abzuschätzen.“ (FEZER 1969a: 89) und „Die Kalke herrschen im Grobkies durchweg vor, in den feineren Fraktionen verringert sich ihr Anteil mehr oder weniger stetig ..., um von Mittelsand an wieder anzusteigen; im Mittelschluff häufen sich dann Calcitkristalle stark an.“ (FEZER 1969a: 111)

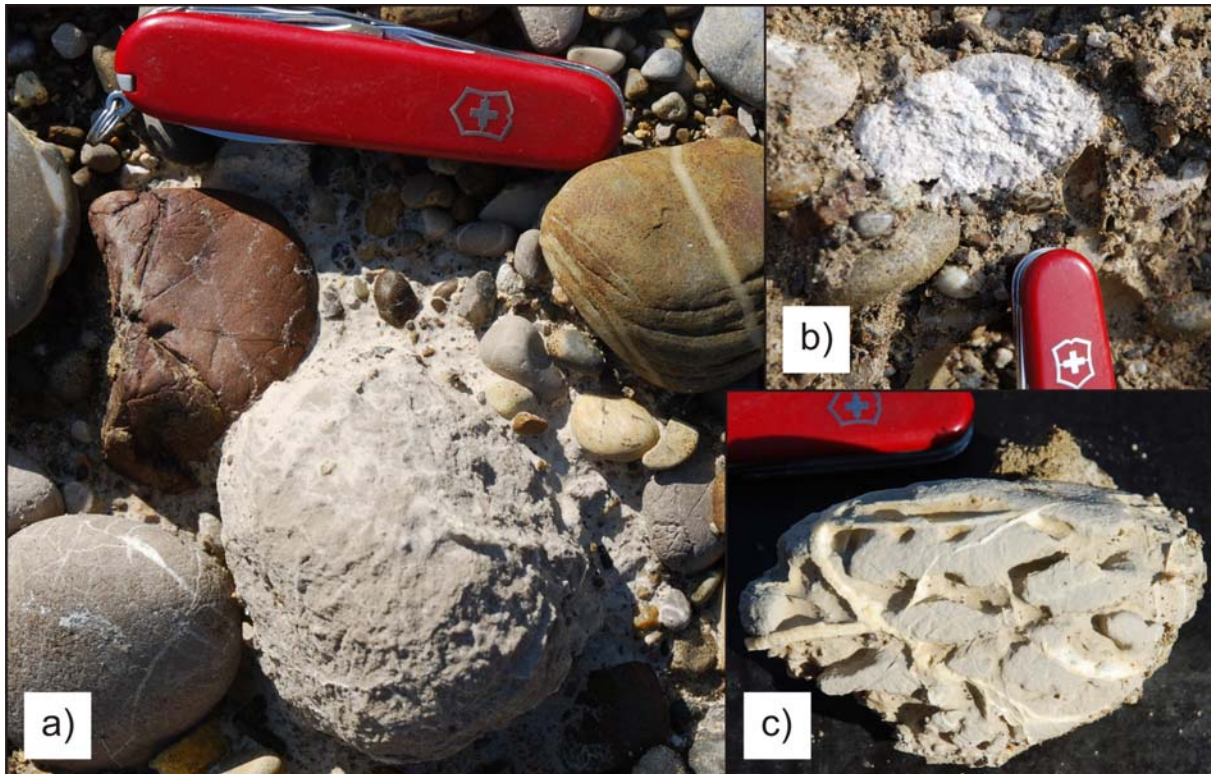


Abb. 48: Zersetzte Dolomitgerölle in der Kiesgrube Benningen, Photos des Verfassers: **a)** und **c)** vom 7.9.2009, **b)** vom 19.1.2010. **a)** randlich veraschtes Dolomitgeröll, dessen zersetzte Rinde schon teilweise vom Regen abgewaschen wurde, nachdem das Geröll durch den Kiesabbau freigelegt wurde. Die feinkörnige Dolomitasche wird von den Niederschlagswässern allmählich in den Porenraum des unterlagernden Schotters gespült. **b)** nahezu vollständig veraschtes Dolomitgeröll, das in der Abbauwand im gefrorenen Zustand halbiert wurde. **c)** randlich veraschtes Dolomitgeröll, dessen zersetzte Rinde vollständig vom Regen abgespült wurde, nachdem das Geröll durch den Kiesabbau freigelegt wurde. Deutlich ist in diesem Beispiel das unregelmäßige Vordringen der Veraschung zu sehen: Entlang von Klüften dringt die Veraschung viel rascher in das Geröll ein und modelliert dabei Dolomitgrate (grau) aus der Gerölloberfläche. Calcitverheilte Klüfte (weiße Linien und Grate) stellen Barrieren für die Veraschung dar und bleiben als „Calcitskelett“ zurück.

SALGER (1978: 94ff) hat sich im Rahmen der Kartierung des Blattes Nr. 7927 Amendingen durch JERZ & WAGNER (1978) mit den Ursachen der Dolomitaschebildung auseinandergesetzt; dafür untersuchte er drei Hauptdolomitgerölle in verschiedenen Veraschungsstadien sowie ein Kalkgeröll aus dem Bereich der Blätter Nr. 7927 Amendingen und 8027 Memmingen⁴¹⁴. Die Gerölle erwiesen sich als reine Dolomite und dies widersprach der Hypothese von FEZER (1969a: 107ff)⁴¹⁵, der dem Dolomit beigemengten Calcit⁴¹⁶ sowie Wechsel von Durchfeuchten und Trocknen für die Veraschung verantwortlich machte. Bereits SCHNITZER hatte 1963 diesen Zusammenhang verneint (s.u.). SALGER (1978) machte bei Dünnschliffuntersuchungen die wichtige Beobachtung, dass die Porosität und die Korngröße im Dolomit „wesentlich größer“ sind als im Kalk; ferner, dass die Dolomitkristalle in der Asche und im festen Geröll „etwa im gleichen Korngrößenbereich liegen“. SALGER (1978) folgerte daraus, dass die Dolomitveraschung „auf einen weitgehend mechanischen Zerfall des Dolomitges-

⁴¹⁴ Ein Dolomitgeröll stammte aus der Niederterrasse bei Heimertingen, ein Geröll aus der Kiesgrube Benningen (Hawanger Feld) und ein Geröll aus dem Böhener Feld E' Wolfertschwenden (SALGER 1978: 94).

⁴¹⁵ FEZER (1969a) untersuchte Dolomitgerölle des Rhein-Bodensee-Vorlandgletschers in der Riss-Lech-Platte.

⁴¹⁶ FEZER (1969a): „Um herauszufinden, welche Dolomite besonders rasch vergreisen, habe ich solche Aschen untersucht, die noch einen festen Kern besaßen. Er war in den meisten Fällen blau- bis dunkelgrau, vermutlich also Hauptdolomit, seine Kationen bestanden zu 3/4 aus Calcium und zu 1/4 aus Magnesium. Es handelt sich also um Kalksteine, bei denen 1/4 des Calciums durch Magnesium ersetzt worden ist und die bei dieser Umwandlung viele Poren erhalten haben. Am Wassergehalt gemessen kann der Porenraum bis zu 14 % erreichen.“

teins in seine Einzelkristalle zurückgeführt werden“ kann. Als Ursache für den mechanischen Zerfall nahm er ein *„wiederholtes Quellen und Schrumpfen der Tonsubstanz in den Intergranularen“* an (SALGER 1978). Bei den eigenen Untersuchungen im Rahmen der vorliegenden Arbeit konnten allerdings diese tonigen *„Intergranularfilme“*, die für das Quellen und Schrumpfen verantwortlich sein sollen, nicht nachgewiesen werden (KNAPP 2010, s.u.).

Das Phänomen der Dolomitveraschung ist aber nicht nur aus pleistozänen Schmelzwasserschottern sondern beispielsweise auch von jurassischen Dolomiten der Fränkischen Alb (SCHNITZER 1963) oder von dolomitierten Bryozoenkalken des Unterpaläozäns aus Fakse auf Seeland/Dänemark (JØRGENSEN 1988: 66) bekannt.

SCHNITZER (1963: 292) zählte die auftretenden *„weißen oder gelblich gefärbten Dolomitaschen oder Dolomitsande“* zu den *„sehr charakteristischen Verwitterungsbildungen“* auf der Fränkischen Alb und stellte bei chemischen Untersuchungen fest, dass es sich bei einigen, zur Veraschung neigenden Dolomiten der Fränkischen Alb nicht um reine Dolomite sondern um *„sehr stark dolomitische Kalke“* handelt. Eine erste, einfache Hypothese von SCHNITZER war, dass das überschüssige CaCO_3 als Calcizement vorliegt, der die Dolomitrhomboeder miteinander *„verkittet“*. *„Wird der Calcit herausgelöst, reichern sich die Dolomitrhomboeder als Dolomitasche an.“* (SCHNITZER 1963: 292) Anschließend betonte er aber, dass die *„Bildung der Dolomitsande“* wohl wesentlich komplexer sei: *„Ohne umfangreiche chemische und petrographische Untersuchungen lassen sich die Verwitterungsvorgänge und der Chemismus, der zur Dolomitaschebildung führt, nicht erfassen. Einige chemische Analysen von Dolomiten im Altmühltal zeigen aber bereits, daß sowohl Dolomite, die in ihrem Magnesium-Calciumverhältnis der theoretischen Zusammensetzung nahe kommen, genauso zu Dolomitasche verwittern können wie solche, die Calcitüberschuß haben. Man hat den Eindruck, daß die chemische Zusammensetzung des Ausgangsdolomites nicht allein für die Neigung zur Dolomitaschebildung verantwortlich zu machen ist.“* (SCHNITZER 1963: 292)

Da SCHNITZER mit Hilfe der chemischen Zusammensetzung keine ausreichende Erklärung für die Dolomitveraschung fand, sucht er nun Gründe in der paläogeographischen Situation der südlichen Fränkischen Alb im Obermiozän (SCHNITZER 1963: 293ff). Im Obermiozän waren große Teile der südlichen Fränkischen Alb von einem Süßwassersee mit entsprechenden Sedimenten bedeckt und die Vorkommen von tiefgründig veraschten Dolomiten liegen *„vornehmlich außerhalb des Süßwassersees oder auf Inseln und Untiefen“* (SCHNITZER 1963: 296). Er zieht daraus die Schlussfolgerung, dass die *„Dolomitaschebildung keine rezente Verwitterung darstellt, sondern eine fossile, die eventuell bis in das Jungtertiär zurückreichen kann.“* SCHNITZER (1963: 296) Auf den Prozess der Veraschung selbst geht er aber nicht mehr weiter ein.

JØRGENSEN (1988) beschreibt ebenfalls das Phänomen der Veraschung in den vollständig dolomitierten Bereichen der unterpaläozänen Bryozoenkalken von Fakse auf Seeland: *„In places the completely dolomitized bryozoan limestones disintegrate into individual dolomite rhombohedra or minor aggregates forming an unconsolidated dolomite sand with a characteristic mealy consistency.“* (JØRGENSEN 1988: 66). In Fakse stehen neben den vollständig dolomitierten Bryozoenkalken auch Bereiche an, die gar nicht oder nur teilweise dolomitiert sind, wobei aber die chemische Zusammensetzung der Dolomite in den verschiedenen Zonen kaum Unterschiede aufweisen (JØRGENSEN (1988: 68ff). JØRGENSEN (1988: 66) betont aber, dass ausschließlich in den vollständig dolomitierten Bryozoenkalken die Veraschungsphänomene zu beobachten sind. Auf der anderen Seite dominiert die Dedolomitisierung in den teildolomitierten und hat nur eine geringe Bedeutung in den vollständig dolomitierten Bereichen (JØRGENSEN (1988: 71). Seine Untersuchungen der Dolomitasche (JØRGENSEN schreibt von *„dolomite sand“*) mit dem Rasterelektronenmikroskop⁴¹⁷ (REM) zeigen, dass diese fast ausnahmslos aus Dolomitrhomboedern besteht (JØRGENSEN 1988: 65 Fig. 4.), was auch durch die eigenen Untersuchungen bestätigt werden konnte (KNAPP 2010, s.u.). JØRGENSEN liefert aber keine Erklärungsmöglichkeit für die Veraschungsphäno-

⁴¹⁷ scanning electron microscope (SEM)

mene; allein die Dedolomitisierung⁴¹⁸ sei vermutlich abhängig von der Porosität und Permeabilität sowie vom Fe-Gehalt, die in den weniger dolomitisierten Bereichen höher sind (JØRGENSEN 1988: 71ff).

Weder die Dolomite der Fränkischen Alb noch die aus Faxe scheinen Zusammenhänge zwischen der chemischen Zusammensetzung und dem Veraschungspotential zu zeigen und sowohl SCHNITZER (1963: 292) als auch JØRGENSEN (1988: 65) betonen, dass in den Dolomiten der Intergranularraum zwischen den Dolomitrhomboedern nur gelegentlich mit mikritischem Calcit gefüllt ist. Die Ursachen für die Veraschung müssten demnach woanders gesucht werden. Begleitend zur vorliegenden Dissertation wurde daher eine Bachelorarbeit (KNAPP 2010) angesetzt, die sich speziell mit der Dolomitveraschung in den Schmelzwasserschottern des Arbeitsgebietes befasste.

Zur Untersuchung des Phänomens der Dolomitveraschung in den pleistozänen Schmelzwasserschottern des Arbeitsgebietes wurden in der Kiesgrube Benningen gemeinsam von Sibylle Knapp und dem Verfasser eine Probenreihe an Dolomitgeröllen⁴¹⁹ in verschiedensten Stadien der Veraschung entnommen und am Lehrstuhl für Ingenieurgeologie der Technischen Universität München sowie am Zentrum für Werkstoffanalytik Lauf (ZWL) untersucht.



Abb. 49: Kiesgrube Benningen am Tag der Probennahme für die Untersuchung des Phänomens der Dolomitveraschung, Photo des Verfassers vom 19.1.2010. Es herrschte Frost, durch den die vollständige Entnahme der ansonsten extrem instabilen, veraschten Dolomitgerölle erst ermöglicht wurde.

Für die Probennahme wurde auf Frostwetter ohne oder nur mit dünner Schneedecke (siehe Abb. 49) gewartet, damit die veraschten Dolomitgerölle vollständig gefroren waren und dadurch problemlos und v.a. vollständig entnommen werden konnten. Im ungefrorenen Zu-

⁴¹⁸ Geochemische Analysen lassen vermuten, dass die Dedolomitisierung unter dem Einfluss von Niederschlagswässern abläuft und auch von diesen gesteuert wird (JØRGENSEN 1988: 72). Auf die große Bedeutung des Wasserangebotes und besonders eines hohen Wasserdurchflusses für die Dedolomitisierung hat auch schon DEGROOT (1967: 1220) hingewiesen, der durch seine Laborversuche auch nachweisen konnte, dass die Dedolomitisierung ein oberflächennaher Prozess sein muss.

⁴¹⁹ Bei den Dolomitgeröllen dürfte es sich überwiegend um Hauptdolomit aus den Nördlichen Kalkalpen handeln, da im Einzugsgebiet des Illergletschers keine anderen, größeren Dolomitvorkommen liegen. In Ermangelung datierbarer Fossilien in den Dünnschliffen war eine genauere stratigraphische Zuordnung der Dolomitgerölle nicht möglich.

stand zerfallen nämlich die veraschten Dolomitgerölle manchmal schon bei den kleinsten Berührungen, was eine Probennahme „ganzer“ Gerölle äußerst schwierig gestaltet.

Im Labor wurde dann mittels Sedimentation („Schlamm-Analyse“ nach DIN 18123) die Korngrößenverteilung der Dolomitasche und mittels Röntgendiffraktometrie die Mineralogie bestimmt. Ergänzend wurde eine Dünnschliffserie angefertigt und ausgewertet. Am ZWL wurden Aufnahmen mit dem Rasterelektronenmikroskop gemacht und ebenfalls ausgewertet. Sämtliche Ergebnisse dieser Untersuchungen hat bereits Sibylle Knapp in ihrer Bachelorarbeit (KNAPP 2010) umfassend dargestellt, so dass hier im Folgenden nur noch die wichtigsten Erkenntnisse wiedergegeben werden und ansonsten auf die Arbeit von Sibylle Knapp verwiesen wird.

Korngröße: Nach Auswertung der Korngrößenanalyse ergab sich, dass es sich bei der untersuchten Dolomitasche um einen feinsandigen Schluff handelt, wobei das Gros der Körner eindeutig im Bereich von Mittel- und Grobschluff liegt, was auch durch die Untersuchungen mit dem Rasterelektronenmikroskop bestätigt wurde (KNAPP 2010). Da die Korngröße aber unmittelbar von der Korngröße der einzelnen Dolomitkristalle im Geröll abhängig ist, kann dementsprechend die Korngröße der Dolomitasche auch schwanken (siehe Abb. 50).

Mineralogie: Es wurde sowohl der Kern als auch die veraschte Rinde eines Dolomitgerölls mittels Röntgendiffraktometrie untersucht, wobei nur sehr geringe Unterschiede festgestellt wurden. Der Kern besteht zu 96 % aus Dolomit, zu 2,4 % aus Calcit und zu 1,6 % aus Quarz. Die Asche besteht ebenfalls zu 96 % aus Dolomit, zu 1,4 % aus Calcit und zu 2,6 % aus Quarz, was zeigt, dass sich im Zuge der Veraschung das Quarz-Calcit-Verhältnis zu Ungunsten des Calcits verschiebt. Glimmer und Goethit wurden nicht gefunden, nur Hämatit zusammen mit amorphen Fe-Hydroxiden und Ferrihydrit könnten mit Gehalten geringer als 0,2 % in Spuren vertreten sein. (KNAPP 2010)

Dünnschliffauswertung: Zunächst wurden die veraschten, losen Bereiche mit Kunstharz fixiert, um vollständige Dünnschliffe vom „frischen“, festen Kern durch die veraschte Rinde bis hin zur Gerölloberfläche herstellen zu können. Anschließend wurden die mit Alizarin S angefärbten Dolomiddünnschliffe im Durchlicht ohne (siehe Abb. 50) und mit gekreuzten Polarisatoren betrachtet, was aber außer Aussagen zu Korngröße und Gefüge nur eine Bestätigung der Mineralogie erbrachte. Wie zu erwarten, sind zwischen den einzelnen Dolomitproben deutliche Unterschiede in der Korngröße zu erkennen, was sich auch schon bei der Ansprache in der Kiesgrube gezeigt hatte: es gibt sehr feinkörnige und gröbere („zuckerkörnige“) Dolomite. Das Gefüge ist körnig und regellos. Calcit, Quarz oder Glimmer waren in den Dünnschliffen nicht zu identifizieren, nur gelegentlich bräunliche oder schwärzliche Schlieren von Eisen- und Manganoxiden und -hydroxiden. „Dunkelgraue Schatten“ (siehe Abb. 50b) sind höchstwahrscheinlich Bitumentropfen⁴²⁰.

⁴²⁰ Bei der Dünnschliffherstellung (Sägen und Schleifen) machte sich ein deutlicher Geruch nach Bitumen bemerkbar.

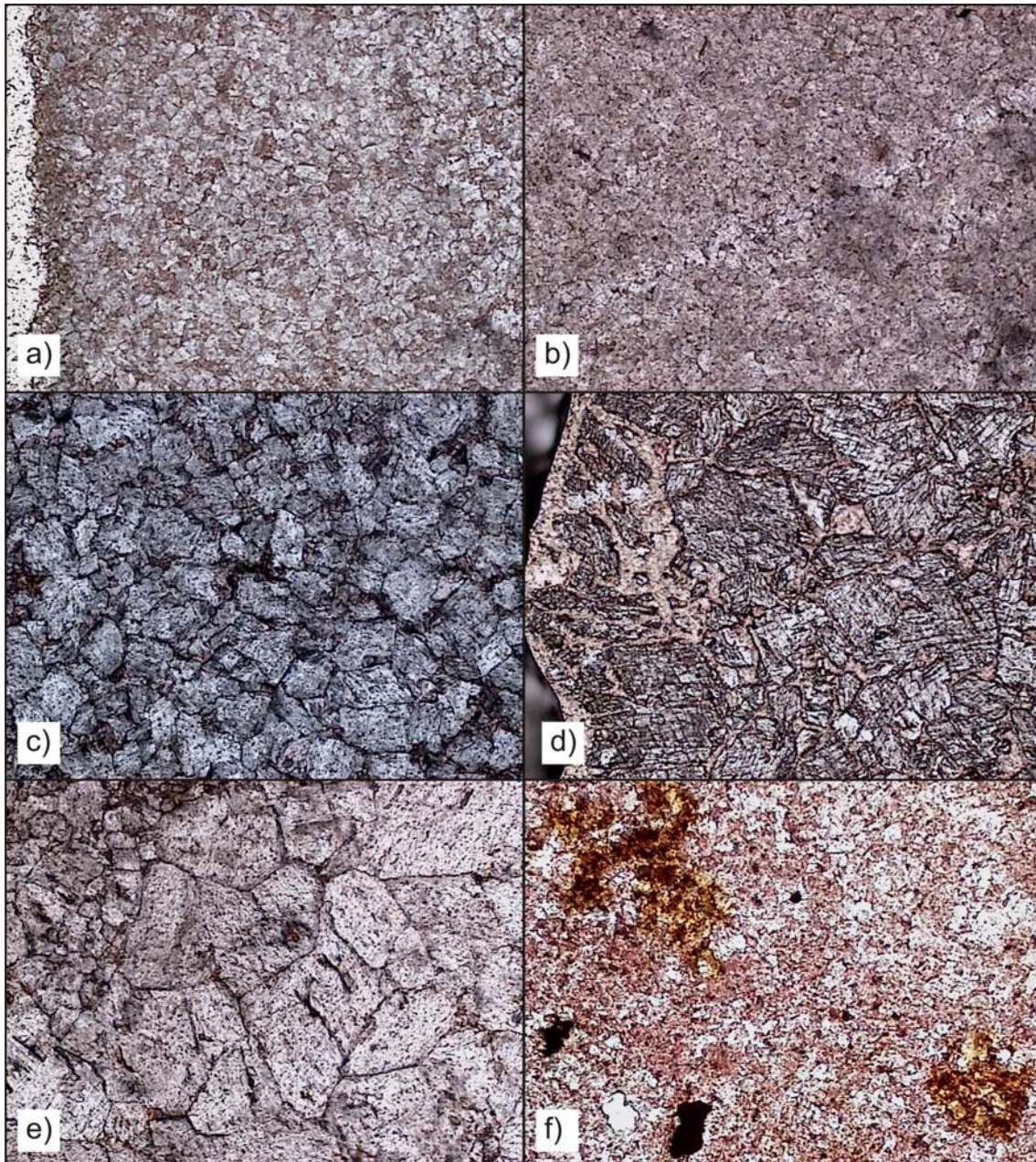


Abb. 50: Dünnschliffserie verschiedener Dolomitgerölle, die bereits randlich verascht waren (20-fache Vergrößerung, Durchlicht, nicht gekreuzte Polarisatoren, Bildbreite 0,6 mm, Dünnschliffaufnahmen Dr. G. Grundmann, TU München, 2010). Die Proben stammen aus der Kiesgrube Benningen, aus risszeitlichen Schmelzwasserschottern des Hawanger Feldes. Lithologisch reicht das Spektrum von feinkörnigen a), b) und c) bis hin zu zuckerkörnigen Dolomiten c), d) und e); die Veraschungsfront sollte in a) und d) zu sehen sein, lässt sich aber im Dünnschliff trotz des blau angefärbten Kunstharzes (Araldit), mit dem die Dolomitasche gefestigt wurde, nicht erkennen. In f) sind deutlich rostbraune Schlieren aus Eisenoxiden oder -hydroxiden zu sehen. Die dunkelgrauen Flecken/Schatten in b) sind höchstwahrscheinlich Bitumentropfenchen.

Die „normale“ Dünnschliffmikroskopie im Durchlicht und Auflicht erbrachte somit keine Erkenntnisse hinsichtlich der Veraschung, daher wurde es nun unter der Federführung von Dr. Grundmann (TU München) mit der von ihm entwickelten Auflicht-Fluoreszenz-Mikroskopie versucht, was sich als äußerst erfolgreich erwies, denn offensichtlich bildete das Alizarin S mit dünnsten, im Dünnschliff nicht erkennbaren Calcithäutchen im Intergranularraum der Dolomitgerölle einen fluoreszierenden Farbkomplex, der den Poren- und Intergranularraum unter Fluoreszenzlicht mit orangeroten Farben sichtbar macht. Mit diesem Effekt wird die von der Gerölloberfläche zum Geröllkern fortschreitende „Aufweitung“ des Intergranularraumes plakativ sichtbar, was ohne Fluoreszenzlicht nicht zu erkennen war (siehe Abb. 51).

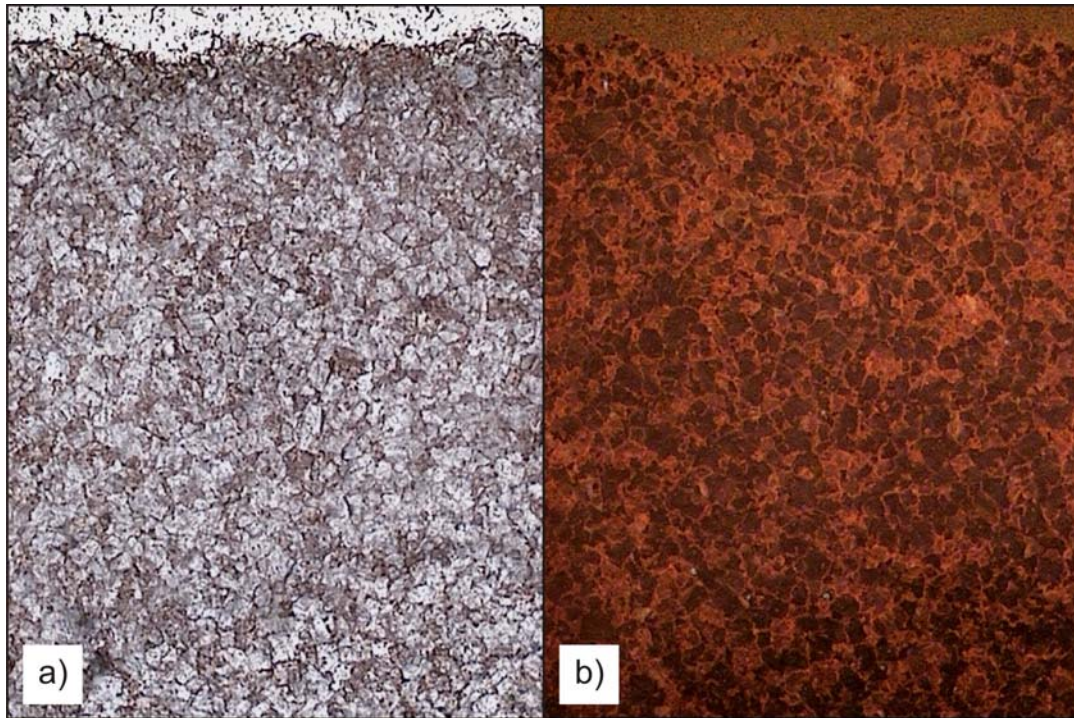


Abb. 51: Dünnschliff eines randlich veraschten Dolomitgerölls (20-fache Vergrößerung, **a**) Durchlicht, nicht gekreuzte Polarisatoren; **b**) Auflicht-Fluoreszenz; Bildhöhe jeweils 0,6 mm, Dünnschliffaufnahmen Dr. G. Grundmann, TU München, 2010). Der von der Gerölloberfläche (oben) nach unten im Zuge der Veraschung sich aufweitende Intergranularraum ist in **a**) nicht zu erkennen aber in **b**) aufgrund der orangerot-leuchtenden Farben deutlich sichtbar.

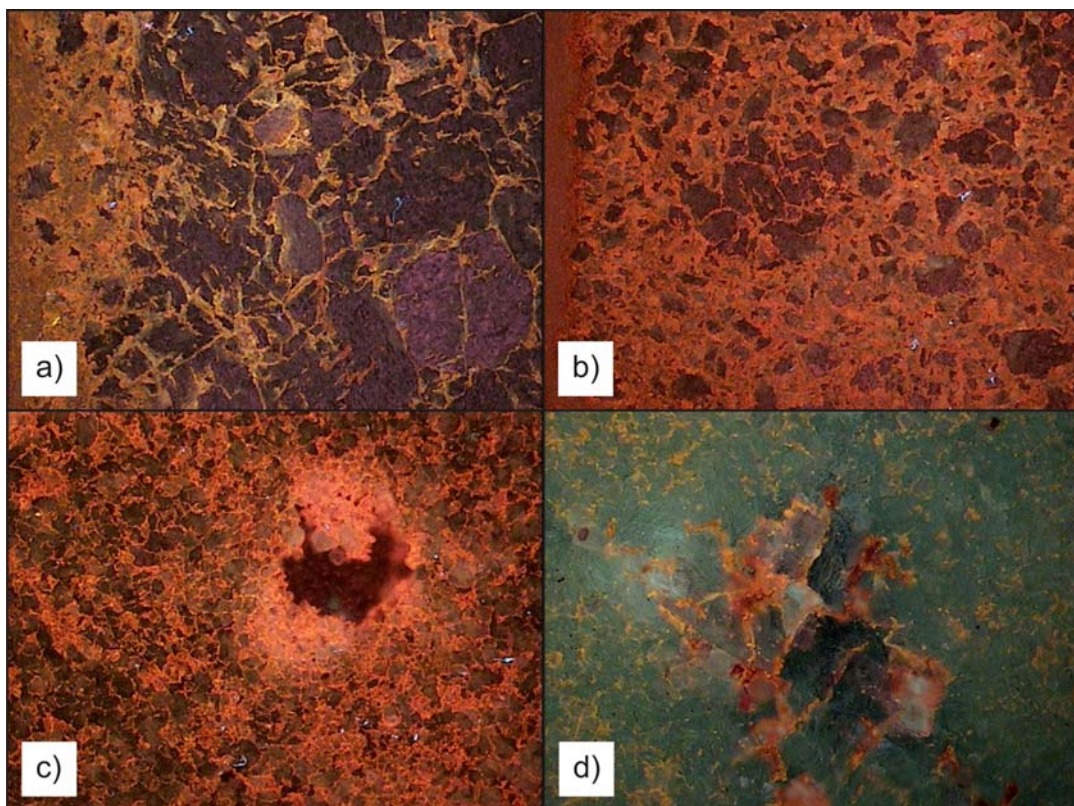


Abb. 52: Dünnschliffe randlich veraschter Dolomitgerölle (**a**), **b**) und **c**) 20-fache, **d**) 50-fache Vergrößerung; Auflicht-Fluoreszenz; Bildbreite 0,6 mm bzw. 0,25 mm, Dünnschliffaufnahmen Dr. G. Grundmann, TU München, 2010). Der sich im Zuge der Veraschung von der Gerölloberfläche (links) nach rechts in den Kern hinein aufweitende Intergranularraum ist in **a**) und **b**) aufgrund der orangerotleuchtenden Farben deutlich zu erkennen; **c**) zeigt eine Pore im Dolomit, **d**) ein „Nest“ größerer Dolomitkristalle, das einen deutlich größeren Intergranularraum besitzt als sein feinkörnigeres Umfeld.

Aber nicht nur der Intergranularraum sondern sämtliche Poren, deren Wandungen mit dünnsten Calcithäutchen belegt sind, werden mit dieser Methode sichtbar (siehe Abb. 52c). Die Calcithäutchen sind vermutlich sekundär durch Ausfällung aus kalkhaltigem Sicker- und Grundwasser entstanden, das über Kapillarkräfte in den Intergranularraum eingedrungen ist.

REM-Auswertung: Ergänzend zu den Dünnschliffuntersuchungen wurde die Dolomitasche und die Oberfläche von randlich veraschten Dolomitgeröllen im Rasterelektronenmikroskop untersucht, nachdem sämtliche lose Dolomitasche entfernt worden war (siehe Abb. 53, Abb. 54 und Abb. 55). Hierbei wurden keine tonigen „*Intergranularfilme*“ gefunden, wie sie SALGER (1978) postuliert hat, die für Quell- und Schrumpfprozesse und somit für eine mechanische Ursache der Dolomitveraschung verantwortlich sein sollen.

Erst in den REM-Aufnahmen wird der Prozess deutlich, der hinter der Dolomitveraschung steckt. Es handelt sich um eine chemische Lösungsverwitterung, um Karbonatlösung und somit um einen Prozess der Verkarstung, um **Korrosion**⁴²¹. Hierbei greifen saure Sicker- und Grundwässer die einzelnen Dolomitkristalle an und lösen sie von ihren Korngrenzen her beginnend an, wobei die rauhen, ankorrodierten Oberflächen der Dolomitkristalle entstehen und die Kristalle dabei kleiner werden. Dadurch wird der Intergranularraum zwischen den Dolomitkristallen aufgeweitet, der Kornverband geschwächt und das Gefüge aufgelockert, bis das Geröll ascheartig in seine einzelnen Kristalle zerfällt, ein Prozess, der an der Gerölloberfläche beginnt. Über den aufgeweiteten Intergranularraum können dann Wässer durch die Kapillarkräfte ins Geröll weiter eindringen, bis sie schließlich den Kern erreichen. Werden im Rahmen von Bodenbewegungen, z.B. beim Kiesabbau, teilweise oder vollständig veraschte Dolomitgerölle freigelegt und der Witterung ausgesetzt, bilden diese aufgeweiteten Intergranularräume eine optimale Angriffsfläche für die Kryoklastik, weshalb gerade im Frühjahr in den Kiesgruben die veraschten Dolomite besonders ins Auge fallen. In der Folgezeit spült der Regen die Dolomitasche in die Poren des unterlagernden Schotters ein.

⁴²¹ Auch FEZER (1969a: 102) spricht bei der Karbonatlösung in den Schmelzwasserschottern von Korrosion.

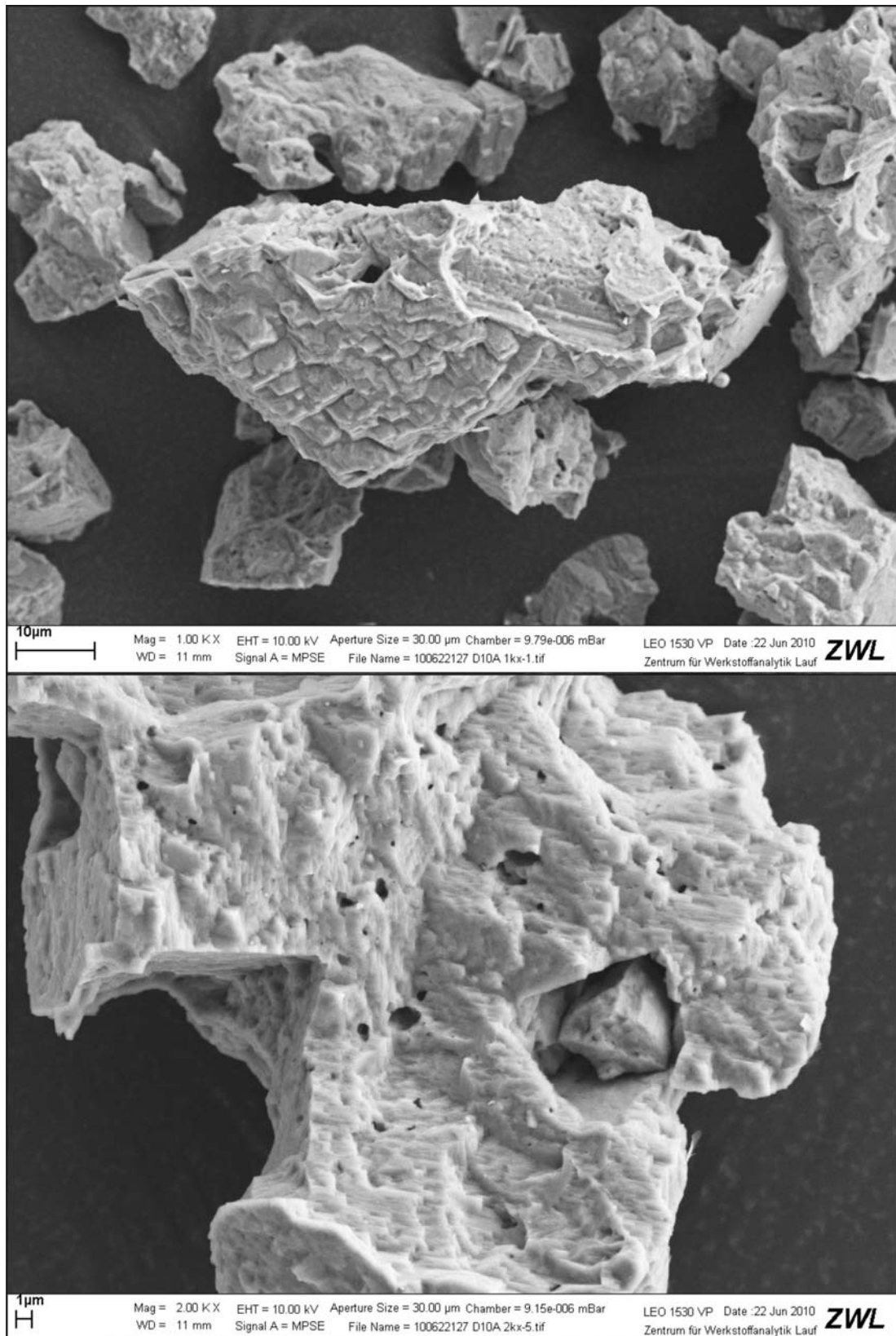


Abb. 53: Dolomitasche unter dem REM, Aufnahme ZWL, 2010. Deutlich ist die auffallend raue Oberfläche der Dolomitekristalle zu sehen, die durch Lösung (Korrosion) entstanden und gestaltet wurde. Durch die Korrosion werden die Dolomitekristalle randlich angelöst und verlieren an Volumen, wodurch der Intergranularraum zunimmt und die einzelnen Kristalle allmählich ihren Zusammenhalt verlieren. Dadurch wird das Gefüge aufgelockert bis der Kornverband vollständig verloren geht und das Geröll zerfällt. Exemplarisch ist dies im unteren Bild zu sehen, bei dem man das Gefühl hat, das größere Korn nur auf den „Kopf“ stellen zu müssen, damit das kleinere Korn aus seiner „Höhle“ fällt. Die „Höhle“ zeigt noch deutlich im Negativabdruck die ursprüngliche Größe und Kristallform des kleineren Korns.

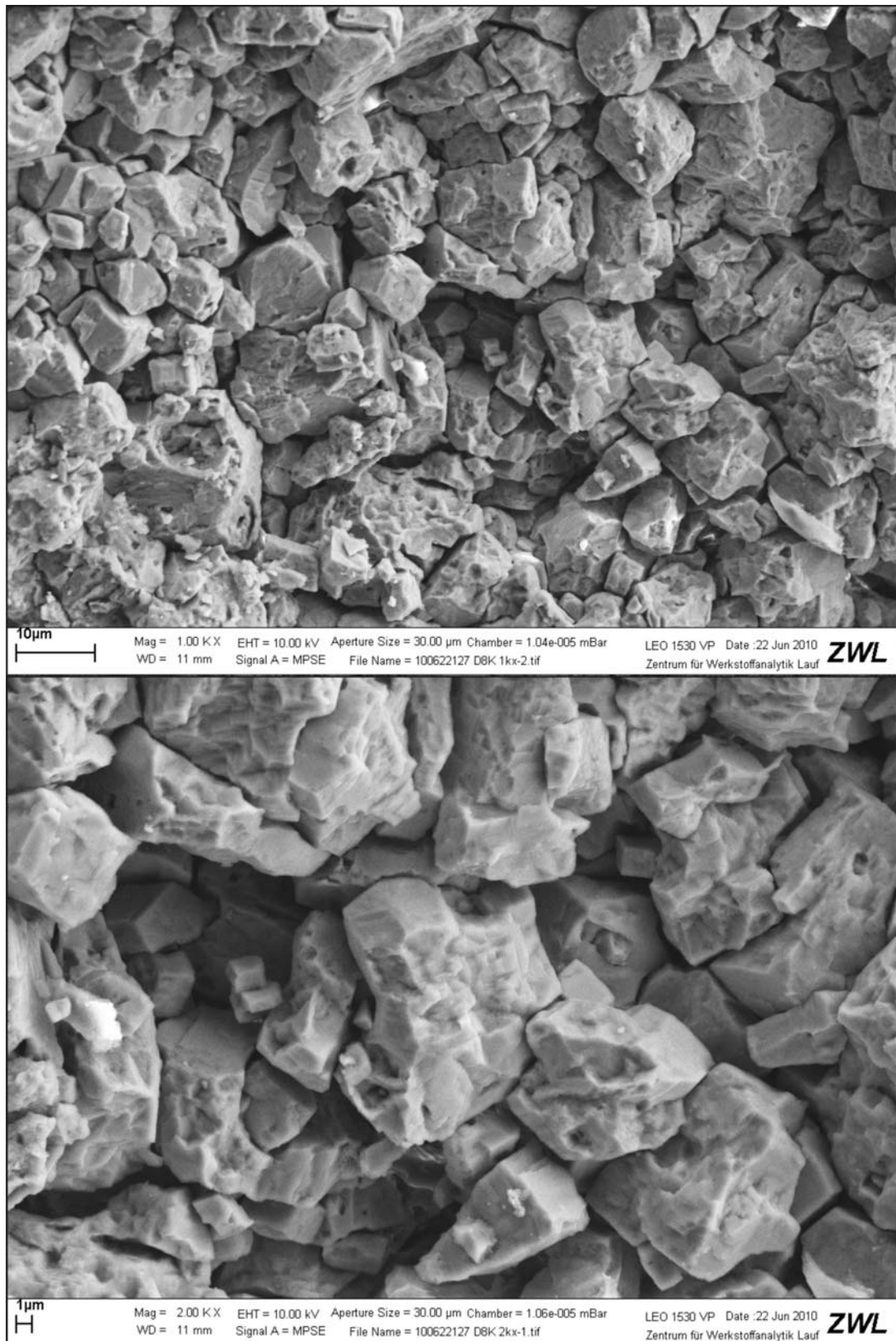


Abb. 54: Randlich veraschtes Dolomitgeröll unter dem REM, Aufnahme ZWL, 2010. Die obere Aufnahme zeigt den festen „Kern“ des Dolomitgerölls, nachdem sämtliche lose Dolomitasche von der noch „festen“ Gerölloberfläche entfernt worden ist; das untere Bild zeigt ein Detail (Bildmitte) des oberen Bildes. Deutlich sind neben den rauhen Kristalloberflächen der bereits durch Korrosion geweitete Intergranularraum zwischen den einzelnen Dolomitekristallen und das dadurch aufgelockerte Gefüge zu erkennen.

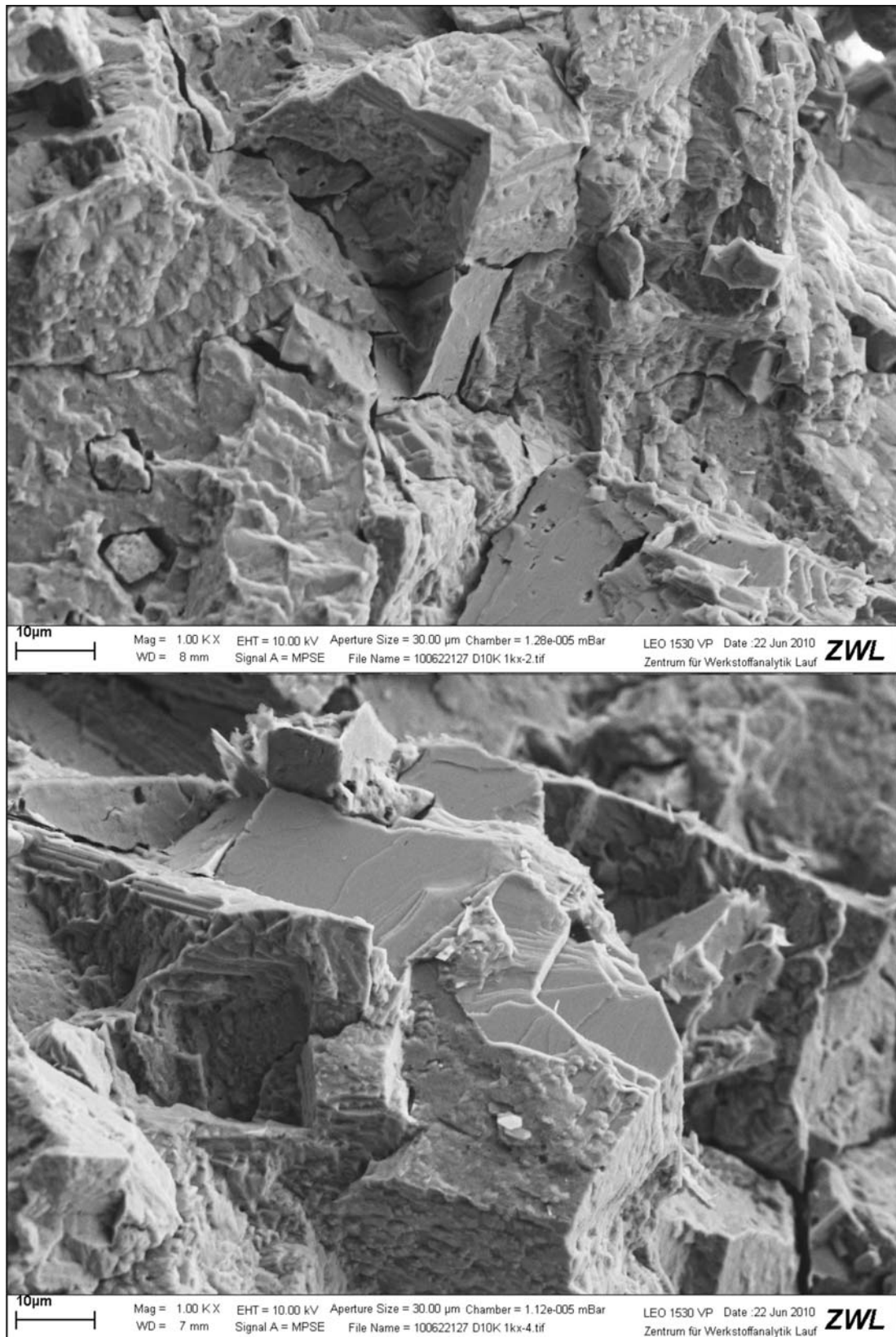


Abb. 55: Randlich veraschtes Dolomitgeröll unter dem REM, Aufnahme ZWL, 2010. Die obere Aufnahme zeigt den festen „Kern“ des Dolomitgerölls, nachdem sämtliche lose Dolomitasche von der noch „festen“ Gerölloberfläche entfernt worden ist. Deutlich sind neben den rauen Kristalloberflächen der bereits durch Korrosion geweitete Intergranularraum zwischen den einzelnen Dolomitkristallen und das dadurch aufgelockerte Gefüge zu erkennen. Im oberen aber besonders im unteren Bild sind bei der Probenbearbeitung durch mechanische Beanspruchung entstandene, frische Spaltflächen an zwei Dolomitkristallen zu sehen, die eindrucksvoll die Unterschiede zwischen einer frischen Spaltfläche und den rauen, ankorrodierten Kristalloberflächen zeigen.

Zusammenfassung Dolomitveraschung: Nach Auswertung sämtlicher Untersuchungen kommt man zu dem Schluss, dass es sich bei der Dolomitveraschung um einen reinen Korrosionsprozess handelt, bei dem an der Gerölloberfläche beginnend die Dolomitkristalle durch saure Wässer randlich angelöst werden. Dadurch wird der Intergranularraum zwischen den Dolomitkristallen aufgeweitet, und das Gefüge folglich so weit aufgelockert, bis das Geröll in seine einzelnen Kristalle zerfällt. Mit Hilfe dieser Erkenntnis lassen sich nun problemlos auch die vom Verfasser gemachten Beobachtungen von der Baustelle Terminal 2 am Münchener Flughafen erklären. Dort waren im obersten Meter der pleistozänen Schmelzwasserschotter der sog. Altstadtstufe (BRUNNACKER 1959b, 1964d) unmittelbar unter dem Moorboden des Erdinger Moores sämtliche Dolomitgerölle verascht, was für einen so „jungen“ Schotter sehr ungewöhnlich scheint. Weiß man nun aber, dass es sich bei der Dolomitveraschung um eine Folge von Korrosion handelt, dann wird klar, dass die sauren Moorwässer im großen Maße die Dolomitgerölle angegriffen und dadurch den ansonsten wesentlich langsamer ablaufenden Prozess der Dolomitveraschung erheblich beschleunigt haben. Die Dolomitveraschung wird also vom pH-Wert der Sicker- und Grundwässer gesteuert, wobei im Arbeitsgebiet die Sickerwässer aufgrund der enthaltenen Huminsäuren i.d.R. als saurer zu betrachten sind als die eher karbonatgesättigten Grundwässer in den Schmelzwasserschottern. Das bedeutet, dass unter der Grundwasseroberfläche die Dolomitveraschung langsamer ablaufen sollte als darüber in der ungesättigten Zone (FEZER 1969a: 104), wie Beobachtungen in Bohrungen sowie in Bau- und Kiesgruben vermuten lassen, bei denen der Grundwasserspiegel künstlich abgesenkt wurde. Für stratigraphische Überlegungen, bei denen die Dolomitveraschung als Indiz berücksichtigt wird, stellen sich somit immer die Fragen nach Paläo-Grundwasserständen in den Schmelzwasserkörpern, nach Grundwasserschwankungen, nach der ehemaligen Vegetationsbedeckung und v.a. nach der Lage und Ausdehnung ehemaliger Mooregebiete: Wie hat sich der Grundwasserspiegel innerhalb eines Schmelzwasserkörpers verändert, der ursprünglich mal eine Talfüllung darstellte, zwischenzeitlich als Terrasse am Hang lag und mittlerweile einen Molasseriedel krönt? Wo lagen beispielsweise im Mindel-Riss- oder im Riss-Würm-Interglazial die Moore, die mit dem heutigen Benninger Ried, dem Hundsmoor, dem Freisinger oder dem Erdinger Moos vergleichbar sind? Diese Fragen müssen fast immer unbeantwortet bleiben, da die Spuren davon nicht eindeutig oder wieder vollständig beseitigt sind.

Hohe Bitumen- oder Tonanteile im Intergranularraum der Dolomite verzögern oder verhindern das Eindringen von Wasser und somit auch die Veraschung. Dies könnte eine Erklärung dafür sein, dass einzelne Dolomitgerölle überhaupt keine Anzeichen von Veraschung aufweisen, während sämtliche ihrer Nachbarn im Schotterkörper bereits mehr oder weniger stark verascht sind.

Warum veraschen nicht auch die Kalkgerölle?⁴²² Diese Frage drängt sich auf, da doch Calcit eigentlich leichter löslich ist als Dolomit und somit von der Korrosion viel schneller angegriffen werden sollte. Dies hängt mit der Korngröße der Calcitkristalle und dem Gefüge zusammen. Die Calcitkristalle sind i.d.R. viel feinkörniger als die Dolomitkristalle, wie schon SALGER (1978) beobachtet hat, und dadurch wird das Gefüge so dicht, dass keine Wässer über den Intergranularraum in das Geröll eindringen können. Die Kalklösung findet somit tatsächlich nur auf der Gerölloberfläche statt. Dies kann auch für einzelne feinkörnige Dolomite gelten, denn es treten immer wieder Dolomitgerölle auf, die keinerlei Anzeichen von Veraschung zeigen. Ähnliche Beobachtungen haben GERSTENHAUER & PFEFFER (1966 zit. in FEZER 1969a: 112) an Kalken gemacht, die festgestellt haben, dass sich *„körnige Kalke schneller lösen als dichte, homogene mit muscheligen Bruch.“* Generell gilt aber, dass die

⁴²² Allerdings beschreibt FEZER (1969a) Kalkgerölle aus günzzeitlichen Schmelzwasserschottern, die veraschen: *„Nur in wenigen Aufschlüssen (z.B. Edenbachen) ist der Dolomitgrus noch erhalten, sonst ist alles außer den Calcit-Gerippen ausgespült. An ihre Stelle treten jetzt einzelne Kalke, die außen deutlich angewittert sind und manchmal sogar gelbe, braune oder schwarze Aschen bilden.“* (FEZER 1969a: 63) Derartige Beobachtungen wurden im eigenen Arbeitsgebiet an keiner Stelle gemacht. Falls es sich bei FEZER tatsächlich um Kalkgerölle gehandelt hat, könnten es arenitische oder sogar ruditische Kalke gewesen sein, die ähnlich wie die zuckerkörnigen Dolomite poröser sind und somit Wasser in den Intergranularraum eindringen kann.

Dolomite im Gegensatz zu den Kalken der Nordalpen gröber und wesentlich poröser sind, was primär schon mit der Dolomitisierung zusammenhängt, da Dolomit ($2,85$ bis $2,95 \text{ g/cm}^3$) im Gegensatz zu Calcit ($2,71 \text{ g/cm}^3$) eine höhere Dichte besitzt. Rechnerisch führt die Umwandlung von Calcit zu Dolomit zu einer Volumenabnahme von ca. 13% , was die schon primär höhere Porosität der Dolomitgesteine bewirkt. Und über diese bei der Dolomitisierung entstandenen Poren (samt Intergranularraum) kann nun Wasser vergleichsweise leicht in die Dolomitgerölle eindringen, wodurch eine ungleich größere Reaktionsoberfläche zur Verfügung steht, als wenn nur die Oberfläche der Kalkgerölle angegriffen würde. Aufgrund dieser großen und im Zuge der Korrosion sich immer weiter vergrößernden Reaktionsoberfläche scheinen die Dolomitgerölle von der Verwitterung viel schneller angegriffen zu werden, als die Kalkgerölle.

Ein weiterer Effekt könnten die CO_2 -Gehalte im Boden sein, denn laut FEZER (1969a: 88, 108, 109 Fig. 80) ist Dolomit im alkalischen Milieu bei sehr geringen CO_2 -Konzentrationen (um die $0,0006 \%$ CO_2) leichter löslich als Marmor. Ob dies auch auf Kalk übertragbar ist und wie hoch die CO_2 -Konzentrationen in einem „normalen“ Schmelzwasserschotter sind, lässt FEZER (1969a) allerdings offen, vermutet aber hierin einen Zusammenhang mit der Dolomitveraschung.

Ein weiterer Effekt, der für die Entwicklung einer in der Praxis anwendbaren Verwitterungsklassifizierung sehr wichtig ist, ist auch noch zu nennen: die Dolomitveraschung ist in den Aufschlüssen auffällig und leicht zu identifizieren, wohingegen die Lösung/Korrosion auf der Oberfläche der Kalkgerölle meist nur schwer zu erkennen und unmöglich zu quantifizieren ist, da ja immer der „frische“ Calcit an der Gerölloberfläche zu sehen ist. Wie groß war das Kalkgeröll einmal ursprünglich? Wie viel ist schon weggelöst? Diese Fragen sind i.d.R. nicht zu beantworten. Wohingegen man beim veraschten Dolomitgeröll meist noch die ursprüngliche Geröllgröße und -form und dadurch den Grad seiner Zersetzung bestimmen kann.

5.2.1.4 Zerfall/Zermürbung von Geröllen klastischer Sedimente

Der Zerfall/Zermürbung⁴²³ von Geröllen klastischer Sedimente geschieht v.a. durch das Lösen des Zementes/Bindemittels aus karbonatisch gebundenen, klastischen Sedimentgesteinen. Die Gefüge- und Druckfestigkeit sowie die Dichte der Gerölle werden kontinuierlich verringert bis die Gerölle in ihre klastischen Bestandteile zerfallen. Infolge dessen wird ebenfalls die Korngrößenverteilung innerhalb der Schotter Richtung Feinkorn verschoben und die bodenmechanischen Eigenschaften (Durchlässigkeit, Wasser- und Frostempfindlichkeit etc.) sowie die Wiederverwertbarkeit (Erdbau-, Zuschlagstoff etc.) verändert (siehe Tab. 56). Auflockerung der Gerölle und Umlagerung des daraus freigesetzten Materials sowie Setzungen des Schotterkörpers können auch hier die Folge sein. Enthält ein Schotterkörper sehr viele mürbe Komponenten nimmt auch die Tragfähigkeit des Schotters ab; wird er als Zuschlagstoff für Beton oder Asphalt verwendet, wirken sich die mürben Gerölle ebenfalls negativ auf die Druckfestigkeit des Baustoffes aus und die angewitterten Komponenten „saufen“ das Bindemittel (Zement bzw. Bitumen), so dass deutlich mehr Bindemittel benötigt wird.

Enthält ein Schmelzwasserschotter z.B. zahlreiche calcitisch gebundene Quarzsandsteine werden bei der Zermürbung die einzelnen Quarzkomponenten im Sandkornbereich freigesetzt und können die Abrasivität des Bodens erhöhen (siehe Kap. 5.3).

5.2.1.5 Vergroßung der kristallinen Gerölle

Der Verwitterungsprozess der Vergroßung betrifft magmatische und metamorphe Gesteine, v.a. Gneise, Glimmerschiefer, körnige Vulkanite und Ganggesteine (z.B. Porphyrite) sowie Tiefengesteine (z.B. Granite). Er ist mit der klassischen Verwitterung von Graniten vergleichbar, bei der es zur Bildung eines Granitgruses kommt. Schon EBERL (1930) beobachtete die

⁴²³ nach FEZER (1969a: 65, 107)

vergrusten, kristallinen Komponenten in den Schmelzwasserschottern des Arbeitsgebietes: „Immer sind dann die Gneise und Glimmerschiefer sehr verwittert.“ (EBERL 1930: 75).

Im Zuge der Verwitterung bleiben die relativ verwitterungsresistenten Mineralkörner, wie Quarz und Granat, erhalten und reichern sich durch die Auflösung der Karbonatkomponenten stetig an (FEZER 1969a: 90). Die Feldspäte und Glimmer wandeln sich dabei allmählich in Tonminerale um (Kaolinisierung) und das Gestein zerfällt zunächst v.a. in größere und kleinere Bruchstücke der Kies- und Sandfraktion, die weiter verwittern und zerkleinert werden. Die Bruchstücke sind eckig und scharfkantig, bleiben aber meist im Gefügeverband, da sie noch zu groß sind, um bei Suffosionsprozessen umgelagert zu werden. Wird der Boden allerdings bewegt, z.B. im Zuge einer Baumaßnahme, zerlegen sich die Gerölle sofort in ihre Bruchstücke. Dadurch werden zahllose scharfkantige Quarzkörner freigesetzt, die die Abrasivität des Bodens erhöhen können (siehe Kap. 5.3). FEZER (1969a: 90) betont im diesem Zusammenhang auch noch, dass bei der Verwitterung die Oberflächen der Quarzkörner, ebenso wie die mancher Schwerminerale, durch Lösungsprozesse „angefressen“ werden und dadurch noch scharfkantiger werden können.

Aber nicht nur saure Tiefengesteine sind von der Vergrusung betroffen sondern auch basische Magmatite, wie z.B. Porphyrite und basische Metamorphite, wie z.B. Amphibolite⁴²⁴. Amphibolite mit ihrem ausgeprägten Lagenbau (helle feldspatreiche Lagen und dunkle amphibolreiche Lagen) blättern im Zuge der Verwitterung entlang der feldspatreichen Lagen regelrecht auf und zerfallen in zahllose dünne Platten und Stengel. Besonders eindrucksvoll ist dies in der kristallreichen Basislage in der Kiesgrube Inneberg auf Blatt Nr. 7827 Babenhausen N' des Arbeitsgebietes zu sehen, die als prädonauzeitliche Bildung gedeutet wird (JERZ & WAGNER 1978: 46). Bei einer mechanischen Belastung, z.B. im Zuge von Aushubarbeiten, verlieren diese Metamorphite ihren Gefügeverband und zerfallen parallel zur Foliation, wobei zahllose, scharfkantige, ebenfalls verschleißrelevante dünne stengel- und plattenförmige Amphibolkörner freigesetzt werden.

5.2.1.6 Sonderfall „Skelettgerölle“

Viele Gerölle bestehen aus Gesteinen, die von zahlreichen, meist mit Calcit verheilten Klüften durchzogen sind. Hierzu gehören v.a. Dolomite und Kieselgesteine, die bei mechanischer Beanspruchung, z.B. im Zuge einer Faltung des Gesteinsverbandes, spröde reagieren und kleinstückig zerbrechen. I.d.R. greift die Verwitterung zunächst den Calcit an und löst ihn aus den Klüften und den Geröllen, wodurch das Gestein in ein kleinstückigen bis splittrigen Schutt zerfällt.

Diese sog. „Skelettgerölle“⁴²⁵ sind als Ausnahme zu betrachten, die bisher nur bei Kalk- und Dolomitgeröllen beobachtet wurden. Bei diesen Geröllen stellen die calcitischen Kluffüllungen das verwitterungsresistentere Material dar und die Kluffkörper wittern heraus, so dass letztendlich von den Geröllen nur ein Skelett aus Kluffüllungen zurück bleibt.

⁴²⁴ FEZER (1969a) nimmt an, dass vergruste Amphibolite nur in tertiären Ablagerungen zu finden sind: „Die schönen, grünweiß gestreiften, zähen Amphibolite fallen in jedem Schotter auf, auch wenn sie nur geringe Anteile einnehmen. Ihre ursprüngliche Heimat vermutet GEIGER in der Silvretta-Decke. Wegen ihrer Widerständigkeit haben sie sich schon beim Transport, noch mehr aber bei der Verwitterung in den Böden angereichert ... In Holozänböden sind die Amphibolite bis oben hin frisch und hart. Erst beim Aufschlagen zeigen einige von ihnen blässere oder bräunlichere Bruchflächen. Anders sehen sie in der Kiesgrube Frauenzell SE' von Leutkirch aus, hier ist ein tertiärer Schwemmkegel angeschnitten, in dem die Sickerwässer nicht nur Glimmerschiefer und Granite, sondern auch die Amphibolite vergrust haben (im Günzschotter von Eichenberg an der Rot, der immerhin 3 Warmzeiten durchgemacht hat, ist davon nichts zu merken). ... Die tertiäre Vergrusung reichte vermutlich noch tiefer und war weit intensiver als unter dem heutigen Klima, indem sie auch die Amphibolite lockerte.“ (FEZER 1969a: 114f)

⁴²⁵ FEZER (1969a: 63) spricht von „Calcit-Gerippen“.



Abb. 56: Skelettgeröll aus der in risszeitlichen Schmelzwasserschottern des Hawanger Feldes angelegten Kiesgrube Benningen; Photo des Verfassers vom 7.9.2009. An dem „Dolomit-Skelettgeröll“ sind deutlich die positiv herauswitternden calcitischen Kluftfüllungen zu erkennen. Die dolomitischen Kluftkörper sind oberflächlich weitgehend verascht und bereits ausgeschwemmt.

5.2.2 Verfestigung (Verwitterung i.w.S.)

Die Verfestigung als Prozess der Verwitterung i.e.S. zu betrachten, ist etwas problematisch, da die Verfestigung nicht unmittelbar von den von oben her angreifenden Verwitterungsprozessen gesteuert wird und v.a. in Bereichen des Schotterkörpers selbst abläuft, die von der Verwitterung noch nicht oder kaum beeinflusst sind. Allerdings wird der für die Verfestigung notwendige Calcit durch die Karbonatlösung im Rahmen der Verkarstung und Bodenbildung bereitgestellt, die zweifelsfrei zur Verwitterung gezählt wird. Im Zuge der Verfestigung ändern sich die bodenmechanischen Eigenschaften des Schotters, wie auch bei der Verwitterung i.e.S. gravierend. Ohne Verwitterung mit Karbonatlösung ist daher eine Verfestigung nicht denkbar; daher wird hier die Lithifizierung der Schmelzwasserschotter zur Verwitterung i.w.S. gestellt.

Mit der Entstehung der quartären (pleistozänen) Konglomerate befassten sich u.a. KLEIN (1940), FEZER (1969a), WEIDENBACH 1974 und ELBRACHT (2002).

Der bei den oben aufgeführten Prozessen gelöste Calcit wird als Calciumhydrogenkarbonat mit dem Wasser abtransportiert und kann an anderer Stelle in den Schmelzwasserschottern wieder ausgefällt werden. Allerdings findet diese Ausfällung nicht in der obersten Verwitterungszone statt, sondern nur in Bereichen, die unverwittert bis höchstens mittelstark verwittert sind. Dies hängt wohl mit dem Bodenchemismus zusammen, der in den Schmelzwasserschottern anfangs aufgrund der hohen Karbonatanteile basisch ist, im Zuge der Karbonatlösung aber immer saurer wird. Unterhalb eines bestimmten pH-Wertes ist eine Ausfällung von Calcit nicht mehr möglich und evtl. schon vorher ausgefallter Calcitzement geht wieder in

Lösung. Ausführlich mit den chemischen Grundlagen der Karbonatlösung und -ausfällung beschäftigt sich KLEIN (1940: 293ff).

Abhängig davon, ob Calcit in der gesättigten oder ungesättigten Zone ausgefällt wird, bildet sich auf den Kornoberflächen Faser- oder Hundezahnzement, während auf der Kornunterseite mikro-tropfsteinartiger Gravitationszement und an Kornkontakten Meniskuszement entstehen. Einzelne Poren können auch vollständig mit Blockzement ausgefüllt werden. Die Ausfällung des calcitischen Zementes läuft im Schmelzwasserschotter nicht gleichmäßig ab, sondern bevorzugt in den Bereichen mit weitgestuften Korngrößenspektrum. So entstehen zunächst unregelmäßig geformte, verfestigte Schotterkörper, die plattige, linsige, knollige, pfeiler- bis kumuluswolkenartige Formen besitzen können, bis letztendlich der gesamte Schotterkörper erfasst wird und nur noch einzelne Lagen, v.a. die enggestuften Grobsand- und Rollkieslagen, nicht oder nur sehr wenig verfestigt sind. Ausnahmen von dieser Regel wurden aber auch gefunden. So wurde in der Kiesgrube Benningen eine feingeschichtete Sandlage dokumentiert, die selektiv verfestigt war, während die über- und unterlagernden Schotter unverfestigt waren. Derartige Beobachtungen beschreibt auch WEIDENBACH (1974: 332f). Die Dokumentation der Aufschlüsse in den Schmelzwasserschottern und Konglomeraten im Arbeitsgebiet zeigt, dass Verfestigungen überall in einem Schotterkörper auftreten können; einige Baugrubenaufschlüsse und alte Brunnen in zentralen Bereichen der Hochflächen (z.B. Böhener Feld und Guggenberger Schotter) erbrachten auch dort massive Vorkommen von Konglomerat. Allerdings scheinen vor allem die Randbereiche entlang der Terrassenkanten besonders häufig und gut verfestigt zu sein (KLEIN 1940: 296f, FEZER 1969a: 99⁴²⁶, WEIDENBACH 1974: 331), so dass von einer mehreren Meter bis Dekameter mächtigen, intensiv verfestigten „Randzone“ im Bereich der Terrassenkanten und Verfestigungen in Form eines dreidimensionalen Netzes in den zentraleren Bereichen einer Hochfläche ausgegangen werden muss. Das bedeutet aber auch, dass es mindestens zwei Generationen der Verfestigung und somit zwei Zementationsphasen geben müsste:

1. Zementationsphase: Die erste Zementationsphase beginnt im geschlossenen Schotterkörper, z.B. in den würmzeitlichen Schmelzwasserschottern des Memminger Feldes. Dort konnten in verschiedenen Kiesgruben erste Calcit ausfällungen und Verfestigungen in Form von Gravitations- und Meniskuszement dokumentiert werden. Diese Zemente bilden sich überwiegend in der ungesättigten Zone. In der gesättigten Zone können sich auch Drusen- und Hundezahnzemente bilden (frdl. mündl. Mitt. Prof. Dr. H. Scholz). Allerdings ist die Festigkeit dieser Konglomerate noch sehr gering. Dabei muss natürlich berücksichtigt werden, dass die Schmelzwasserschotter erst höchstens um die 20000 bis 25000 Jahre alt sind und somit auch der Beginn der Zementation. Es ist damit zu rechnen, dass mit fortschreitendem Alter auch die Verfestigung stetig zunimmt und ein geschlossener Schotterkörper in weiten Bereichen zementiert werden kann.

2. Zementationsphase: Die zweite Zementationsphase kann erst im seitlich „geöffneten“ Schotterkörper, also in Terrassen- oder Hochflächenlage ablaufen. Hierbei werden unverfestigte oder bereits partienweise verfestigte Schmelzwasserschotter in den Randbereichen der Terrassen und Hochflächen verfestigt bzw. stärker/intensiver verfestigt. Dies hat wohl mit der Änderung der Druck- und Temperaturbedingungen und des CO₂-Gehaltes zu tun, denen das Grundwasser bei der Annäherung an die Terrassenränder unterworfen ist, denn die Mächtigkeit des Grundwasserkörpers nimmt mit Annäherung an einen Quellaustritt drastisch ab (FEZER 1969a: 98ff).

Bestätigt wird diese Annahme auch durch Beobachtungen am Hochufer der Isar am Südrand der Münchener Schotterebene, das für seine bis zu 30 m hohen Konglomeratwände und Steinbrüche bekannt ist. In ca. 1 km Entfernung zur Hochuferkante der Isar, also von sämtlichen in Verbindung mit der Hangkante stehenden Änderungen der Druck- und Temperaturbedingungen sowie des CO₂-Gehaltes weit genug entfernt, wurden in Pullach S' von Mün-

⁴²⁶ „Viele der kleinen Kiesgruben wurden wegen der lästigen Konglomeratbänke aufgegeben. Hat sich der Abbau aber einmal vom Tal her ein Stück in den Terrassenhang hineingefressen, so hören die Schwierigkeiten im allgemeinen auf (WEIDENBACH 1940 S. 11). Es kann durchaus wirtschaftlich sein, alte Schotter abzubauen: Ein schmaler Stich als Zufahrt, dann eine große Grube. Sie stört das Landschaftsbild wenig und kann später mit Müll verfüllt werden, weil sie nicht im Grundwasser liegt. Aber auch im Inneren einer Terrasse sind die Schotter gelegentlich verbacken.“ FEZER (1969a: 99)

chen im Jahre 2002 beim Aushub, der vom Verfasser ingenieurgeologisch dokumentiert wurde, in einer Baugrube ab einer Tiefe von ca. 5 m unter GOK Konglomerate angetroffen, die mit der Tiefe immer massiver wurden und zum Schluss nur noch mit dem Hydraulikanbaumeißel zu lösen waren. Sie setzten sich bis zur Baugrubensohle in 8,3 m unter GOK fort. Nach dem aus der Literatur (JERZ 1987: 96f) bekannten geologischen Lagerungsverhältnissen handelt es sich bei den oberen 5 m um die unverfestigten Schmelzwasserschotter der Würmkaltzeit und bei den Konglomeraten um die bereits erheblich verfestigten Schmelzwasserschotter der Risskaltzeit. Die unterlagernden Deckenschotter der Mindel- und der Günzkaltzeit (oder älter) wurden von der Baumaßnahme nicht erreicht und wären erst ab einer Tiefe von ca. 14 m angetroffen worden.

Vergleichbare Beobachtungen machte auch ROTHPLETZ (1913: 238): *„Die Nagelfluhbildung ist im Diluvium der Münchener Gegend eine weitverbreitete Erscheinung und keineswegs auf den Deckenschotter allein beschränkt. Sie kommt in ganz derselben Ausbildung auch in dem jüngeren Hoch- und Niederterrassenschotter vor und solche jüngere Nagelfluh kann man petrographisch nur dadurch von der Nagelfluh des älteren Deckenschotters unterscheiden, daß dieser frei oder ganz arm, jener aber sehr reich an erratischen Geschieben ist. ... Ein Unterschied besteht allerdings insofern, als im Niederterrassenschotter Nagelfluhbildung ganz selten und nur lokal, im Hochterrassenschotter zwar häufiger, aber doch jeweils auf einzelne Partien des Schotters beschränkt, im Deckenschotter aber viel allgemeiner entwickelt ist. Im Hochterrassenschotter liegt die Nagelfluh stets inmitten noch losen Schotters und bildet darin nur einzelne Lagen oder unregelmäßig begrenzte Partien, die an der Grenze gegen den Schotter oft an Festigkeit abnehmen und so mehr oder minder allmählich in lockeren Schotter übergehen. Beim Deckenschotter hingegen ist meist die ganze Schottermasse, soweit deren Aufschlüsse reichen, gleichmäßig in Nagelfluh verfestigt. Doch gibt es auch Ausnahmen und dann sind ähnlich wie im Hochterrassenschotter nur einzelne Lagen des Schotters verfestigt. Außerdem ist an der Grenze gegen den liegenden Flinz in zwei Brunnenschächten nachgewiesen worden, daß zwar der ganze Deckenschotter von oben herab verfestigt ist, und zwar in einer Mächtigkeit von 35-36 m, zu unterst aber noch als lockerer Kies erhalten geblieben ist (bei Sauerlach 0,8 bei Arget 5 m).“* Die Brunnen, die er anspricht, wurden 1902 abgeteuft und von ROTHPLETZ aufgenommen; Sauerlach liegt ca. 7 km S' Deisenhofen und Arget 4 km S' von Sauerlach (ROTHPLETZ 1913: 240). Diese unverfestigten Bereiche an der Basis der Deckenschotter sind ein eindeutiger Hinweis darauf, dass nicht nur die Verwitterung i.e.S. sondern auch die Verfestigung (Verwitterung i.w.S.) zu Konglomerat maßgeblich vom Grundwasserstand beeinflusst wird (WEIDENBACH 1974: 332). Die Festigkeit der Kornbindung im Konglomerat kann sehr unterschiedlich sein und im Abstand von wenigen Dezimetern bis zu einigen Metern stark wechseln. Es gibt weniger verfestigte Bereiche (nach DIN 18300 Bodenklasse 6), die noch problemlos vom Bagger gelöst und zerkleinert und stark verfestigte Bereiche (nach DIN 18300 Bodenklasse 7), die nicht mehr mit dem Bagger sondern nur noch mit Hydraulikanbaumeißeln, Fräs- oder Sprengarbeiten⁴²⁷ etc. gelöst werden können.

Durch die Lithifizierung (Verfestigung) wird ein Lockergestein allmählich zu einem Festgestein. Es ändert sich nicht nur die Bodenklasse nach DIN 18300 (Bodenklasse 3 zu 6/7), sondern damit verbunden die gesamten bodenmechanischen Eigenschaften (siehe Kap. 5.3). Im Arbeitsgebiet wurde kein Konglomerat gefunden, bei dem der gesamte Porenraum durch calcitische Zemente verfüllt war. Alle Konglomerate besitzen daher noch hohe Anteile an offenem Porenraum, der eine ähnlich hohe Durchlässigkeit wie bei unverfestigten Schmelzwasserschottern gewährleistet. Somit sind die Konglomerate trotz ihres Festgesteinscharakters nach DIN 18130 noch als stark durchlässige Porengrundwasserleiter einzustufen (BELLMANN 2009, FIXL 2009, CHEN 2011a).

Unter dem Einfluss der Verwitterung i.e.S. kann das Konglomerat verkarsten, v.a. entlang von Trennflächen (siehe I. Teil Kap. 6), und oberflächennah allmählich wieder in ein Lockergestein übergehen.

Ein im Kartiergebiet nicht aufgefundenenes, aber in anderen Gebieten häufiger beschriebenes (u.a. FISCHER & SPAUN 1962: 41, SPAUN 1963: 169) Phänomen, das an eine Verfesti-

⁴²⁷ FISCHER & SPAUN (1962: 41)

gung/Verkittung erinnert, tritt dann auf, wenn schluffiges Material die Kornzwischenräume im Schotter nahezu vollständig ausfüllt und als ziemlich festes Bindemittel wirkt, so dass der Schotter nicht mehr mit der Baggerschaufel gelöst werden kann. Dieser mit Schluff „verbackene“ Schotter zerfällt aber allmählich unter Einfluss der Verwitterung bzw. künstlichen Wasserlagerung im Labor, wie es typisch für veränderlich feste Gesteine ist. Daher sollte man in so einem Fall eher von „Verbackung“ und nur bei einer dauerhaft festen, mineralischen Bindung, z.B. durch Calcit, die durch chemische Ausfällung entstanden ist, von Verfestigung oder Verkittung sprechen.

5.2.3 Der Einfluss des Grundwassers auf die Verwitterung i.e.S. und die Verfestigung

Während der Geländearbeiten und bei der Auswertung der Bohrdaten wurde deutlich, dass das Grundwasser einen erheblichen Einfluss auf die Verwitterung und Verfestigung hat.

Einfluss auf die Verwitterung i.e.S.: Bei Erreichen der gesättigten Zone wird die Oberflächenverwitterung und v.a. die Tiefenverwitterung aufgrund der Pufferung der sauren Sickerwässer durch das karbonatgesättigte Grundwasser erheblich verzögert bis gestoppt (FEZER 1969a: 104). Hinzu kommt, dass durch das Strömen des Grundwassers die gepufferten sauren Sickerwässer verschleppt und mit dem Grundwasser vermischt werden, so dass keine punktuelle Karbonatlösung mehr stattfinden kann. Erst wenn der pH-Wert des Grundwassers soweit erniedrigt ist, dass Karbonatlösung wieder stattfinden kann, kann die Verwitterung erneut den Schmelzwasserschotter angreifen.

Einfluss auf die Verfestigung: Ähnlich wie bei der Karbonatlösung verhält es sich bei der Verfestigung durch Karbonatausfällung, die nach Auswertung der Geländebefunde und Bohrdaten offenbar nur in der ungesättigten Zone stattfindet. Vergleichbare Beobachtungen beschreibt auch SPAUN (1963: 167) aus dem inneralpinen Ennstal: *„... können die obersten Partien der heutigen Terrasse nur relativ kurze Zeit im Grundwasser gelegen haben. Gerade diese Schichten zeigen aber eine besonders kräftige Verkittung, während die heute noch im Grundwasserbereich liegenden Schotter nur sehr schwach oder gar nicht verfestigt sind.“*

So können Verwitterungstiefen und verfestigte Bereiche neben Horizonten mit Fe- und Mn-Oxid- und -Hydroxidausfällungen wertvolle Hinweise über Paläo-Grundwasserstände und frühere Grundwasserschwankungsbereiche liefern, mit deren Hilfe man Vermutungen zu den hydrogeologischen Verhältnissen in den Spät- und Postglazialen der verschiedenen Kaltzeiten anstellen kann, die sich von den aktuellen Verhältnissen erheblich unterscheiden, da die heute in Terrassen- oder Höhenrückenlage liegenden, älteren, meist eher geringmächtige Grundwasservorkommen beinhaltenden Schmelzwasserschotter einst Talfüllungen mit ergiebigen Grundwasservorkommen dargestellt haben.

5.3 Der Einfluss der chemisch-biogenen Verwitterung auf die bodenmechanischen und geotechnischen Eigenschaften

Änderung der Korngrößenverteilung: Verkarstung, Veraschung, Zermürbung und Vergrusung zerlegen den überwiegenden Teil der Komponenten in Schmelzwasserschottern und verschieben dadurch die Korngrößenverteilung Richtung Feinkorn (BAUER et al. 2005).

Die Böden verlieren den Großteil ihrer Kieskomponenten; sie werden sandiger und v.a. schluffiger und toniger, was erhebliche Auswirkung auf deren bodenmechanische und geotechnische Eigenschaften und deren Verwertbarkeit bzw. Wiederverwertbarkeit hat: aus einem Sediment mit überwiegend bimodaler Kornverteilung wird ein gemischtkörniger Boden. Alle Eigenschaften, die vom Feinkorngehalt eines Bodens und der Druckfestigkeit der Komponenten abhängen, wie Frost- und Wasserempfindlichkeit, Kapillarität, Rieselfähigkeit, Lösbarkeit, Verdichtbarkeit, Verwert- bzw. Wiederverwertbarkeit (z.B. als Erdbaustoff oder Zuschlagsstoff), Setzungs- und Rutschanfälligkeit sowie Tragfähigkeit verschlechtern sich und

die Qualität des Schmelzwasserschotters wird gemindert. Allein die Erosionsanfälligkeit gegenüber fließendem Wasser wird verringert und somit verbessert.

Änderung der Kornform und Kornoberfläche: Mit der Entfernung zum Gletscherrand nimmt auch die Transportweite und damit auch die Rundung der Gerölle und das Glätten der Gerölloberflächen zu. Viele Kalke sind polierbar und bekommen völlig ebene und glatte Oberflächen. Durch die Verwitterung wird die Gerölloberfläche wieder uneben und rauher oder das Geröll zerfällt sogar in eckige, scharfkantige Bruchstücke. Dies hat Auswirkungen auf die Verdichtbarkeit, denn eckige Komponenten lassen sich im Erdbau schlechter als gut gerundete verdichten. Bei der Verwendung als Zuschlagstoff sind Gerölle mit rauher Oberfläche für die Zement-/Bitumenhaftung von Vorteil, da glatte bis fast polierte Gerölle durch Zement/Bitumen kaum gebunden werden können.

Änderung des Locker- bzw. Festgesteinscharakters: Ebenso einschneidend wie die Änderung der Korngrößenverteilung ist die Verfestigung der Schmelzwasserschotter durch calcitischen Zement. Die Frost- und Wasserempfindlichkeit, die Kapillarität, die Rieselfähigkeit, die Setzungs- und Rutschanfälligkeit, die Erosionsanfälligkeit gegenüber fließendem Wasser sowie die Tragfähigkeit werden verbessert, aber die Qualität eines verfestigten Schmelzwasserschotters „steigt“ dennoch nicht, denn die sehr wichtige Lösbarkeit (siehe DIN 18300), die Verdichtbarkeit, die Verwert- bzw. Wiederverwertbarkeit (z.B. als Erdbaustoff oder Betonzuschlagsstoff) verschlechtern sich erheblich; v.a. der erhöhte Löseaufwand, z.B. durch einen Hydraulikanbaumeißel, durch eine Anbaufräse oder sogar durch Sprengen, und die Aufbereitung des Aushubmaterials, z.B. durch einen Brecher, sind gravierende Zeit- und Kostenfaktoren.

Änderung der Durchlässigkeit: Im Gegensatz zur deutlichen Verringerung der Durchlässigkeit im Zuge der Verlehmung, verändert sich die Durchlässigkeit durch die Verfestigung nur geringfügig, da die Zementation in den pleistozänen Konglomeraten im Gegensatz zu den Molassekonglomeraten meist nicht soweit voranschreitet, dass sämtlicher Porenraum durch Calcit ausgefüllt wird. Quartäre Konglomerate bleiben im Normalfall nach DIN 18130 durchlässige bis stark durchlässige **Porengrundwasserleiter**.

Allerdings können sie auch noch zusätzlich als **Kluftgrundwasserleiter** fungieren, da die verfestigten Schmelzwasserschotter auf mechanische Einflüsse wie ein Festgestein reagieren und als Folge von Spannungen Klüfte entstehen. Werden diese Klüfte durch Verkarstung erweitert, kann man sogar noch von einem **Karstgrundwasserleiter** sprechen. Somit können die verfestigten Schmelzwasserschotter sowohl als Poren- als auch als Kluft- sowie als Karstgrundwasserleiter auftreten, wobei der Charakter des Porengrundwasserleiters überwiegt, wenn man einen Schotterkörper hydrogeologisch als Ganzes betrachtet. Lokal kann aber eine stark wasserführende Kluft, z.B. bei einem Tunnelvortrieb, zu erheblichen Problemen führen.

Ein anderes, mit den Klüften zusammenhängendes Schlüsselproblem, z.B. für einen Tunnelvortrieb, sind Klüfte, deren Kluftwandungen mit Sintertapeten überzogen sind oder in die Verwitterungslehme eingeschwemmt wurden. Sie können somit als steilstehende Grundwasserstauer auftreten, in denen sich einsickerndes Niederschlagswasser oder hinter denen sich möglicherweise das horizontal anströmende Grundwasser lokal aufstauen kann, was u.U. größere Wassermengen und einen höheren Wasserdruck bedeutet. Treten neben diesen wasserstauenden Klüften auch noch feinkornreiche Lagen in den Schmelzwasserschottern auf, kann es aus hydrogeologischer Sicht zu einer Kammerung des Gebirges kommen, was Maßnahmen zur Wasserhaltung erschweren würde.

Erhöhung des Anteils der verschleißrelevanten Komponenten – Änderung der Abrasivität: Zu den verschleißrelevanten Komponenten in den Schmelzwasserschottern gehören Kieselkalke und -dolomite, diverse Hornsteine, klastische Sedimente mit kieseligem Bindemittel, kieseliger Matrix und/oder kieseligen Komponenten sowie Kristallingerölle, die v.a. Quarz und Amphibole als verschleißrelevante Minerale enthalten. Im Zuge der Verwitterung reichern sich diese verwitterungsresistenten Materialien relativ gesehen an, da die kalkigen

und dolomitischen Komponenten allmählich verschwinden. Hinzu kommt, dass die meisten der zurückbleibenden Gerölle in einen kleinstückigen Schutt oder sogar in ihre einzelnen Mineralkörner zerfallen. Der kleinstückige Schutt und die Minerale sind im Gegensatz zu den meist gut gerundeten Ausgangsgeröllen scharfkantig, da sie keinem Transport unterworfen bzw. eingebettet im Geröll vor der Rundung beim Transport geschützt waren. Die Gerölle zerfallen zwar, bleiben aber noch im Gefügeverband. Erst wenn der Boden mechanisch bewegt wird, z.B. im Zuge einer Baumaßnahme, verlieren die Gerölle ihren Gefügeverband und zerlegen sich in ihre Bestandteile. Schlagartig kommt es zu einer Anreicherung von scharfkantigen Komponenten v.a. in der Fein- bis Mittelkies- und in der Mittel- bis Grobsandfraktion. Inwieweit dies tatsächlich zu einer Erhöhung oder sogar Verringerung der Abrasivität führt, muss noch untersucht werden, da ja auch beim Lösevorgang intakte, verschleißrelevante Gerölle rein mechanisch zerkleinert werden können und scharfkantige Bruchstücke bilden. Allerdings betrifft dieses Zerbrechen beim Lösen bei weitem nicht alle Gerölle, und viele von ihnen bleiben intakt und somit gut gerundet. Solchen Böden kann jedoch bereits zu diesem Erkenntnisstand eine erhöhte Abrasivität attestiert werden. Zu berücksichtigen ist in jedem Fall der Arbeitsprozess, mit dem der Boden gelöst, gefördert und geladen wird. Beim normalen Abbaubetrieb in einer Kies- oder Baugrube mit einfachem Lösen und Laden durch einen Bagger oder Lader werden sicherlich keine Probleme bezüglich erhöhter Abrasivität auftreten. Anders schaut es allerdings bei eher mahlenden Arbeitsprozessen aus, wie sie z.B. bei der Bohrpfahlerstellung oder generell bei Bohrarbeiten auftreten. Dort hat die schleifende Wirkung des Bodens einen viel größeren Einfluss. Wenn dann noch vermehrt scharfkantige, abrasive Komponenten auftreten, kann dies u.U. zu einem erhöhten Verschleiß an den Geräten führen.

Zusammenfassung: Fasst man nun all diese Beobachtungen zusammen, kann man aus ingenieurgeologischer Sicht jeden einzelnen Prozess qualitativ betrachtet bewerten und das Ganze in Form einer Tabelle darstellen (siehe Tab. 56).

Tab. 56: Änderung der geotechnischen Eigenschaften der Schmelzwasserschotter im Zuge der chemisch-biogenen Verwitterung;
 ↑ = nimmt zu, 0 = kein Einfluss, ↓ = nimmt ab.

Verwitterungsprozess	Teilprozess	Setzungsanfälligkeit	Tragfähigkeit	Lösbarkeit	Wasserempfindlichkeit	Frostempfindlichkeit	Erosionsanfälligkeit	Kapillarität	Verdichtbarkeit	Abrasivität	Wiederverwertbarkeit	Rutschanfälligkeit
Verkarstung	Entkalkung	↑	↓	↓	↑	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑
	Verbraunung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	↓	0
	Versauerung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	↓	0
	Verlehmung	↑	↓	↓	↑	↑	↓	↑	↓	↓	↓	↑
	Anreicherung verschleißrelevanter, kieseliger Komponenten	0	0	↓	0	0	0	0	0	↑	0	0
Veraschung		↑	↓	↓	↑	↑	↓	↑	↓	↓	↓	↑
Zermürbung / Vergrusung		↑	↓	↓	↑	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑
Verfestigung		↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↓	↓

5.4 Zusammenfassung der chemisch-biogenen Verwitterung

Langfristig betrachtet, führt die Verwitterung, v.a. das Auflösen von Karbonat (Verkarstung von Lockergesteinen), zu einem enormen Volumen- sowie Masseverlust und damit verbunden zu einer gravierenden Reduzierung der Mächtigkeit: allein 60 bis 80 % der Kieskomponenten verschwinden, das gelöste Karbonat wird abtransportiert und zurück bleiben wenige Residuallehme; Sackungen und Setzungen sind die Folge (siehe Kap. 6.1). Typisch für Schmelzwasserschotter ist, dass sie im Zuge der Verwitterung nahe der Oberfläche stark verlehmen und so allmählich aus einem nichtbindigen ein bindiges Lockergestein entsteht. Der andere Extremfall ist, dass der oberflächennah gelöste Kalk in tieferen Bereichen der ungesättigten Zone des Schotters an Kornkontakten als calcitisches Bindemittel wieder ausgefällt wird (beispielsweise Meniskuszement), so dass es zu einer Lithifizierung (Verfestigung) der Schotter kommt, die nur punktuell oder großräumig auftreten kann. So kann aus ein und demselben nichtbindigen Lockergestein bei der Verwitterung gleichzeitig sowohl ein bindiges Lockergestein als auch ein Festgestein werden. Damit kommt es zu einer Änderung der Bodenart, der Bodenklasse, der Bodengruppe, der Lagerungsdichte, der Frostempfindlichkeit, der Durchlässigkeit/Injizierbarkeit, der Wiederverarbeitbarkeit/-wertbarkeit, der Lösbarkeit, des Setzungsverhaltens, der Verwitterungsempfindlichkeit, der Erosionsanfälligkeit, der Kapillarität, der Rutschgefahr und der Verdichtbarkeit.

Gerade die „Veraschung“ der Dolomitgerölle und die Verlehmung im Zuge des Auflöserns der Kalkgerölle in Verbindung mit Materialumlagerungen durch Suffosion verschieben teilweise erheblich die Korngrößenverteilung der nicht unmittelbar von der Verwitterung nahe der Oberfläche beeinflussten Schmelzwasserschotter in den Feinkornbereich und verändern dadurch z.B. die Durchlässigkeit der Schotter.

Da die Verwitterung selektiv angreift, kommt es zu einer Anreicherung der verwitterungsresistenten, v.a. kieseligen Komponenten, wodurch nicht nur die Abrasivität erhöht sondern auch das gesamte petrographische Spektrum drastisch verschoben wird. Erfasst die Verwitterung den gesamten Schotterkörper, bleiben vollständig entkarbonatisierte, überwiegend kieselige Restschotter übrig, die abhängig von ihrer Restmächtigkeit die ursprüngliche Mächtigkeit des einstigen, unverwitterten Schmelzwasserschotters nur erahnen lassen, denn nahezu überall auftretendes Bodenfließen (nach BÜDEL 1960 zit. in GERMAN 1962a: 74 und PRINZ & STRAUß 2006: 351 ab mehr als 2° Hangneigung), das zu den Massenbewegungen zählt, führt zu Materialumlagerungen und damit zu Änderungen der Mächtigkeiten. Berücksichtigt werden muss auch die Oberflächenerosion durch Wind (Ausblasen von Feinmaterial bei offener oder fehlender Vegetation, v.a. während der Kaltzeiten), Niederschlag (Abschwemmen) und fließende Gewässer (Einschneiden und rückschreitende Erosion von Flüssen und Bächen). Daher sind quantitative Überlegungen problematisch, bei denen versucht wird, von einer im Gelände dokumentierten Mächtigkeit der Schotterlehme oder Restschotter auf die ursprüngliche Mächtigkeit des einstigen, unverwitterten Schmelzwasserschotters zu schließen (siehe Kap. 6.1).

Mineralumwandlungen und -neubildungen, zu denen es im Zuge der Verwitterung im einzelnen Geröll oder im Schmelzwasserschotter als Ganzes und letztendlich der Bodenbildung kommt, stellen ein Thema für sich dar.

6. Geologische Orgeln

6.1 Tiefenverwitterung in den Schmelzwasserschottern des Hawanger Feldes

Ausbildung: In der Kiesgrube des Kieswerkes Kling konnten bei allen bisherigen Ortsbegehungen an der sich im Abbau befindlichen Ost- und Südwand nicht nur die überall vorhandene Oberflächenverwitterung dokumentiert sondern auch zapfen-, schlauch- oder schlotartige Verwitterungserscheinungen beobachtet werden, die in den angewitterten bis mittelstark verwitterten Schmelzwasserschotter hineinreichen (siehe Abb. 58, Abb. 59 und Abb. 58). Bereits JERZ & WAGNER (1978: 53 Abb. 12) haben im Rahmen der Bearbeitung von Blatt Nr. 7927 Amendingen die Kiesgrube Benningen besucht und dort die Geologischen Orgeln beobachtet.

Die Schlote verlaufen vertikal, haben meist Durchmesser von 0,3 bis 1,0 m und Tiefen von 1 bis 2 m. Einige Schlote sind 4 bis 5 m und wenige über 7 m tief, wobei das untere Ende nicht aufgeschlossen war. Dabei bleibt der Durchmesser über die gesamte Tiefe weitgehend konstant und zeigt nur wenige und kleine Ausbauchungen oder Einschnürungen. Völlig unbeeinflusst von dem annähernd horizontalen Schichtungsgefüge in den Schmelzwasserschottern scheint die Tiefenverwitterung abzulaufen und schlotartige, vertikale Strukturen auszubilden. Im oberen Teil sind die Schlote mit dem rostbraunen Schotterlehm gefüllt, doch im unteren Bereich bestehen sie, wie der umgebende Schotter, aus angewitterten bis mittelstark verwitterten Schmelzwasserschottern, allerdings stark aufgelockert und mit deutlichen Sackungsstrukturen, die sich nach oben auch in den mit Schotterlehm verfüllten Bereich fortsetzen (siehe Abb. 60 und Abb. 62). Allerdings scheinen sich die Sackungsstrukturen weder im flächig verbreiteten, überlagernden Schotterlehm noch im Lösslehm fortzusetzen, zumindest wurden bisher keine Hinweise darauf in der Kiesgrube Benningen gefunden, was vielleicht mit Kryoturbation oder geli- und solifluidalen Prozessen erklärt werden kann.



Abb. 57: Aufschlusswand der Kiesgrube Benningen, Photo des Verfassers vom 4.7.2010. Schlotartig in die angewitterten bis mittelstark verwitterten Schmelzwasserschotter hineinreichende Verwitterungsstruktur in den risszeitlichen Schmelzwasserschottern des Hawanger Feldes; die Struktur ist mit rostbraunem, entkalkten Schotterlehm gefüllt, der deutliche Sackungsstrukturen aufweist.

BRUNNACKER (1953a) beschreibt allerdings derartige Sackungsstrukturen vom Steinheimer Feld und versucht sie zeitlich einzustufen: „Schürfungen im Bereich und Umkreis einer ausnehmend breit angelegten Verwitterungstasche in der Kiesgrube nördlich Steinheim zeigten, daß sich die Untergrenze der sandig-lehmigen Deckschicht in den Verwitterungstrichter mit einsenkt. Bei den Grabungen wurde zufällig noch eine zweite derartig gebaute Tasche angeschnitten. Bei beiden Taschen handelt es sich keinesfalls um ehemalige Rinnen oder Frostkeile, sondern um von oben gesehen, trichterförmig-runde Bildungen. Aber auch bei den sonst spitz-trichterförmigen Verwitterungstaschen folgt die Untergrenze der Deckschicht in allerdings abgeschwächter Form der Grenze des frischen Schotters zu seinem Verwitterungslehm. Wäre der Schotterverwitterungshorizont, wie er heute vorliegt, vor der Überlagerung mit der Deckschicht entstanden, dann dürften derartige Einsackungen an seiner Oberfläche nicht vorkommen. Sie müßten vielmehr mit von der Seite zugetragenen Schotterverwitterungsmaterial verfüllt sein und darüber dürfte dann erst die sandig-lehmige Deckschicht mit einigermaßen ebener Untergrenze folgen. ... , daß die Einsackungen der Deckschicht in die Verwitterungstaschen erst nach Auflage der Deckschicht entstanden sind, d.h. aber, daß der Schotterverwitterungshorizont im wesentlichen erst nach Auflage der Deckschicht entstanden sein kann.“ (BRUNNACKER 1953a: 117)



Abb. 58: Abbauwand in der Kiesgrube Benningen; Photo des Verfassers vom 24.2.2009. Schlotartige, mindestens 3,8 m von oben her in die angewitterten bis mittelstark verwitterten Schmelzwasserschotter hineinreichende Verwitterungsbildung in den risszeitlichen Schmelzwasserschottern des Hawanger Feldes.

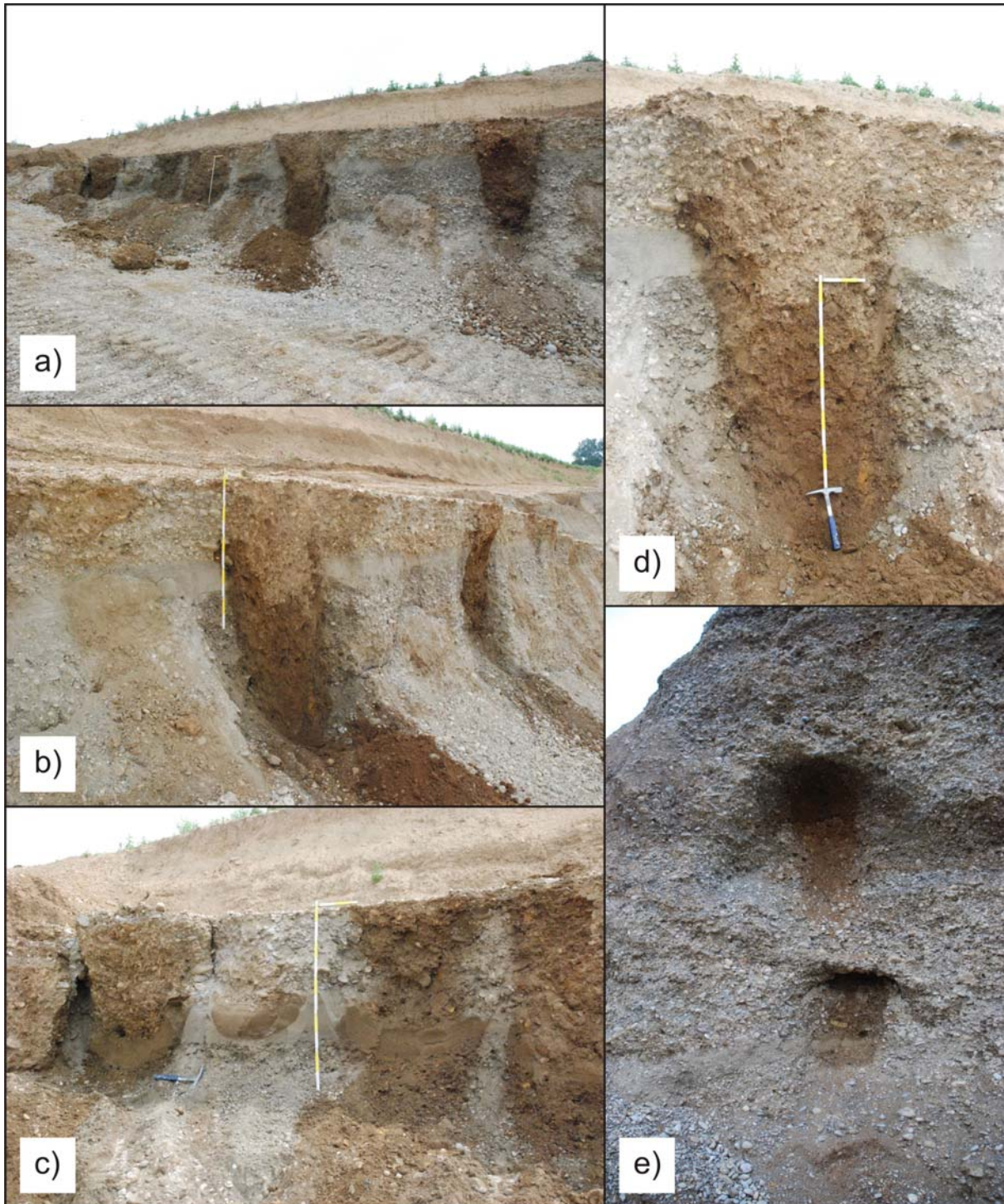


Abb. 59: Aufschlusswände der Kiesgrube Benningen, Photos des Verfassers, **a)** bis **d)** vom 4.7.2010, **e)** vom 15.10.2009. Schlotartig in die angewitterten bis mittelstark verwitterten Schmelzwasserschotter hineinreichende Verwitterungsstrukturen in den risszeitlichen Schmelzwasserschottern des Hawanger Feldes; eine weit durchziehende Sandlage in den Schmelzwasserschottern verdeutlicht die Sackungen innerhalb der Geologischen Orgeln. **d)** zeigt nochmals die Geologische Orgel von Abb. 57, in der die Sandlage um ca. 0,7 m bis auf die Höhe des Hammerkopfes nach unten verschleppt und dabei in der Mächtigkeit stark reduziert wurde. **e)** zeigt eine von unten her angeschnittene Geologische Orgel in einer leicht überhängenden Abbauwand in der SE-Ecke der Kiesgrube, die Füllung der Geologischen Orgel aus Schotterlehm ist teilweise herausgefallen und hat in den lagenweise verfestigten Schmelzwasserschottern eine röhrenartige Hohlform hinterlassen.



Abb. 60: Kiesgrube Benningen, Photo des Verfassers vom 30.4.2009. Sackungsstrukturen in angewitterten bis mittelstark verwitterten Schmelzwasserschottern im unteren Teil eines Verwitterungsschlotes in den risszeitlichen Schmelzwasserschottern des Hawanger Feldes.



Abb. 61: Abbauwand in der Kiesgrube Benningen; Photo des Verfassers vom 30.3.2011. Geologische Orgel in den risszeitlichen Schmelzwasserschottern des Hawanger Feldes; deutlich sind die Sackungsstrukturen sowohl im oberen, mit rostbraunem Schotterlehm gefüllten Teil als auch im unteren, grauen Teil der Geologischen Orgel zu erkennen. Anschnittsbedingt endet der sichtbare Teil der Geologischen Orgel knapp unterhalb des Meterstabes; bei der verbrauchten, sichelförmigen Struktur unterhalb des Meterstabes handelt es sich um abgeschwemmten Schotterlehm, der sich auf einem Vorsprung der Abbauwand angesammelt hat.



Abb. 62: Abbauwand in der Kiesgrube Benningen; Photo des Verfassers vom 7.9.2009. Durch Sackung verschleppte Sandlage im oberen, mit Schotterlehm verfüllten Teil eines Verwitterungsschlotes in risszeitlichen Schmelzwasserschottern des Hawanger Feldes.

Die Schlotfüllung ist insgesamt aufgelockert bis stark aufgelockert, besitzt aber im Bereich des Schotterlehms aufgrund des Feinkornanteils eine erhöhte Kohäsion, was ein Ausrieseln bzw. Ausfließen des Schotterlehmes beim Anschnitt in der Böschung verhindert. Aufgrund des höheren Feinkornanteils besitzt der Schotterlehm auch ein größeres Feinporenvolumen und damit eine erhöhte Kapazität Wasser zu speichern; dies wird auch durch die fast überall zu beobachtende intensive Durchwurzelung der Schlotfüllungen aus Schotterlehm deutlich. Auf der anderen Seite stellen die stark aufgelockerten Schlotfüllungen aus sandigem Schottermaterial vertikal verlaufende Zonen mit stark erhöhter Wasserwegigkeit dar. Außer Sandlagen (siehe Abb. 62) konnten keine Reste von glazifluvialen Sedimentgefügen in den Schlotfüllungen aus Schotterlehm gefunden werden, was auf eine intensive Durchmischung infolge der Verwitterungs- und Sackungsvorgänge zurückzuführen ist.

Ebenso wie die Grenze bei der Oberflächenverwitterung zwischen den angewitterten bis mittelstark verwitterten, grauen Schmelzwasserschottern im Liegenden und den stark bis sehr stark verwitterten Schmelzwasserschottern (Schotterlehm) im Hangenden ist die Grenze zwischen dem Schotterlehm der Schlotfüllung und dem umgebenden Schotter unregelmäßig aber recht scharf (siehe Abb. 63) und wird durch den Farbwechsel von grau zu rostbraun sehr deutlich nachgezeichnet.

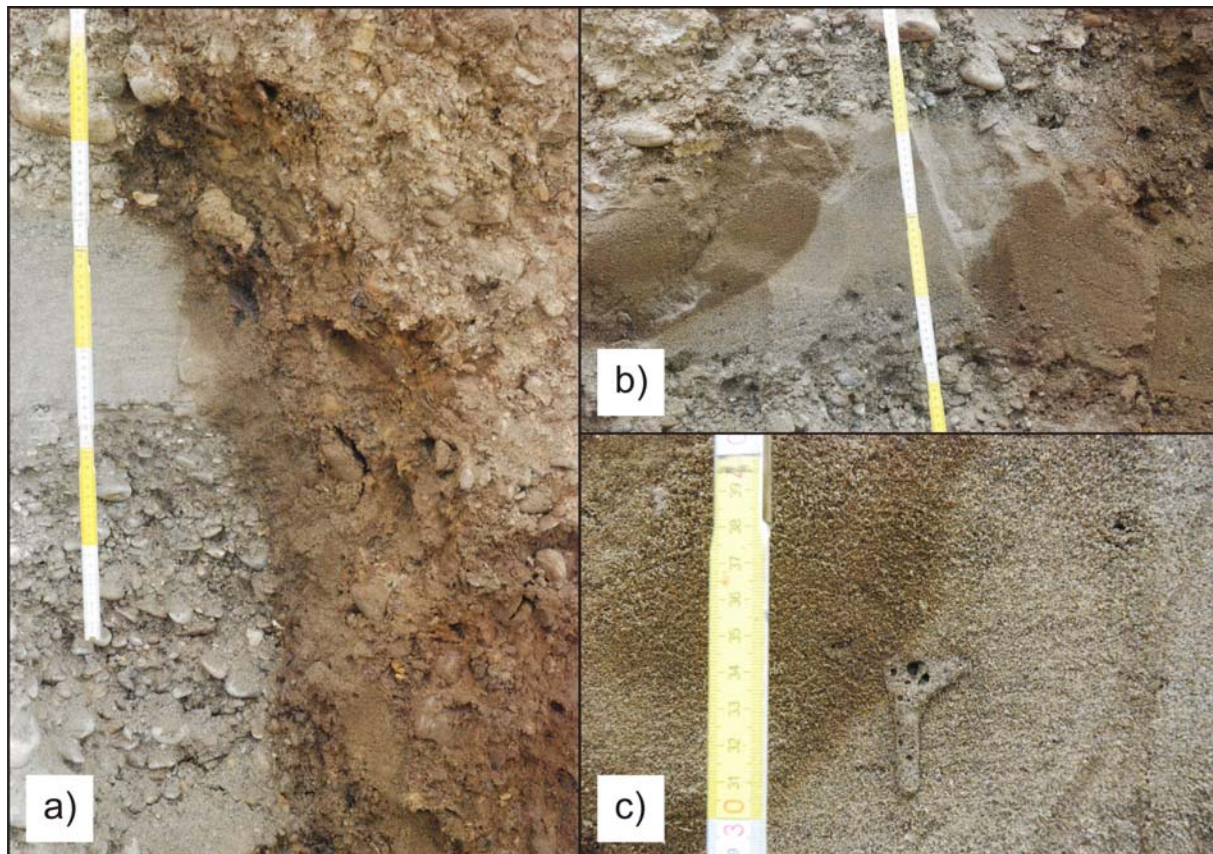


Abb. 63: Abbauwand in der Kiesgrube Benningen; Photos des Verfassers vom 4.7.2010. Geologische Orgeln im risszeitlichen Schmelzwasserschotter des Hawanger Feldes. Die Grenze zwischen der Geologischen Orgel und dem umgebenden Schotter ist scharf und wird durch den Farbwechsel deutlich nachgezeichnet. In a) ist zu erkennen, wie die Sandlage in der Geologischen Orgel nach unten verschleppt und dabei in der Mächtigkeit erheblich reduziert wird. In c) wurde der unterschiedliche Karbonatgehalt durch Auftropfen von verdünnter Salzsäure untersucht: im grauen Sand rechts kam es zu einer heftigen Reaktion mit Aufschäumen und Blasenbildung während im braunen Sand links keine Reaktion erfolgte und die Salzsäure einfach spurlos versickerte. Der Übergang kalkhaltig/kalkfrei liegt im Bereich von 1 bis 2 mm und fällt exakt mit dem Farbwechsel zusammen.

Bei der Grenze handelt es sich aber nicht nur um einen Farbwechsel sondern auch um eine sprunghafte Änderung im Karbonatgehalt. Innerhalb von 1 bis 2 mm geht der graue, kalkhaltige Sand (Schotter) in den rostbraunen, kalkfreien Sand (Schotter) über.

Räumliche Verbreitung: Im Zeitraum Februar 2009 bis Januar 2010 wurde in der Kiesgrube Benningen auf einer Fläche von etwa 4500 m² Kies abgebaut und phasenweise geologisch dokumentiert. Hierbei zeigte sich, dass die schlotartige Tiefenverwitterung auf der gesamten Fläche auftritt und die einzelnen Schlotte i.d.R. Abstände von 1 bis 2 m besitzen (siehe Abb. 64). Teilweise liegen sie aber auch ca. 3 bis 4 m entfernt oder so dicht beieinander, dass sich die einzelnen Schlotte überschneiden. An den alten, stark verstürzten Abbauwänden in der Kiesgrube und der N' benachbarten, aufgelassenen Grube können überall derartige zapfen- und schlotartige Strukturen einer Tiefenverwitterung erkannt werden. Somit ergibt sich eine Fläche von etwa 60 Hektar am Westrand des Hawanger Feldes, auf der diese Schlotte dokumentiert werden konnten. Allerdings zeigte sich über die Zeit, dass es offenbar Zonen gibt, in denen eher tiefe/ lange Geologische Orgeln auftreten und andere Zonen, in denen eher nur kurze zu beobachten sind. Hinweise auf Ursachen für diese Unterschiede wurden aber nicht gefunden.



Abb. 64: Kiesgrube Benningen in risszeitlichen Schmelzwasserschottern des Hawanger Feldes; Photos des Verfassers, oben vom 6.3.2009, unten vom 17.3.2009. Rampe auf die obere Berme; deutlich ist die Größe (Größenmaßstab 5 l-Eimer, oberes Bild) und rundliche Form der Verwitterungsschlote, die Verteilung in der Fläche und der räumliche Abstand der Schlote zueinander im schrägen Anschnitt zu erkennen.



Abb. 65: Kiesgrube Benningen; Photos des Verfassers vom 30.3.2011. Nachdem der Schotterlehm („Rotlage“) als Vorbereitung für den weiteren Kiesabbau weitgehend abgeschoben worden ist, werden die Ansatzpunkte der Geologischen Orgeln und deren räumliche Verbreitung deutlich sichtbar. Neben einzelnen Geologischen Orgeln kommen auch Scharen vor, die stellenweise so eng beieinander liegen, dass sie sich überschneiden und ganze Ketten bilden.

Diese schlotartigen Verwitterungsstrukturen in den Schmelzwasserschottern des Hawanger Feldes sind, obwohl sie noch keine Hohlformen darstellen, ebenfalls als Geologische Orgeln anzusprechen und stellen nicht die einzigen Vertreter dieses Phänomens im Arbeitsgebiet

dar. Sie wurden auch in allen älteren Schmelzwasserschottern (mindelzeitlich und älter) dokumentiert (siehe Kap. 6.2 und 6.4). Ebensolche Strukturen sind auch aus anderen Gegenden mit karbonatreichen Schmelzwasserschottern bekannt (siehe Kap. 6.2).

Alter der Geologischen Orgeln des Hawanger Feldes: Da man davon ausgehen muss, dass die Bildung der Geologischen Orgeln nur über dem Grundwasserspiegel stattfinden kann, stellt sich die Frage nach dem Grundwasserstand im Hawanger Feld im Riss-Würm-Interglazial. Konnte im Riss-Würm-Interglazial überhaupt die Hauptbildungszeit der Geologischen Orgeln gewesen sein oder erst im Holozän und hält sie bis heute an? Da die würmzeitlichen Schmelzwasserschotter im Arbeitsgebiet nicht einmal ansatzweise Geologischen Orgeln besitzen und auch aus anderen Regionen in jungen Schmelzwasserschottern keine beschrieben sind, muss die Hauptphase der Bildung der Geologischen Orgeln älter sein als die Würmkaltzeit. Wenn der Grundwasserstand im Hawanger Feld im Riss-Würm-Interglazial einige Meter unter der Geländeoberfläche lag, wie es heute auch im benachbarten Memminger Trockental der Fall ist, dann spricht nichts gegen die Entstehung der Geologischen Orgeln im Riss-Würm-Interglazial. Und die punktförmige Tiefenverwitterung hält heutzutage sicher auch noch an und wird so lange weiterlaufen, bis die Geologischen Orgeln die Molasseoberfläche erreicht haben. Anschließend wird sich die Verwitterung (Versauerung, Verbraunung, Verlehmung und Dekarbonatisierung) zeitgleich mit der von oben voranschreitenden Oberflächenverwitterung von den Orgeln in die Breite entwickeln, bis der ganze Schotterkörper durchdrungen ist, falls die Konglomeratisierung den Prozess nicht erheblich verzögert.

Volumenverluste durch die Verwitterung: Eine weitere interessante und für schotterstratigraphische Überlegungen bedeutende Tatsache ist die Frage nach dem Massen- und Volumenverlust durch die Verwitterung, denn bei der Parallelisierung getrennt liegender Schotterkörper spielte und spielt nicht nur die Schotterunterkante sondern auch die Schotteroberkante eine wichtige Rolle. Was bedeutet denn z.B. eine 2 m mächtige Schotterlehmdecke für die ursprüngliche Schottermächtigkeit und Höhenlage der Schotteroberkante? Bereits FEZER (1969a: 98) wies darauf hin, dass „die an der Lösungsfront umgesetzten Karbonatmengen ... im Lauf der Zeit zu einem Absinken der Erdoberfläche“ führen und gibt eine Formel von DREIMANIS (1957, 1961 zit. in FEZER 1969a: 98) wieder, mit der man aus der jetzigen Bodenmächtigkeit und dem Anteil der Nichtkarbonate die ursprüngliche Bodenmächtigkeit errechnen kann (siehe Abb. 66).

$$\text{ursprüngliche Bodenmächtigkeit} = \frac{100 * \text{jetzige Bodenmächtigkeit}}{\text{Anteil der Nichtkarbonate im Schotter}}$$

Abb. 66: Formel nach DREIMANIS (1957, 1961 zit. in FEZER 1969a: 98), mit der man aus der jetzigen Bodenmächtigkeit und dem Anteil der Nichtkarbonate die ursprüngliche Bodenmächtigkeit errechnen kann.

FEZER (1969a: 98) führt anschließend ein Beispiel an: „Ein Mindelschotter enthält 30 % Nichtkarbonat, der darauf entwickelte Boden ist heute 3 m mächtig. Er war also ursprünglich 10 m mächtig und die Oberfläche ist 7 m abgesackt.“ und weist auf mögliche, differenzielle Setzungen an der Geländeoberfläche hin: „In älteren Schottern fallen auch die Lösungsverluste in größerer Tiefe ins Gewicht. Weil die Sickerbahnen weiter und ungleichmäßig verteilt sind, sacken die hangenden Schichten ungleichmäßig, Gerölle zerspringen, in einem Fall ist sogar eine geschlossene Hohlform entstanden.“

Überträgt man nun diese Formel auf das Arbeitsgebiet und rechnet mit 77 % (nach CORDING 2009⁴²⁸), mit 72 % (nach KNAPP 2010⁴²⁹), mit 68 % (nach BIERSACK 2011⁴³⁰) und mit 95 %

⁴²⁸ CORDING (2009) ermittelte im Rahmen seiner Masterarbeit, die vom Verfasser betreut wurde, die Karbonatgehalte anhand von Geröllauszählungen in der Kiesgrube Benningen (risszeitliche Schmelzwasserschotter). Der Karbonatgehalt der Grobkiesfraktion in den „frischen“ grauen Schottern schwankt zwischen 62 % (Minimalwert) und 85 % (Maximalwert).

(nach RÖGNER & LÖSCHER 1993: 87) Karbonatanteil, dann ergeben sich bei einer jetzigen Mächtigkeit des Schotterlehms von ca. 2 m eine ursprüngliche Schottermächtigkeit von 8,7 m, 7,1 m, 6,3 m und 40,0 m (siehe Tab. 57).

Tab. 57: Ermittlung der ursprünglichen Mächtigkeiten aus der jetzigen Mächtigkeit des Schotterlehms nach einer Formel von DREIMANIS (1957, 1961 zit. in FEZER 1969a: 98).

	CORDING (2009)	KNAPP (2010)	BIERSACK (2011)	RÖGNER & LÖSCHER (1993)
Mächtigkeit Schotterlehm [m] (jetzige Bodenmächtigkeit)	2	2	2	2
Anteil der Karbonate [%]	77	72	68	95
Anteil der Nichtkarbonate [%]	23	28	32	5
ursprüngliche Schottermächtigkeit [m] (ursprüngliche Bodenmächtigkeit)	8,7	7,1	6,3	40,0

Dies bedeutet, wenn man die Ergebnisse nach CORDING (2009), KNAPP (2010) und BIERSACK (2011) zusammenfasst, dass 1 m Schotterlehm einer ursprünglichen Mächtigkeit eines Schmelzwasserschotterers von ca. 3,7 m entspricht. Somit müsste die Oberfläche des Hawanger Feldes vor der Verwitterung mindestens um 7,4 m höher gelegen haben, wenn man erosive Prozesse vernachlässigt, die die Mächtigkeit des Schotterlehms u.U. reduziert haben. Andersherum betrachtet, bleiben von 1 m Schmelzwasserschotter allein durch die Karbonatlösung maximal 0,3 m Schotterlehm übrig. Bei dieser Berechnung sind allerdings noch nicht die Reduzierung des Porenvolumens und somit die Erhöhung der Lagerungsdichte beim Übergang Schmelzwasserschotter zu Schotterlehm berücksichtigt, was sicher ebenfalls ein paar Zentimeter „Setzung“ ausmacht. Ein weiterer, wesentlich einflussreicherer Prozess ist die Tiefenverwitterung und die Ausbildung Geologischer Orgeln: nimmt man eine Geologische Orgel mit 1 m Durchmesser sowie einer Tiefe von 2 m an, ergibt dies ein Volumen von ca. 3,14 m³ für die Geologische Orgel. Nimmt man ferner einen durchschnittlichen Karbonatgehalt von ca. 72 % an, so müssen ca. 11,2 m³ Schotter verwittern, um diese Geologische Orgel mit Schotterlehm zu füllen, was einem Würfel mit ca. 2,25 m Kantenlänge entspricht. Zusammenfassend könnte man also sagen, dass es sich bei den 2 m Schotterlehm in der Kiesgrube Benningen um eine Mindestmächtigkeit handelt und dass die Schotteroberfläche des Hawanger Feldes vor Verwitterung und Erosion wohl mindestens zwischen 8 und 10 m höher lag als heute. Diese Hypothese ist auch dahingehend spannend, als dass dadurch die Frage aufgeworfen wird, ob es während der Risskaltzeit für Schmelzwässer möglich war, aus dem Memminger Trockental über den Sattel E' von Hawangen ins Tal der Westlichen Günz zu gelangen. Hierfür sprechen die heutige Höhenlage (Hawangen und der Sattel sowie das Hawanger Feld liegen alle auf ca. 637 m ü.NN) und hauptsächlich die Morphologie der E-Seite des Sattels (ungewöhnlich flache Hangneigung und Weitung des Talquerschnittes der Westlichen Günz).

Diese Reduzierung der Höhenlage der Schotteroberflächen scheinen auch so bedeutend zu sein, dass stratigraphische Einstufungen und Verknüpfungen von getrennten Schotterkörpern, die auf der jetzigen Geländeoberflächen gründen, gründlich durchdacht sein wollen, v.a. da man auch berücksichtigen muss, dass es sich bei der jetzigen Bodenmächtigkeit meist um sekundär veränderte Mächtigkeiten handelt. Erosion verringert die Mächtigkeit und hinterlässt nur eine Mindestmächtigkeit wohingegen durch solifluidale Umlagerungsprozesse von benachbarten Hochlagen stellenweise die Mächtigkeit erheblich vergrößert sein kann.

⁴²⁹ KNAPP (2010) ermittelte im Rahmen ihrer Bachelorarbeit, die vom Verfasser betreut wurde, die Karbonatgehalte anhand von Geröllauszählungen in der Kiesgrube Benningen (risszeitliche Schmelzwasserschotter) und in einer Kiesgrube im Ziegelberger Trompetentälchen (würmzeitliche Schmelzwasserschotter).

⁴³⁰ BIERSACK (2011) ermittelte im Rahmen seiner Masterarbeit, die vom Verfasser betreut wurde, die Karbonatgehalte anhand von Röntgendiffraktometrie (XRD) an Schotterproben in der Kiesgrube Benningen (risszeitliche Schmelzwasserschotter). Der Gesamtkarbonatgehalt der Grobkiesfraktion in den „frischen“ grauen Schottern liegt bei 60 % (38 % Calcit und 30 % Dolomit) und im braunen Schotterlehm bei < 1 % (0 % Calcit und < 1 % Dolomit).

6.2 Geologischen Orgeln im nördlichen Alpenvorland

Geologische Orgeln⁴³¹ sind im nördlichen Alpenvorland aus vielen Gegenden bekannt, allerdings stets nur für Schmelzwasserschotter, die mindelzeitlich oder älter eingestuft werden (EBERL 1930: 221, 294, SCHAEFER 1973: 196f). Aus den riss- und würmzeitlichen Schmelzwasserschottern waren Geologische Orgeln bisher scheinbar weitgehend unbekannt, da nur wenige Literaturangaben darüber gefunden werden konnten. Eine der wenigen Ausnahmen betrifft das inneralpine Ennstal bei Hiefiau in der Steiermark. Dort wurden bei der baugelogeologischen Erkundung und baubegleitenden Dokumentation im Rahmen des Baues eines Wasserschlossgerinnes und eines Speicherbeckens („Wagspeicher“) auf der Waghochfläche für das Krafthaus Hiefiau in Schottern schlotartige Strukturen angetroffen, die als Geologische Orgeln gedeutet wurden (FISCHER & SPAUN 1962, SPAUN 1963, 1967, KUSCHER 1964).

Die Waghochfläche wird von sich etwa 70 bis 80 m über den heutigen Ennsspiegel erheben den Schottern aufgebaut, die etwa 50 m mächtige Seetone überlagern und ins Hochwürm gestellt werden. Bergseitig erstreckt sich noch eine weitere Schotterterrasse, deren Oberfläche etwa 10 m höher liegt und die sich deutlich im Grad der Verfestigung und der Sortierung ihrer Schotter von den hochwürmzeitlichen Schmelzwasserschottern der eigentlichen Waghochfläche unterscheidet. Nur in dieser Hochfläche wurden die Geologischen Orgeln dokumentiert. Das Auffällige an diesen Geologischen Orgeln ist aber die Füllung, die nicht, wie sonst oft beschrieben, aus braunen Verwitterungs-/Schotterlehmen besteht, sondern aus dem umgebenden Schotter, der allerdings stark aufgelockert ist⁴³², was dem unteren Bereich der langen Geologischen Orgeln in der Kiesgrube Benningen entsprechen könnte. Erkennbar waren daher die Geologischen Orgeln im Ennstal nicht am Farb- und Materialwechsel sondern meist erst nach dem Abräumen der überdeckenden Humus- und Lehmschichten, wenn bei stärkeren Regenfällen oder Erschütterungen während des Baubetriebes die Füllung zusammensackte. (FISCHER & SPAUN 1962: 37ff, SPAUN 1963:153, 158, 171, 1967: 80ff, KUSCHER 1964: 115)

Aufgrund der deutlich intensiveren Verfestigung und der besseren Sortierung (gut sortierte Sand-Kies-Gemische mit geringen Block- und Feinkornanteilen) wird für diese Schotter ein höheres Alter angenommen: FISCHER & SPAUN (1962: 37, 42) gehen von einem ebenfalls würmzeitlichen Alter aus, stellen die Schotter aber ins Frühwürm: *„Da sich im Alpenvorland, ungeachtet aller Unterschiede der Auffassung, immer deutlicher herausstellt, daß der Würmhochstand aus zwei zeitlich weit auseinander liegenden Hauptstadien besteht, liegt es nahe, in dieser Terrassengliederung ein inneralpines Abbild dieser Würmgliederung zu vermuten. Darnach würde die höhere Flur, in der das Wasserschloßgerinne mit seinen Einbrüchen liegt, etwa vor 60 000 Jahren aufgeschüttet worden sein; eine leichte Temperaturerhöhung in der Zwischenzeit zwischen erstem und zweitem Hochstand von etwa 25 000 Jahren hätte dann zum ersten Abtrag mit den oben geschilderten Folgerungen geführt, worauf dann die abermalige Auffüllung bis zur Höhe der eigentlichen Wagflur folgte.“* FISCHER & SPAUN (1962: 42) Möglicherweise handelt es sich aber auch um ältere interglaziale oder risszeitliche Schotter.

⁴³¹ Den Geologischen Orgeln ähnliche Strukturen sind sog. „Konglomeratorgeln“, wie sie z.B. FENNINGER (2000) aus der oberkarbonen Auering-Gruppe der Karnischen Alpen (Naßfeld, Österreich) beschreibt. Hierbei handelt es sich ebenfalls um schlotartige Strukturen allerdings v.a. in Kalk- und Dolomitsteinen, die eine Füllung aus Konglomerat besitzen. Diese Gebilde besitzen Längen knapp unter 2 m sowie Durchmesser von 4 bis 44 cm und werden von FENNINGER als Strudellöcher gedeutet. Darüber hinaus treten in den überlagernden Sandstein-Konglomerat-Wechselfolgen Sackungserscheinungen in Form von ca. 30 cm tiefen Wannen mit Durchmessern von ca. 1 m auf.

⁴³² *„In den allgemein horizontal gelagerten Schottern, die zum überwiegenden Teil fest verkittet sind, gibt es karstschlauchartige Lockerungszonen, in denen jede Bindung fehlt und die sich dadurch in einem labilen Gleichgewicht befinden. Bei Störung dieses Gleichgewichtes kommt es zu einem „Ausfahren“ der lockereren Schotter und zur Bildung von langen, lotrechten Schläuchen bis zu einem Durchmesser von 1 m. Das Durchgreifen dieser Schläuche durch feste Konglomerat-, lose Schotter- und Sandlagen zeigt, daß es sich nicht um eine sedimentär bedingte Erscheinung handeln kann, sondern daß ein lokales Fehlen des Bindemittels, vorliegt.“* (SPAUN 1963: 170f)

In anderen Regionen wird meist nur von zapfen- bis taschenartigen Verwitterungsstrukturen, die selten mehr als einen Meter in die Tiefe reichen, berichtet (z.B. FEZER 1969a: 20f). WEIDENBACH (1974: 336) schreibt von „*Verwitterungsschlotten*“ und betont ausdrücklich, dass diese „*senkrechten Orgeln*“ sowohl in Konglomerat als auch in „*lockeren Kiesen*“ zu finden sind. Für den Memminger Raum ist dies bei JERZ & WAGNER (1978: 53 Abb. 12, 98, 104) nachzulesen, die für die Kiesgrube Benningen von einer „... *beginnenden Tiefenverwitterung mit Ansätzen zu „Geologischen Orgeln*“ schreiben (JERZ & WAGNER 1978: 53). In besagter Kiesgrube Benningen konnten nun in den risszeitlichen Schmelzwasserschottern beim mittlerweile weit fortgeschrittenen (im Vergleich zu JERZ & WAGNER 1978) Kiesabbau Geologische Orgeln dokumentiert werden, die mindestens 7 m tief (ca. 11 m unter GOK) in die angewitterten bis mittelstark verwitterten Schotter hineinreichen. Abbaubedingt war allerdings noch bei keinem dieser tiefen Verwitterungsschlote das untere Ende aufgeschlossen. Da aber an den Wänden der tiefsten Abbausohle (ca. 12 bis 15 m unter GOK) trotz mehrmaliger Besuche noch keine Geologischen Orgeln gesichtet wurden und ebenso der Kiesgrubenbetreiber dort nicht über die Verwitterung klagt, ist davon auszugehen, dass die braune Verwitterungslehmfüllung der Geologischen Orgeln in der Kiesgrube Benningen nicht tiefer als 11 m unter GOK reicht. Wie weit sich allerdings die nicht verbrauchten, schlotartigen Sackungsstrukturen (siehe Abb. 60 und Abb. 61) im unteren Teil der Geologischen Orgeln in die Tiefe fortsetzen, ist bis jetzt unbekannt. U.a. bei den Geologischen Orgeln von Fautzen (SCHAEFER 1972, siehe I. Teil Kap. 5.2.1) im mindelzeitlichen Grönenbacher Feld wurde dokumentiert, dass sie durch den kompletten Schmelzwasserschotter bis zur Quartärbasis hinunterreichen.

In der Literatur findet man hauptsächlich Beschreibungen und Abbildungen der Geologischen Orgeln in den Deckenschottern S' von München. Stellvertretend seien hier PENCK & BRÜCKNER (1901: 60f), ROTHPLETZ (1913: 237ff), KNAUER 1938: 41⁴³³, JERZ (1987: 28f) und MEYER & SCHMIDT-KALER (1997: 69ff, 89f) genannt. REISSINGER (1950: 25) beschreibt „*tiefe Verwitterungsschlote*“ in den mindelzeitlichen Schmelzwasserschottern zwischen Ronsberg und Mindelheim. Eine detaillierte, v.a. ingenieurgeologische Beschreibung von Geologischen Orgeln in wenig verfestigten Älteren Deckenschottern der Günzkaltzeit, die bei der Vorerkundung und beim Bau eines Eisenbahntunnels bei Lambach (Oberösterreich) angetroffen wurden, stammt von HUSEN (1999). Die Geologischen Orgeln im Arbeitsgebiet sind für das donauzeitliche Böhener Feld bei JERZ et al. (1975: 110), EBERL (1930: 313), GRAUL et al. (1951: 111) und BELLMANN (2009), für die donauzeitlichen Stephansrieder sowie Guggenberger Schotter bei CHEN (2011a) und für das mindelzeitliche Grönenbacher Feld bei PENCK & BRÜCKNER (1909: 30) und FIXL (2009) beschrieben.

6.3 Die Genese der Geologischen Orgeln

6.3.1 Ein Rückblick auf die Historie der Quartärgeologie

Dass das Phänomen der Geologischen Orgeln eine Verwitterungsbildung, als die sie bereits PENCK & BRÜCKNER (1909: 60ff) gedeutet haben, darstellt, gilt heutzutage als unstrittig, doch soll hier auch aus wissenschaftshistorischen Gründen aber v.a. wegen der aussagekräftigen Beobachtungen und Beschreibungen eine andere, v.a. von ROTHPLETZ (1913) vehement verteidigte Hypothese genannt werden. ROTHPLETZ (1913: 237ff) spricht die Geologischen Orgeln als „*Strudellöcher*“⁴³⁴, also als Auskolkungen von fließendem Wasser, an und versucht die Deutung als „*Verwitterungslöcher*“ anhand eigener Detailbeobachtungen zu wider-

⁴³³ „*Der steinige Lehm dieser Verwitterungsschicht erfüllt auch die zahlreichen geologischen Orgeln, welche den Deckenschotter durchsetzen ... , mußte der Verwitterungslehm der geologischen Orgeln zunächst ausgeräumt und diese dann sorgfältig mit Beton verschlossen werden ...*“ (KNAUER 1938: 41)

⁴³⁴ Die Deutung der Geologischen Orgeln als „*Strudellöcher*“ geht bereits auf Gümbel zurück (PENCK & BRÜCKNER 1909: 60f).

legen, die er über einen Zeitraum von 30 Jahren im Isartal und an Hunderten in Steinbrüchen des Gleißentales S' von Deisenhofen bei München aufgeschlossenen Geologischen Orgeln gesammelt hat. Seine zwei wichtigsten Argumente dabei sind die Tatsache, dass an der Wandung der Geologischen Orgeln einzelne Gerölle halbiert sind, was er auf rein mechanischen Abrieb zurückführt und auf die lehmig-kiesige Füllung der Geologischen Orgeln, die er nicht als Verwitterungsprodukt der Schmelzwasserschotter sondern anhand von aufgefundenen, vermeintlich „gekritzten Geschieben“ sowie dem erhöhten Kristallinanteil als jüngeres (risszeitliches) Moränenmaterial deutet. Ein unterstützendes Argument ist auch, dass er eine mehrere Meter mächtige Verwitterungsdecke über den Deckenschottern für unwahrscheinlich hält: *„Nun kommt aber noch hinzu, daß jene braune Erde nicht nur die Orgeln ausfüllt, sondern im Gebiet des Gleißentales sich als eine mehr oder minder geschlossene Decke über die ganze Nagelfluh ausbreitet, und dafür ihre Mächtigkeit an vielen Stellen 4 m und mehr erreicht. Um auch diese Erde aus Verwitterung zu erklären, müßte man so enorme Umwandlungsvorgänge und für die ursprüngliche Nagelfluh so bedeutende Mächtigkeit annehmen, daß schon dadurch diese Auffassung alle Wahrscheinlichkeit verliert“* (ROTHPLETZ 1913: 238).

Wie er schlüssig argumentierend richtig annimmt, könnte die Ausbildung erhaltungsfähiger Strudellöcher erst stattgefunden haben, nachdem die Schmelzwasserschotter zu Konglomerat verfestigt waren. Dieser scheinbaren Grundvoraussetzung widersprechen die Befunde in der Kiesgrube Benningen, da die Geologischen Orgeln dort in nahezu unverfestigte, risszeitliche Schmelzwasserschotter eingesenkt sind.

Ebenso konnte in der Kiesgrube Benningen dokumentiert werden, dass die Grenze angewitterter bis mittelstark verwitterter zu stark bis sehr stark verwittertem Schmelzwasserschotter stellenweise scharf ist (wenige Millimeter) und es daher durchaus möglich ist, dass sogar einzelne Gerölle nur halbseitig verwittert sind. Eben dieses Phänomen beschreibt WEIDENBACH (1974: 336): *„In einer Kiesgrube bei Hattenburg-Ochsenhausen konnte ich beobachten, daß Verwitterungsschlotten in Form senkrechter Orgeln in Nagelfluh (und z.T. auch lockeren Kiesen ...) eindringen. Die senkrechte Grenzfläche zwischen Verwitterungsboden und Kies-Nagelfluh ist so scharf, daß einzelne Gerölle mitten durchgeschnitten sind; auf der einen Seite völlig verwittert und entkalkt, auf der anderen Seite völlig frisch.“*

Darüber hinaus besitzt der Verwitterungslehm ein eher regellooses, ungeschichtetes Gefüge sowie eine diamiktische Korngrößenverteilung im Ton- bis Steine- und teilweise auch Block-Bereich, was sehr an einen Geschiebelehm erinnert und von einigen Bohrmeistern bei Ihrer Kernansprache genau als solcher gedeutet wurde, wie es bei der Auswertung der recherchierten Bohrdaten mehrfach belegt werden konnte. Eine Geschiebelehmbedeckung kann allerdings für das Hawanger Feld ausgeschlossen werden.

Die übrigen Beobachtungen von ROTHPLETZ bezüglich **Tiefe**: *„... zwischen 0 und 6 m, nur ganz wenige erreichen Tiefen von 7, vielleicht auch 8 m.“* (ROTHPLETZ 1913: 237), bezüglich **Überschneidung** benachbarter Schlote: *„... Zwillinge, deren proximalen Enden ... immer breiter wurden, bis ihre Wände an einer Stelle zusammentrafen und dort die Zwischenwand somit verschwand.“* (ROTHPLETZ 1913: 237), bezüglich der **Schlotform**: *„... welche stets vertikal in die Tiefe gehen, ohne ihren rundlichen oder ovalen Querschnitt zu verlieren.“* (ROTHPLETZ 1913: 237) sowie bezüglich der **Schlotfüllung** und **Bedeckung aus „Verwitterungslehm“**: *„... „Der Lehm (der Ausfüllung) ist der kieselsaure Verwitterungsrückstand des in Lösung gegangenen Kalksteins.“ Es ist richtig, daß die Ausfüllungsmasse aus einem braunen eisenschüssigen, bald auch noch kalkhaltigen Lehm besteht, aber in ihm stecken eine Menge Sandkörner und Geschiebe, die jedoch von ferne gesehen nicht deutlich hervortreten, weil sie fast alle stark zersetzt sind. Die kieseligen Kalksteine sind teils nur randlich, teils auch durchaus entkalkt, wo dann nur noch ein Kieselskelett zurückgeblieben ist. Die mergeligen Geschiebe zerfallen beim Anfassen leicht in eine tonige Masse und auch die Gneise und Granite sind ganz mürbe, weil ihr Feldspat mehlig zersetzt ist. Am besten erhalten sind die Hornsteine, Quarzsandsteine, Quarzite, die Hornblendegesteine und von diesen besonders die feldspatarmen Varietäten. Sehr auffällig ist dabei, daß die Füllmasse viel reicher an zentralalpineren Geschieben ist als die Nagelfluh, und wenn man gleichwohl jene aus der Verwitterung von dieser ableiten will, so kann dies nur unter der Annahme geschehen,*

daß jene Anreicherung Folge des Verschwindens der Kalk- und Dolomitgerölle sei. Nach meiner Schätzung, die indessen auf Genauigkeit keinen Anspruch machen kann, dürfte die Füllmasse durchschnittlich etwa zehnmal soviel zentralalpine Geschiebe führen als ein gleiches Quantum der Nagelfluh und sie müßte somit aus der Verwitterung eines solchen zehnfachen Quantums hervorgegangen sein. Nun kommt aber noch hinzu, daß jene braune Erde nicht nur die Orgeln ausfüllt, sondern im Gebiet des Gleißentales sich als eine mehr oder minder geschlossene Decke über die ganze Nagelfluh ausbreitet, und dafür ihre Mächtigkeit an vielen Stellen 4 m und mehr erreicht.“ (ROTHPLETZ 1913: 238) konnten auch für die Geologischen Orgeln im Arbeitsgebiet bestätigt werden.

Die Beschreibung von Geologischen Orgeln im Isartal bei Höllriegelskreuth durch PENCK & BRÜCKNER (1901) trifft ebenso auf die Geologischen Orgeln im Arbeitsgebiet zu: *„Die hier in seltener Schönheit erschlossenen geologischen Orgeln von 5-6 m Tiefe mit angewitterten Wänden, sind erfüllt mit gelbem zähen, steinigem Lehm, in welchem nur Kieselgesteine frisch erhalten sind, während die Kalke fehlen, und andere Gesteine bis auf ein oft schwammiges Skelett erhalten sind. Aus den durch die Steinbruchwände blossgelegten Schloten ist dieser Inhalt gewöhnlich ausgebröckelt; sie erscheinen daher als halbdurchschnittene Hohlzylinder, die sich nach unten allmählich verjüngen. Oben sind gelegentlich zwei benachbarte Schlote verwachsen, die sich nach unten trennen.“* (PENCK & BRÜCKNER 1901: 60)

Wie und warum die allmählich nach unten voranschreitende Oberflächenverwitterung allerdings punktuell in eine vorausseilende Tiefenverwitterung übergeht, ist aber weiterhin nicht geklärt. Darum sei hier eine anhand modernerer Deutungsversuche und der eigenen Geländebeobachtungen und Laboruntersuchungen entworfene Hypothese kurz vorgestellt.

6.3.2 Hypothesen zur Genese der Geologischen Orgeln

Zu klären ist zunächst die Frage, ob die Ursache für die punktuelle Tiefenverwitterung in Strukturen innerhalb der Schmelzwasserschotter zu suchen ist oder ob es sich um Einflüsse von außen handelt. Betrachtet man die Geologischen Orgeln vereinfacht als lineare, eindimensionale, vertikale Strukturen, können sedimentäre Primärgefüge in den Schmelzwasserschottern als Ursache ausgeschlossen werden, da dort sämtliche Sedimentgefüge als annähernd horizontal liegende, zweidimensionale Flächen bzw. Schichten zu betrachten sind. Durch sekundäre Materialumlagerungen im Zuge der Konsolidierung kann es zur Ausbildung erhöhter vertikaler Wasserwegsamkeiten kommen, entlang derer dann die Verwitterung schneller in die Tiefe wandern könnte. FEZER (1969a: 80ff) spricht von Sickerbahnen, die sich im Laufe der Zeit ausbilden und entlang derer die Verwitterung schneller voranschreiten kann: *„In gleichmäßig waagrecht geschichteten Schottern kann es über einer stauenden Schicht zu einer erheblichen Verwitterung kommen. Nachdem sich entlang von Sickerbahnen tiefe Verwitterungszapfen entwickelt haben, breiten sich diese unten waagrecht aus und vereinigen sich sogar manchmal, dazwischen bleiben dann Nester von frischem Kies erhalten.“* (FEZER 1969a: 82) Die Geologischen Orgeln als schlotartige, vertikalorientierte Hohlformen in Konglomeraten erklärt er in ähnlicher Weise mit Verkarstungsprozessen: *„Gelangt durch Abtrag die Lösungsfront in die Nähe einer Nagelfluhbank, so verhält sich diese wie ein festes Gestein, und die Front kann nur entlang von Spalten schneller vordringen; auf diese Weise können tiefe Orgeln und Nagelfluhpfeiler entstehen ...“* (FEZER 1969a: 101)

Als nächstes wäre an steilstehende, epi- oder syngenetische Eiskeile (MENZIES & HABBE 1992, EHLERS 1994: 97ff, 2011: 197ff, SCHREINER 1997: 78ff) oder Klüfte/Rissen in Folge differentieller Setzungen zu denken; allerdings handelt es sich in beiden Fällen ebenfalls um eher steilstehende, zweidimensionale Strukturen. Alle bisher dokumentierten Geologischen Orgeln zeigen aber nur röhrenartige Strukturen. Dann könnte es sich ja um den Schnittpunkt bzw. um die Schnittgerade von zwei Eiskeilen oder von zwei Klüftflächen handeln. Allerdings müssten dann die Fortsetzungen der Eiskeile oder Klüfte durch Störungen der Sedimentstrukturen im umgebenden Schotter erkennbar sein, was allerdings bis jetzt ebenfalls noch

nicht dokumentiert werden konnte⁴³⁵. Eiskeile bzw. Eiskeil-Pseudomorphosen scheiden zusätzlich wegen ihrer typischen V- bzw. keilförmigen Gestalt und ihrer polygonalen Anordnung (Eiskeilnetz) aus. Eine regelmäßige, an Eiskeilpolygone erinnernde Anordnung der Verwitterungsschote konnte bisher im Gelände – auch bei guten Aufschlussverhältnissen – nicht nachgewiesen werden.

Somit scheint es keine primär sedimentär oder sekundär durch Permafrost oder Spannungen entstandene Strukturen in den Schmelzwasserschottern zu geben, entlang derer die Tiefenverwitterung voranschreiten könnte. Allein Materialumlagerungen im Zuge der Konsolidierungsprozesse und dabei entstandene erhöhte, vertikale Wasserwegsamkeiten könnten in Frage kommen.

Zusätzlich können Prozesse auf der Schotteroberfläche ablaufen, bei denen eine unmittelbar nach der Ablagerung zunächst als weitgehend homogen zu betrachtende Schotteroberfläche derartig strukturiert wird, dass die Verwitterung unterschiedlich stark angreifen kann. Primär besitzt eine inaktiv gewordene Sanderfläche sicher ein Relief mit Rinnen, Mulden und Schotterrücken, die von der Erosion und Akkumulation durch die Schmelzwässer gestaltet wurde. Beispielsweise beschreibt SPAUN (1963: 164) „*Höhenunterschiede in ein und demselben Terrassenniveau*“ von bis zu 6 m aus dem inneralpinen Ennstal von der Oberfläche eines würmzeitlichen Schotterkörpers. In den Rinnen und anderen windgeschützten Depressionen könnte sich dann äolisch umgelagertes Feinmaterial sammeln, das dann aufgrund seiner besseren Wasserspeicherungseigenschaften die Verwitterung der unterlagernden Schotter begünstigen würde.

Als nächstes muss an die Kryoturbation und Solifluktion im Periglazialbereich gedacht werden, bei der Lockergesteinsoberflächen durch oberflächennahe Sortierungsprozesse im Zuge von Gefrieren und Wiederauftauen (Regelation) stark überprägt und strukturiert werden, wobei Frostmusterböden⁴³⁶ bzw. **Strukturböden** entstehen (TROLL 1944a: 545ff, SCHENK 1954: 197ff, 1955: 170ff, WASHBURN 1956: 823ff, SCHUNKE 1977: 39ff, STÄBLEIN 1977: 18ff, EHLERS 1994: 95ff, 2011: 193ff, SCHREINER 1997: 88ff). In Frage kämen ringähnliche Strukturen von kiesigem Material mit feinkörnigerem Material im Zentrum, die als Steinnetze, Steinpolygone, Steinringe oder Steinkreise bezeichnet werden (WASHBURN 1956: 827ff). Allerdings stellt sich die Frage, ob derartige Strukturböden⁴³⁷ sich überall auf den Schotteroberflächen oder nur bei besonders feinkornreichen Schottern an der Geländeoberfläche hätten ausbilden können, denn SCHUNKE (1977) hat in Island herausgefunden, „*daß die periglazialen Leitformen der Struktur- und Büldenböden an Substrate mit einem Mindestanteil von frostempfindlichem pelitisch-schluffigen Feinmaterial gebunden sind: In Substraten mit sandigem Feinmaterial bzw. in sandigen Substraten fehlen demgegenüber bei sonst gleichen Bedingungen die Struktur- und Büldenböden.*“ (SCHUNKE 1977: 51); ferner schreibt er: „*Die wie die Strukturböden als Miniatur- und Makroform ausgebildeten Zellenböden vertreten in vegetationsfreiem rein pelitischen Feinmaterial wie auch in sandig-kiesigen Substraten die Strukturböden.*“ (SCHUNKE 1977: 43)

STÄBLEIN (1977: 20f) beschreibt „*Feinerdeknospen*“, die sich zu „*Feinerdeinseln*“ entwickeln, aus denen dann „*voll entwickelte Steinringe mit tangential eingeregelteten Grobschuttstreifen um die Feinerdekessel bis 60 cm Ø*“ entstehen können, die zu den „*Formen der Bodenmusterung mit Detritussortierung (Strukturböden)*“ gezählt werden (SCHUNKE 1977: 41 Abb. 1).

⁴³⁵ Als Eiszeitrelikte sind auf den Hochflächen Taschenböden und gelegentlich Eiskeile verbreitet, während die Hänge durch Solifluktion gekennzeichnet sind; v.a. im Bereich der Hangfüße ist mit mächtigen, akkumulierten Fließerdern zu rechnen (BLEICH 1983: 68).

⁴³⁶ Der Begriff „**Frostmusterböden**“ (frost pattern soils) wurde von TROLL (1944a: 547) eingeführt.

⁴³⁷ „*Strukturböden sind aus nahezu allen sich frostklimatisch unterscheidenden Großräumen der europäisch-atlantischen Arktis und Subarktis bekannt geworden, in denen dem Detritus eine geschlossene Vegetationsdecke fehlt. ... Zu den Formen der Bodenmusterung ohne Detritussortierung zählen die Zellenböden, die Büldenböden, die Palsas, die Strangmoore, die Frostspaltenmakropolygone mit und ohne Spalteneis und die Pingos. ... In den vegetationsbedeckten pelitischen Feinsubstraten der Tundren und subpolaren Wiesen sind Büldenböden (Thufur) die typische Form der Bodenmusterung, die wahrscheinlich nicht nur hinsichtlich der Größenordnung des Bültendurchmessers, sondern auch in bezug auf die Genese den Struktur- und Zellenböden gleichen.*“ SCHUNKE (1977: 42f)

Derartige Strukturen könnten sich bei ausreichendem Feinkornanteil im Schotter unmittelbar auf der Schotteroberfläche ausgebildet haben. Mehrere solche Steinringe sind dann häufig recht regelmäßig, netzartig angeordnet (siehe z.B. TROLL 1944a: 615 Abb. 45 und Abb. 46, SCHENK 1955: 173 Abb. 2, 174 Abb. 3, WASHBURN 1956: Plate 1 Figure 1, Plate 3 Figure 3), was aber bei der Anordnung der Geologischen Orgeln nicht zuzutreffen scheint (siehe Abb. 64 und Abb. 65).

Unregelmäßige Anordnungen weisen nicht sortierte „**Feinerdekreise**“ (= mudpits)⁴³⁸ (STÄBLEIN 1977: 21, SCHOLZ 1984: 93, 1986b: 6) auf. TROLL (1944a: 617) spricht von „*zerstreuten Erdinseln*“. Feinerdekreise, die in Westgrönland auf ebenen Terrassenflächen mit grauen, tonig-schluffigen, holozänen, marinen Sedimenten weit verbreitet sind, entstehen dort, indem die hellgraue Feinsubstanz des Untergrundes die Boden- und Tundrendecke durchstößt und zu fladenförmigen Flecken von 5 bis 70 cm Durchmesser zerfließt (STÄBLEIN 1977: 21). „*Auffallend ist, daß die Formen eines Mudpiffeldes sehr ähnlich groß sind. Es gibt wenige kleine Initialformen von 5 cm Ø. Mit 60 cm Ø scheint bereits die Klimaxform erreicht zu sein, ohne daß die einzelnen Ringe zu polygonalen Netzen oder zu aus mehreren Zentren zusammengewachsenen Großformen wurden.*“ (STÄBLEIN 1977: 23).

Eine weitere Möglichkeiten wären Büldenböden⁴³⁹ (Thufur, „*Rasenhügel*“⁴⁴⁰) (SCHUNKE 1977: 43). Allerdings hätten sich auf dem Hawanger Feld diese Büldenböden und Feinerdekreise nicht auf der Oberfläche der Schmelzwasserschotter sondern erst auf der bereits mit Vegetation bedeckten, risszeitlichen Lössdecke des Hawanger Feldes entwickeln können. Diese Strukturen haben scheinbar einen deutlichen Einfluss auf die Permafrostgrenze, wie STÄBLEIN 1977: 22) schreibt: „*Auf der 40 m Terrasse bei Jakobshavn liegt die Permafrostgrenze bei durchschnittlich 40 bis 50 cm unter der Tundrenoberfläche. Unter den Feinerdeinseln der Mudpits sank diese Grenze regelmäßig auf mehr als 60 cm unter Flur ab. Demgegenüber fand sich an allen staunassen und sumpfigen Stellen der Permafrost bereits in 20 cm Tiefe. In der Umgebung von Holsteinsborg haben wir z.T. bei Mudpits in mehr als 1,5 m Tiefe keinen Permafrost angetroffen.*“ Dies würde bedeuten, dass unter derartigen Feinerdekreisen im periglazialen Permafrostbereich mehr Wasser für die Verwitterung zur Verfügung stehen würde, als in den stärker gefrorenen Bereichen.

In den Zentren der **Steinkreise** unmittelbar auf der Schotteroberfläche kann aufgrund des höheren Feinkornanteils mehr und besser Wasser gespeichert werden und dies wären dann auch die Bereiche, die zuerst von Pflanzen besiedelt werden und wo zuerst die Bodenbildung einsetzen könnte (FEZER 1969a: 20f). Mehr Feuchtigkeit und die Huminsäuren als Grundvoraussetzung für die chemische Verwitterung wären dort zuerst und verstärkt vorhanden und die Verwitterung könnte beginnen. Untersuchungen in rezenten Permafrostgebieten zeigen aber genau das Gegenteil, wie SCHENK (1955: 173) auf Spitzbergen beobachtet hat; dort sind „*alte, fast fossile Polygone*“ weitgehend von Moos- und Flechtenvegetation bedeckt und nur noch im zentralen Teil aktiv, was an der zerstörten Vegetationsdecke im Zentrum der Polygone erkennbar ist (SCHENK 1955: 173 Abb. 2). In den Zentren aktiver Strukturen fehlen Pflanzen sogar ganz (SCHENK 1955: 174). TROLL (1944a: 617 Abb. 48⁴⁴¹) weist ebenfalls auf dieses Phänomen hin. Ebenso stellen die **Feinerdekreise** auf der Lössoberfläche vegetationsfreie Bereiche dar, unter denen aber die Permafrostgrenze tiefer liegt. Diese Feinkornbereiche bieten zwar aufgrund der Feuchtigkeit und des Nährstoffangebotes sicher optimale Bedingungen für die Besiedlung durch Pflanzen, aber die Bewegungsaktivität

⁴³⁸ SEMMEL (1977: 35) zählt die „*mudpits*“ zu den „*nonsorted forms*“ im Sinne der Nomenklatur von WASHBURN (1956: 823ff) und sieht in ihnen typische Erscheinungen „*in den Kernbereichen der vegetationsfreien Frostschuttzone ..., also in der Nähe der Schneegrenze*“ auf Spitzbergen.

⁴³⁹ „*Als ein letztes Beispiel für eine die Ausprägung des periglazialen Formenschatzes differenzierende Wirkung der Vegetationsverhältnisse sei der Umstand genannt, daß in der Subarktis an Plätzen mit geschlossener Vegetationsbedeckung Büldenböden und an unmittelbar benachbarten Stellen ohne Vegetationsbedeckung des Bodens Strukturböden zur Ausbildung gelangen.*“ (SCHUNKE 1977: 50)

⁴⁴⁰ nach TROLL (1944a: 548)

⁴⁴¹ Die Abbildung bei TROLL (1944a: 617 Abb. 48) zeigt einen „*kombinierten Zellenboden*“ mit recht unregelmäßiger Verteilung der aktiven, vegetationslosen, aufgewölbten Feinkornzentren, die stark an die unregelmäßige Verteilung der Geologischen Orgeln im Hawanger Feld erinnert. Vegetation ist nur in den „*Spalten*“ zwischen den aktiven Zentren zu finden.

dieser Bereiche im Zuge der Frost-Auftau-Zyklen sowie das sich dort bevorzugt ausbildende Kammeis (TROLL 1944a: 575ff, 587 Abb. 16) erschweren eine Besiedlung deutlich. SCHENK (1955: 174) geht sogar davon aus, dass nicht nur Steine sondern auch Pflanzen, die in der kurzen Vegetationsperiode auf den Feinkornbereichen fußfassen konnten, „auf der aufgetauten, schmierigen Oberfläche der gewölbten Strukturen“ gravitativ zu den Strukturrändern „abgleiten“.

Die unregelmäßige, nicht an polygonale Netze erinnernde Anordnung der Geologischen Orgeln spricht, falls es überhaupt diesen Zusammenhang gibt, eher für die Feinerdekreise als Initialzündung, was bedeuten würde, dass der Beginn der Tiefenverwitterung und somit die Entstehung der Geologischen Orgeln erst nach Aufwehung der risszeitlichen Lössdecke auf das Hawanger Feld und der Entwicklung einer überwiegend geschlossenen Tundravegetation begonnen haben kann. Das Aufwehen der risszeitlichen Lössdecke begann vermutlich unmittelbar nach dem Inaktivwerden des Sanders, als die Schmelzwässer des Iller-Vorlandgletschers das Hitzenhofener Feld schütteten, das als Ausblasungsgebiet fungierte. Aber auch schon früher, als sich noch nicht die Sanderfläche des Hitzenhofener Feldes ausgebildet hatte sondern sich der Iller-Vorlandgletscher von seinem Maximalstand im S von Grönenbach ein wenig zurückgezogen hatte, können weite Teile des risszeitlichen Sanders im Memminger Trockental bereits inaktiv gewesen und ausgeblasen worden sein. Während die Schmelzwässer nur noch die tiefstgelegenen Sanderbereiche nutzten, konnten sich bereits Flugsand- und Lössdecken ausbilden, wie es GERMAN (1971: 10) im Vorfeld eines Gletschers in SW-Grönland beobachtet und beschrieben hat. Mittlerweile sind aber diese risszeitliche Lössdecke sowie Teile des Schotterlehms vollständig erosiv entfernt, so dass Gedanken zu Strukturböden auf der Oberfläche sowohl des Schotters als auch des Lösses reine Hypothese bleiben müssen. Bei den Kartierarbeiten auf Blatt Nr. 8029 Kaufbeuren-Neugablonz wurden auf der Oberfläche des mindelzeitlichen Warmisrieder Feldes um Lösslehminseln kryoturbar eingeregelt Gerölle beobachtet, was darauf hinweist, dass anderenorts Reste bzw. Spuren von Strukturböden erhalten sein können (frdl. mündl. Mitt. Prof. Dr. H. Scholz, 18.01.2012).

Fest steht, dass durch die Verwitterung der Boden verlehmt und versauert, was wiederum die Verwitterungsprozesse unterstützt (SINN 1972: 114) und womöglich auch beschleunigt. Eindringendes, möglicherweise auch noch saures Niederschlagswasser nimmt die Humin- und Wurzelsäuren auf und sickert, der Schwerkraft folgend, bis zur Unterkante des feinkörnigeren Bereiches nach unten. Dort herrscht nun ein stärker karbonatlösendes Milieu als in der Umgebung und die Verwitterung schreitet voran. Dieser Prozess verstärkt sich mit zunehmender Tiefe immer weiter, da der verlehmt und versauerte Bereich immer größer wird und die Schwerkraft dafür sorgt, dass der unterste Bereich des Schlotens immer am stärksten durchfeuchtet ist. Daher schreitet die Verwitterung nur untergeordnet seitlich (geringes „Dickenwachstum“) sondern v.a. in die Tiefe (rasches „Längenwachstum“) voran, bis die Grundwasseroberfläche oder die liegenden Molassegesteine erreicht werden.

Bildlich gesprochen „tropft“ immer von den mit Schotterlehm gefüllten Schloten angesäuertes Wasser in die noch unverwitterten Schotter, so dass es unter einem derartigen Schotterlehmschlot zu einer stärkeren Verwitterung der Schmelzwasserschotter kommt. So ist die Zweiteilung der Schlote in einen oberen, mit Schotterlehm verfüllten Teil und einen unteren, aus aufgelockerten und mittelstark verwitterten Schottern bestehenden Teil zu erklären.

Sollten wirklich bestimmte Frostmusterböden die Ursache für die Geologischen Orgeln sein, dann müsste sich bei den feinkornreichen Randbereichen der Polygone beginnend allmählich eine geschlossene Vegetationsdecke und Bodenentwicklung ausbreiten, aus der sich dann zeitlich verzögert zur Tiefenverwitterung die „normale“ Oberflächenverwitterung entwickelt. Die zuerst in den Frostmusterböden ansetzende Verwitterung stellt somit die „Initialzündung“ für die Tiefenverwitterung dar und bedingt deren zeitlichen und genetischen Vorsprung gegenüber der Oberflächenverwitterung.

Einen ähnlich starken Einfluss auf die Struktur von Schotteroberflächen und auf die Verwitterung hat die Vegetation, v.a. der Bewuchs von Bäumen, unter denen die Pfahl- und Herz-

wurzler bekanntermaßen tief in den Boden eingreifen⁴⁴². Wie aus der Bodenkunde bekannt, reicht unter Bäumen die Verwitterung/Bodenbildung und die Verbraunungszone tiefer in den Untergrund hinein und dies könnte man ebenfalls als Initialzündung für die Tiefenverwitterung deuten. Das würde bedeuten, dass über jedem Verwitterungsschlot einmal ein Baum mit Pfahl- (z.B. Tanne, Eiche oder Ulme) oder Herzwurzeln (z.B. Hainbuchen oder Birken) stand. Problematisch bei dieser Überlegung ist nur, dass in einem Zeitraum von mind. 15000 Jahren, wie er in etwa für das Riss-Würm-Interglazial angesetzt wird, trotz aller Vegetationsänderungen an einem Standort sicher nicht nur z.B. eine Eiche stand sondern viele Eichen, was auch viele, eng beieinanderliegende Verwitterungsschloten bedeuten würde; der Schmelzwasserschotter müsste viel intensiver von der Tiefenverwitterung durchdrungen sein. Die Situation vor Ort widerspricht aber diesem Bild, die eher nur eine Momentaufnahme eines Waldes mit Tiefenverwitterung darzustellen scheint und keine Waldgeschichte über mehrere tausend Jahre hinweg. So scheidet diese Hypothese eher aus.

Eine weitere Hypothese, ebenfalls im Zusammenhang mit Bäumen, ist die Hypothese des Windwurfes⁴⁴³, bei der sich in den Mulden und Gruben auf der Oberfläche, in denen vor dem Windwurf die Wurzelballen saßen, von Niederschlägen zusammengeschwemmtes, feinkornreiches Bodenmaterial sammelt und dann ähnliche Bedingungen wie bei den Frostmusterböden herrschen. Die feinkornreichen Ansammlungen in den Depressionen stellen dann die Bereiche für die Initialzündung der Tiefenverwitterung dar.

Zusammenfassend kann man sagen, dass als Initialzündung für die Tiefenverwitterung höchstwahrscheinlich feinkornreiche, wasserspeichernde Stellen auf der Schotteroberfläche, verantwortlich sind, wie sie bei Feinerdekreisen vorhanden sind oder bei Windwürfen entstehen. Die Tiefenverwitterung, die an der Oberfläche beginnt und bevorzugt entlang von durch Materialumlagerungen entstandenen vertikalen, erhöhten Wasserwegigkeiten läuft, kann man als einen selbsterhaltenden und sogar selbstverstärkenden, von oben nach unten verlaufenden Prozess ansehen, dessen Antriebskräfte die zunehmende Verlehmung und Versauerung in Kombination mit dem erhöhten Wassergehalt sind und der keinen primären, internen Strukturen des Schmelzwasserschotters folgt.

6.4 Geologische Orgeln im Arbeitsgebiet

Neben den Geologischen Orgeln in den unverfestigten, risszeitlichen Schmelzwasserschottern des Hawanger Feldes gibt es im Arbeitsgebiet besonders eindrucksvoll ausgebildete Geologische Orgeln u.a. auch noch bei Untersteinbühl in den mindelzeitlichen, verfestigten Jüngeren Deckenschottern des Grönenbacher Feldes (siehe Abb. 67) und bei Bossarts in den donauzeitlichen, verfestigten Ältesten Deckenschottern des Böhener Feldes (siehe Abb. 68). Nach den bisherigen Erkenntnissen greifen dort einige Schloten bis zur Quartär-Tertiär-Grenze hinunter. Im Gegensatz zum Hawanger Feld, wo sie in unverfestigten Schmelzwasserschottern entwickelt sind, liegen sie bei Untersteinbühl und bei Bossarts in Konglomeraten und stellen schlotartige Hohlformen dar, da ihre ehemalige Schotterlehmfüllung herausgewaschen wurde, nachdem die Schloten in den Felswänden durch Steinbruch Tätigkeiten oder Hangbewegungen unten oder seitlich aufgebrochen wurden. Daher auch der Name Geologische Orgeln, der ja zunächst eine Hohlform meint⁴⁴⁴.

⁴⁴² „Off ist die Front (gemeint ist die Karbonatlösungsfront, Anmerkung des Verfassers) nicht eben, sondern buchtet sich nach unten aus. ... Es mag sein, daß rund um tiefgreifende Wasserwurzeln von Bäumen die Front besonders rasch nach unten vorrückt.“ (FEZER 1969a: 20)

⁴⁴³ Die „Idee“ mit dem Windwurf stammt von Dr. Walter Grotenthaler (GLA, a.D.).

⁴⁴⁴ Aber bereits KNAUER (1938: 41) fasste mit dem Begriff „Geologische Orgel“ nicht nur die eigentliche Hohlform sondern auch die noch mit Verwitterungsmaterial gefüllten Verwitterungsschloten im Münchener Deckenschotter zusammen.



Abb. 67: Aufgelassener Steinbruch bei Untersteinbühl; Photo des Verfassers vom 16.3.2009. Geologische Orgeln in einem um 90° verkippten Sturzblock aus den mindelzeitlichen, zu Konglomeraten verfestigten Schmelzwasserschottern des Grönenbacher Feldes.



Abb. 68: Donauzeitliche Konglomerate des Böhener Feldes unterhalb von Bossarts am Ostrand des Memminger Trockentales; Photo des Verfassers vom 25.2.2009. Die fest verbackenen Schmelzwasserschotter sind im Bereich einer größeren Hangbewegung freigelegt und von vertikalen Verwitterungsschloten (Geologische Orgeln) durchsetzt, die ursprünglich mit braunen Verwitterungslehmen gefüllt waren.

Die Geologischen Orgeln in donauzeitlichen Konglomeraten des Böhener Feldes bei Bossarts (siehe Abb. 69), am Ostrand des Memminger Trockentales ca. 8 km SSE' von Memmingen sind schon seit langem ein überregional berühmtes Naturdenkmal (BAUER 1986: 51ff und Abb. 69) und wurden nun auch in die Geotopliste⁴⁴⁵ des LfU aufgenommen (LAGALLY et al. 2009: 96f).

⁴⁴⁵ Geotop-Nr.: 778R001

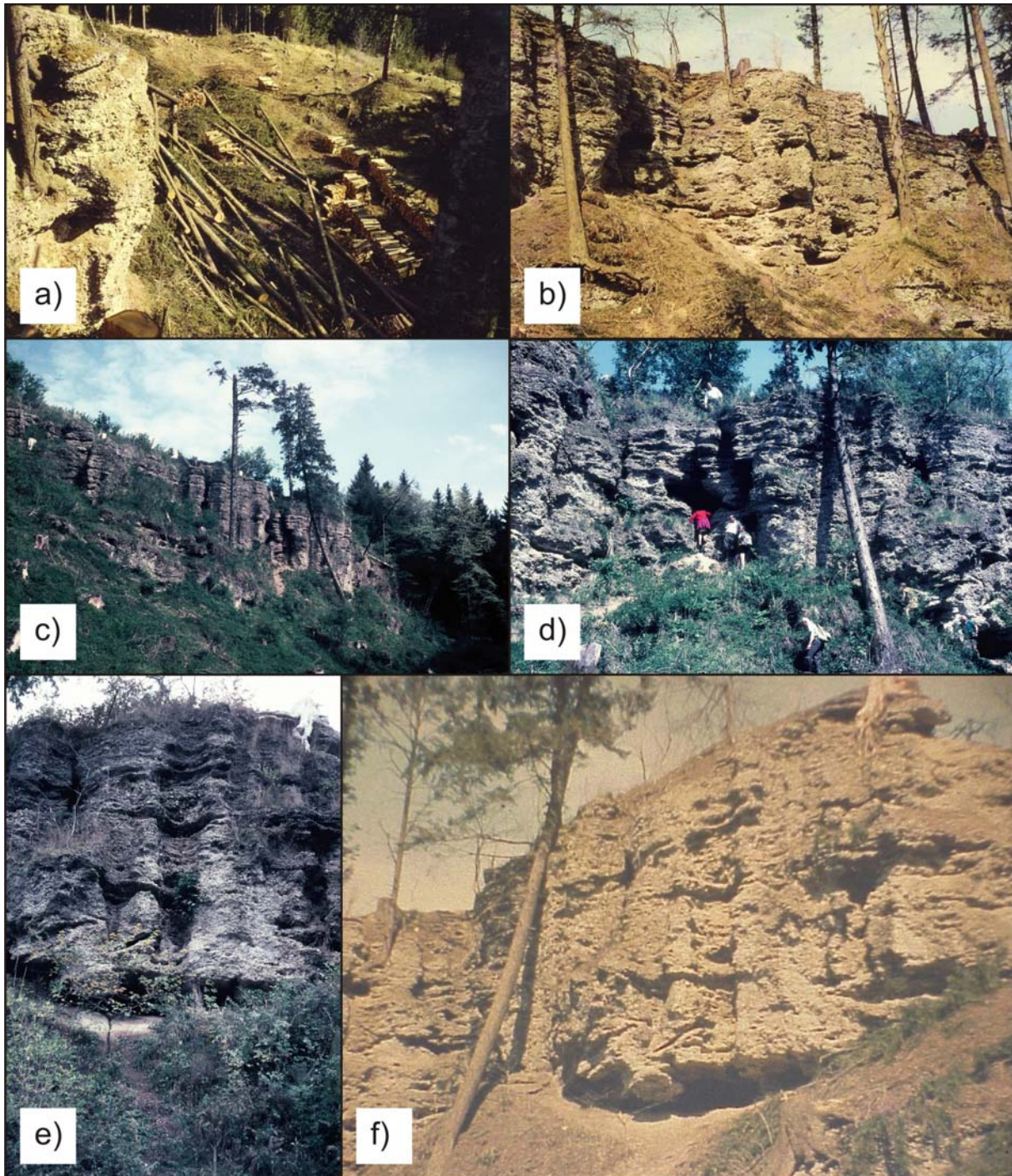


Abb. 69: Historische Aufnahmen der Konglomeratwand bei Bossarts. Photos a), b) und f) Johann Beermann, Klessen, 1955; Photos c) und d), von Udo Scholz Anfang der 60er Jahre; e) von Herbert Scholz, TU München 90er Jahre.

Die deutlich geschichteten Schmelzwasserschotter des Böhener Feldes erreichen heute eine Restmächtigkeit von 25 bis 30 m, sind v.a. an den Rändern der Hochfläche zu sehr festen Konglomeraten verbacken und tragen verhältnismäßig geringmächtige (0,2 bis 3 m) Deckschichten, die aus Verwitterungsmaterial und äolischen Ablagerungen bestehen. Die Quartärbasis des Böhener Feldes besitzt ein ausgeprägtes Relief, vor allem im Nordteil lassen sich rinnenartige Strukturen erkennen (BELLMANN 2009). Diese WSW-ENE-verlaufenden Rinnen an der Schotterbasis scheinen mit einer kristallinreichen und dolomitfreien Liegendfazies (der sog. Ottobeurer Schotter, EBERL 1930) gefüllt zu sein, die momentan nicht abgeschlossen ist.

W' von Bossarts, einem Gehöft, das in 750 m Höhe auf dem nordwestlichen Sporn des Böhener Feldes liegt, bricht die Hochfläche unvermittelt zum Memminger Trockental nach SW hin ab. Dort ist durch eine tiefgründige Hangbewegung eine hohe Konglomeratwand freigelegt worden. Es handelt sich um eine Rotationsrutschung innerhalb der unterlagernden Molassegesteine, deren Gleitbahn bis hinauf in die Schmelzwasserschotter reicht. Am Wandfuß streichen hier Molassemergel aus, an der Quartärbasis gibt es mehrere Wasseraustritte.

Vor allem durch die Erosion der Schmelzwässer wurden die an den Riedelflanken ausstreichenden sandig-mergeligen Gesteine der OSM ausgeräumt und die Talflanken übersteilt. Hierdurch kam und kommt es hier immer wieder zu kleineren und größeren Massenbewegungen, an denen neben den verwitterungs- und rutschanfälligen Ablagerungen der neogenen Oberen Süßwassermolasse auch die überlagernden quartären Schotter beteiligt sind.

An der ca. 15 m hohen Felswand bei Bossarts sind zahlreiche röhrenförmige Strukturen mit Durchmessern bis 1,5 m zu erkennen, die einzeln oder in Gruppen das Konglomerat vertikal durchsetzen und ursprünglich alle mit braunem, kiesigem Verwitterungslehm gefüllt waren. An der Steilwand sind sie teilweise als geschlossene, mit braunen Verwitterungslehmen gefüllte Röhren erhalten, mitunter aber durch die Erosion bzw. durch die Gleitfläche seitlich geöffnet oder gar von unten her angeschnitten. In diesen Fällen ist die ehemalige braune Lehmfüllung durch die Niederschlagswässer ganz oder teilweise ausgespült worden. Am Süden der Felswand ist der mittlere Teil eines solchen Schlotens seitlich geöffnet, die braune Füllung „fließt“ heraus und bildet unterhalb der Öffnung einen Schuttkegel. Es handelt sich hier, wie in der Kiesgrube bei Benningen, um typische Geologische Orgeln. Sie lassen sich in vielen Konglomerataufschlüssen entlang der Steilkante nachweisen, die das Plateau des Böhener Feldes allseits begrenzt, sind aber auch aus Bohrungen und Baugrubenaufschlüssen innerhalb der Hochfläche bekannt. Die Geologischen Orgeln sind auch hier durch punktuelle Tiefenverwitterung entstanden und waren höchstwahrscheinlich schon im nicht verfestigten Schotter angelegt.

Eine gewisse Gefahr stellen diese Geologischen Orgeln im Untergrund dar, denn durch Verwitterungs- und Suffosionsprozesse kann es zu Sackungserscheinungen innerhalb der Füllung kommen, was zur Hohlraumbildung unterhalb der Grasnarbe führt. Vom Gehöft Bossarts wird die Geschichte eines Bauern erzählt, der plötzlich in den Boden einbrach und vollständig in einem brunnenartigen Hohlraum verschwand, aus dem er etwas verschmutzt aber glücklicherweise unverletzt geborgen werden konnte (SCHNIERINGER 1948: 72 f).

7. Verwitterung und Stratigraphie

Die Hauptphasen der Verwitterung liegen zweifellos in den Interglazialen. Aus der bis heute andauernden, hauptsächlich chemischen Verwitterung Rückschlüsse auf die Geschwindigkeit und Intensität der Verwitterung in den zurückliegenden Interglazialen und somit Rückschlüsse auf das Alter einer Verwitterungsbildung sowie daraus auf das Alter der verwitterten Schmelzwasserschotter zu ziehen, ist nicht möglich. Zu viele Fragen hinsichtlich der die Verwitterung steuernden oder beeinflussenden Faktoren wie Klima, Vegetationsbedeckung, Grundwasserstand⁴⁴⁶, Kleinmorphologie oder Moorbildungen in den einzelnen Interglazialen aber auch in den Interstadialen, Früh- und Spätglazialen etc. müssen unbeantwortet bleiben⁴⁴⁷. Hinzu kommen Prozesse der Erosion, Geli- und Solifluktion, deren Auswirkungen unmöglich zu quantifizieren sind. Handelt es sich beim ca. 1,5 bis 2 m mächtigen Schotterlehm in der Kiesgrube Benningen nur um einen Erosionsrest einer einst erheblich mächtigeren Schotterlehmabildung, ist seine Mächtigkeit durch Solifluktionsprozesse sekundär vergrößert worden oder handelt es sich gar um einen durch verschiedene Erosions- und Akkumula-

⁴⁴⁶ BRUNNACKER (1953a: 119): „Im Bereich der Lößnordgrenze ist das Grundwasser dann unter das Niveau der Schotteroberfläche abgesenkt. Erst von hier ab kann ein Schotterverwitterungshorizont heute gebildet werden, wenn die Verwitterung zuvor die darüberliegende Deckschicht bzw. kalkreiche Lößauflage vollständig erfasst hat.“

⁴⁴⁷ BRUNNACKER (1953a: 115): „Abgesehen von Muttergestein und Klima spielt demnach auch die Lage im Gelände ... eine ausschlaggebende Rolle für die Bodenentwicklung auf Kalkschotter.“

tionsprozesse komplex gestalteten Körper? Gab es auf dem Hawanger Feld auch Deckschichten aus risszeitlichen Lössen oder Lößlehm?⁴⁴⁸ Wie mächtig und kalkhaltig waren sie? Da zwischen dem Schotterlehm und dem hangenden mittelwürmzeitlichen Lösslehm eine Erosionsdiskordanz (Hiatus) liegt und der Schotterlehm nur sehr selten Schichtungsgefüge aufweist, lassen sich diese Fragen nicht beantworten. Es ist noch nicht einmal klar, ob die sehr selten zu beobachtenden Schichtungsgefüge im Schotterlehm noch Gefügerelikte aus den Schmelzwasserschottern darstellen oder „Neubildungen“ im Zuge geli- und solifluidaler oder (periglazial-) fluvialer Prozesse sind.

Die Ausfällung von Calcit und die damit verbundene Verfestigung zu Konglomerat sind Prozesse, die der Verwitterung i.e.S. entgegenwirken. Die Entkarbonatisierung wird dadurch nicht nur erheblich verzögert oder gestoppt, sondern meist wird es durch den ausgefällten Calcitcement sogar zu einer Erhöhung des Karbonatgehaltes kommen. Je nachdem, welchen Verwitterungsgrad der Schmelzwasserschotter vor der Konglomeratisierung bereits erreicht hatte, wird die Änderung des Karbonatgehaltes durch Ausfällung von Calcitcement auch den pH-Wert des Schotters verändern.

Auf die Verwitterung, auch ohne deren Grad zu bestimmen, nehmen viele Bearbeiter Bezug: z.B. schreibt RÖGNER (1992: 279), dass auf dem Steinheimer Feld die Schmelzwasserschotter unter Lösslehmbedeckung 0,35 m verwittert sind; BRUNNACKER (1953a: 115) schreibt für das Steinheimer und Fellheimer Feld von einem ca. 0,10 bis 0,30 m mächtigen „Schotterverwitterungshorizont“. Gerade die Deckschichten scheinen einen wesentlichen Einfluss auf die unterlagernden Schmelzwasserschotter zu haben, wie BRUNNACKER (1953a) schreibt: „In der Ziegelei⁴⁴⁹ wurde 3,8 m kalkreicher Löß durchbohrt, 50 m weiter westlich sogar 4,3 m (unten als Sandlöß): Der Löß liegt jeweils auf frischem Schotter.“⁴⁵⁰ (BRUNNACKER 1953a: 118)

JERZ & WAGNER (1978) betonen: „Die Ausprägung des Schotterverwitterungsbodens aus kiesigem, schwach tonigem Lehm zeigt eine evidente Abhängigkeit von der Mächtigkeit der Deckschichten. Bei Vorhandensein von mächtigerem Löß fehlt der Verwitterungshorizont ganz. Dies beweist für entkalktes, durchlässiges Feinmaterial von durchschnittlich einem Meter einen Durchgriff der Verwitterung auf den unterlagernden Schotter. Vergleichsweise liegt die Entkalkungstiefe für kalkreichen würmzeitlichen Löß in dieser Region bei 1,3-1,5 m. Kennzeichnend ist auch das Fehlen von Verwitterungstrichtern im mit Lößlehm überzogenen Schotter, was auf eine ziemlich gleichmäßige Kalklösungsfront schließen läßt.“ JERZ & WAGNER (1978: 63) Ähnliche Beobachtungen stammen von BIBUS (1995): „Der Verwitterungshorizont auf dem Kies⁴⁵¹ kann nicht im Sinne einer früheren Auffassung von SCHAEFER (1951⁴⁵²) als innerwürmzeitliches Interstadial gedeutet werden, zumal er immer dann fehlt, wenn die Deckschicht mächtiger und im unteren Bereich kalkhaltig ist.“ BIBUS (1995: 137)

Diese Feststellungen, die sich überwiegend auf würmzeitliche Schmelzwasserschotter beziehen, sowie die Aussage von GRAUL (1953): „Nirgends liegen diese Deckschichten unverwittert auf verwitterter Schotteroberfläche. Wo diese angewittert erscheint, sind die Deckschichten ebenfalls bis zur Basis entkalkt.“ GRAUL (1953: 47) müssen aber relativiert werden, denn es ist höchst wahrscheinlich, dass im Hawanger Feld während der Würmkaltzeit auf bereits im Riss-Würm-Interglazial verwitterte Schotter frischer Löss aufgeweht wurde, nur ist dieser mittlerweile zu Lösslehm verwittert. Daher muss es also einmal eine Phase gegeben haben, als „frischer“, kalkhaltiger Löss auf vollständig entkalktem Schotterlehm gelegen hat. Abhängig vom primären Karbonatgehalt der Deckschichten, läuft die Verwitterung der unterlagernden, „frischen“, unverwitterten Schotter unterschiedlich ab, denn zunächst müssen erst

⁴⁴⁸ BRUNNACKER (1953a: 117) denkt auch an primär kalkfreie bis kalkarme Deckschichten.

⁴⁴⁹ Gemeint ist die ehemalige Ziegelei W' Roth im Weißenhorner Tal (Anmerkung des Verfassers).

⁴⁵⁰ „Einzuwenden wäre, daß dort, wo der Löß unmittelbar auf dem frischen Schotter liegt, es sich vielleicht gar nicht um die ursprüngliche, unveränderte Oberfläche des Schotters handelt, sondern daß da ebenfalls eine Deckschicht oder eine Bodenbildung auf dem Schotter gelegen hat, die dann vor Ablagerung des Lößes abgetragen wurde.“ (BRUNNACKER 1953a: 119)

⁴⁵¹ Gemeint sind die Schmelzwasserschotter des Steinheimer Feldes (Anmerkung des Verfassers).

⁴⁵² SCHAEFER (1951⁴⁵² in GRAUL et al. 1951: 100) (Anmerkung des Verfassers)

die Deckschichten (z.B. Löss) vollständig entkalken, bevor die Schotter kräftiger angegriffen werden können. Unter kalkhaltigem Löss zeigen nämlich die Schotter keine Verbraunung oder Verlehmung, aber unter Lösslehm (BRUNNACKER 1953a, 1959a). Wie hoch allerdings der primäre Kalkgehalt im „frischen“ Löss in den jetzigen Lösslehmgebieten tatsächlich war, ist ungewiss. Möglicherweise waren dort die Kalkgehalte primär geringer und somit konnte die Entkalkung mit den höheren Niederschlägen im S schneller voranschreiten.

Abschließend muss man sagen, dass, wie oben bereits erwähnt, die Verwitterung nur ein Indiz für stratigraphische Überlegungen sein kann, aber niemals ein alleiniger Beweis, da die Verwitterung von vielen, völlig unterschiedlichen Faktoren abhängt, die für zurückliegende Glaziale und Interglaziale nicht mehr rekonstruierbar sind.

8. Entwurf einer Verwitterungsklassifizierung

Versucht man nun für karbonatreiche Schmelzwasserschotter eine Verwitterungsklassifizierung zu entwerfen, wie sie schon für Festgesteine existiert, stellt sich zunächst die Frage nach den Kriterien für eine solche Klassifizierung. Woran erkennt man die Verwitterung? Wie lässt sich die Verwitterung qualitativ und v.a. quantitativ beschreiben? Mit diesen Fragestellungen werden die einzelnen Hauptprozesse der Verwitterung (siehe Kap. 5.2.1) im Folgenden genauer betrachtet. Wichtig hierbei ist allerdings auch immer die Unterscheidung von der einzelnen Komponente und dem Schotterkörper als Ganzes.

Verkarstung: Auf den ersten Blick scheint die Verkarstung, d.h. der durch Kalk- und Dolomitlösung allmählich abnehmende Karbonatgehalt, die beste Möglichkeit zu sein, die Verwitterung in einzelne Stufen zu gliedern. Hierfür muss der Schotterkörper als Ganzes betrachtet werden. In der Theorie müsste der Karbonatgehalt, von der vollständig entkalkten Verwitterungsdecke an der Oberfläche bis zu den unverwitterten Schmelzwasserschottern in der Tiefe, stetig ansteigen. In der Praxis ist dies allerdings nicht der Fall, denn es gibt Prozesse im Boden, die im Zuge der Verwitterung den Karbonatgehalt kleinerer oder größerer Zonen sogar erhöhen können. Als erster und offensichtlichster Prozess ist die Ausfällung des zuvor gelösten Karbonates in Form von Calcit zu nennen, wodurch der Karbonatgehalt des Schotterkörpers in den verfestigten Partien deutlich ansteigen kann. Ein zweiter wichtiger Prozess ist die Suffosion/Umlagerung von Dolomitasche durch einsickernde Niederschlagswässer und fließendes Grundwasser; diese Umlagerung kann zu einer Anreicherung von Dolomitasche entfernt vom Bildungsort führen, was in der Kiesgrube Inneberg N' des Arbeitsgebietes eindrucksvoll dokumentiert werden konnte (siehe Abb. 40). Art und Genese möglicher Deckschichten kann ebenfalls einen Einfluss auf den Karbonatgehalt des Schotterkörpers haben: z.B. Aufkalkung infolge Lössanwehung (BLEICH 1983: 87)⁴⁵³. Dies kann am Beispiel der Kiesgrube Benningen verdeutlicht werden: Die risszeitlichen, karbonatreichen Schmelzwasserschotter des Hawanger Feldes unterlagen im Riss-Würm-Interglazial einer intensiven Oberflächenverwitterung und müssen auf den obersten Metern nahezu karbonatfrei gewesen sein, was durch die intensive Verbraunung (Bildung von Eisenoxiden und -hydroxiden) angezeigt wird. In der Würmkaltzeit wurden äolische Deckschichten abgelagert, die vermutlich zunächst als karbonatreicher Löss vorlagen und im Laufe der Zeit allmählich zu Lösslehm entkalkt wurden. Das gelöste Karbonat wanderte mit den Sickerwässern in Form einer Karbonatfront allmählich in die Tiefe, wobei der verbraunte und ursprünglich nahezu karbonatfreie Schotterlehm durchdrungen wurde. Hierbei kann es zu einer sekundären Kalkabscheidung in den Poren gekommen sein, denn so könnte man die im Labor ermittelten Karbonatgehalte von 1 bis knapp 6 % für die Schotterlehme erklären. Bei weiteren Kalkgehaltsbestimmungen im Labor mittels Thermogravimetrie (LOI) wurde ermittelt, dass in einem Profil in der Kiesgrube Benningen, das vom Lösslehm im Hangenden bis zur tiefsten Abbausohle in

⁴⁵³ „Auch WERNER schreibt 1964, daß jede Bedeckung mit frischem Schotter, Geschiebemergel oder Löß den Boden in seiner Entwicklung zurückwirft.“ (FEZER 1969a: 123) oder „Wird also ein tiefenverwitterter Horizont mit kalkreichem Material bedeckt, wird die Karbonatverwitterung gebremst ...“ (FEZER 1969a: 124)

den weniger verwitterten Schmelzwasserschottern beprobt wurde, der Karbonatgehalt in den Schmelzwasserschottern unmittelbar unterhalb des Schotterlehms⁴⁵⁴ mit 63,75 % am höchsten war (CORDING 2009), was ebenfalls für eine eher sekundäre Anreicherung spricht. Zusammenfassend muss man sagen, dass die Verkarstung bzw. der Karbonatgehalt kein eindeutiges Kriterium für eine Verwitterungsklassifizierung ist, da er von Calcit ausfällungen, Umlagerungen von Dolomitasche und möglichen karbonatreichen Deckschichten stark beeinflusst sein kann.

Versauerung, Verbraunung und Verlehmung: Wie schon bei der Verkarstung kann auch hier der Schotterkörper nur als Ganzes und nicht das Einzelgeröll betrachtet werden. Um eine Verlehmung quantifizieren zu können, müsste man den primären Feinkorngehalt eines Schmelzwasserschotters kennen, der aber starken Schwankungen unterworfen ist und Sulfosion eine sekundäre Reduzierung bzw. Anreicherung bewirkt. Hinzu kommt Material, das aus möglichen feinkornreichen Deckschichten in den Schotter geschwemmt wird. Ähnlich ist es mit der Versauerung und Verbraunung, die unmittelbar mit der Verkarstung zusammenhängen und vom Karbonatgehalt des Bodens bestimmt werden. Desweiteren können Eisenoxide und -hydroxide, die für die Verbraunung verantwortlich sind, durch Sickerwässer meist in Verbindung mit Feinkornmaterial aus den stärker verwitterten Zonen ausgewaschen und in die schwächer verwitterten Zonen umgelagert werden und dort einzelne Lagen oder größere Partien braun färben und verlehmen.

Daher sind Versauerung, Verbraunung und Verlehmung ebenfalls nur schwache Kriterien für eine Klassifizierung, die nur unterstützend herangezogen werden können.

Verfestigung: Wie oben bereits erwähnt, kann das bei der Verkarstung gelöste Karbonat wieder als calcitischer Zement ausgeschieden werden und einzelne Lagen oder ganze Partien im Schotterkörper verfestigen. Da aber die Faktoren der Kalkausfällung (Porenraum, Korngrößenverteilung, Grundwasserstand und Fließgeschwindigkeit, Verweildauer des Haftwasser, Niederschlags- und Sickerwassermengen, Chemismus des Wassers und des Bodens, Temperatur des Porenwassers und der Porenluft, Bodenorganismen etc.) innerhalb der Schmelzwasserschotter komplex sind und nur noch untergeordnet von der Verwitterung beeinflusst werden, kann der Grad der Verfestigung nicht als Kriterium für eine Verwitterungsklassifizierung herangezogen werden; höchstens als Indiz für eine relativ-stratigraphische Einstufung.

Somit hat sich gezeigt, dass die Betrachtung des Lockergesteinskörpers als Ganzes, wie es zum Beispiel bei der Klassifizierung der Festgesteinsverwitterung üblich ist, keine verwertbaren bzw. eindeutigen, höchstens ergänzende Kriterien liefern kann. Daher werden jetzt die Verwitterungsprozesse betrachtet, die primär das Einzelgeröll angreifen, wobei das Einzelgeröll quasi als Festgestein anzusehen ist und daher die von der Festgesteinsverwitterung bekannten Charakteristika Anwendung finden können.

Veraschung, Zermürbung und Vergrusung: Da die Verwitterung, in diesem Fall die Auflösung des Kornverbandes, ein von der Gerölloberfläche allmählich zum Geröllkern voranschreitender Prozess ist, der mehr oder weniger stetig abläuft und somit unmittelbar mit der Festgesteinsverwitterung vergleichbar ist, können diese Prozesse als Kriterien für eine Verwitterungsklassifizierung herangezogen werden. Verstärkend kommt hinzu, dass man aufgrund der unüberschaubaren Geröllanzahl in den Schmelzwasserschottern durch ausreichende Probenmengen die vorhandenen petrographischen Variationen (z.B. die verschiedenen Dolomitarten) abdecken und statistisch abgesichert arbeiten kann. Bei den Schmelzwasserschottern zu berücksichtigen ist, dass die frisch von den Schmelzwässern abgelagerten Gerölle schon intern Verwitterungserscheinungen tragen können, da ja schon das Ausgangsgestein bereits verwittert gewesen sein kann. Auch durch Erosion und Umlagerung älterer, quartärer oder sogar tertiärer Gesteine können verwitterte Gerölle in einen frisch geschütteten Schotterkörper gelangen. Dies sollte aber durch ausreichend hohe Stückzahlen

⁴⁵⁴ Dies entspricht auch den Beobachtungen durch FEZER (1969a: 98).

bei der Beprobung und durch die Betrachtung der jeweiligen Genese des zu untersuchenden Schotterkörpers qualitativ und quantitativ eingeschätzt werden können.

In Anlehnung an die Verwitterungsgrade nach den Empfehlungen der ISRM (1978) und der IAEG (1981) und den Ergänzungen durch SPAUN & THURO (2000) kann nach den bisherigen Gelände- und Laborbefunden ein erster Entwurf einer Verwitterungsklassifizierung für karbonatreiche Schmelzwasserschotter formuliert werden.

Tab. 58: Entwurf einer Verwitterungsklassifizierung für karbonatreiche Schmelzwasserschotter (LEMPE 2010, LEMPE et al. 2010, LEMPE & THURO 2011); VG = Verwitterungsgrad, VK = Verwitterungsklasse.

VG	Bezeichnung nach ISRM (1978) und IAEG (1981)	VK	Bezeichnung nach SPAUN & THURO (2000)	Kurzbeschreibung nach LEMPE 2010, LEMPE et al. 2010, LEMPE & THURO 2011
I	fresh	1	frisch und unverwittert	Die Gerölle zeigen keine Veränderung; nahezu alle Gerölle haben glatte Oberflächen.
II	slightly	2	angewittert	Einzelne Gerölle zeigen eine beginnende Veränderung der Farbe und raue Oberflächen.
II to III	slightly to moderately	3	leicht verwittert	Viele Gerölle zeigen eine beginnende Veränderung der Farbe und raue Oberfläche. Wenige Dolomite sind brüchig, besitzen deutliche Veraschungsrinden oder sind bereits vollständig verascht.
III	moderately	4	mittelstark verwittert	Viele Gerölle zeigen eine ausgeprägte Veränderung der Farbe und raue Oberflächen. Viele Dolomite sind brüchig, besitzen deutliche Veraschungsrinden oder sind vollständig verascht. Merkliche Verlehmung und beginnender Volumenverlust.
IV	highly	5	stark verwittert	Nahezu alle Gerölle zeigen eine ausgeprägte Veränderung der Farbe und raue Oberflächen. Dolomite sind verascht, Kalke weitgehend verschwunden. Starke Verlehmung, merklicher Volumenverlust und beginnende Braunfärbung.
V	extremely	6	sehr stark verwittert	Nahezu vollständige Veränderung der Farbe und der Oberflächen aller Gerölle. Dolomite und Kalke sind verschwunden. Sehr starke Verlehmung, ausgeprägter Volumenverlust und intensive Braunfärbung (Schotterlehm).
VI	residual soil	7	völlig verwittert	Durch Erosionsprozesse ist der Lehm weitgehend abgetragen und Splitter und Bruchstücke der verwitterungsresistenten Gerölle sind angereichert (Restschotter); intensive Braunfärbung.

Die große Bedeutung der Dolomitgerölle, die ihnen in obiger Klassifizierung zukommt, hat auch schon FEZER (1969a) betont und diese bei seinen Betrachtungen der Tiefenverwitterung besonders berücksichtigt⁴⁵⁵: „In jedem Aufschluß habe ich deshalb die Dolomitgerölle je nach Tiefe, Dicke und Verwitterungsgrad registriert.“ (FEZER 1969a: 73). Sollten in einem Schmelzwasserschotter weniger Dolomite oder Dolomite enthalten sein, die nicht zur Veraschung neigen, können andere Gerölle, die ähnliche, leicht zu erkennende Verwitterungsphänomene aufweisen, herangezogen werden. Als Alternativen bieten sich Amphibolit-, Gneis-, Glimmerschiefer-, Granit- oder Sandsteingerölle an, deren Vergrusung- und Zermürbung mit der Dolomitveraschung vergleichbar ist.

⁴⁵⁵ Veraschungsgrade nach FEZER (1969a: 74 Fig. 54): „**aschig-sandig**“ (tropft bei Regen aus), „**mürb**“ (mit dem Finger zerdrückbar), „**faul**“ (mit dem Hammer leicht zu zerschlagen, Bruchflächen sichtlich angewittert) und „**frisch**“.

9. Schlussbetrachtung und Ausblick

Langfristig betrachtet führt die Verwitterung von karbonatreichen Schmelzwasserschottern im nördlichen Alpenvorland, v.a. das Lösen von Karbonat (Verkarstung von Lockergesteinen), zu einem enormen Volumen- sowie Massenverlust und damit verbunden zu einer gravierenden Reduzierung der Mächtigkeit; Sackungen und Setzungen sind die Folge. Typisch für die Schmelzwasserschotter ist, dass sie im Zuge der Verwitterung an der Oberfläche beginnend stark verlehmen und so allmählich aus einem nichtbindigen ein bindiges Lockergestein entsteht. Der andere Extremfall ist, dass der oberflächennah gelöste Kalk in tieferen Bereichen des Schotters als calcitisches Bindemittel wieder ausgefällt wird, so dass es zu einer Lithifizierung (Verfestigung) der Schotter kommt, die nur punktuell oder großräumig auftreten kann. So kann aus ein und demselben nichtbindigen Lockergestein bei der Verwitterung sowohl ein bindiges Lockergestein (Schotterlehm) als auch ein Festgestein (Konglomerat) werden.

Da die Verwitterung selektiv angreift, reichern sich verwitterungsresistentere, v.a. kieselige Komponenten an, wodurch nicht nur der Anteil an verschleissrelevantem Material erhöht sondern auch das gesamte petrographische Spektrum stark verschoben wird. Erfasst die Verwitterung den gesamten Schotterkörper, bleiben vollständig entkarbonatisierte, überwiegend kieselige, meist bindige Schotterlehme oder Restschotter übrig, die abhängig von ihrer Restmächtigkeit die ursprüngliche Mächtigkeit des einstigen, unverwitterten Schmelzwasserschotters nur erahnen lassen.

Die Verwitterung hat einen erheblichen Einfluss auf die geotechnischen Eigenschaften eines Schmelzwasserschotters, greift aber nicht gleichmäßig an. Es kommt zu einer Änderung der Bodenart, der Bodenklasse und der Bodengruppe. Daher ist es für die geologische Vorerkundung im Vorfeld einer Baumaßnahme oder z.B. bei der Bewertung einer Kieslagerstätte unumgänglich, die Verwitterungsprozesse und -erscheinungen näher zu untersuchen, zu beschreiben, zu qualifizieren sowie soweit wie möglich auch zu quantifizieren. Besonders sollte versucht werden, einzelne Verwitterungszonen abzugrenzen und auszukartieren sowie den jeweiligen Grad der Verwitterung genau zu beschreiben.

Neben der Karbonatausfällung (Verfestigung) stellen die Verkarstung in Verbindung mit der Veraschung von Dolomitgeröllen sowie die durch die Karbonatlösung bedingte Anreicherung meist tonig-schluffiger Lösungsrückständen die wichtigsten Prozesse dar. Letztere führen zu einem Anstieg des Feinkorngehaltes im Boden (Verlehmung); dieses Feinkorn kann im Boden umgelagert (Suffosion) und wieder abgelagert werden, was zu einem Verschließen von Poren und einer Reduzierung der Durchlässigkeit führt (Kolmatierung). Die Anreicherung verwitterungsresistenter, meist kieseliger und somit verschleißrelevanter Komponenten spielt im Arbeitsgebiet aufgrund des dominierenden Anteils an Karbonatgeröllen nur eine untergeordnete Rolle.

Diese Verwitterungsprozesse sind Grundlage für die erstmalig entworfene und hier vorgestellte Verwitterungsklassifizierung für pleistozäne karbonatreiche Schmelzwasserschotter, in der Begriffe wie „frisch“, „angewittert“ oder „verwittert“ analog zu den Festgesteinen klar definiert wurden.

Für Schmelzwasserschotter, die weniger oder kaum Dolomitgerölle oder Dolomitgerölle, die nicht zur Veraschung neigen, enthalten, muss eine Alternative gefunden werden, um eine Verwitterungsklassifizierung entsprechend der oben vorgestellten, hauptsächlich auf der Dolomitveraschung fußenden Klassifizierung zu formulieren. Hier würden sich Amphibolit-, Gneis-, Glimmerschiefer-, Granit- oder Sandsteingerölle anbieten, da sie bei der Verwitterung Vergrusungs- und Zermürbungsphänomene aufweisen, die leicht zu identifizieren und mit der Dolomitveraschung vergleichbar sind.

Anlagen

Anlage 1: Literatur

ABELE, G., BESCHOREN, B., DEHM, R., ERB, L., FUCHS, B., GANSS, O., KIDERLEN, H., NATHAN, F., SCHMIDT-THOMÉ, P & STEPHAN, W. (1955): Erläuterungen zur Geologischen Übersichtskarte der Süddeutschen Molasse 1:300000.– 106 S.; München (Bayer. Geol. L.-Amt).

ABELE, G., FUCHS, B. & STEPHAN, W. (1955): Die westliche bayerische Vorlandmolasse.– In: ABELE, G., BESCHOREN, B., DEHM, R., ERB, L., FUCHS, B., GANSS, O., KIDERLEN, H., NATHAN, F., SCHMIDT-THOMÉ, P & STEPHAN, W. [Hrsg.] (1955): Erläuterungen zur Geologischen Übersichtskarte der Süddeutschen Molasse 1:300000, S. 46-58; München (Bayer. Geol. L.-Amt).

ADAM, K. D. (1952): Die altpleistozänen Säugetierfaunen Südwestdeutschlands.– Neues Jb. Geol. Paläontol., **1952**: 229-236; Stuttgart.

ADAM, K. D. (1953): Die Bedeutung der altpleistozänen Säugetier-Faunen Südwestdeutschlands für die Gliederung des Eiszeitalters.– Geologica Bavarica, **19**: 357-363; München.

ADAM, K. D. (1954): Die zeitliche Stellung der Urmenschen-Fundschicht von Steinheim an der Murr innerhalb des Pleistozäns.– Eiszeitalter u. Gegenwart, **4/5**: 18-21; Öhringen.

ADAM, K. D. (1961): Die Bedeutung der pleistozänen Säugetier-Faunen Mitteleuropas für die Geschichte des Eiszeitalters.– Stuttgarter Beitr. Naturk., **78**: 1-34; Stuttgart.

AHLBORN, D. (2010): Geheimnisvolle Unterwelt – Das Rätsel der Erdställe in Bayern.– 104 S.; Aying (Kultisurium Verlag).

AKTAS, A. (1987): Altquartäre Schotter der Zusam-Platte, Bayerisch Schwaben.– Sonderveröffentlichungen, Geologisches Institut der Universität Köln, **62**, 100 S.; Köln.

AKTAS, A. (1989): Sedimentpetrographisch-stratigraphische Untersuchungen in der Zusam-Platte, Bayerisch Schwaben.– Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F. **71**: 247-274; Stuttgart.

AKTAS, A. (1990): Schotterpetrographie, Stratigraphie und Paläogeographie der Zusam-Platte (Bayerisch Schwaben).– Z. dt. geol. Ges., **141**: 99-108; Hannover.

AKTAS, A. (1991): Zum „altpleistozänen Donaulauf“ in der nördlichen Iller-Lech-Platte (Bayerisch Schwaben).– Sonderveröffentlichungen, Geologisches Institut der Universität Köln, **82**: 43-46; Köln.

AKTAS, A. & BECKER-HAUMANN, R. (1991): Zur Stratigraphie der südlichen Staudenplatte.– Sonderveröffentlichungen, Geologisches Institut der Universität Köln, **82**: 9-18; Köln.

AKTAS, A. & FRECHEN, M. (1991): Mittel- bis jungpleistozäne Sedimente der Hochterrasse in der nördlichen Iller-Lech-Platte.– Sonderveröffentlichungen, Geologisches Institut der Universität Köln, **82**: 19-41; Köln.

ALSHEIMER, S. (2007): Entwicklungs- und Umsetzungskonzept für die Biotopflächen im Umfeld des NSG Hundsmoor im Landkreis Unterallgäu.– unveröffentlichte Diplomarbeit an der Fakultät Landschaftsarchitektur der Fachhochschule Weihenstephan, 177 S.; Freising.

- BABUCKE, V. (1995): Das frühe Mittelalter.– In: CZYSZ, W., DIETRICH, H. & WEBER, G. [Hrsg.] (1995): Kempten und das Allgäu, Führer zu archäologischen Denkmälern in Deutschland, **30**: 70-78; Stuttgart (Theiss Verlag).
- BAUER, J. (1983): Geologisch-botanische Wanderungen im Allgäu.– 1. Band.- 191 S.; Kempten (Verlag für Heimatpflege).
- BAUER, J. (1986): Geologisch-botanische Wanderungen im Allgäu.– 2. Band.- 208 S.; Kempten (Verlag für Heimatpflege).
- BAUER, M., NEUMANN, P., SCHOLZ, M. & THURO, K. (2005): Die Geologie des Münchner Untergrunds und seine Bedeutung für die Baugrundmodellbildung in städtischen Gebieten.– *Geotechnik*, **2** (2005): 83-92; Essen.
- BAUMANN, J. (1988): Bruchvorgänge in Folge der Isareintiefung südlich Münchens und die kritische Höhen der Talhänge.– Schriftenreihe Lehrstuhl und Prüfamf für Grundbau, Bodenmechanik und Felsmechanik der Technischen Universität München, **12**, 287 S.; München.
- BAUMANN, J. (2010): Ingenieurgeologische und geotechnische Exkursion im Isartal.– unveröffentlichter Exkursionsführer am Lehrstuhl für Ingenieurgeologie der Technischen Universität München, 40 S.; München.
- BAUMANN, J., KRANZBERGER, A. & KRÖGER, J. (1975): Beschreibung einer Rutschung im Isartal südlich von München.– *Geologica Bavarica*, **74**: 193-208; München.
- BECKER-HAUMANN, R. (1995a): Die Periglazialschotter der mittleren Schmutter bei Augsburg.– *Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F.* **77**: 329-349; Stuttgart.
- BECKER-HAUMANN, R. (1995b): Zur Korrelation der Aindlinger Terrassentreppe mit der Mindel-Lech-Platte.– *Geologica Bavarica*, **99**: 165-178; München.
- BECKER-HAUMANN, R. (1995c): Zur Flußgeschichte der ältestpleistozänen Iller.– Sonderveröffentlichungen, Geologisches Institut der Universität Köln, **98**, 168 S.; Köln.
- BECKER-HAUMANN, R. (1996): Die Petrologie der kristallinen Iller-Gerölle (Bayrisches Alpenvorland).– *Aufschluss*, **46**: 13-28; Heidelberg.
- BECKER-HAUMANN, R. (1997a): Die Entstehung des Dinkelscherbener Beckens – Ein Beitrag zur Landschaftsgeschichte Bayerisch-Schwabens.– *Mitt. Geogr. Ges. München*, **82**: 23-38; München.
- BECKER-HAUMANN, R. (1997b): Der Arlesrieder Schotter – Ein weiterer Beleg für die biberzeitliche Iller in Bayerisch Schwaben.– *Sonderveröffentlichungen, Geologisches Institut der Universität Köln*, **114**: 59-75; Köln.
- BECKER-HAUMANN, R. (1998a): Die paläogeographische Entwicklung des Allgäuer Alpenvorlandes an der Wende Pliozän/Pleistozän.– *Terra Nostra*, **98** (1): 40-41; Köln.
- BECKER-HAUMANN, R. (1998b): Das älteste Pleistozän im Illergletscher-Vorland – neue Ergebnisse und Paläogeographie der Biberkaltzeit im schwäbischen Alpenvorland.– *Eiszeitalter u. Gegenwart*, **48**: 86-101; Hannover.
- BECKER-HAUMANN, R. (1999): Ein klimagesteuertes Modell der glazifluviatilen Akkumulation und Erosion.– In: BECKER-HAUMANN, R. & FRECHEN, M. [Hrsg.] (1999): *Terrestrische Quartärgeologie*, S. 195-208; Köln (Logabook).

- BECKER-HAUMANN, R. (2001a): The depositional history of the Bavarian Allgäu area at the turn of the Tertiary/Quaternary, Northern Alpine Foreland, Germany – a set of paleogeological maps.– *Quaternary International*, **79**: 55-64; Amsterdam.
- BECKER-HAUMANN, R. (2002): Ein neues Konzept für das drittletzte Glazial (Mindel-Glazial) im bayerischen Alpenvorland.– *Z. geol. Wiss.*, **30**: 173-190; Berlin.
- BECKER-HAUMANN, R. (2004): Das Grönenbacher Feld bei Kempten: neue Befunde zur Typusregion des Mindelglazials und zur Paareiszeit im bayerischen Alpenvorland.– *Eiszeitalter u. Gegenwart*, **54**: 20-35; Hannover.
- BECKER-HAUMANN, R. (2005): Anwendungen der Geoinformatik für die hochauflösende 3D-Modellierung fluviatiler Terrassenkörper – Die prä-risszeitliche Chronologie und Paläogeographie des Illergletschergebietes, Bayerisches Alpenvorland.– 330 S., Stuttgart (E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung).
- BECKER-HAUMANN, R., AKTAS, A. & BRUNNACKER, K. (2001): Erläuterungen zur Geologischen Übersichtskarte des Mindel-Lech-Gebietes 1:100000.– *Geologica Bavarica*, **106**: 109-228; München.
- BECKER-HAUMANN, R., BÜRGER, M. & LINK, A. (1997): Zur Mehrphasigkeit der Mindeleiszeit im Schwäbischen Alpenvorland – Informationen von quartären Flußterrassen entlang des Auerbachtals.– *Sonderveröffentlichungen, Geologisches Institut der Universität Köln*, **114**: 77-90; Köln.
- BECKER-HAUMANN, R. & GERTH, A. (2007): 3D-Modellierung der unterpleistozänen Schmelzwasserabflüsse im Verzahnungsbereich von Rhein- und Illergletschervorland, deutsches Alpenvorland.– *Z. Geomorph.*, **51** (4): 443-467; Stuttgart.
- BECKER-HAUMANN, R. & SOBISCH, H.-G. (2002): Die Morphologie mindelzeitlicher Schmelzwasserrinnen des bayerischen Alpenvorlandes modelliert mit GIS-basierter 3D-Modellierungssoftware.– *Terra Nostra*, **2002** (6): 42-45; Berlin.
- BELLMANN, U. (2009): Erläuterungen zur geologischen Karte des Gebietes südöstlich von Memmingen (Quartär/Molasse), mit einer speziellen Darstellung der hydrogeologischen Verhältnisse.– unveröffentlichte Diplomkartierung und -arbeit am Lehrstuhl für Ingenieurgeologie der Technischen Universität München, 132 S.; München.
- BENDA, L. [Hrsg.] (1995): *Das Quartär Deutschlands*.– 408 S.; Berlin & Stuttgart (Gebrüder Bornträger).
- BIBUS, E. (1995): Äolische Deckschichten, Paläoböden und Mindestalter der Terrassen in der Iller-Lech-Platte.– *Geologica Bavarica*, **99**: 135-164; München.
- BIERSACK, F. (2011): *Karbonatgehaltsbestimmung mittels Thermogravimetrie (LOI)*.– unveröffentlichte M.Sc.-Arbeit am Lehrstuhl für Ingenieurgeologie der Technischen Universität München, 79 S.; München.
- BIRKENHAUER, J. (1989): *Exkursionsbericht: Eiszeiten an der Iller*.– *Mitt. Geogr. Ges. München*, **74**: 170-174; München.
- BLEICH, K. E. (1983): *Geschichte der eiszeitlichen Böden*.– In: MÜLLER-BECK, H. [Hrsg.] (1983): *Urgeschichte in Baden-Württemberg*, S. 65-89; Stuttgart (Theiss Verlag).

- BLUDAU, W. (1995): Altpleistozäne Warmzeiten im Alpenvorland und im Oberrheingraben – Ein Beitrag der Palynologie zum „Uhlenberg-Problem“.– *Geologica Bavarica*, **99**: 119-133; München.
- BLUME, H.-P., BRÜMMER, G.W., HORN, R., KANDELER, E., KÖGEL-KNABNER, I., KRETSCHMAR, R., STAHR, K. & WILKE, B.-M. (2010): Scheffer/Schachtschabel – Lehrbuch der Bodenkunde.– 570 S.; Heidelberg (Elsevier-Spektrum Akademischer Verlag).
- BRACHTHÄUSER, C. (2006): Die Römer im Allgäu.– 118 S.; Groß-Gerau (Ancient Mail Verlag).
- BREMER, H. (1991): Flußdynamik und Flußablagerungen.– Sonderveröffentlichungen, Geologisches Institut der Universität Köln, **82**: 9-18; Köln.
- BRUNNACKER, K. (1953a): Die bodenkundlichen Verhältnisse der würmeiszeitlichen Schotterfluren im Illergebiet.– *Geologica Bavarica*, **18**: 113-130; München.
- BRUNNACKER, K. (1953b): Der würmeiszeitliche Löß in Südbayern.– *Geologica Bavarica*, **19**: 258-265; München.
- BRUNNACKER, K. (1954): Löß und diluviale Bodenbildungen in Südbayern.– *Eiszeitalter u. Gegenwart*, **4/5**: 83-86; Öhringen.
- BRUNNACKER, K. (1957): Die Geschichte der Böden im jüngeren Pleistozän in Bayern.– *Geologica Bavarica*, **34**: 5-95; München.
- BRUNNACKER, K. (1959a): Zur Kenntnis des Spät- und Postglazials in Bayern.– *Geologica Bavarica*, **43**: 74-150; München.
- BRUNNACKER, K. (1959b): Geologische Karte von Bayern im Maßstab 1:25000: Erläuterungen zum Blatt Nr. 7636 Freising Süd.– 94 S.; München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- BRUNNACKER, K. (1964a): Schätzungen über die Dauer des Quartärs, insbesondere auf der Grundlage der Paläoböden.– *Geol. Rundschau*, **54**: 415-428; Stuttgart.
- BRUNNACKER, K. (1964b): Grundzüge einer quartären Bodenstratigraphie in Süddeutschland.– *Eiszeitalter u. Gegenwart*, **15**: 224-228; Öhringen.
- BRUNNACKER, K. (1964c): Quartär.– In: Bayer. Geol. L.-Amt [Hrsg.] (1964): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:500000, S. 230-243; München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- BRUNNACKER, K. (1964d): Geologische Karte von Bayern im Maßstab 1:25000: Erläuterungen zum Blatt Nr. 7736 Ismaning.– 100 S.; München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- BRUNNACKER, K. (1970): Zwei Lößprofile extremer Klimabereiche Bayerns.– *Geologica Bavarica*, **63**: 195-206; München.
- BRUNNACKER, K. (1982): Äolische Deckschichten und deren fossile Böden im Periglazialbereich Bayerns.– *Geol. Jb.*, **F14**: 15-25; Hannover.
- BUCHNER, E., FLÖDL, E., MAURER, H. & SEYFRIED, H. (2005): Volume estimation for the Adelegg Fan (North Alpine foreland basin, Upper Freshwater Molasse, southern Germany).– *Z. dt. geol. Ges.*, **155** (2-4): 137-148; Stuttgart.
- BÜDEL, J. (1944): Die morphologische Wirkung des Eiszeitklimas im gletscherfreien Gebiet.– *Geol. Rundschau*, **34**: 482-519; Berlin.

- CHALINE, J. & JERZ, H. (1984): Arbeitsergebnisse der Subkommission für Europäische Quartärstratigraphie. Stratotypen des Würm-Glazials.– Eiszeitalter u. Gegenwart, **34**: 185-206; Hannover.
- CHEN, Z. (2011a): Erläuterungen zur geologischen Karte 1:10000 der Umgebung von Otto-beuren (Quartär/Molasse).– unveröffentlichte Diplomkartierung am Lehrstuhl für Ingenieurgeologie der Technischen Universität München, 66 S.; München.
- CHEN, Z. (2011b): Hydrogeologie des Quartärs im Stadtgebiet von Memmingen mit einer Darstellung der Aquifermächtigkeit, des Grundwasserabflusses und der Verteilung der Grundwassertemperaturen.– unveröffentlichte Diplomarbeit am Lehrstuhl für Ingenieurgeologie der Technischen Universität München, 58 S.; München.
- CORDING, B. (2009): Bodenmechanische Untersuchungen an unverwitterten und verwitterten, pleistozänen Schmelzwasserkiesen.– unveröffentlichte M.Sc.-Arbeit am Lehrstuhl für Ingenieurgeologie der Technischen Universität München, 43 S.; München.
- CORNELIUS, H. P. (1923): Beobachtungen über die Geröllführung der Molasse am Allgäuer Alpenrand.– Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt, **11**: 183-191; Wien.
- CZARNETZKI, A. (1983): Zur Entwicklung des Menschen in Südwestdeutschland.– In: MÜLLER-BECK, H. [Hrsg.] (1983): Urgeschichte in Baden-Württemberg, 217-240; Stuttgart (Theiss Verlag).
- CZYSZ, W., DIETRICH, H. & WEBER, G. (1995): Kempten und das Allgäu.– Führer zu archäologischen Denkmälern in Deutschland, **30**, 252 S.; Stuttgart (Theiss Verlag).
- DEHM, R. (1949): Das jüngere Tertiär in Südbayern als Lagerstätte von Säugetieren, besonders Dinotherien.– Neues Jb. Geol. Paläontol., Abhandlungen, **B 90**: 1-30; Stuttgart.
- DEHM, R. (1955): Die Säugetierfauna in der Oberen Süßwassermolasse und ihre Bedeutung für die Gliederung.– In: ABELE, G., BESCHOREN, B., DEHM, R., ERB, L., FUCHS, B., GANSS, O., KIDERLEN, H., NATHAN, F., SCHMIDT-THOMÉ, P & STEPHAN, W. [Hrsg.] (1955): Erläuterungen zur Geologischen Übersichtskarte der Süddeutschen Molasse 1:300000, S. 81-88, München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- DEHM, R. (1960): Zur Frage der Gleichaltrigkeit bei fossilen Säugerfaunen.– Geol. Rundschau, **49**: 36-40; Stuttgart.
- DEHM, R. (1979): Artenliste der altpleistozänen Molluskenfauna vom Uhlenberg bei Dinkelscherben.– Geologica Bavarica, **80**: 123-125; München.
- DEGROOT, K. (1967): Experimental dedolomitization.– Journal of Sedimentary Research, **37** (4): 1216-1220; Boulder, Colorado.
- DERUNGS, K. & FRÜH, S. (2008): Der Kult der drei heiligen Frauen.– 315 S.; Grenchen bei Solothurn (Edition Amalia).
- DIETRICH, H. (1995): Bronze- und Eisenzeit.– In: CZYSZ, W., DIETRICH, H. & WEBER, G. [Hrsg.] (1995): Kempten und das Allgäu, Führer zu archäologischen Denkmälern in Deutschland, **30**: 38-48; Stuttgart (Theiss Verlag).
- DOBNER, A. (1984): Tone, Mergel und Lehme des Quartärs.– Geologica Bavarica, **86**: 466-468; München.

- DOPPLER, G. (1989): Zur Stratigraphie der nördlichen Vorlandmolasse in Bayerisch-Schwaben.– *Geologica Bavarica*, **94**: 83-133; München.
- DOPPLER, G. (2003): Zur Gliederung von Ältesten Periglazialschottern und Älteren Deckenschottern im Rot-Günz-Gebiet (Oberschwaben und Bayerisch Schwaben).– *Z. dt. geol. Ges.*, **154**: 255-286; Stuttgart.
- DOPPLER, G. (2011): Tertiär-Molasse und Quartär-Ablagerungen im nördlichen Schwaben (Exkursion F am 28. April 2011).– *Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F.* **93**: 303-330; Stuttgart.
- DOPPLER, G. & JERZ, H. (1995): Untersuchungen im Alt- und Ältestpleistozän des bayerischen Alpenvorlands – Geologische Grundlagen und stratigraphische Ergebnisse.– *Geologica Bavarica*, **99**: 7-53; München.
- DOPPLER, G., KROEMER, E., RÖGNER, K., WALLNER, J., JERZ, H. & GROTTENTHALER, W. (2011): Quaternary Stratigraphy of Southern Bavaria.– *E&G Quaternary Science Journal*, **62** (2-3): 329-365; Hannover.
- DOPPLER, G., PÜRNER, T. & SEIDEL, M. (2000): Zur Gliederung und Kartierung der bayerischen Vorlandmolasse.– *Geologica Bavarica*, **105**: 217-241; München.
- DRONG, H. J. (2003): Das kristalline Grundgebirge in Bohrungen des nordwestlichen Alpenvorlandes.– *Geologica Bavarica*, **108**: 13-110; München.
- EBERHARD, M. (1986): Litho- und Biostratigraphie im Oberen Süßwassermolasse-Fächer der Adelegg (Südbayern).– *Jb. Geol. B.-A.*, **129**: 5-39; Wien.
- EBERL, B. (1928): Zur Gliederung und Zeitrechnung des alpinen Glazials.– *Z. dt. geol. Ges.*, **80**: 107-117; Stuttgart.
- EBERL, B. (1930): Die Eiszeitenfolge im nördlichen Alpenvorland.– 427 S.; Augsburg (Filser Verlag).
- EBERL, B. (1932): Der Buschel bei Ottobeuren.– *Memminger Geschichtsblätter*, **18** (1): 8; Memmingen.
- EHLERS, J. (1994): Allgemeine und historische Quartärgeologie.– 358 S.; Stuttgart (Ferdinand Enke Verlag).
- EHLERS, J. (2011): Das Eiszeitalter.– 363 S.; Heidelberg (Elsevier – Spektrum Akademischer Verlag).
- EICHLER, H. (1970): Zur stratigraphischen Definition des Begriffes „Günz“ im östlichen Rheingletscher-Gebiet.– *Neues Jb. Geol. Paläontol.*, **7**: 414-417; Stuttgart.
- EICHLER, H. & SINN, P. (1975): Zur Definition des Begriffs „Mindel“ im schwäbischen Alpenvorland.– *N. Jb. Geol. Paläontol.*, **12**: 705-718; Stuttgart.
- EITEL, B. & WAGNER, G. A. (2007): Die Entstehung der Neckarschlinge von Mauer als Ausdruck der Fluss- und Reliefentwicklung im nördlichen Baden-Württemberg.– In: WAGNER, G. A., RIEDER, H., ZÖLLER, L. & MICK, E. [Hrsg.] (2007): *Homo heidelbergensis. Schlüsselfund der Menschheitsgeschichte*, 366 S.: 113-126; Stuttgart (Theiss Verlag).

- ELBRACHT, J. (2002): Karbonatische Zementation pleistozäner Lockersedimente NW-Deutschlands.– unveröffentlichte Dissertation im Fachbereich Geowissenschaften und Geographie der Universität Hannover, 214 S.; Hannover.
- ELLWANGER, D. (1980a): Rückzugsphasen des würmeiszeitlichen Illergletschers.– Arb. Inst. Geol. Paläont. Univ. Stuttgart, **76**: 93-126; Stuttgart.
- ELLWANGER, D. (1980b): Die Terrassen der Iller zwischen Memmingen und Kempten.– Arb. Inst. Geol. Paläont. Univ. Stuttgart, **76**: 127-167; Stuttgart.
- ELLWANGER, D. (1983): Der Rückzug des würmzeitlichen Iller-Vorlandgletschers.– Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F. **65**: 291-306; Stuttgart.
- ELLWANGER, D. (1988): Würmeiszeitliche Rinnen und Schotter bei Leutkirch/Memmingen.– Jh. geol. Landesamtes Baden-Württemberg, **30**: 207-229; Freiburg im Breisgau.
- ELLWANGER, D. (1989): Paläographische Kartenskizzen zur Flußgeschichte des Aitrach-Iller-Gebietes (Schwaben).– Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F. **71**: 445-466; Stuttgart.
- ELLWANGER, D. (1990): Protokoll zur 2. Sitzung des AK Älteres Pleistozän am 30.4./1.5.1990 in Illensee-Höchsten.– unveröffentlichtes Protokoll AGAQ, 10 S.; Freiburg im Breisgau.
- ELLWANGER, D. M., FEJFAR, O. & KOENIGSWALD, W. von (1994): Die biostratigraphische Aussage der Arvicolidenfauna vom Uhlenberg bei Dinkelscherben und ihre morpho- und lithostratigraphischen Konsequenzen.– Münchner Geowiss. Abh., **A26**: 173-191; München.
- ENGESSER, B., FEJFAR, O. & MAJOR, P. von (1996): Das Mammut und seine ausgestorbenen Verwandten.– Veröffentlichungen aus dem Naturhistorischen Museum Basel, **20**, 188 S.; Basel.
- ESSIG, W. (1979): Die periglazial-fluviatilen Schotterablagerungen des Zusammentales.– Heidelberger geogr. Arb., **49**: 139-163; Heidelberg.
- FAHLBUSCH, V. (1981): Miozän und Pliozän – Was ist was? Zur Gliederung des Jungtertiärs in Süddeutschland.– Mitt. Bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol., **21**: 121-127; München.
- FAUPL, P. (1997): Historische Geologie.– 270 S.; Wien (WUV-Universitätsverlag).
- FENNINGER, A. (2000): Konglomeratorgeln aus der oberkarbonen Auernig-Gruppe der Karnischen Alpen (Naßfeld, Österreich).– Mitt. Österr. Geol. Ges., **91**: 53-61; Wien.
- FESSELER, W. & GOOS, W. (1988): Geologische Karte von Baden-Württemberg im Maßstab 1:25000 – Erläuterungen zum Blatt Nr. 8026 Aitrach.– 84 S.; Freiburg im Breisgau (Geol. L. A. Baden-Württemberg).
- FEZER, F. (1969a): Tiefenverwitterung circumalpiner Pleistozänschotter.– Heidelberger geogr. Arb., **24**, 144 S.; Heidelberg.
- FEZER, F. (1969b): Zur Interpretation von Schotteranalysen im Alpen-Vorland.– N. Jb. Geol. Paläontol., **1969**: 344-352; Stuttgart.
- FEZER, F. (1991): Weitere Argumente für die Aare-Donau.– Jh. geol. Landesamtes Baden-Württemberg, **33**: 187-198; Freiburg im Breisgau.
- FIEBIG, M. (1999): Zur geologischen Aufnahme von quartären Lockergesteinen.– Z. geol. Wiss., **27** (1/2): 135-152; Berlin.

- FIEBIG, M., BUITER, S. J. H. & ELLWANGER, D. (2004): Pleistocene Glaciations of South Germany.– In: EHLERS, J., & GIBBARD, P. L. [Hrsg.] (2004): Quaternary glaciations – extent and chronology – Part I: Europe, 475 S.: 147-154; Amsterdam.
- FIEBIG, M., ELLWANGER, D. & DOPPLER, G. (2011): Pleistocene Glaciations of Southern Germany.– In: EHLERS, J., GIBBARD, P. L., & HUGHES, P. D. [Hrsg.] (2011): Quaternary glaciations – extent and chronology.– 1108 S.: 163-173; Amsterdam.
- FIEBIG, M. & PREUSSER, F. (2001): Lumineszenzalter von Quartärablagerungen im Donautal und im Tertiärhügelland bei Ingolstadt (Bayern).– *Geologica Bavarica*, **106**: 259-271; München.
- FIEBIG, M. & PREUSSER, F. (2002): Die ursprünglichen Hochterrassen und die Riss-Vergletscherung nach Albrecht Penck im Licht der Lumineszenz.– *Terra Nostra*, **2002** (6): 110-114; Berlin.
- FIEBIG, M. & PREUSSER, F. (2003): Das Alter fluvialer Ablagerungen aus der Region Ingolstadt (Bayern) und ihre Bedeutung für die Eiszeitenchronologie des Alpenvorlandes.– *Z. Geomorph.*, **47**: 449-467; Berlin & Stuttgart.
- FIEBIG, M., PREUSSER, F., GRAF, H. & REITNER, J. (2010): Bericht von der 22. AGAQ-Tagung in Waldshut-Tiengen.– *Geowissenschaftliche Mitteilungen*, **41**: 64-65; Bonn.
- FILZER, P. & SCHEUENPFLUG, L. (1970): Ein frühpleistozänes Pollenprofil aus dem nördlichen Alpenvorland.– *Eiszeitalter u. Gegenwart*, **21**: 22-32; Öhringen.
- FINK, J. (1966): Die Paläogeographie der Donau.– In: LEIPOLT, R. [Hrsg.] (1967): *Limnologie der Donau*, **2**: 1-50; Stuttgart.
- FISCHER, E. & SPAUN, G. (1962): Baugeologische Erkundungen auf der Waghochfläche.– *Geologie u. Bauwesen*, **27** (2): 37-44; Wien.
- FIXL, L. (2009): Erläuterungen zur geologischen Karte des Gebietes bei Woringen (Quartär/Molasse), mit einer speziellen Darstellung der hydrogeologischen Verhältnisse.– unveröffentlichte Diplomkartierung und -arbeit am Lehrstuhl für Ingenieurgeologie der Technischen Universität München, 114 S.; München.
- FLOSS, R. (2006): Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau/ZTVE-StB 94 (Fassung 1997) – Kommentar mit Kompendium Erd- und Felsbau unter Berücksichtigung der nationalen und europäischen Regelwerke.– 660 S.; Bonn (Kirschbaum Verlag).
- FÖRDERREUTHER, M. (1923): Die Zungenbecken des Illergletschers und die Illerdurchbrüche bei Reicholzried und Kempten.– *Mitt. Geogr. Ges. München*, **16**: 337-338; München.
- FRECHEN, M. (1991): Interpretation physikalischer Datierungen in der Quartärforschung.– *Sonderveröffentlichungen, Geologisches Institut der Universität Köln*, **82**: 99-112; Köln.
- FRENZEL, B. (1973): Bericht über die im Anschluß an die DEUQUA-Tagung 1972 durchgeführte mehrtägige quartärgeologische Exkursion in das bayerisch-schwäbische Alpenvorland.– *Eiszeitalter u. Gegenwart*, **23/24**: 401-409; Öhringen.
- FRENZEL, B. (1983): Die Vegetationsgeschichte Süddeutschlands im Eiszeitalter.– In: MÜLLER-BECK, H. [Hrsg.] (1983): *Urgeschichte in Baden Württemberg*, S. 91-166; Stuttgart (Theiss Verlag).

- GEHLEN, B. (1995): Die Steinzeit.– In: CZYSZ, W., DIETRICH, H. & WEBER, G. [Hrsg.] (1995): Kempten und das Allgäu, Führer zu archäologischen Denkmälern in Deutschland, **30**: 26-37; Stuttgart (Theiss Verlag).
- GEHLEN, B. (2010): Innovationen und Netzwerke: Das Spätmesolithikum vom Forggensee (Südbayern) im Kontext des ausgehenden Mesolithikums und des Altneolithikums in der Südhälfte Europas, 2 Bände.– 838 S.; Loogh (Welt und Erde).
- GEHLEN, B. (2010b): Innovationen und Netzwerke II: Das Spätmesolithikum vom Forggensee (Südbayern) im Kontext des ausgehenden Mesolithikums und des Altneolithikums in der Südhälfte Europas, Band 2.– 474 S.; Loogh (Welt und Erde).
- GEHLEN, B. & SCHÖN, W. (i. Vorb.): Steinzeitliche Inventare aus dem Westallgäu: Die Sammlung Graf Vojkffy im Pfahlbaumuseum Unteruhldingen.– In: MEURERS-BALKE, J. & SCHÖN, W. [Hrsg.] (i. Vorb.): Gedenkschrift für Jürgen Hoika, Archäologische Berichte, **22**, Manuskript 48 S.; Bonn.
- GEIGER, E. (1948): Untersuchungen über den Geröllbestand im Rheingletschergebiet.– Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen, **28**: 274-287; Zürich.
- GEIGER, E. (1961): Der Geröllbestand des Rheingletschers im allgemeinen und im besonderen um Winterthur.– Mitteilungen der naturwissenschaftlichen Gesellschaft in Winterthur, **30**: 33-53; Winterthur.
- GEIGER, E. (1969): Der Geröllbestand des Rheingletschergebietes nördlich von Bodensee und Rhein.– Jh. geol. Landesamtes Baden-Württemberg, **11**: 127-172; Freiburg im Breisgau.
- GERMAN, R. (1959): Die Würmvereisung an Rhein- und Illergletscher zwischen Federseebecken und Günztal.– Geologica Bavarica, **43**: 3-73; München.
- GERMAN, R. (1962a): Deckenschichtenanalysen und Gliederung pleistozäner Sedimente.– Jahreshefte des vaterländischen Vereins für Naturkunde in Württemberg, **116**: 69-77; Stuttgart.
- GERMAN, R. (1962b): Zur Geologie des Lechvorlandgletschers.– Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F. **44**: 61-83; Stuttgart.
- GERMAN, R. (1971): Die wichtigsten Sedimente am Rande des Eises.– N. Jb. Geol. Paläont. Abh., **138/1**: 1-14; Stuttgart.
- GERMAN, R. (1973): Sedimente und Formen der glazialen Serie.– Eiszeitalter u. Gegenwart, **23/24**: 5-15; Öhringen.
- GERMAN, R. & FILZER, P. (1964): Beiträge zur Kenntnis spät- und postglazialer Akkumulation im nördlichen Alpenvorland.– Eiszeitalter u. Gegenwart, **15**: 108-122; Öhringen.
- GERTH, A. & BECKER-HAUMANN, R. (2007): Sedimentuntersuchungen an unterpleistozänen Schmelzwasserablagerungen und Periglazialschottern im Riß-Iller-Gebiet, deutsches Alpenvorland.– Eiszeitalter u. Gegenwart, **56/3**: 186-211; Hannover.
- GEYER, O. F. & GWINNER, M. P. (1991): Geologie von Baden-Württemberg.– 482 S.; Stuttgart (E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung).
- GEYH, M. A. & SCHLÜCHTER, C. (1989): Zur Kalibration der 14C-Zeitskale vor 22.000 Jahren v.h.– Geoarcheorhein, **2**: 139-149; Münster.

- GLÜCKERT, G. (1974): Mindel- und rißzeitlich Endmoränen des Illervorlandgletschers.– Eiszeitalter u. Gegenwart, **25**: 96-106; Öhringen.
- GRAUL, H. (1943): Zur Morphologie der Ingolstädter Ausräumungslandschaft – Die Entwicklung des unteren Lechlaufs und des Donaumoosbeckens.– Forschungen zur deutschen Landeskunde, **43**, 114 S.; Leipzig.
- GRAUL, H. (1949): Zur Gliederung des Altdiluviums zwischen Wertach – Lech und Flossach – Mindel.– Berichte der Naturf. Ges. Augsburg, **2**: 3-31 Augsburg.
- GRAUL, H. (1952a): Zur Gliederung der mittelpleistozänen Ablagerungen in Oberschwaben.– Eiszeitalter u. Gegenwart, **2**: 133-146; Öhringen.
- GRAUL, H. (1952b): Bemerkungen zur Würmstratigraphie im Alpenvorland.– Geologica Bavarica, **14**: 124-139; München.
- GRAUL, H. (1953a): Zur Gliederung der Würmeiszeit im Illergebiet.– Geologica Bavarica, **18**: 13-48; München.
- GRAUL, H. (1953c): Über die quartären Geröllfazien im deutschen Alpenvorlande.– Geologica Bavarica, **19**: 266-280; München.
- GRAUL, H. (1953d): Bemerkungen zu einer geologischen Übersichtskarte des Iller-Riß-Gebietes.– Zeitschrift deutsche Gesellschaft für Geowissenschaften, **105**: 517-524, Stuttgart.
- GRAUL, H. (1962a): Eine Revision der pleistozänen Stratigraphie des schwäbischen Alpenvorlandes.– Petermanns Geographische Mitteilungen, **106**: 253-271; Gotha.
- GRAUL, H. (1962b): Unteres Illertal (044).– Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands, S. 102-103; Bad Godesberg (Bundesanstalt für Landeskunde und Raumforschung).
- GRAUL, H. (1973a): Der Stand der Quartärforschung im Süden der Bundesrepublik Deutschland in lithostratigraphischer, pedologischer und geomorphologischer Hinsicht.– Heidelberger geogr. Arb., **38**: 251-265; Heidelberg.
- GRAUL, H. (1973b): Foreland of the Alps.– Eiszeitalter u. Gegenwart, **23/24**: 268-280; Öhringen.
- GRAUL, H. (1978): Probleme der Korrelierung der groben Quartärsedimente im nördlichen Alpenvorlande.– In: NAGL, H. [Hrsg.] (1978): Beiträge zur Quartär- und Landschaftsforschung, Festschrift zum 60. Geburtstag von Julius Fink, S. 221-234; Wien (Hirt Verlag).
- GRAUL, H. (1983): Die Paläogeographie des Eiszeitalters.– In: MÜLLER-BECK, H. [Hrsg.] (1983): Urgeschichte in Baden-Württemberg, 33-64; Stuttgart (Theiss Verlag).
- GRAUL, H. & GROSCHOFF, P. (1952): Geologische und morphologische Betrachtungen zum Iller-Schwemmkegel bei Ulm.– Berichte der Naturf. Ges. Augsburg, **5**: 3-27; Augsburg.
- GRAUL, H., SCHAEFER, I. & WEIDENBACH, F. (1951): Quartärgeologische Exkursion durch die Riß-Lechplatte.– Geologica Bavarica, **6**: 91-117; München.
- GREGOR, H.-J. (1984): Die altpleistozäne Makrofauna vom Uhlenberg bei Dinkelscherben.– Documenta Naturae, **18**: 25-27; München.

- GRIMMEISEN, F. (2011): Erläuterungen zur geologischen Karte 1:10000 der Umgebung von Markt Rettenbach im Unterallgäu (Quartär/Molasse).– unveröffentlichte Diplomkartierung am Lehrstuhl für Ingenieurgeologie der Technischen Universität München, 80 S.; München.
- GROOTES, P. M. (1979): Kohlenstoff-14 Anreicherungsdatierungen im Alpenvorland.– *Geologica Bavarica*, **80**: 183-188; München.
- GRUNDMANN, G. & SCHOLZ, H. (2006): Kieselsteine im Alpenvorland.– 72 S.; München (Christian Wieser Verlag).
- HAAG, T. (1982): Das Mindelglazial zwischen Riß und Iller.– *Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver.*, N.F. **64**: 225-266; Stuttgart.
- HABBE, K. A. (1979): Considerations on the relations between landforms, sediments and genesis at ice margins of the Würm Maximum – Based on geomorphological mapping in the area of the former Iller Glacier (Allgäu/Bavaria).– In: SCHLÜCHTER, C. [Hrsg.] (1979): *Morains and Varves – Origin/Genesis/Classification*, S. 121-126; Rotterdam (Balkema).
- HABBE, K. A. (1985a): Das Späthochglazial der Würm-Eiszeit im Illergletschergebiet – Ergebnisse einer geomorphologischen Kartierung.– *Quartär*, **35/36**: 55-68; Bonn.
- HABBE, K. A. (1985b): Erläuterungen zur Geomorphologischen Karte 1:25000 der Bundesrepublik Deutschland – GMK 25, Blatt 18, 8127 Grönenbach.– 80 S.; Berlin.
- HABBE, K. A. (1986a): Bemerkungen zum Altpleistozän des Illergletscher-Gebietes.– *Eiszeitalter u. Gegenwart*, **36**: 121-134; Hannover.
- HABBE, K. A. (1986b): Zur geomorphologischen Kartierung von Blatt Grönenbach (I) – Probleme, Beobachtungen, Schlußfolgerungen.– *Erlanger geographische Arbeiten*, **47**, 119 S.; Erlangen.
- HABBE, K. A. (1988): Was kann eine geomorphologische Vollkartierung für die Stratigraphie des Quartärs leisten? Erfahrungen aus der Kartierung von Blatt Nr. 8127 Grönenbach (Allgäu).– *Berliner Geogr. Abh.*, **47**: 177-196; Berlin.
- HABBE, K. A. (1989): Die pleistozänen Vergletscherungen des süddeutschen Alpenvorlandes – Ein Resümee.– *Mitt. Geogr. Ges. München*, **74**: 27-52; München.
- HABBE, K. A. (1990): Älteres Pleistozän des Alpenvorlandes.– unveröffentlichtes Protokoll der AGAQ-Tagung 1990 in Zusmarshausen, 9 S.; Erlangen.
- HABBE, K. A. (1991): Permafrost in hochkaltzeitlichen glazifluvialen Sedimenten – und was daraus folgt.– *Quartär*, **41/42**: 7-18; Bonn.
- HABBE, K. (1994): Das deutsche Alpenvorland.– In: LIEDTKE, H. & MARCINEK, J. [Hrsg.] (1995): *Physische Geographie Deutschlands*, 439-475; Gotha (Klett-Perthes Verlag).
- HABBE, K. A. (1995): Zur Diskussion über die Chronostratigraphie des Pleistozäns im Alpenvorland und zu einigen daraus resultierenden Schlußfolgerungen für die Geomorphologie.– *Regensburger Geogr. Schriften*, **25**: 49-63; Regensburg.
- HABBE, K. A. (1997): Zur Problematik der mittelpleistozänen Ablagerungen des nordöstlichen Rhein- und des Illergletschers – Eine Auseinandersetzung mit Ingo Schaefer's „Das Alpenvorland im Zenit des Eiszeitalters“.– *Quartär*, **47/48**: 51-88; Saarbrücken.

- HABBE, K. A. (2003a): Gliederung und Dauer des Pleistozäns im Alpenvorland, in Nordwesteuropa und im marinen Bereich – Bemerkungen zu einigen neueren Korrelierungsversuchen.– Z. dt. geol. Ges., **154** (2-3): 171-192; Stuttgart.
- HABBE, K. A. (2003b): Die Wurzeln der Riss-Iller-Lech-Platten.– In: Nationalatlas Bundesrepublik Deutschland, Band 2: Relief, Boden und Wasser, S. 70-71; Heidelberg & Berlin.
- HABBE, K. A., ELLWANGER, D. & BECKER-HAUMANN, R. (2007): Stratigraphische Begriffe aus dem Quartär des süddeutschen Alpenvorlandes.– Eiszeitalter u. Gegenwart, **56** (1-2): 66-82; Hannover.
- HABBE, K. A. & RÖGNER, K. (1989a): The pleistocene Iller glaciers and their outwash fields.– Catena Supplement, **15**: 311-328; Cremlingen.
- HABBE, K. A. & RÖGNER, K. (1989b): Bavarian Alpine Foreland between Rivers Iller and Lech.– Geoökoforum, **1**: 181-222; Darmstadt.
- HÄUSELMANN, P., FIEBIG, M., KUBIK, P. W. & ADRIAN, H. (2007): A first attempt to date the original „Deckenschotter“ of Penck and Brückner with cosmogenic nuclides.– Quaternary International, **164-165**: 33-42; Amsterdam.
- HAHN, J. (1983): Eiszeitliche Jäger zwischen 35000 und 15000 Jahren vor heute.– In: MÜLLER-BECK, H. [Hrsg.] (1983): Urgeschichte in Baden-Württemberg, S. 273-330; Stuttgart.
- HALDER, W. (1988): Die Obere Süßwassermolasse des Hochgratfächers.– Arb. Inst. Geol. Paläont. Univ. Stuttgart, **84**: 121-171; Stuttgart.
- HANTKE, R. (1978): Eiszeitalter I.– 467 S., Thun (Ott Verlag).
- HANTKE, R. (1980): Eiszeitalter II.– 703 S., Thun (Ott Verlag).
- HANTKE, R. (1983): Eiszeitalter III.– 730 S., Thun (Ott Verlag).
- HANTKE, R. (1993): Flußgeschichte Mitteleuropas.– 460 S., Stuttgart (Ferdinand Enke Verlag).
- HOFMANN, C., HUNSDORFER, M., ROPPELT, T., SCHIELLE, W. & JERZ, H. (1983): Quartär in der Umgebung von Obergünzburg (Exkursion I am 9. April 1983).– Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F. **65**: 121-130; Stuttgart.
- HOFMANN, C., HUNSDORFER, M. & SCHIELLE, W. (1984): Neue sedimentpetrographische Aspekte in der Quartärstratigraphie von Obergünzburg/Ostallgäu.– Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., **66**: 329-339; Stuttgart.
- HOLLMANN, F. & WEH, M. (2009): Tunnelvortriebe in tertiären Tonen und Tonsteinen mit Harnischgefügen.– In: SCHWERTER, R. [Hrsg.] (2009): Tagungsband der 17. Tagung für Ingenieurgeologie mit Forum für junge Ingenieurgeologen, Hochschule Zittau-Görlitz, Fachsektion Ingenieurgeologie, Deutsche Gesellschaft für Geotechnik, 6.-9. Mai 2009, S. 21-25; Zittau.
- HUSEN, D. van (1987): Die Ostalpen in den Eiszeiten.– 24 S.; Wien (Geol. B.-A.).
- HUSEN, D. van (1999): Geologisch-baugeologische Erfahrungen beim Bau des Eisenbahntunnels Lambach, Oberösterreich.– Mitt. Österr. Geol. Ges., **90**: 137-154; Wien.

IRMLER, R. & SCHOLZ, H. (2005): Belegt der Fund einer „Schieferkohle“ die spätglaziale Vergletscherung der Immenstädter Nagelfluhberge?– *Eiszeitalter u. Gegenwart*, **55**: 88-101; Hannover.

JERZ, H. (1970): Zur Stratigraphie des Jungquartärs im nördlichen Alpenvorland nach ¹⁴C-Datierungen.– *Geologica Bavarica*, **63**: 207-216; München.

JERZ, H. (1972): Feldbuch für die Blätter Nr. 8027 Memmingen und 7927 Amendingen.– unveröffentlichtes Feldbuch.

JERZ, H. (1974): Geologische Karte von Bayern 1:25000: Erläuterungen zum Blatt Nr. 8327 Buchenberg.– 181 S.; München (Bayer. Geol. L.-Amt).

JERZ, H. (1976): Bodenkarte von Bayern 1:25000: Erläuterungen zum Blatt Nr. 7927 Amendingen.– 78 S.; München (Bayer. Geol. L.-Amt).

JERZ, H. (1981): Quartär.– In: HAUNSCHILD, H. & JERZ, H. [Red.] (1981): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:500000, S. 134-151; München (Bayer. Geol. L.-Amt).

JERZ, H. (1982): Paläoböden in Südbayern.– *Geol. Jb.*, **F14**: 27-43; Hannover.

JERZ, H. (1983a): Kalksinterbildungen in Südbayern und ihre zeitliche Einstufung.– *Geol. Jb.*, **A71**: 291-300; Hannover.

JERZ, H. (1983b): Quartär und Bodengesellschaften im Unterallgäu – Exkursion C am 7. April 1983.– *Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F.* **65**: 31-43; Stuttgart.

JERZ, H. (1983c): Quartär. – In: SCHWERD, K., EBEL, E. & JERZ, H. [Hrsg.] (1983): Geologische Karte von Bayern 1:25000: Erläuterungen zum Blatt Nr. 8427 Immenstadt i. Allgäu.– 106-134.; München (Bayer. Geol. L.-Amt).

JERZ, H. (1986): Alm und Kalktuff.– In: Erläuterungen zu den Standortkundlichen Bodenkarten von Bayern 1:50000, München – Augsburg und Umgebung, S. 45-46; München (Bayer. Geol. L.-Amt).

JERZ, H. (1989): Entstehung und Wandel der Donau-Flußlandschaft im Ingolstädter Becken.– *Geoarcheorhein*, **2**: 57-61; Münster.

JERZ, H. (1993): Das Eiszeitalter in Bayern.– In: *Geologie von Bayern*, Bd. 2., 243 S.; Stuttgart (E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung).

JERZ, H. (1995): Bayern.– In: BENDA, L. [Hrsg.] (1995): *Das Quartär Deutschlands*, S. 296-326; Berlin & Stuttgart (Gebrüder Bornträger).

JERZ, H. (1996): Gesteinsfolge des Quartärs.– In: FREUDENBERGER, W. & SCHWERD, K. [Red.] (1996): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:500000, S. 236-251; München (Bayer. Geol. L.-Amt).

JERZ, H. & GROTTENTHALER, W. (1995): Quartärprofile mit Paläoböden in Südbayern.– *Geologica Bavarica*, **99**: 179-185; München.

JERZ, H. & DOPPLER, G. (1990): Paläoböden in Bayerisch Schwaben.– unveröffentlichtes Programm und Exkursionsführer zur 9. Tagung des Arbeitskreises „Paläoböden“ der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, 30 S.; München.

- JERZ, H., STEPHAN, W., STREIT, R. & WEINIG, H. (1975): Zur Geologie des Iller-Mindel-Gebietes.– *Geologica Bavarica*, **74**: 99-130; München.
- JERZ, H. & WAGNER, R. (1978): Geologische Karte von Bayern 1:25000: Erläuterungen zum Blatt Nr. 7927 Amendingen.– 131 S.; München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- JØRGENSEN, N. O. (1988): Dolomite and dedolomitization in Danian bryozoan limestone from Fakse, Denmark.– *Bull. geol. Soc. Denmark*, **37**: 63-74; Kopenhagen.
- KATA, B. (1995): Die Burgställe.– In: CZYSZ, W., DIETRICH, H. & WEBER, G. [Hrsg.] (1995): Kempten und das Allgäu, Führer zu archäologischen Denkmälern in Deutschland, **30**: 91-95; Stuttgart.
- KELLENBERGER, M. (1924): Der Iller-Vorlandgletscher und seine Auswirkungen in der Umgebung von Kempten.– *Geologisches Archiv*, **3**: 295-314; Königsberg.
- KELLER, O. & KRAYSS, E. (1980): Die letzte Vorlandvereisung in der Nordostschweiz und im Bodensee-Raum (Stadialer Komplex Würm – Stein am Rhein).– *Eclogae geol. Helv.*, **73** (3): 823-838; Basel.
- KELLER, O. & KRAYSS, E. (2005): Der Rhein-Linth-Gletscher im letzten Hochglazial.– *Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich*, **150** (1-2): 19-32; Zürich.
- KILIAN, R. & LÖSCHER, M. (1979): Zur Stratigraphie des Rainer Hochterrassenschotters östlich des unteren Lechs.– *Heidelberger geogr. Arb.*, **49**: 210-217; Heidelberg.
- KLEBELSBERG, R. von (1930): B. Eberl über das Iller-Lech-Vorlandgletschergebiet.– *Zeitschrift für Gletscherkunde*, **18**: 353-361; Innsbruck.
- KLEIN, S. (1940): Die Nagelfluhbildung im Eiszeitalter.– *Centralblatt für Mineralogie. etc.*, **B10**: 289-306; Stuttgart.
- KLUSCH, G. (1995): Geologische Karte von Bayern 1:25000: Erläuterungen zum Blatt Nr. 8127 Grönenbach.– 131 S.; unveröffentlichte Dissertation an der Universität Stuttgart; Stuttgart.
- KNAPP, S. (2010): Der Prozess der Dolomitveraschung und dessen Einfluss auf die hydrogeologischen Parameter von karbonatreichen Schmelzwasserkiesen.– unveröffentlichte BSc-Arbeit am Lehrstuhl für Ingenieurgeologie der Technischen Universität München, 48 S.; München.
- KNAUER, J. (1938): Die Mindeleiszeit, die Zeit größter diluvialer Vergletscherung in Süddeutschland.– *Abhandl. d. Geol. Landesuntersuchung am Bayerischen Oberbergamt*, **29**: 35-45; München.
- KNOTH, W. & KRIEBEL, U. (1965): Zum Problem der Gerölleinregelung in fluviatilen Sedimenten.– *Geologie*, **8**: 949-957; Halle (Saale).
- KOENIGSWALD, W. von (1983): Die Säugetierfauna des süddeutschen Pleistozäns.– In: MÜLLER-BECK, H. [Hrsg.] (1983): *Urgeschichte in Baden-Württemberg*, S. 167-216; Stuttgart (Theiss Verlag).
- KOENIGSWALD, W. von (2010): *Lebendige Eiszeit. Klima und Tierwelt im Wandel.*– 190 S.; Darmstadt (Primus Verlag).

- KRAUS, E. (1921): Der Blutlehm auf der süddeutschen Niederterrasse als Rest des postglazialen Klimaoptimums.– Geognostische Jahreshefte, **34**: 169-221; München.
- KRAUS, E. & REIS, O. (1929): Geologische Karte von Bayern 1:25000: Erläuterungen zum Blatt Nr. 856 Immenstadt.– 160 S.; München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- KÜRSTEN, M. (1960): Zur Frage der Geröllorientierung in Flußläufen.– Geol. Rundschau, **49**: 498-501; Stuttgart.
- KUNTZE, H., ROESCHMANN, G. & SCHWERDTFEGER, G. (1994): Bodenkunde.– 424 S.; Stuttgart (Verlag Eugen Ulmer).
- KUSCH, H. & KUSCH, I. (2009): Tore zur Unterwelt – Das Geheimnis der unterirdischen Gänge aus uralter Zeit.– 208 S.; Graz (V. F. Sammler).
- KUSCHER, H. (1964): „Orgel“ im Konglomerat der Waghochfläche (Hiefrau).– Felsmechanik u. Ingenieurgeologie, **II** (2): 115-118; Wien.
- KUTTER, E. (2003): Der Kult der Drei Jungfrauen.– 335 S.; Norderstedt (Books on Demand Verlag).
- LAGALLY, U. (1984a): Sinterkalk.– Geologica Bavarica, **86**: 501-504; München.
- LAGALLY, U. (1984b): Seekreide.– Geologica Bavarica, **86**: 504-505; München.
- LAGALLY, U., GLASER, S., JOBE, E., LOTH, G., MURR, A., SCHMID, H., SCHMID, W., SCHWERD, K., SIEBLITZ, S. & TEIPEL, U. (2009): Geotope in Schwaben.– 160 S.; Augsburg.
- LEMCKE, K. (1973): Zur nachpermischen Geschichte des nördlichen Alpenvorlandes.– Geologica Bavarica, **69**: 5-48; München.
- LEMCKE, K. (1988): Das bayerische Alpenvorland vor der Eiszeit.– In: Geologie von Bayern, Bd. 1, 176 S.; Stuttgart (E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung).
- LEMCKE, K., ENGELHARD, W. von & FÜCHTBAUER, H. (1953): Geologische und sedimentpetrographische Untersuchungen im Westteil der ungefalteten Molasse des süddeutschen Alpenvorlandes.– Beihefte zum Geologischen Jahrbuch, **11**, 64 S.; Hannover.
- LEMPE, B. (2010): Verkarstung von Schottern – Der Einfluss der Verwitterung auf die geotechnischen Eigenschaften karbonatreicher Schmelzwasserkiese.– In: Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. [Hrsg.] (2010): 31. Baugrundtagung – Forum für junge Geotechnik-Ingenieure, Beiträge der Spezialsitzung, 3.11.2010, S. 27-35; München.
- LEMPE, B. & SCHOLZ, H. (2011): Geologische Karte von Bayern 1:25000: Erläuterungen zum Blatt Nr. 8027 Memmingen.– in press; Hof (LfU).
- LEMPE, B., SCHOLZ, H. & THURO, K. (2010): The influence of weathering on the geotechnical properties of Pleistocene coarse grained glaciofluvial deposits in the northern Alpine foreland (Bavaria/Germany).– In: WILLIAMS, A.L., PINCHES, G.M., CHIN, C.Y., MCMORRAN, T.J. & MASSEY, C.I. [Hrsg.] (2010): Geologically active, 11th IAEG Congress, Auckland, New Zealand, 5.-10. Sept. 2010, Paper No. 244, S. 2043-2050; Auckland.

- LEMPE, B. & THURO, K. (2011): Suffosion, Kolmatierung und Verkarstung – Hydrogeologisch und geotechnisch relevante Prozesse bei der Verwitterung von karbonatreichen Schmelzwasserkiesen.– In: TIEDEMANN, J. [Hrsg.] (2011): 18. Tagung für Ingenieurgeologie mit Forum für junge Ingenieurgeologen, Technische Universität Berlin, Fachsektion Ingenieurgeologie, Deutsche Gesellschaft für Geotechnik, 16.-19. März 2011, S. 325-332; Berlin.
- LINK, A. (2002): Sedimentologische Untersuchungen an glazialen Beckensedimenten des oberen Illertales (Allgäu).– Terra Nostra, **2002** (6): 193-196; Berlin.
- LINK, A. & PREUSSER, F. (2005): Hinweise auf eine Vergletscherung des Kemptener Beckens (Südwest-Bayern) im Mittleren Würm.– Eiszeitalter u. Gegenwart, **55**: 64-87; Hannover.
- LISTER, A. & BAHN, P. (2009): Mammuts – Riesen der Eiszeit.– 192 S.; Ostfildern (Thorbecke Verlag).
- LITT, T., BRAUER, A., GOSLAR, T., MERKT, J., BALAGA, K., MÜLLER, H., RALSKA-JASIEWICZOWA, M., STEBICH, M. & NEGENDANK, J. (2001): Correlation and synchronisation of Lateglacial continental sequences in northern central Europe based on annually laminated lacustrine sediments.– Quaternary Science Reviews, **20**: 1233-1249; Amsterdam.
- LITT, T., SCHMINCKE, H.-U. & KROMER, B. (2003): Environmental response to climate and volcanic events in central Europe during the Weichselian Lateglacial.– Quaternary Science Reviews, **22**: 7-32; Amsterdam.
- LÖFFELMANN, M. (1997): Der Erdstall: Kult – Religionsgeschichte – Überlieferung.– Hefte des Arbeitskreises für Erdstallforschung, **23**, 136 S.; Roding.
- LÖSCHER, M. (1976): Die präwürmzeitlichen Schotterablagerungen in der nördlichen Iller-Lech-Platte.– Heidelberger geogr. Arb., **45**, 157 S.; Heidelberg.
- LÖSCHER, M. (1979): Quartärgeologisch wichtige Aufschlüsse und Landschaftsbeschreibungen in der Iller-Lech-Platte (Bayerisch Schwaben.– Aufschluss, **30**: 435-440; Heidelberg.
- LÖSCHER, M., BAUER, E. & RÖGNER, K. (2001): Kritische Anmerkungen zur schotterstratigraphischen Untergliederung der Staudenplatte und des Arlesrieder Schotters durch Becker-Haumann (1995, 1997) .– Geologica Bavarica, **106**: 229-242; München.
- LÖSCHER, M., GRAMLICH, E. & SCHEUENPFLUG, L. (1979a): Fundpunkte erratischer Weißjura-Blöcke in der nördlichen Iller-Lech-Platte.– Heidelberger geogr. Arb., **49**: 218-226; Heidelberg.
- LÖSCHER, M. & LEGER, M. (1974): Probleme der Pleistozänstratigraphie in der nördlichen Iller-Lech-Platte.– Heidelberger geogr. Arb., **40**: 59-76; Heidelberg.
- LÖSCHER, M., MÜNZIG, K. & TILLMANN, W. (1978): Zur Paläogeographie der nördlichen Iller-Lech-Platte und zur Genese ihrer Schotter im Altpleistozän.– Eiszeitalter u. Gegenwart, **28**: 68-82; Öhringen.
- LÖSCHER, M. & SCHEUENPFLUG, L. (1981): Der altpleistozäne Donaulauf und der untere Deckenschotter in der nördlichen Iller-Lech-Platte.– Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F. **63**: 335-343; Stuttgart.
- LÖSCHER, M., SCHIES, A., LÉGER, M. & DABELSTEIN, H. J. (1979b): Pedologische Untersuchungen in den Deckschichten des oberen Hochterrassenschotters im Günztal und ihre Aussagen für die Schotterstratigraphie in der Iller-Lech-Platte.– Heidelberger geogr. Arb., **49**: 179-193; Heidelberg.

- LÖSCHER, M. & SINN, P. (1983): Ein weiterer Beitrag zur Quartärstratigraphie und Paläogeographie des „Eisenburger Schotterfeldes“ nördlich Memmingen.– Mitt. Geogr. Ges. München, **68**: 67-88; München.
- LOTZE, F. (1953): Feinstratigraphische Studien II – Korngrößenanalysen bei stratigraphischen Untersuchungen im Quartär.– N. Jb. Geol. Paläontol., **1**: 1-7; Stuttgart.
- LÜTTIG, G. (1956): Eine neue, einfache gerölmorphometrische Methode.– Eiszeitalter u. Gegenwart, **7**: 13-20; Öhringen.
- MACKENSEN, M. (1995): Die spätrömische Grenze im Gebiet von Cambidano-Kempten.– In: CZYSZ, W., DIETRICH, H. & WEBER, G. [Hrsg.] (1995): Kempten und das Allgäu, Führer zu archäologischen Denkmälern in Deutschland, **30**: 61-69; Stuttgart.
- MAIDL, B. (1994): Handbuch des Tunnel- und Stollenbaus.– Band 1, 396 S.; Essen (Verlag Glückauf).
- MENZIES, J. & HABBE, K. A. (1992): A cryogenic wedge within gravels north of Kempten, Bavaria, F. R. G.– Z. Geomorph., **36** (3): 365-374; Berlin & Stuttgart.
- MERKT, O. (1985): Burgen, Schanzen, Letzen und Galgen im Allgäu.– Allgäuer Heimatbücher, **85**: 274 S.; Kempten.
- MIARA, S. (1995): Gliederung der rißeiszeitlichen Schotter und ihrer Deckschichten beiderseits der unteren Iller nördlich der Würmendoränen.- Münchener Geographische Abhandlungen, **B22**, 185 S.; München.
- MIARA, S. (1996): Deckschichtuntersuchungen zur Gliederung der Rißeiszeit beiderseits der Iller im Gebiet des Rhein- und Illergletschers (westliches Alpenvorland/Deutschland) .– Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F. **78**: 359-374; Stuttgart.
- MIARA, S. & RÖGNER, K. (1996): Die glazifluvialen Sedimente im unteren Günztal (Bayerisch-Schwaben/Deutschland) nach morpho- und pedostratigraphischen Befunden sowie TL-Datierungen.– Eiszeitalter u. Gegenwart, **46**: 32-47; Hannover.
- MÜLLER, F. (1952): Die geologischen Verhältnisse des Blattes Buchenberg (Bayerisches Allgäu).– Geologica Bavarica, **13**: 5-24; München.
- MÜLLER-BECK, H. (1964): Zur stratigraphischen Stellung des Homo heidelbergensis.– Jahrbuch des Römisch-Germanische Zentralmuseums Mainz, **11**: 15-33; Mainz.
- MÜLLER-BECK, H. [Hrsg.] (1983): Urgeschichte in Baden-Württemberg.– 546 S.; Stuttgart (Theiss Verlag).
- MÜLLER-BECK, H. (1983): Sammlerinnen und Jäger von den Anfängen bis vor 35000 Jahren.– In: MÜLLER-BECK, H. [Hrsg.] (1983): Urgeschichte in Baden-Württemberg, S. 241-272; Stuttgart (Theiss Verlag).
- MÜLLER-BECK, H. (1995): Urgeschichte.– In: BENDA, L. [Hrsg.] (1995): Das Quartär Deutschlands, S. 327-348; Berlin & Stuttgart (Gebrüder Bornträger).
- MÜNICHSDORFER, F. (1927): Über Almbildung und einen interglazialen Alm in Südbayern.– Geognostische Jahreshefte, **40**: 59-86; München.
- MÜNZIG, K. (1974): Mollusken aus dem älteren Pleistozän Schwabens.– Jh. geol. Landesamtes Baden-Württemberg, **16**: 61-78; Freiburg.

- MÜNZING, K. & AKTAS, A. (1987): Weitere Funde molluskenführender Mergellagen im Unteren Deckschotter von Bayerisch-Schwaben.– Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F. **69**: 181-193; Stuttgart.
- MURAWSKI, H. (1992): Geologisches Wörterbuch.– 252 S.; Stuttgart (Ferdinand Enke Verlag).
- NATHAN, H. (1955): Kurzprofile der auf der Karte eingezeichneten Erdölbohrungen.– In: ABELLE, G., BESCHOREN, B., DEHM, R., ERB, L., FUCHS, B., GANSS, O., KIDERLEN, H., NATHAN, F., SCHMIDT-THOMÉ, P & STEPHAN, W. [Hrsg.] (1955): Erläuterungen zur Geologischen Übersichtskarte der Süddeutschen Molasse 1:300000, S. 89-100, München (Bayerisches Geologisches Arbeitsamt).
- NESSLER, T. (1985): Burgen im Allgäu – Band 1: Burgruinen im Altlandkreis Kempten und Altlandkreis Sonthofen.– 317 S.; Kempten (Allgäuer Zeitungsverlag Kempten).
- PENCK, A. (1882): Die Vergletscherung der deutschen Alpen – Ihre Ursachen, periodische Wiederkehr und ihr Einfluß auf die Bodengestaltung.– 483 S.; Leipzig (J. A. Barth Verlag).
- PENCK, A. & BRÜCKNER, E. (1909): Die Eiszeiten in den Nördlichen Ostalpen.– In: Die Alpen im Eiszeitalter, 1. Bd., 393 S.; Leipzig (Chr. Herm. Tauchnitz).
- PREUSSER, F. (1999): Lumineszenzdatierung fluviatiler Sedimente – Fallbeispiele aus der Schweiz und Norddeutschland.– Kölner Forum für Geologie und Paläontologie, **3**: 1-62; Köln.
- PREUSSER, F. & SCHLÜCHTER, C. (2002): Neue Ergebnisse zur Chronologie der letzten Eiszeit im Alpenvorland.– Terra Nostra, **2002** (6): 295-297; Berlin.
- PRINZ, H. & STRAUß, R. (2006): Abriss der Ingenieurgeologie.– 671 S.; München (Elsevier-Spektrum Akademischer Verlag).
- RÄHLE, W. (1995): Altpleistozäne Molluskenfaunen aus den Zusamplattenschottern und ihrer Flußmergeldecke vom Uhlenberg und Lauterbrunn (Iller-Lech-Platte, Bayerisch Schwaben).– Geologica Bavarica, **99**: 103-117; München.
- RATHJENS, C. (1950): Quartärgeologische Exkursion durch das Gebiet des diluvialen Iller-Lech- und Isargletschers.– Geologica Bavarica, **6**: 121-124; München.
- REISSINGER, A. (1950): Das Illergebiet als Schlüssel zur Erforschung der Gesamtwirkung, welche das Eiszeitalter an den Alpen hervorgebracht hat.– Beilagen für Mitglieder der Naturwissenschaftlichen Gesellschaft Bayreuth, 44 S.; Bayreuth.
- RICHTER, K. (1952): Morphometrische Gliederung von Terrassenschottern.– Eiszeitalter u. Gegenwart, **2**: 120-126; Öhringen.
- RICHTER, M. (1966): Allgäuer Alpen.– Sammlung geologischer Führer, **45**: 189 S.; Berlin (Gebrüder Bornträger).
- RIESBERG, T. S. (2009): Verwitterung von Flyschgeröllen in pleistozänen Schmelzwasserkiesen des bayerischen Alpenvorlandes.– unveröffentlichte BSc-Arbeit am Lehrstuhl für Ingenieurgeologie der Technischen Universität München, 41 S.; München.
- RÖGNER, K. (1979): Die glaziale und fluvioglaziale Dynamik im östlichen Lechgletschervorland – Ein Beitrag zur präwürmzeitlichen Pleistozänstratigraphie.– Heidelberger geogr. Arb., **49**: 67-138; Heidelberg.

- RÖGNER, K. (1980): Die pleistozänen Schotter und Moränen zwischen oberem Mindel- und Wertachtal (Bayerisch-Schwaben).– Eiszeitalter u. Gegenwart, **30**: 125-144; Hannover.
- RÖGNER, K. (1981): Quartärmorphologische und -stratigraphische Probleme im schwäbisch-bayerischen Alpenvorland.– Bochumer Geographische Arbeiten, **40**: 72-83; Bochum.
- RÖGNER, K. (1986a): Genese und Stratigraphie der ältesten Schotter der südlichen Iller-Lechplatte (Bayerisch-Schwaben).– Eiszeitalter u. Gegenwart, **36**: 111-119; Hannover.
- RÖGNER, K. (1986b): Die quartären Ablagerungen beiderseits des Östlichen Günztales zwischen den Marktorten Rettenbach und Ronsberg (Bayerisch Schwaben).– Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F. **68**: 177-188; Stuttgart.
- RÖGNER, K. (1989): Die glazialen und glazifluvialen Sedimente von Wagegger-, Kronholz- und Schleifhalde zwischen Börwang und Immenthal nordöstlich Kempten, Bayern.– Mitt. Geogr. Ges. München, **74**: 53-75; München.
- RÖGNER, K. (1992): Das Memminger Trockental – Objekt geoökologischer Studien.– Beiträge zur Physischen Geographie und Landeskunde, Flensburger Regionale Studien, **Sonderheft 2**: 257-293; Flensburg.
- RÖGNER, K. (1998): „Die vier Felder von Memmingen“ – Welchen Stellenwert hat die Typregion der Penckschen tetraglazialen Eiszeitengliederung in der heutigen Quartärforschung?.– Münchener Geographische Abhandlungen, **A49**: 15-26; München.
- RÖGNER, K. (2001): Das Erbe der Eiszeit – dargestellt am Beispiel des östlichen Illergletschervorlandes zwischen oberer Westlicher Günz und Friesenrieder Rinne.– In: BUSSEMER, S. [Hrsg.] (2001): Das Erbe der Eiszeit, Festschrift zum 70. Geburtstag von Joachim Marcinek, S. 1-15; Langenweißbach (Verlag Beier & Beran).
- RÖGNER, K. (2002): Zum Quartär auf Blatt Rettenbach.– Münchener Geographische Abhandlungen, **A52**: 17-43; München.
- RÖGNER, K. (2004): Ein Vorschlag zur Gliederung pleistozäner Ablagerungen im deutschen Alpenvorland basierend auf Ergebnissen aus der südlichen Iller-Lech-Platte.– Mitt. Geogr. Ges. München, **87**: 235-273; München.
- RÖGNER, K. (2008): „Die vier Felder von Memmingen“ – Neues oder vermeintlich Neues aus Pencks Typregion.– Abh. Geol. B.-A., **62**: 213-215; Wien.
- RÖGNER, K. & LÖSCHER, M. (1981): Das Warmisrieder Feld.– Quartär, **31/32**: 191-195; Bonn.
- RÖGNER, K. & LÖSCHER, M. (1987): Quartäre Sedimentations- und Verwitterungsphasen bei Hinterschmalholz (Regierungsbezirk Schwaben).– Mitt. Geogr. Ges. München, **72**: 161-170; München.
- RÖGNER, K. & LÖSCHER, M. (1993): Die fluvial-periglazialen Schotter östlich Memmingen (Bayerisch-Schwaben).– Mitt. Geogr. Ges. München, **78**: 85-111; München.
- RÖGNER, K., LÖSCHER, M. & ZÖLLER, L. (1988): Stratigraphie, Paläogeographie und erste Thermolumineszenzdatierungen aus der westlichen Iller-Lech-Platte.– Z. Geomorph., **70**: 51-73; Berlin & Stuttgart.
- ROHRMÜLLER, J. (2003): Bohrungen in den kristallinen Untergrund der Süddeutschen Scholle – ein Überblick.– Geologica Bavarica, **108**: 5-12; München.

- ROPPELT, T. (1988): Die Geologie der Umgebung von Obergünzburg im Allgäu mit sedimentpetrographischen Untersuchungen der glazialen Ablagerungen.– unveröffentlichte Dissertation am Lehrstuhl für Allgemeine, Angewandte und Ingenieurgeologie der Technischen Universität München, 109 S.; München.
- ROTHPLETZ, A. (1913): Die Strudellöcher im Münchener Deckenschotter.– Petermanns Geographische Mitteilungen, **59** (1), 237 S.; Gotha.
- SALGER, M. (1954): Verwitterung und Bodenbildung auf diluvialen Schotterterrassen.– Heidelberger Beiträge zur Mineralogie und Petrographie, **48**: 288-318; Heidelberg.
- SALGER, M. (1978): Untersuchungen an Kalk- und Dolomitgeröllen sowie an Dolomita-schen.– In: JERZ, H. & WAGNER, R. [Hrsg.] (1978): Erläuterungen zum Blatt Nr. 7927 Amen-dingen der Geologischen Karte von Bayern, S. 94-96; München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- SCHÄDEL, K. (1950): Untersuchungen über das Altdiluvium des Rheingletschers zwischen Iller und Bodensee.– unveröffentlichte Dissertation an der Universität Tübingen; Tübingen.
- SCHAEFER, I. (1940): Die Würmeiszeit im Alpenvorland zwischen Riß und Günz.– Abhandlungen des Naturkunde- und Tiergartenvereins für Schwaben, Geologisch-Paläontologische Reihe, **1**, 148 S.; Augsburg.
- SCHAEFER, I. (1950a): Vom Wesen der diluvialen Akkumulation und Erosion.– Deutscher Geographentag München 1948, **27** (5): 101-119; Landshut.
- SCHAEFER, I. (1950b): Die diluviale Erosion und Akkumulation – Erkenntnisse aus Untersu-chungen über die Talbildung im Alpenvorland.– Forschungen zur deutschen Landeskunde, **49**, 154 S.; Landshut.
- SCHAEFER, I. (1950c): Zur Geomorphologie der Ingolstädter Ausräumungslandschaft.– Be-richte zur deutschen Landeskunde, **8**: 73-83; Leipzig.
- SCHAEFER, I. (1951a): Über methodische Fragen der Eiszeitforschung im Alpenvorland.– Z. dt. geol. Ges., **102** (II): 287-310; Hannover.
- SCHAEFER, I. (1957a): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Augsburg und Umgebung 1:50000.– 92 S.; München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- SCHAEFER, I. (1951b): Über die Gliederung des Eiszeitalters.– Eiszeitalter u. Gegenwart, **1**: 56-63; Öhringen.
- SCHAEFER, I. (1951c): Bemerkungen zur Nomenklatur der Eiszeitforschung.– Petermanns Geographische Mitteilungen, **95**: 26-31; Gotha.
- SCHAEFER (1951d) in GRAUL, H., SCHAEFER, I. & WEIDENBACH, F. (1951): Quartärgeologi-sche Exkursion durch die Riß-Lechplatte.– Geologica Bavarica, **6**: 91-117; München.
- SCHAEFER, I. (1953a): Zur Gliederung der Würmeiszeit im Illergebiet – Stellungnahme zu den Ausführungen H. Graul's.– Geologica Bavarica, **18**: 49-112; München.
- SCHAEFER, I. (1953b): Bartholomäus Eberl zum 70. Geburtstag.– Geologica Bavarica, **19**: 5-12; München.
- SCHAEFER, I. (1953c): Die donauzeitlichen Ablagerungen an Lech und Wertach.– Geologica Bavarica, **19**: 13-64; München.

- SCHAEFER, I. (1954a): Die geologischen Verhältnisse um Markt Rettenbach.– In: Ziegelwerk Johannes Lämmle K.G.[Hrsg.] (1954): Lämmle Festschrift, S.17-24; Markt Rettenbach.
- SCHAEFER, I. (1954b): Das Quartär.– In: Bayer. Geol. L.-Amt [Hrsg.] (1954): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:500000, S.109-120; München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- SCHAEFER, I. (1957b): Die erratischen Jurablöcke des Augsburger Gebietes.– In: SCHAEFER, I. [Hrsg.] (1957): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Augsburg und Umgebung 1:50000, S. 25-33; München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- SCHAEFER, I. (1966): Der Talknoten von Donau und Lech.– Mitt. Geogr. Ges. München, **51**: 59-111; München.
- SCHAEFER, I. (1968): Untergrund und Formenschatz des Landkreises Mindelheim.– In: HAISCH, A. [Hrsg.] (1968): Der Landkreis Mindelheim in Vergangenheit und Gegenwart, S. 3-24; Mindelheim (Selbstverlag des Landratsamtes Mindelheim).
- SCHAEFER, I. (1973): Das Grönenbacher Feld. Ein Beispiel für Wandel und Fortschritt der Eiszeitforschung seit A. Penck.– Eiszeitalter u. Gegenwart, **23/24**: 168-200; Öhringen.
- SCHAEFER, I. (1976): Neues aus dem Drumlin von Hörmating in Oberbayern und die Not, Quartärprofile zu deuten.– Mitt. Geogr. Ges. München, **61**: 115-135; München.
- SCHAEFER, I. (1979a): Das Warmisrieder Feld – Ein Beispiel für den Fortschritt der Eiszeitforschung durch Barthel Eberl.– Quartär, **29/30**: 15-47; Bonn.
- SCHAEFER, I. (1979b): Das Eisenburger Schotterfeld.– Mitt. Geogr. Ges. München, **64**: 5-40; München.
- SCHAEFER, I. (1980): Der angebliche „altpleistozäne Donaulauf“ im schwäbischen Alpenvorland.– Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F. **62**: 167-197; Stuttgart.
- SCHAEFER, I. (1981): Die glaziale Serie – Gedanken zum Kernstück der alpinen Eiszeitforschung.– Z. Geomorph., N.F. **25**: 271-289; Berlin-Stuttgart.
- SCHAEFER, I. (1982): Stellungnahme zur vorstehenden Abhandlung von M. Löscher und P. Sinn über das Eisenburger Schotterfeld.– Mitt. Geogr. Ges. München, **67**: 89-92; München.
- SCHAEFER, I. (1983): Noch ein Wort zum angeblich „altpleistozänen Donaulauf“ im schwäbischen Alpenvorland.– Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F. **65**: 257-267; Stuttgart.
- SCHAEFER, I. (1986): Die „Haslacheiszeit“ – eine kritische Stellungnahme.– Mitteilungen geographische Gesellschaft in München, **71**: 41-46; München.
- SCHAEFER, I. (1991): Über das Periglazial im alpinen Quartär.– Sonderveröffentlichungen, Geologisches Institut der Universität Köln, **82**: 213-229; Köln.
- SCHAEFER, I. (1995a): Das Alpenvorland im Zenit des Eiszeitalters – Textband.– 405 S.; Stuttgart (Franz Steiner Verlag).
- SCHAEFER, I. (1995b): Das Alpenvorland im Zenit des Eiszeitalters – Ergänzungsband.– 672 S.; Stuttgart (Franz Steiner Verlag).
- SCHAEFER, I. (2001): Albrecht Penck – redivivus.– Geologica Bavarica, **106**: 243-257; München.

- SCHAEFER, I. & STEPP, R. (1984): Zum Quartär in der Gegend von Obergünzburg.– Mitt. Geogr. Ges. München, **69**: 195-205; München.
- SCHEDLER, J. (1979): Neue pollenanalytische Untersuchungen am Schieferkohlenvorkommen des Uhlenberges bei Dinkelscherben (Schwaben) .– Geologica Bavarica, **80**: 165-182; München.
- SCHEDLER, J. (1981): Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen an altpleistozänen Ablagerungen in Südwestdeutschland.– Dissertationes botanicae, **58**, 161 S.; Vaduz.
- SCHENK, E. (1954): Solifluktion.– Z. dt. geol. Ges., **105** (2): 197-202; Hannover.
- SCHENK, E. (1955): Die periglazialen Strukturbodenbildungen als Folgen der Hydratationsvorgänge im Boden.– Eiszeitalter u. Gegenwart, **6**: 170-184; Öhringen.
- SCHEUENPFLUG, L. (1970): Weißjurablöcke und -gerölle der Alb in pleistozänen Schottern der Zusamplatte (Bayerisch Schwaben).– Geologica Bavarica, **63**: 177-194; München.
- SCHEUENPFLUG, L. (1971): Ein alteiszeitlicher Donaulauf in der Zusamplatte.– Berichte der Naturf. Ges. Augsburg, **27**: 3-10; Augsburg.
- SCHEUENPFLUG, L. (1973a): Windkanter im pleistozänen Schottergebiet der Iller-Lech-Platte westlich Augsburg.– Aufschluss, **24** (11): 447-448; Heidelberg.
- SCHEUENPFLUG, L. (1973b): Zur Problematik der Weißjuragesteine in der östlichen Iller-Lech-Platte.– Eiszeitalter u. Gegenwart, **23/24**: 154-158; Öhringen.
- SCHEUENPFLUG, L. (1974a): Verwitterungszapfen und Eiskeile.– Aufschluss, **25** (9): 470-473; Heidelberg.
- SCHEUENPFLUG, L. (1974b): Zur Stratigraphie altpleistozäner Schotter südwestlich bis nordwestlich Augsburg (östliche Iller-Lech-Platte).– Heidelberger geogr. Arb., **40**: 87-94; Heidelberg.
- SCHEUENPFLUG, L. (1976): Erste Hinweise auf eine pliozäne Donau in der östlichen Iller-Lech-Platte.– Eiszeitalter u. Gegenwart, **27**: 26-29; Öhringen.
- SCHEUENPFLUG, L. (1978/79): Altwege und Altwegrinnen (Ein Beispiel aus den Wäldern südwestlich Augsburg) .– Jahresbericht des Heimatvereins für den Landkreis Augsburg, **1978/1979**: 102-115; Augsburg.
- SCHEUENPFLUG, L. (1979a): Der Uhlenberg in der östlichen Iller-Lech-Platte (Bayerisch Schwaben).– Geologica Bavarica, **80**: 159-164; München.
- SCHEUENPFLUG, L. (1979b): Die risseiszeitliche Hochterrasse des Lechs nördlich Augsburg und die Schmutter (Bayerisch Schwaben).– Heidelberger geogr. Arb., **49**: 194-209; Heidelberg.
- SCHEUENPFLUG, L. (1980): Neue Funde ortsfremder Weißjuragesteine in Horizonten der südbayerischen miozänen Oberen Süßwassermolasse um Augsburg.– Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F. **62**: 131-142; Stuttgart.
- SCHEUENPFLUG, L. (1981a): Ehemalige Tongruben im westlichen Augsburger Umland.– Berichte des naturwissenschaftlichen Vereins für Schwaben, **85** (3-4); Augsburg.

- SCHEUENPFLUG, L. (1981b): Die Schotterfazies des Augsburgers Umlandes.– Berichte des naturwissenschaftlichen Vereins für Schwaben, **85** (1-2); Augsburg.
- SCHEUENPFLUG, L. (1986a): Neuer Fund ortsfremder Weißjurabrocken in Augsburg.– Berichte des Naturwissenschaftlichen Vereins für Schwaben, **90** (1): 31-32; Augsburg.
- SCHEUENPFLUG, L. (1986b): Die altpleistozäne Hauptabflußrichtung der Gewässer in der Iller-Lech-Platte (Bayerisch-Schwaben).– Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F. **68**: 189-195; Stuttgart.
- SCHEUENPFLUG, L. (1986c): Die altpleistozäne Donau in Bayerisch-Schwaben – Gesteinskunde löst ungeklärte Fragen.– Aufschluss, **37**: 213-224; Heidelberg.
- SCHEUENPFLUG, L. (1987): Die quartäre Eintiefung des Gewässernetzes und Ausräumung im Augsburgers Umland.– Berichte des Naturwissenschaftlichen Vereines für Schwaben, **91** (4): 82-86; Augsburg.
- SCHEUENPFLUG, L. (1989): Der Alm von Amberg zwischen Buchloe und Türkheim (Bayerisch-Schwaben).– Berichte des Naturwissenschaftlichen Vereins für Schwaben e.V., **93** (3): 50-57; Augsburg.
- SCHEUENPFLUG, L. (1990a): Zur Herkunft der altpleistozänen Schotter in der östlichen Iller-Lech-Platte (Zusamplatte, Bayerisch Schwaben).– Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F. **72**: 323-327; Stuttgart.
- SCHEUENPFLUG, L. (1990b): Zur Talgeschichte der Wertach in der Augsburgers Umgebung.– Berichte des naturwissenschaftlichen Vereins für Schwaben, **94** (1): 2-11; Augsburg.
- SCHEUENPFLUG, L. (1991): Die frühpleistozäne Augsburgers Altwasserscheide am Ostrand der Iller-Lech-Platte (süddeutsches Alpenvorland, Bayern).– Eiszeitalter u. Gegenwart, **41**: 47-55; Hannover.
- SCHEUENPFLUG, L. (1993): Zur Erd- und Landschaftsgeschichte des Landkreises Augsburg.– In: PÖTZL, W. [Hrsg.] (1993): Der Landkreis Augsburg, S. 5-165; Augsburg (ohne Angabe).
- SCHEUENPFLUG, L. (1994): Die ältesten Schotter der Staufenbergserie in der nordöstlichen Iller-Lech-Platte Bayerisch Schwabens (Ältestpleistozän), älterer Teil der Biberkaltzeiten-gruppe) – Richtigstellungen und Ergänzungen.– Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F. **76**: 261-271; Stuttgart.
- SCHIEMENZ, S. (1960): Fazies und Paläogeographie der subalpinen Molasse zwischen Bodensee und Isar.– Beih. Geol. Jb., **38**, 119 S.; Hannover.
- SCHMID, G. (1962): Über Parabraunerden mit Blutlehmcharakter auf diluvialen Schotter- und Moränenablagerungen Südbayerns.– Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde, **99**: 21-37; Weinheim.
- SCHMID, W. (2002): Ablagerungsmilieu, Verwitterung und Paläoböden feinklastischer Sedimente der Oberen Süßwassermolasse Bayerns.– Abhandlungen der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, **172**, 247 S.; München.
- SCHNIERINGER, K. (1948): Memminger Heimatbuch.– 159 S.; Memmingen (Maximilian Dietrich Verlag).
- SCHNITZER, W. (1963): Zum Problem der Dolomitsandbildung auf der südlichen Frankenalb.– Mitteilungen der Fränkischen Geographischen Gesellschaft, **10**: 292-296; Erlangen.

SCHOLZ, H. (1984): Westgrönland – ein lebendiges Modell für die Eiszeit im Alpenvorland.– Natur und Museum, **114** (4): 89-103; Frankfurt am Main.

SCHOLZ, H. (1986a): Beiträge zur Sedimentologie und Paläontologie der Oberen Süßwassermolasse im Allgäu.– Jb. Geol. B.-A., **129**: 99-127; Wien.

SCHOLZ, H. (1986b): Das Allgäu im Hochglazial – Grönland heute: ein Vergleich.– Berichte des naturwissenschaftlichen Vereins für Schwaben, **90** (1): 2-26; Augsburg.

SCHOLZ, H. (1989): Die Obere Meeresmolasse (OMM) am Südrand des Molassebeckens im Allgäu.– Geologica Bavarica, **94**: 49-81; München.

SCHOLZ, H. (1991): Ein Vorstoß des Inlandeises in Westgrönland – Dokumentation des vorrückenden Eisrandes bei Søndre Strømfjord.– Eiszeitalter u. Gegenwart, **41**: 119-131; Hannover.

SCHOLZ, H. (1993): Geologischer Bau und Landschaftsgeschichte des Landkreises Lindau – Begleitheft zur neuen geologischen Übersichtskarte 1:50000 des Landkreises Lindau.– Sonderbericht im 97. Berichtsband des Naturwissenschaftlichen Vereins für Schwaben, 56 S.; Augsburg (Joh. Walch).

SCHOLZ, H. (1995): Bau und Werden der Allgäuer Landschaft.– 305 S., Stuttgart (E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung).

SCHOLZ, H. (2000): Die tertiären Grobschüttungen am Südrande des Molassebeckens im Allgäu (Südwestbayern) – eine Synopsis.– In: Katzung-Festschrift, N. Jb. Geol. Paläont Abh., **218** (1-2): 61-84; Stuttgart.

SCHOLZ, H. & PETER, I. (1995): Sedimente und Sedimentationsgeschichte des späthochglazialen „Kemptener Sees“ (Würmglazial, Südwest-Bayern).– Geologica Bavarica, **99**: 187-222; München.

SCHOLZ, H. & ZACHER, W. (1983): Quartär und Molasse östlich von Kempten.– Exkursion A am 5. April 1983, Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F. **65**: 17-23; Stuttgart.

SCHREINER, A. (1989): Zur Stratigraphie der Rißeiszeit im östlichen Rheingletschergebiet.– Jh. geol. Landesamtes Baden-Württemberg, **31**: 183-196; Freiburg.

SCHREINER, A. (1996): Die Einführung der Haslacheiszeit und die 3-Teilung der Risseiszeit im östlichen Rheingletschergebiet (SW-Deutschland).– Eclogae geol. Helv., **89**: 991-1005; Basel.

SCHREINER, A. (1997): Einführung in die Quartärgeologie.– 257 S.; Stuttgart (E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung).

SCHREINER, A. (2003): Der Zeiler Schotter als Typusregion der Günzeiszeit im nördlichen Alpenvorland.– Z. dt. geol. Ges., **154** (2-3): 287-300; Stuttgart.

SCHREINER, A. & EBEL, R. (1981): Quartärgeologische Untersuchungen in der Umgebung von Interglazialvorkommen im östlichen Rheingletschergebiet.– Geol. Jb., **A59**: 3-64; Hannover.

SCHREINER, A. & HAAG, T. (1982): Zur Gliederung der Rißeiszeit im östlichen Rheingletschergebiet (Baden-Württemberg).– Eiszeitalter u. Gegenwart, **32**: 137-161; Hannover.

- SCHRÖDER, J. & DEHM, R. (1951): Die Molluskenfauna aus der Lehm-Zwischenlage des Deckenschotters von Fischach, Kreis Augsburg.– *Geologica Bavarica*, **6**: 118-120; München.
- SCHRÖTER, P. (1974): Eine mittelneolithische Siedlung bei Memmingen im Bayerischen Oberschwaben (Buxheim, Ldkr. Memmingen).– *Archäologisches Korrespondenzblatt*, **4/1974**: 121-124; Mainz.
- SCHUNKE, E. (1977): Periglazialformen und -formengesellschaften in der europäisch-atlantischen Arktis und Subarktis.– In: POSER, H. [Hrsg.] (1977): Formen, Formengesellschaften und Untergrenzen in den heutigen periglazialen Höhenstufen der Hochgebirge Europas und Afrikas zwischen Arktis und Äquator, *Abh. Akad. Wiss. in Göttingen*, **31**: 39-62; Göttingen.
- SCHUSTER, M. (1938): Geologische Beobachtungen im Diluvium zwischen Eichenau und Puchheim.– *Abhandlungen der Geologischen Landesuntersuchung am Bayerischen Oberbergamt*, **30**: 17-22; München.
- SEMMELE, A. (1977): Untersuchungen zur periglazialen Formung auf Spitzbergen.– In: POSER, H. [Hrsg.] (1977): Formen, Formengesellschaften und Untergrenzen in den heutigen periglazialen Höhenstufen der Hochgebirge Europas und Afrikas zwischen Arktis und Äquator, *Abh. Akad. Wiss. in Göttingen*, **31**: 34-38; Göttingen.
- SERDA, C. & RÖGNER, K. (1997): Die geoökologischen Gebietstypen des Memminger Trockentales (Bayerisch-Schwaben).– *Mitt. Geogr. Ges. München*, **82**: 1-21; München.
- SIMON, L. (1926): Der Rückzug des würmzeitlichen Allgäuvorlandgletschers.– *Mitt. Geogr. Ges. München*, **19**: 1-37; München.
- SINN, P. (1971): Zur Ausdehnung der Donau-Vergletscherung im schwäbischen Alpenvorland.– *Eiszeitalter u. Gegenwart*, **22**: 188-191; Öhringen.
- SINN, P. (1972): Zur Stratigraphie und Paläogeographie des Präwürm im mittleren und südlichen Illergletscher-Vorland.– *Heidelberger geogr. Arb.*, **37**, 159 S.; Heidelberg.
- SINN, P. (1973): Geröll- und geschiebekundliche Untersuchungen im südlichen und mittleren Illergletscher-Vorland.– *Heidelberger geogr. Arb.*, **38**: 90-108; Heidelberg.
- SINN, P. (1974): Glazigene, fluvioglaziale und periglazialfluviatile Dynamik in ihrem Zusammenwirken an der präwürmzeitlichen Talgeschichte der Eschach zwischen Rhein- und Illergletscher.– *Heidelberger geogr. Arb.*, **40**: 95-120; Heidelberg.
- SMOLÍKOVÁ, L. (1971): Gesetzmäßigkeiten der Bodenentwicklung im Quartär.– *Eiszeitalter u. Gegenwart*, **22**: 156-177; Öhringen.
- SOERGEL, W. (1921): Die Ursachen der diluvialen Aufschotterung und Erosion.– 74 S.; Berlin (Gebrüder Bornträger).
- SPAUN, G. (1963): Das Quartär im Ennstal zwischen Hieflau und Altenmarkt.– *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud.*, **14**: 149-184; Wien.
- SPAUN, G. (1967): Wagspeicher – Geologischer Aufbau und Kontrollsystem.– *Österreichische Zeitschrift für Elektrizitätswirtschaft*, **20** (3): 80-82; Wien.
- SPAUN, G. & THURO, K. (2000): Geologische Gesichtspunkte bei der Klassifizierung des Gebirges.– In: EICHLER, K. [Hrsg.] (2000): *Fels- und Tunnelbau*, S. 1-51; Renningen/Malmsheim (Expert Verlag).

- STÄBLEIN, G. (1970): Grobsediment-Analyse als Arbeitsmethode der genetischen Geomorphologie.– Würzburger geographische Arbeiten, **27**, 203S.; Würzburg.
- STÄBLEIN, G. (1977): Periglaziale Formengesellschaften und rezente Formungsbedingungen in Grönland.– In: POSER, H. [Hrsg.] (1977): Formen, Formengesellschaften und Untergrenzen in den heutigen periglazialen Höhenstufen der Hochgebirge Europas und Afrikas zwischen Arktis und Äquator, Abh. Akad. Wiss. in Göttingen, **31**: 18-33; Göttingen.
- STEPP, R. (1953): Zur Talgeschichte der mittleren Iller.– *Geologica Bavarica*, **19**: 168-185; München.
- STEPP, R. (1981): Das Böhener Feld – Ein Beitrag zum Altquartär im Südwesten der Iller-Lech-Platte.– *Mitt. Geogr. Ges. München*, **66**: 43-68; München.
- STEPP, R. (1987): Besprechungen verschiedener Arbeiten K. A. Habbes.– *Mitt. Geogr. Ges. München*, **72**: 318-322; München.
- STRATTNER, M. & ROLF, C. (1995): Magnetostratigraphische Untersuchungen an pleistozänen Deckschicht-Profilen im bayerischen Alpenvorland.– *Geologica Bavarica*, **99**: 55-101; München.
- STREMME, H. E., ZÖLLER, L. & KRAUSE, W. (1991): Bodenstratigraphie und Thermolumineszenz für das Mittel- und Jungpleistozän des Alpenvorlandes.– *Sonderveröffentlichungen, Geologisches Institut der Universität Köln*, **82**: 301-315; Köln.
- SZÁDECZKY-KARDOSS, E. von (1933): Die Bestimmung des Abrollungsgrades.– *Zentralblatt für Mineralogie*, **1933**: 389-401; Stuttgart.
- TAUTE, W. (1975): Ausgrabungen zum Spätpaläolithikum und Mesolithikum in Süddeutschland.– In: *Römisch-Germanisches Zentralmuseum [Hrsg.] (1975): Ausgrabungen in Deutschland – Teil 1: Vorgeschichte und Römerzeit*, S. 64-73; Mainz (Römisch-Germanisches Zentralmuseum).
- TILLMANN, W. (1980): Zur plio-pleistozänen Flußgeschichte von Donau und Main in Nordost-Bayern.– *Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F.* **62**: 199-205; Stuttgart.
- TILLMANN, W. (1984): Die Flußgeschichte der oberen Donau.– *Jh. geol. Landesamtes Baden-Württemberg*, **26**: 99-202; Freiburg.
- TILLMANN, W., BRUNNACKER, K. & LÖSCHER, M. (1983): Erläuterungen zur Geologischen Übersichtskarte der Aindlinger Terrassentreppe zwischen Lech und Donau.– *Geologica Bavarica*, **85**: 3-31; München.
- TILLMANN, W., KOCI, A. & BRUNNACKER, K. (1986): Die Brunhes/Matuyama-Grenze in Roßhaupten (Bayerisch Schwaben).– *Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F.* **68**: 241-247; Stuttgart.
- TRICART, J. (1952): Étude morphométrique des galets de formations attribuées à une glaciation pré-glaciale dans la région du plateau bavarois.– *Geologica Bavarica*, **14**: 91-106; München.
- TROLL, C. (1931): Die Eiszeitenfolge im nördlichen Alpenvorland – zu B. Eberls gleichnamigen Werk.– *Mitt. Geogr. Ges. München*, **24** (1): 215-225; München.
- TROLL, C. (1936): Die sogenannten Vorrückphasen der Würm-Eiszeit und der Eiszerfall bei ihrem Rückgang.– *Mitt. Geogr. Ges. München*, **29**: 1-38; München.

- TROLL, C. (1944a): Strukturböden, Solifluktion und Frostklimata der Erde.– Geol. Rundschau, **34**: 545-694; Stuttgart.
- TROLL, C. (1944b): Diluvialgeologie und Klima.– Geol. Rundschau, **34**: 307-325; Stuttgart.
- TROLL, C. (1947): Die Formen der Solifluktion und die periglaziale Bodenabtragung.– Erdkunde, **1** (1-3): 162-175; Bonn.
- TROLL, C. (1948): Der subnivale oder periglaziale Zyklus der Denudation.– Erdkunde, **2** (1-3): 1-21; Bonn.
- TROLL, C. (1957): Tiefenerosion, Seitenerosion und Akkumulation der Flüsse im fluvioglazialen und periglazialen Bereich.– Petermanns Geographische Mitteilungen, **262**: 213-226; Gotha.
- TROLL, C. (1977): Die „fluvioglaziale Serie“ der nördlichen Alpenflüsse und die holozänen Aufschotterungen.– In: FRENZEL, B. [Hrsg.] (1977): Dendrochronologie und postglaziale Klimaschwankungen in Europa, Erdwissenschaftliche Forschung, **13**: 181-189; Stuttgart.
- TROLL, K. (1926): Die jungglazialen Schotterfluren im Umkreis der deutschen Alpen.– Forschungen zur deutschen Landes- und Volkskunde, **24**: 157-256; Stuttgart.
- VIDAL, H., BRUNNACKER, K., BRUNNACKER, M., KÖRNER, H., HARTEL, F., SCHUCH, M. & VOGEL, J. C. (1966): Der Alm im Erdinger Moos.– Geologica Bavarica, **56**: 177-200; München.
- VILLINGER, E. (1986): Untersuchungen zur Flußgeschichte von Aare-Donau/Alpenrhein und zur Entwicklung des Malm-Karsts in Südwestdeutschland.– Jh. geol. Landesamtes Baden-Württemberg, **28**: 297-362; Freiburg im Breisgau.
- VILLINGER, E. (1989): Zur Fluß- und Landschaftsgeschichte im Gebiet von Aare-Donau und Alpenrhein.– Jahreshefte Gesellschaft für Naturkunde in Württemberg, **144**: 5-27; Stuttgart.
- VILLINGER, E. (1998): Zur Flußgeschichte von Rhein und Donau in Südwestdeutschland.– Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F. **80**: 361-398; Stuttgart.
- VILLINGER, E. (2003): Zur Paläogeographie von Alpenrhein und oberer Donau.– Z. dt. geol. Ges., **154** (2-3): 193-253; Stuttgart.
- VOGEL, H. (1999): Dränfähige Stabilisierungsinjektionen in erosions- und suffosionsanfälligen Lockergesteinen.– unveröffentlichte Dissertation im Fachbereich Geowissenschaften und Geographie der Technischen Universität Darmstadt, 145 S.; Darmstadt.
- VOLLMAYR, T. (1958): Geologische Karte von Bayern 1:25000: Erläuterungen zum Blatt Nr. 8426 Oberstaufen.– 55 S.; München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- VOLZ, E. (1956): Die Molassestrukturen Heimertingen und Lauben.– Erdöl-Z., **72**: 293-302; Wien.
- VOLZ, E. (1959): Geologische Ergebnisse einiger Erdölbohrungen im westlichen Molassebecken.– Erdöl und Kohle, **12**: 209-216; Hamburg.
- WAGNER, R. (1978): Der vortertiäre Untergrund.– In: JERZ, H. & WAGNER, R. (1978): Geologische Karte von Bayern 1:25000: Blatt Nr. 7927 Amendingen, S. 16-23; München (Bayer. Geol. L.-Amt).

- WAGNER, G. A. (2007): Altersbestimmung: Der lange Atem der Menschwerdung.– In: WAGNER, G. A., RIEDER, H., ZÖLLER, L. & MICK, E. [Hrsg.] (2007): Homo heidelbergensis. Schlüsselfund der Menschheitsgeschichte, 366 S.: 203-225; Stuttgart (Theiss Verlag).
- WASHBURN, A. L. (1956): Classification of patterned ground and review of suggested origins.– Geol. Soc. America, **67**: 823-865; New York.
- WEBER, G. (1995): Die frühe und mittlere römische Kaiserzeit.– In: CZYSZ, W., DIETRICH, H. & WEBER, G. [Hrsg.] (1995): Kempten und das Allgäu.- Führer zu archäologischen Denkmälern in Deutschland, **30**: 49-60; Stuttgart (Theiss Verlag).
- WEBER, G. & KEINERT, W. (1991): Ein römischer Gutshof bei Wolfertschwenden (Unterallgäu).– Allgäuer Geschichtsfreund, **91**: 110-116; Kempten.
- WEINHARDT, R. (1973): Rekonstruktion des Eisstromnetzes der Ostalpennordseite zur Zeit des Würmmaximums mit einer Berechnung seiner Flächen und Volumina.– Heidelberger geogr. Arb., **38**: 158-178; Heidelberg.
- WEIDENBACH, F. (1974): Über Nagelfluh, narbige und hohle Gerölle in pleistozänen Ablagerungen.– Heidelberger geogr. Arb., **40**: 331-340; Heidelberg.
- WEINIG, H. & LAGALLY, U. (1984): Kiese und Sande des glazialen und glazifluviatilen Bereiches.– In: WEINIG, H., DOBNER, A., LAGALLY, U., STEPHAN, W., STREIT, R. & WEINELT, W. [Hrsg.] (1984): Oberflächennahe mineralische Rohstoffe von Bayern, Geologica Bavarica, **86**: 312-395; München.
- WENNINGER, A. (1994): Geologische Karte von Baden-Württemberg im Maßstab 1:25 000 – Erläuterungen zum Blatt Nr. 8126 Leutkirch im Allgäu-Ost.– 147 S.; Freiburg im Breisgau (Geol. L. A. Baden-Württemberg).
- WEYL, R. (1952): Schwermineraluntersuchungen an eiszeitlichen Ablagerungen der Riß-Lechplatte.– Geologica Bavarica, **14**: 107-123; München.
- WIEGANK, F. (1990): Magnetostratigraphisch-geochronologische Untersuchungen zur Geschichte des Plio-Pleistozäns in Mitteleuropa und ihrer Beziehungen zur globalen geologischen, paläoklimatischen und paläoökologischen Entwicklung.– Veröffentlichungen des Zentralinstituts für Physik der Erde, **113**, 307 S.; Potsdam.
- WOLDSTEDT, P. (1952): Probleme der Terrassenbildung.– Eiszeitalter u. Gegenwart, **2**: 36-44; Öhringen.
- WOLDSTEDT, P. (1954): Die Klimakurve des Tertiärs und Quartärs in Mitteleuropa.– Eiszeitalter u. Gegenwart, **4/5**: 5-9; Öhringen.
- WOLDSTEDT, P. (1958): Das Eiszeitalter – Grundlinien einer Geologie des Quartärs. 2. Band: Europa, Vorderasien und Nordafrika im Eiszeitalter.– 438 S.; Stuttgart (Ferdinand Enke Verlag).
- WOLDSTEDT, P. (1966): Der Ablauf des Eiszeitalters.– Eiszeitalter u. Gegenwart, **17**: 153-158; Öhringen.
- ZEPP, H. (2008): Geomorphologie: Grundriss Allgemeine Geographie.– 385 S.; Paderborn (Utb GmbH).

ZEUNE, J. (1995): Die Burgen.– In: CZYSZ, W., DIETRICH, H. & WEBER, G. [Hrsg.] (1995): Kempten und das Allgäu, Führer zu archäologischen Denkmälern in Deutschland, **30**: 87-91; Stuttgart (Theiss).

ZEUNER, F. (1933): Die Schotteranalyse.– Geol. Rundschau, **24**: 65-104; Berlin.

ZINGG, T. (1935): Beitrag zur Schotteranalyse.– Promotionsarbeit an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich, 140 S.; Zürich.

ZÖLLER, L. (1989): Geomorphologische und geologische Interpretation von Thermolumineszenz-Daten.– Bayreuther Geowissenschaftliche Arbeiten, **14**: 103-112; Bayreuth.

ZÖLLER, L. (1995): Würm- und Rißlöß-Stratigraphie und Thermolumineszenz-Datierung in Süddeutschland und angrenzenden Gebieten.– unveröffentlichte Habilitationsschrift an der Fakultät für Geowissenschaften der Ruprecht-Karls-Universität, 224 S.; Heidelberg.

Geologische Karten

BAUBERGER, W., BERGER, K., DOBEN, K., EMMERT, U., GANSS, O., GROTTENTHALER, W., HÄUßLER, H., HAUNSCHILD, H., HORSTIG, G. von, JERZ, H., MIELKE, H., OTT, W.-D., SCHMIDT-KALER, H., SCHWARZMEIER, J., SCHWERD, K., STETTNER, G., STREIT, R., UNGER, H. J., WEINELT, W. & HÜTTNER, R. (1981): Geologische Karte von Bayern im Maßstab 1:500000.– München (Bayer. Geol. L.-Amt).

BECKER-HAUMANN, R. (2001b): Geologische Übersichtskarte der Mindel-Lech-Platte.- In: BECKER-HAUMANN, R., AKTAS, A. & BRUNNACKER, K. (2001): Erläuterungen zur Geologischen Übersichtskarte des Mindel-Lech-Gebietes 1:100000.– *Geologica Bavarica*, **106**: 109-228; München.

BINI, A., BUONCRISTIANI, J.-F., COUTERRAND, S., ELLWANGER, D., FELBER, M., FLORINETH, D., GRAF, H. R., KELLER, O., KELLY, M., SCHLÜCHTER, C. & SCHOENEICH, P. (2009): Die Schweiz während des letzteiszeitlichen Maximums (LGM.– Karte im Maßstab 1:500000; Wabern (Bundesamt für Landestopografie).

FESSLER, W. & GOOS, W. (1988): Geologische Karte von Baden-Württemberg im Maßstab 1:25000 – Blatt Nr. 8026 Aitrach.– Freiburg im Breisgau (Geol. L. A. Baden-Württemberg).

JERZ, H. & WAGNER, R. (1978): Geologische Karte von Bayern 1:25000: Blatt Nr. 7927 Amendingen.– 131 S.; München (Bayer. Geol. L.-Amt).

KLUSCH, G. (1995): Geologische Karte von Bayern 1:25000: Blatt Nr. 8127 Grönenbach.– unveröffentlichte Dissertation an der Universität Stuttgart.

ROPPELT, T. (1988): Geologische Karte Obergünzburg im Maßstab 1:50000.– unveröffentlichte Dissertation am Lehrstuhl für Allgemeine, Angewandte und Ingenieurgeologie der Technischen Universität München; München.

SCHOLZ, H. & ZACHER, W. (1983): Geologische Übersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland im Maßstab 1:200000, Blatt CC8726 Kempten (Allgäu).– Hannover (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe).

STREIT, R., WEINIG, H., JERZ, H. & STEPHAN, W. (1975): Geologische Übersichtskarte des Iller-Mindel-Gebietes 1:100000.- In: JERZ, H., STEPHAN, W., STREIT, R. & WEINIG, H. (1975): Zur Geologie des Iller-Mindel-Gebietes.– *Geologica Bavarica*, **74**: 99-130; München.

SZENKLER, C., ELLWANGER, D. & KÖSEL, M. (2001): Geologische Karte von Baden-Württemberg im Maßstab 1:25000 – Blatt Nr. 7626 Rot a. d. Rot.– Freiburg im Breisgau (Geol. L. A. Baden-Württemberg).

WEIDENBACH, F. & BERZ, K. C. (1933): Geologische Übersichtskarte von Baden Württemberg im Maßstab 1:200000 – Blatt 4.– 3. Auflage 1962, unveränderter Neudruck der 1. Aufl. aus dem Jahre 1933; Freiburg im Breisgau (Geol. L. A. Baden-Württemberg).

WEIDENBACH, F., GRAUL, H., KIDERLEN, H. & SCHREINER, A. (1988): Übersichtskarte des Iller-Riss-Gebietes im Maßstab 1:100000.– 3. Auflage; Freiburg im Breisgau (Geol. L. A. Baden-Württemberg).

WENNINGER, A., FESSELER, W. & GOOS, W. (1994): Geologische Karte von Baden-Württemberg im Maßstab 1:25000 – Blatt Nr. 8126 Leutkirch im Allgäu-Ost.– Freiburg im Breisgau (Geol. L. A. Baden-Württemberg).

URL-Verzeichnis

[1] <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/lagerstg/gesamt.pdf>
(abgerufen am 28.6.2011).

[2] [http://www.swp.de/ulm/lokales/ulm_neu_ulm/Die-Geschichte-der-
Illertalbahn;art4329,916923](http://www.swp.de/ulm/lokales/ulm_neu_ulm/Die-Geschichte-der-Illertalbahn;art4329,916923)
(abgerufen am 16.6.2011).

[3]
<http://www.geodaten.bayern.de/BayernViewer2.0/index.cgi?rw=4365310&hw=5316590&layer=Hist&step=4>
(abgerufen am 16.6.2011).

[4] <http://geodaten.bayern.de/tomcat/viewerServlets/extCallDenkmal?>
(abgerufen am 22.6.2011).

[5]
http://www.quaternary.stratigraphy.org.uk/charts/chartversions/POSTERSTRAT_v2010%282%29.pdf
(abgerufen am 22.6.2011).

[6]
http://www.lfu.bayern.de/drucken/index.htm?www.lfu.bayern.de/geologie/geotope_schoensten/97/index.htm
(abgerufen am 4.7.2011).

[7] <http://www.hnd.bayern.de/>
(Daten der Ostrach, Trettach, Stillach und Breitach abgerufen am 29.7.2011).

[8] http://www.stratigraphie.de/std2002/download/STD2002_large.pdf
(abgerufen am 15.1.2011).

[9] <http://www.deuqua.org/2010/03/18/2-58-millionen-jahre-quart%C3%A4r/>
(abgerufen am 15.1.2011).

[10]
http://www.lfu.bayern.de/geologie/fachinformationen/hangbewegungen/was_sind_hangbewegungen/doc/steinschlag.pdf
(abgerufen am 15.1.2011).

Normen, Vorschriften und Empfehlungen

DIN 4094-3 (2002-01): Baugrund, Felduntersuchungen – Teil 3: Rammsondierungen.– 36 S.

DIN 18123 (2011-04): Baugrund, Untersuchung von Bodenproben – Bestimmung der Korngrößenverteilung.– 24 S.

DIN 18125 (2010-07): Baugrund, Untersuchung von Bodenproben – Bestimmung der Dichte des Bodens – Teil 1: Laborversuche.– 12 S.

DIN 18129 (2011-07): Baugrund, Untersuchung von Bodenproben – Kalkgehaltsbestimmung.- 11 S.

DIN 18130-1 (1998-05): Baugrund, Untersuchung von Bodenproben – Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes.– 20 S.

DIN 18196 (2011-05): Erd- und Grundbau – Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke.- 13 S.

DIN EN ISO 14689-1 (2011-06): Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Fels – Teil 1: Benennung und Beschreibung.- 26 S.

IAEG – International Association of Engineering Geology (1981): Rock and soil description and classification for engineering geological mapping. – Report by the IAEG Commission on Engineering Geological Mapping, Bull. Int. Assoc. Eng. Geol., **24**: 235-274.

ISRM – International Society for Rock Mechanics (1978): Suggested methods for petrographic description of rock. – Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., **15**: 41-45.

Anlage 2: Verzeichnis wichtiger, geologischer Aufschlüsse

Nachfolgend werden die wichtigsten geologischen Aufschlüsse in stratigraphischer Reihenfolge beschrieben, die langfristig vorhanden sind. In eckiger Klammer ist die jeweilige Geo-Kart-Nummer des Aufschlusses angeführt.

[8027-LEB-AG-123]: Brüchlins 1

R: 43.71378, H: 53.12689, Höhe 715 m ü. NN

Aufschlussart: verwachsener Steinbruch, verstimmt, teilverfüllt

Beschreibung: Sandsteine der OSM

[8027-LEB-AG-124]: Bannwald

R: 43.72176, H: 53.12836, Höhe 690 m ü. NN

Aufschlussart: Bachaufschluss entlang des Motzbaches

Beschreibung: Sande und Mergel der OSM

[8027-LEB-AG-125]: Niebers

R: 43.71454, H: 53.12014, Höhe 705 m ü. NN

Aufschlussart: verwachsene Lehmgrube, verstimmt, teilverfüllt

Beschreibung: Sandsteine der OSM

[8027-LEB-AG-074]: Bossarts 1

R: 43.70044, H: 53.09979, Höhe 730 m ü. NN

Aufschlussart: Hanganriss

Beschreibung: feingeschichtete Mergelsteine der OSM im Liegenden donauzeitlicher Konglomerate

[8027-LEB-AG-101]: Rappenloh 1

R: 43.64020, H: 53.10632, Höhe 650 m ü. NN

Aufschlussart: Bachaufschluss

Beschreibung: Sande und Sandsteine der OSM

[8027-LEB-AG-106]: Eglofs 1

R: 43.63602, H: 53.10122, Höhe 640 m ü. NN

Aufschlussart: Bachaufschluss entlang der Buxach

Beschreibung: Sande und Sandsteine der OSM

[8027-LEB-AG-108]: Rappenloh 2

R: 43.64302, H: 53.10545, Höhe 670 m ü. NN

Aufschlussart: Bachaufschluss

Beschreibung: Sande der OSM

[8027-LEB-AG-109]: Eglofs 2

R: 43.64160, H: 53.09699, Höhe 656 m ü. NN

Aufschlussart: Bachaufschluss

Beschreibung: Sande der OSM

[8027-LEB-AG-110]: Eglofs 3

R: 43.64096, H: 53.09832, Höhe 675 m ü. NN

Aufschlussart: Hanganriss

Beschreibung: Mergel der OSM

[8027-LEB-AG-112]: Holzmühle
R: 43.65376, H: 53.09768, Höhe 670 m ü. NN
Aufschlussart: Hanganriss
Beschreibung: Sande der OSM

[8027-LEB-AG-162]: Krebsbach 1
R: 43.70841, H: 53.16719, Höhe 630 m ü. NN
Aufschlussart: Bachaufschluss
Beschreibung: Mergel und Sandsteine der OSM

[8027-LEB-AG-163]: Krebsbach 2
R: 43.70803, H: 53.16622, Höhe 631 m ü. NN
Aufschlussart: Bachaufschluss
Beschreibung: Mergel und Sande der OSM

[8027-LEB-AG-164]: Krebsbach 3
R: 43.70789, H: 53.16553, Höhe 631 m ü. NN
Aufschlussart: Bachaufschluss
Beschreibung: Mergel und Sande der OSM

[8027-LEB-AG-165]: Krebsbach 4
R: 43.70780, H: 53.16527, Höhe 631 m ü. NN
Aufschlussart: Bachaufschluss
Beschreibung: Mergel und Sande der OSM

[8027-LEB-AG-165]: Krebsbach 4
R: 43.70780, H: 53.16527, Höhe 631 m ü. NN
Aufschlussart: Bachaufschluss
Beschreibung: Mergel und Sande der OSM

[8027-LEB-AG-166]: Krebsbach 5
R: 43.70752, H: 53.16481, Höhe 632 m ü. NN
Aufschlussart: Bachaufschluss
Beschreibung: Mergel und Sande der OSM

[8027-LEB-AG-167]: Krebsbach 6
R: 43.70733, H: 53.16456, Höhe 632 m ü. NN
Aufschlussart: Bachaufschluss
Beschreibung: Mergel und Sande der OSM

[8027-LEB-AG-168]: Krebsbach 7
R: 43.70915, H: 53.16857, Höhe 629 m ü. NN
Aufschlussart: Bachaufschluss
Beschreibung: Mergel und Sande der OSM

[8027-LEB-AG-169]: Kasperberg 1
R: 43.71069, H: 53.16905, Höhe 635 m ü. NN
Aufschlussart: Hanganriss
Beschreibung: Sande der OSM

[8027-LEB-AG-173]: Kasperberg 5
R: 43.72098, H: 53.17201, Höhe 634 m ü. NN
Aufschlussart: Wegböschung
Beschreibung: Sandsteine der OSM

[8027-LEB-AG-181]: Tannet

R: 43.71423, H: 53.18825, Höhe 623 m ü. NN

Aufschlussart: Bachaufschluss

Beschreibung: Mergel der OSM

[8027-LEB-AG-182]: Günzberg 4

R: 43.71859, H: 53.18752, Höhe 635 m ü. NN

Aufschlussart: verwachsene Sandgrube, verstimmt, teilverfüllt

Beschreibung: Sande der OSM

[8027-LEB-AG-156]: Schelmenheide 2

R: 43.74851, H: 53.11667, Höhe 720 m ü. NN

Aufschlussart: Bachaufschluss

Beschreibung: Sande und Mergel der OSM

[8027-LEB-AG-071]: Bannwald 1

R: 43.72071, H: 53.12273, Höhe 725 m ü. NN

Aufschlussart: verwachsener Steinbruch, verstimmt, teilverfüllt

Beschreibung: donauzeitliche Schmelzwasserschotter des Böhener Feldes, teilweise zu Konglomerat verfestigt

[8027-LEB-AG-072]: Bannwald 2

R: 43.72282, H: 53.11587, Höhe 730 m ü. NN

Aufschlussart: verwachsener Steinbruch, verstimmt, teilverfüllt

Beschreibung: donauzeitliche Schmelzwasserschotter des Böhener Feldes, teilweise zu Konglomerat verfestigt, geol. Orgeln

[8027-LEB-AG-073]: Bannwald 3

R: 43.72165, H: 53.11753, Höhe 730 m ü. NN

Aufschlussart: verwachsener Steinbruch, verstimmt, teilverfüllt

Beschreibung: donauzeitliche Schmelzwasserschotter des Böhener Feldes, teilweise zu Konglomerat verfestigt, geol. Orgeln

[8027-LEB-AG-074]: Bossarts 1

R: 43.70044, H: 53.09979, Höhe 750 m ü. NN

Aufschlussart: Hanganriss

Beschreibung: donauzeitliche Schmelzwasserschotter des Böhener Feldes, teilweise zu Konglomerat verfestigt, geol. Orgeln

[8027-LEB-AG-075]: Bossarts 2

R: 43.69802, H: 53.10568, Höhe 745 m ü. NN

Aufschlussart: Hanganriss

Beschreibung: donauzeitliche Schmelzwasserschotter des Böhener Feldes, teilweise zu Konglomerat verfestigt, geol. Orgeln

[8027-LEB-AG-076]: Brandholz 1

R: 43.70840, H: 53.08292, Höhe 745 m ü. NN

Aufschlussart: Hanganriss

Beschreibung: donauzeitliche Schmelzwasserschotter des Böhener Feldes, teilweise zu Konglomerat verfestigt, geol. Orgeln

[8027-LEB-AG-077]: Brandholz 2

R: 43.71032, H: 53.08368, Höhe 745 m ü. NN

Aufschlussart: Straßenböschung

Beschreibung: donauzeitliche Schmelzwasserschotter des Böhener Feldes, teilweise zu Konglomerat verfestigt, geol. Orgeln

[8027-LEB-AG-078]: Felsenberg

R: 43.69473, H: 53.11172, Höhe 725 m ü. NN

Aufschlussart: verwachsener Steinbruch, verstürzt, teilverfüllt

Beschreibung: donauzeitliche Schmelzwasserschotter des Böhener Feldes, teilweise zu Konglomerat verfestigt, geol. Orgeln

[8027-LEB-AG-079]: Höll 1

R: 43.70716, H: 53.11579, Höhe 725 m ü. NN

Aufschlussart: Hanganriss

Beschreibung: donauzeitliche Schmelzwasserschotter des Böhener Feldes, teilweise zu Konglomerat verfestigt, geol. Orgeln

[8027-LEB-AG-080]: Höll 2

R: 43.70607, H: 53.11807, Höhe 720 m ü. NN

Aufschlussart: verwachsener Steinbruch, verstürzt, teilverfüllt

Beschreibung: donauzeitliche Schmelzwasserschotter des Böhener Feldes, teilweise zu Konglomerat verfestigt, geol. Orgeln

[8027-LEB-AG-081]: Karlins

R: 43.72102, H: 53.09116, Höhe 745 m ü. NN

Aufschlussart: evtl. verwachsener Steinbruch, verstürzt, teilverfüllt

Beschreibung: donauzeitliche Schmelzwasserschotter des Böhener Feldes, teilweise zu Konglomerat verfestigt

[8027-LEB-AG-083]: Theinselberg 1

R: 43.69386, H: 53.12596, Höhe 715 m ü. NN

Aufschlussart: verwachsener Steinbruch, verstürzt, teilverfüllt

Beschreibung: donauzeitliche Schmelzwasserschotter des Theinselberges, teilweise zu Konglomerat verfestigt

[8027-LEB-AG-084]: Theinselberg 2

R: 43.69513, H: 53.12529, Höhe 715 m ü. NN

Aufschlussart: verwachsener Steinbruch, verstürzt, teilverfüllt

Beschreibung: donauzeitliche Schmelzwasserschotter des Theinselberges, teilweise zu Konglomerat verfestigt

[8027-LEB-AG-085]: Brüchlins

R: 43.71492, H: 53.13076, Höhe 725 m ü. NN

Aufschlussart: evtl. verwachsener Steinbruch, verstürzt, teilverfüllt

Beschreibung: Blöcke donauzeitlicher Konglomerate, deutlicher erhöhter Anteil an Gneis- und Milchquarzgeröllen, vermutlich kristallinreiche Basisschotter

[8027-LEB-AG-148]: Kloster Wald

R: 43.73301, H: 53.16827, Höhe 680 m ü. NN

Aufschlussart: verwachsener Steinbruch, verstürzt, teilverfüllt

Beschreibung: donauzeitliche Schmelzwasserschotter des Stephansrieder Schotters, teilweise zu Konglomerat verfestigt

[8027-LEB-AG-149]: Stephansried

R: 43.73778, H: 53.17077, Höhe 680 m ü. NN

Aufschlussart: verwachsener Steinbruch, verstürzt, teilverfüllt

Beschreibung: donauzeitliche Schmelzwasserschotter des Stephansrieder Schotters, teilweise zu Konglomerat verfestigt

[8027-LEB-AG-150]: Eggisried 1

R: 43.73748, H: 53.15680, Höhe 700 m ü. NN

Aufschlussart: verwachsener Steinbruch, verstürzt, teilverfüllt

Beschreibung: donauzeitliche Schmelzwasserschotter des Stephansrieder Schotters, teilweise zu Konglomerat verfestigt

[8027-LEB-AG-151]: Eggisried 2

R: 43.73326, H: 53.15313, Höhe 700 m ü. NN

Aufschlussart: Straßenböschung

Beschreibung: donauzeitliche Schmelzwasserschotter des Stephansrieder Schotters, teilweise zu Konglomerat verfestigt

[8027-LEB-AG-152]: Buschlberg

R: 43.74114, H: 53.14393, Höhe 715 m ü. NN

Aufschlussart: verwachsener Steinbruch, verstürzt, teilverfüllt

Beschreibung: donauzeitliche Schmelzwasserschotter des Stephansrieder Schotters, teilweise zu Konglomerat verfestigt

[8027-LEB-AG-153]: Guggenberg 1

R: 43.74547, H: 53.12832, Höhe 720 m ü. NN

Aufschlussart: verwachsener Steinbruch, verstürzt, teilverfüllt

Beschreibung: donauzeitliche Schmelzwasserschotter des Guggenberger Schotters, teilweise zu Konglomerat verfestigt

[8027-LEB-AG-155]: Schelmenheide 1

R: 43.74816, H: 53.11789, Höhe 740 m ü. NN

Aufschlussart: verwachsener Steinbruch, verstürzt, teilverfüllt

Beschreibung: donauzeitliche Schmelzwasserschotter des Guggenberger Schotters, teilweise zu Konglomerat verfestigt, geol. Orgeln

[8027-LEB-AG-157]: Schelmenheide 3

R: 43.74845, H: 53.11468, Höhe 740 m ü. NN

Aufschlussart: verwachsener Steinbruch, verstürzt, teilverfüllt

Beschreibung: donauzeitliche Schmelzwasserschotter des Guggenberger Schotters, teilweise zu Konglomerat verfestigt

[8027-LEB-AG-093]: Im Schwabele 1

R: 43.65227, H: 53.09137, Höhe 690 m ü. NN

Aufschlussart: Hanganriss

Beschreibung: mindelzeitliche Schmelzwasserschotter des Grönenbacher Feldes, teilweise zu Konglomerat verfestigt

[8027-LEB-AG-095]: Untersteinbühl

R: 43.64336, H: 53.09233, Höhe 700 m ü. NN

Aufschlussart: verwachsener Steinbruch, verstürzt, teilverfüllt

Beschreibung: mindelzeitliche Schmelzwasserschotter des Grönenbacher Feldes, teilweise zu Konglomerat verfestigt, geol. Orgeln

[8027-LEB-AG-098]: Schärteleesspitz

R: 43.65180, H: 53.12200, Höhe 620 m ü. NN

Aufschlussart: Hanganriss

Beschreibung: mindelzeitliche Schmelzwasserschotter des Grönenbacher Feldes, teilweise zu Konglomerat verfestigt

[8027-LEB-AG-100]: Auf der Höhe

R: 43.64760, H: 53.11461, Höhe 680 m ü. NN

Aufschlussart: verwachsener Steinbruch, verstürzt, teilverfüllt

Beschreibung: mindelzeitliche Schmelzwasserschotter des Grönenbacher Feldes, teilweise zu Konglomerat verfestigt

[8027-LEB-AG-102]: Obere Halde

R: 43.65178, H: 53.10436, Höhe 660 m ü. NN

Aufschlussart: Wegböschung

Beschreibung: mindelzeitliche Schmelzwasserschotter des Grönenbacher Feldes, teilweise zu Konglomerat verfestigt

[8027-LEB-AG-103]: Burgstall Woringen

R: 43.65360, H: 53.10848, Höhe 680 m ü. NN

Aufschlussart: verwachsener Steinbruch, verstürzt, teilverfüllt

Beschreibung: mindelzeitliche Schmelzwasserschotter des Grönenbacher Feldes, teilweise zu Konglomerat verfestigt

[8027-LEB-AG-104]: Woringen Wald

R: 43.65116, H: 53.09904, Höhe 680 m ü. NN

Aufschlussart: verwachsener Steinbruch, verstürzt, teilverfüllt

Beschreibung: mindelzeitliche Schmelzwasserschotter des Grönenbacher Feldes, teilweise zu Konglomerat verfestigt

[8027-LEB-AG-113]: Mösle

R: 43.64560, H: 53.09860, Höhe 702 m ü. NN

Aufschlussart: Hanganriss

Beschreibung: mindelzeitliche Schmelzwasserschotter des Grönenbacher Feldes, teilweise zu Konglomerat verfestigt

[8027-LEB-AG-114]: Molzen

R: 43.64408, H: 53.09592, Höhe 680 m ü. NN

Aufschlussart: verwachsener Steinbruch, verstürzt, teilverfüllt

Beschreibung: mindelzeitliche Schmelzwasserschotter des Grönenbacher Feldes, teilweise zu Konglomerat verfestigt, geol. Orgeln

[8027-LEB-AG-116]: Im Schwabele 2

R: 43.65357, H: 53.09094, Höhe 680 m ü. NN

Aufschlussart: Straßenböschung

Beschreibung: mindelzeitliche Schmelzwasserschotter des Grönenbacher Feldes, teilweise zu Konglomerat verfestigt

[8027-LEB-AG-121]: Im Schwabele 3

R: 43.65512, H: 53.08616, Höhe 670 m ü. NN

Aufschlussart: Hanganriss

Beschreibung: mindelzeitliche Schmelzwasserschotter des Grönenbacher Feldes, teilweise zu Konglomerat verfestigt

[8027-LEB-AG-122]: Im Schwabele 4

R: 43.64556, H: 53.08676, Höhe 690 m ü. NN

Aufschlussart: verwachsener Steinbruch, verstürzt, teilverfüllt

Beschreibung: mindelzeitliche Schmelzwasserschotter des Grönenbacher Feldes, teilweise zu Konglomerat verfestigt

[8027-LEB-AG-127]: Herbishofen

R: 43.67628, H: 53.14788, Höhe 625 m ü. NN

Aufschlussart: verwachsene Kiesgrube, verstimmt, teilverfüllt

Beschreibung: risszeitliche Schmelzwasserschotter des Hawanger Feldes, teilweise zu Konglomerat verfestigt

[8027-LEB-AG-128]: Benningen

R: 43.68083, H: 53.16100, Höhe 630 m ü. NN

Aufschlussart: Kiesgrube

Beschreibung: risszeitliche Schmelzwasserschotter des Hawanger Feldes, teilweise zu Konglomerat verfestigt, geol. Orgeln

[8027-LEB-AG-161]: Memminger Berg

R: 43.66828, H: 53.18890, Höhe 620 m ü. NN

Aufschlussart: verwachsene Lehm- und Kiesgrube, verstimmt, teilverfüllt

Beschreibung: risszeitliche Schmelzwasserschotter des Hawanger Feldes, teilweise zu Konglomerat verfestigt

[8027-LEB-AG-115]: Dießlings 1

R: 43.65968, H: 53.09233, Höhe 645 m ü. NN

Aufschlussart: Straßenböschung

Beschreibung: risszeitliche Schmelzwasserschotter der Zeller Hochterrasse, teilweise zu Konglomerat verfestigt

[8027-LEB-AG-119]: Dießlings 2

R: 43.66071, H: 53.09052, Höhe 645 m ü. NN

Aufschlussart: Hanganriss

Beschreibung: risszeitliche Schmelzwasserschotter der Zeller Hochterrasse, teilweise zu Konglomerat verfestigt

[8027-LEB-AG-134]: Benningen

R: 43.68000, H: 53.16040, Höhe 630 m ü. NN

Aufschlussart: Kiesgrube

Beschreibung: wärmzeitlicher Lösslehm über risszeitlichen Schmelzwasserschottern des Hawanger Feldes

[8027-LEB-AG-161]: Memminger Berg

R: 43.66828, H: 53.18890, Höhe 620 m ü. NN

Aufschlussart: verwachsene Lehm- und Kiesgrube, verstimmt, teilverfüllt

Beschreibung: wärmzeitlicher Lösslehm über risszeitlichen Schmelzwasserschottern des Hawanger Feldes

[8027-LEB-AG-117]: Zell 1

R: 43.66118, H: 53.08504, Höhe 660 m ü. NN

Aufschlussart: Straßenböschung

Beschreibung: wärmzeitlicher Lösslehm über Schotterlehm (verwitterte risszeitliche Schmelzwasserschotter der Zeller Hochterrasse)

[8027-LEB-AG-129]: Darast 1

R: 43.69100, H: 53.08272, Höhe 660 m ü. NN

Aufschlussart: Kiesgrube

Beschreibung: wärmzeitliche Schmelzwasserschotter des Daraster Feldes

[8027-LEB-AG-130]: Darast 2

R: 43.67516, H: 53.09284, Höhe 660 m ü. NN

Aufschlussart: Kiesgrube

Beschreibung: wärmzeitliche Schmelzwasserschotter des Daraster Feldes

[8027-LEB-AG-131]: Darast 3

R: 43.68140, H: 53.08720, Höhe 655 m ü. NN

Aufschlussart: Kiesgrube

Beschreibung: wärmzeitliche Schmelzwasserschotter des Daraster Feldes

[8027-LEB-AG-120]: Raupolz

R: 43.66786, H: 53.08322, Höhe 655 m ü. NN

Aufschlussart: Kiesgrube

Beschreibung: wärmzeitliche Schmelzwasserschotter des Daraster Feldes

[8027-LEB-AG-132]: Hetzlinshofen

R: 43.66576, H: 53.13416, Höhe 620 m ü. NN

Aufschlussart: Kiesgrube

Beschreibung: wärmzeitliche Schmelzwasserschotter des Benninger Feldes

Anlage 3: Bohrungen (Auswahl)

Tab. 59: Auswahl einiger Bohrungen auf Blatt Nr. 8027 Memmingen, deren Bohrergergebnisse charakteristisch für den geologischen Bau des Untergrundes sind und zur Konstruktion der geologischen W-E-Profile (Beilage 2) herangezogen wurden.

Nr. in GK	Geo-Kart-Nr.	R-Wert H-Wert	Ansatz- höhe [m ü. NN]	Endteufe [m u. GOK]	Durchteufte geol. Einheiten
B1	8027-009	43.65762	599,77	11,00	„ya / ,Hn + ,K / Wh22,G / miOS
		53.18638			
B2	8027-023	43.64227	596,00	14,00	,Lol_Wh1,G / Wh1,G / miOS
		53.18778			
B3	8027-084	43.64649	592,80	12,00	„ya / ,K / Wh22,G / miOS
		53.18519			
B4	8027-142	43.67947	628,53	15,00	,Lol_Rm1,G / Rm1,G / miOS
		53.18451			
B5	8027-155	43.64173	628,00	110,00	,Lol_Rm2,G / Rm2,G / miOS
		53.15014			
B6	8027-159	43.66787	620,34	20,65	Wh21,G / miOS
		53.13594			
B7	8027-160	43.66555	620,07	22,50	„ya / Wh21,G / miOS
		53.13532			
B8	8027-167	43.67375	629,53	11,00	,Lol_Rm1,G / Rm1,G / miOS
		53.18014			
B9	8027-185	43.64714	614,10	9,00	Wh22,G / miOS
		53.13804			
B10	8027-255	43.63474	599,60	18,00	,Lol_Wh1,G / Wh1,G / miOS
		53.18089			
B11	8027-267	43.64294	595,63	9,00	„ya / qhj,L / Wh22,G / miOS
		53.18446			
B12	8027-376	43.63647	625,10	7,50	„ya / ,Lol_Rm2,G / Rm2,G / miOS
		53.14067			
B13	8027-379	43.66783	620,00	10,00	,Lol_Rm2,G / Rm2,G / miOS
		53.18398			
B14	8027-466	43.65387	595,00	7,00	,Hn + ,K / Wh22,G
		53.18594			
B15	8027-481	43.64855	611,58	10,00	„ya / qhj,L / Wh22,G / miOS
		53.14488			
B16	8027-519	43.67608	636,08	25,50	„ya / Wh1,G / miOS
		53.09203			
B17	8027-520	43.68412	635,28	20,50	Wh1,G / miOS
		53.08943			
B18	8027-600	43.66263	600,00	37,00	§Lhg / Wh1,G / miOS
		53.18294			
B19	8027-708	43.67700	641,46	18,65	,Lol_Rm1,G / Rm1,G / miOS
		53.14770			
B20	8027-732	43.66339	613,00	20,50	Wh21,G / miOS
		53.14619			
B21	8027-754	43.68520	625,08	16,00	,Lol_Rm1,G / Rm1,G / miOS
		53.18470			
B22	8027-771	43.68507	646,19	20,00	,Lol_Rm1,G / Rm1,G / miOS
		53.14316			
B23	8027-801	43.71031	617,03	21,00	Rm1,G / miOS
		53.18621			
B24	8027-931	43.73180	643,00	8,00	Wh,G / miOS
		53.14159			

Anlage 4: Schichtenverzeichnisse der ausgewählten Bohrungen

Schichtenverzeichnisse einiger ausgewählter Bohrungen auf Blatt Nr. 8027 Memmingen, deren Bohrerergebnisse charakteristisch für den geologischen Bau des Untergrundes sind und zur Konstruktion der geologischen W-E-Profile (Beilage 2) herangezogen wurden. Ihre Lage ist aus der Geologischen Karte (Beilage 1) ersichtlich.

B 1 [8027-LEB-BG-009]: Baugrunderkundungsbohrung, Memmingen, B1 Memmingen Pfeifer
Lage: R: 43.65762, H: 53.18638; Ansatzhöhe: 599,77 m ü. NN

Geologisches Profil (Aufnahme: Kling Consult):

- 1,50 m Auffüllung
Quartär
- 2,20 m Alm mit Torflagen
- 4,20 m Hochflutablagerungen, sandig, schwach kiesführend
- 4,70 m Hochflutablagerungen, sandig
- 10,60 m Schmelzwasserschotter, würmzeitlich
Tertiär
- 11,00 m Obere Süßwassermolasse
(Endteufe)

B 4 [8027-LEB-BG-142]: Baugrunderkundungsbohrung, Fliegerhorst Memminger Berg, ISB-Avionik, B1
Lage: R: 43.67947, H: 53.18451; Ansatzhöhe: 628,53 m ü. NN

Geologisches Profil (Aufnahme: Kling Consult):

- 0,10 m Bodenbildung (rezent)
Quartär
- 2,35 m Lösslehm, kiesführend
- 8,45 m Schotterlehm
- 10,60 m Schmelzwasserschotter, risszeitlich
- 11,30 Aufarbeitungslage (Gemenge aus Molassematerial und Schmelzwasserschotter)
Tertiär
- 15,00 m Obere Süßwassermolasse
(Endteufe)

B 5 [8027-LEB-BG-155]: Schusspunktbohrung, Dickenreishausen, A2
Lage: R: 43.64173, H: 53.15014; Ansatzhöhe: 628,00 m ü. NN

Geologisches Profil (Aufnahme: Prakla):

- 6,00 m Lösslehm
Quartär
- 12,00 m Schmelzwasserschotter, risszeitlich
Tertiär
- 111,00 m Obere Süßwassermolasse
(Endteufe)

B 10 [8027-LEB-BG-255]: Schluckbrunnenbohrung, Memmingen, 7-Dächer, SB1
Lage: R: 43.63474, H: 53.18089; Ansatzhöhe: 599,60 m ü. NN

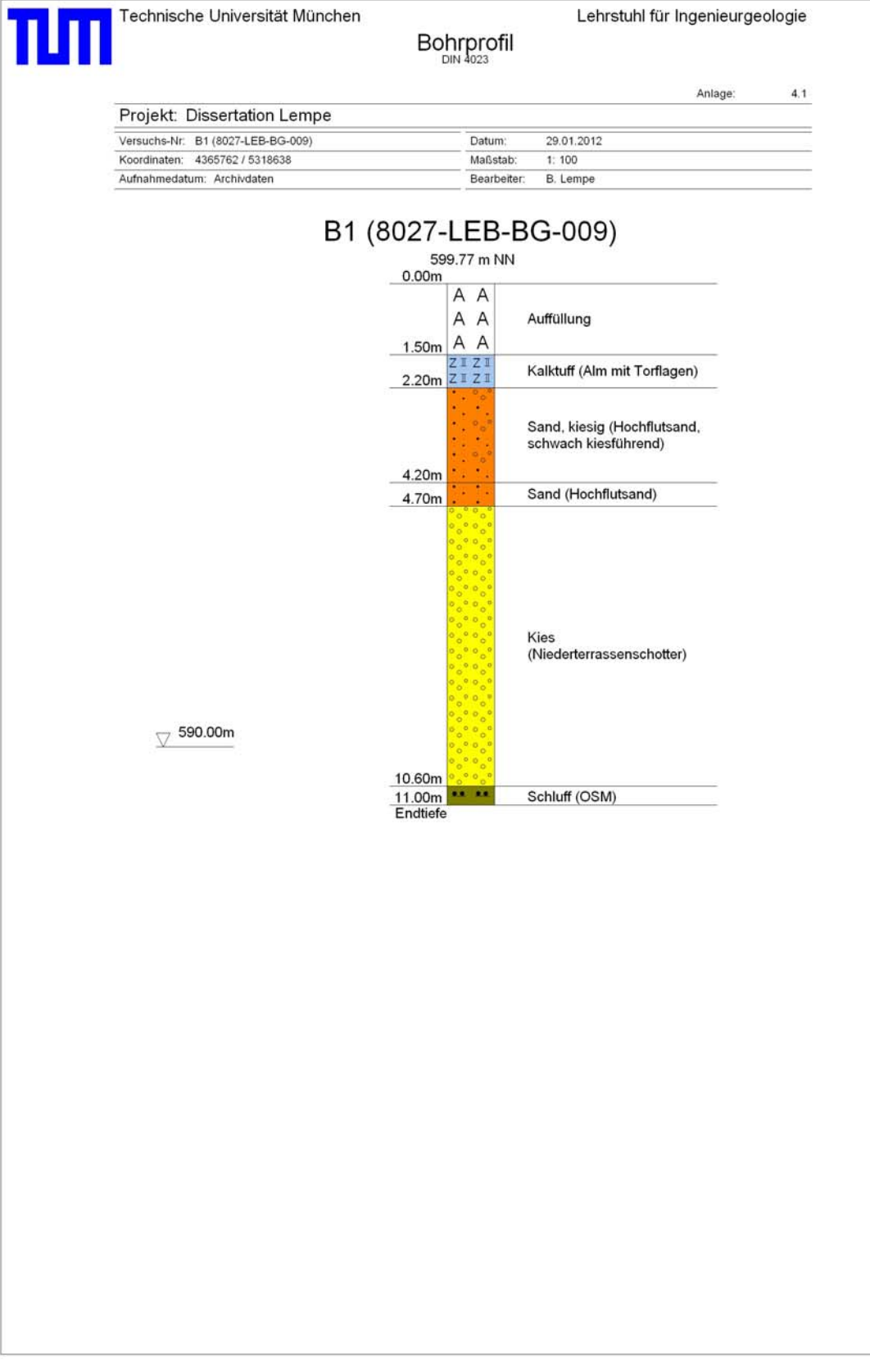
Geologisches Profil (Aufnahme: Geoumweltteam):

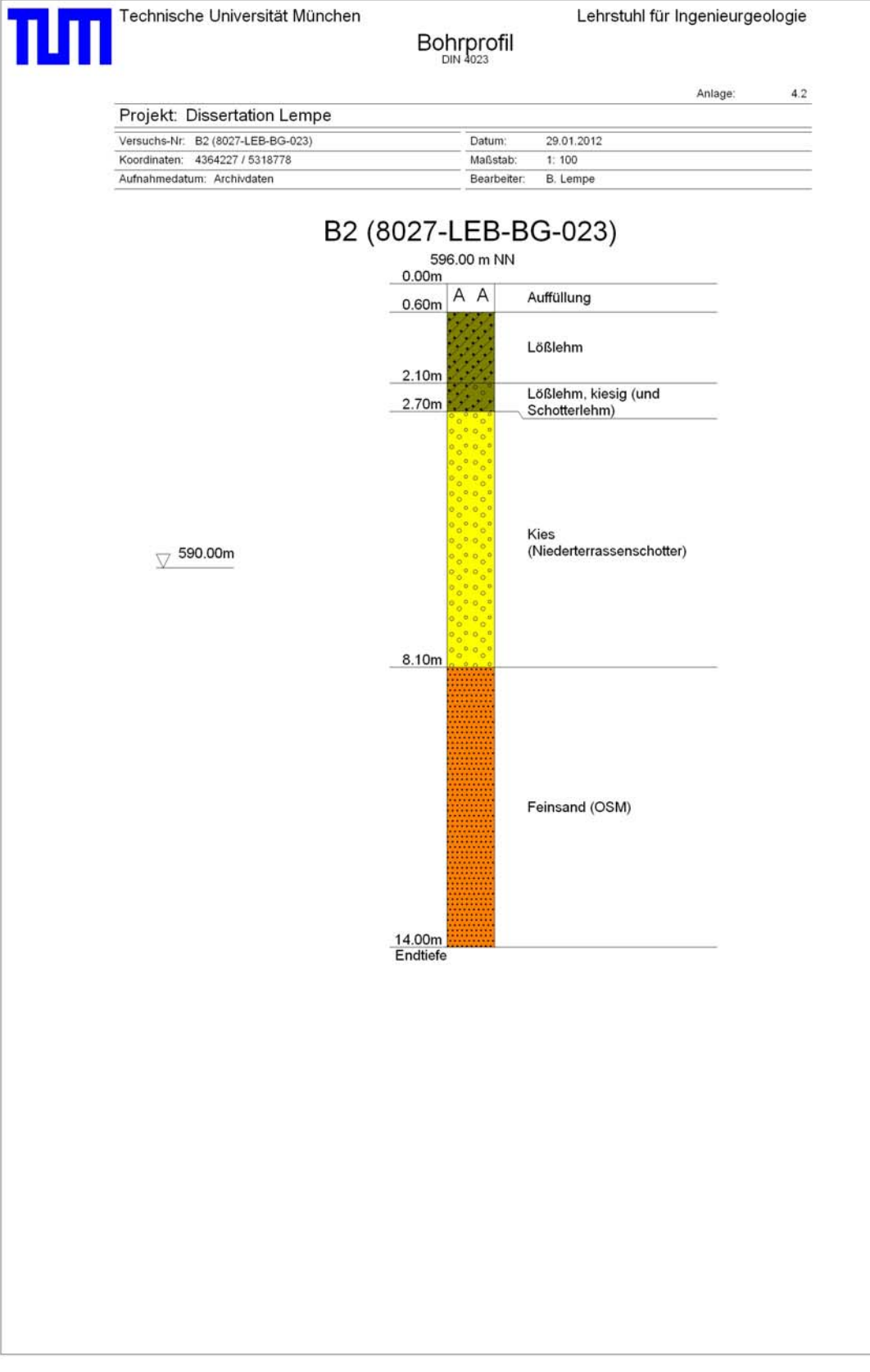
- Quartär
- 0,30 m Bodenbildung (rezent)
- 1,10 m Lösslehm
- 1,50 m Schotterlehm
- 17,60 m Schmelzwasserschotter, wärmzeitlich
- Tertiär
- 18,00 m Obere Süßwassermolasse
- (Endteufe)

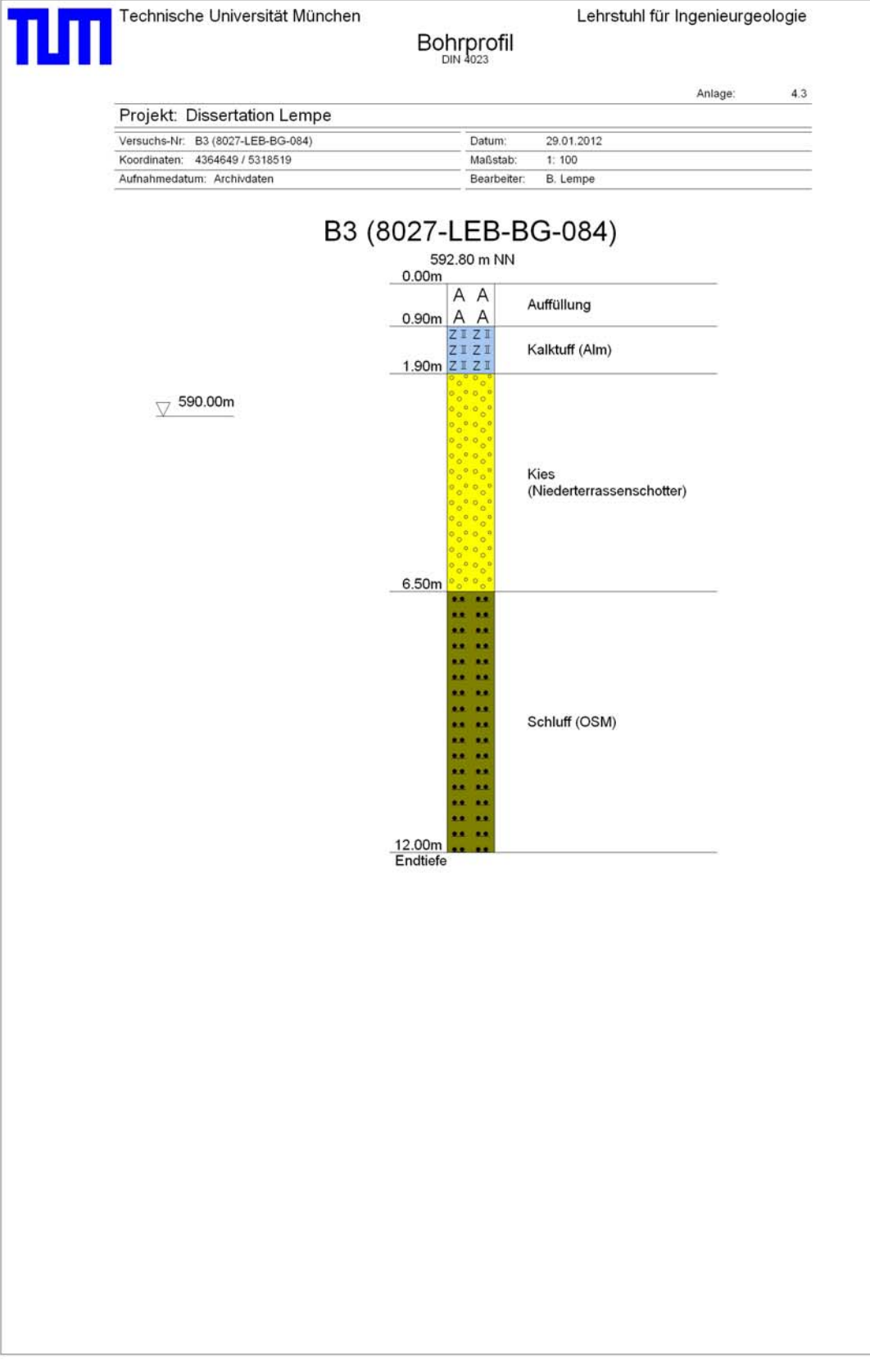
B 18 [8027-LEB-BG-600]: Erdwärmesonden-Bohrung, Memminger Berg, EW1-2/06
Lage: R: 43.66263, H: 53.18294; Ansatzhöhe: 600,00 m ü. NN

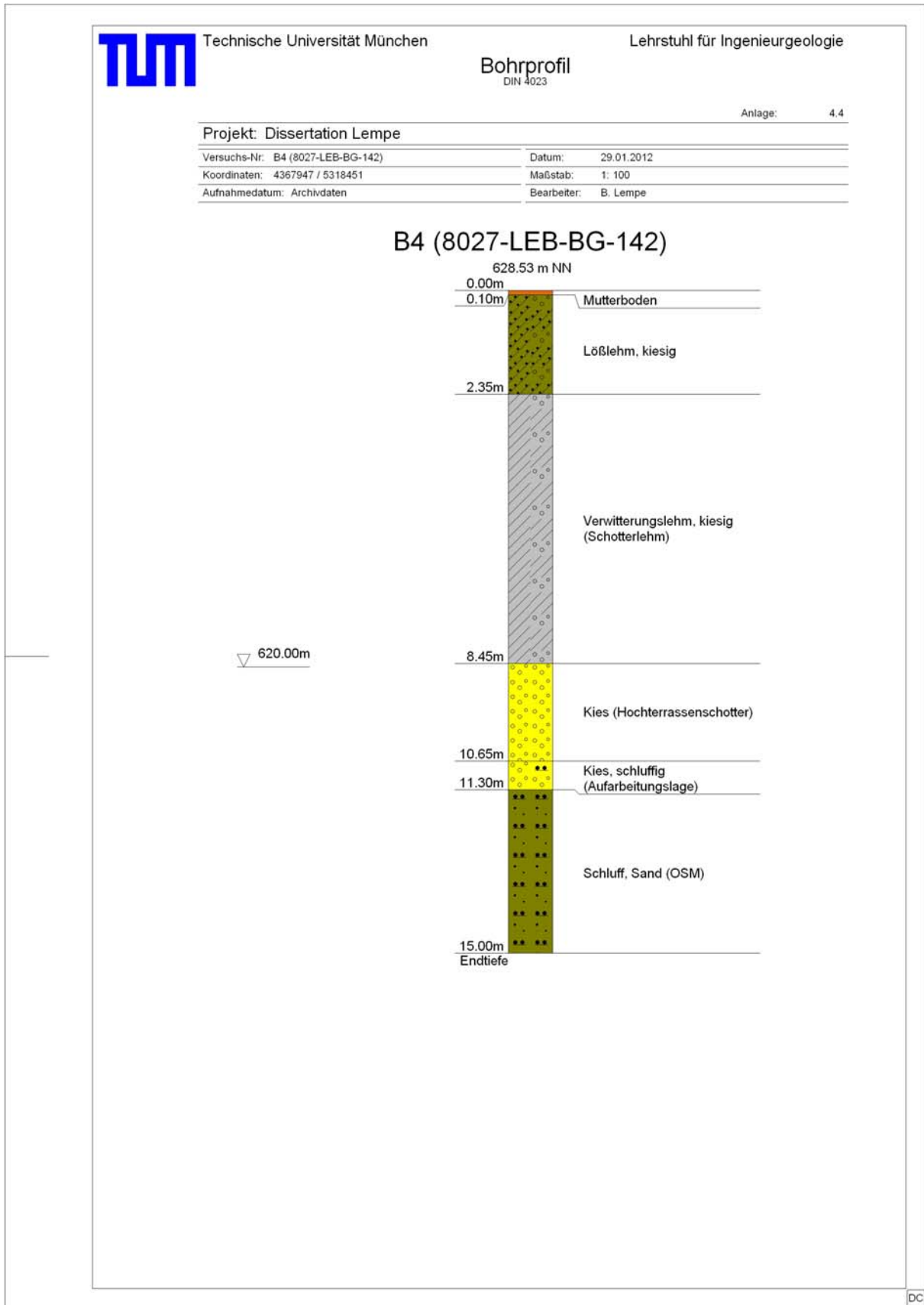
Geologisches Profil (Aufnahme: Baugrund Süd):

- Quartär
- 2,00 m Bodenbildung (rezent), Lösslehm (und Fließerden?)
- 6,00 m Schmelzwasserschotter, wärmzeitlich
- Tertiär
- 37,00 m Obere Süßwassermolasse
- (Endteufe)











Technische Universität München

Lehrstuhl für Ingenieurgeologie

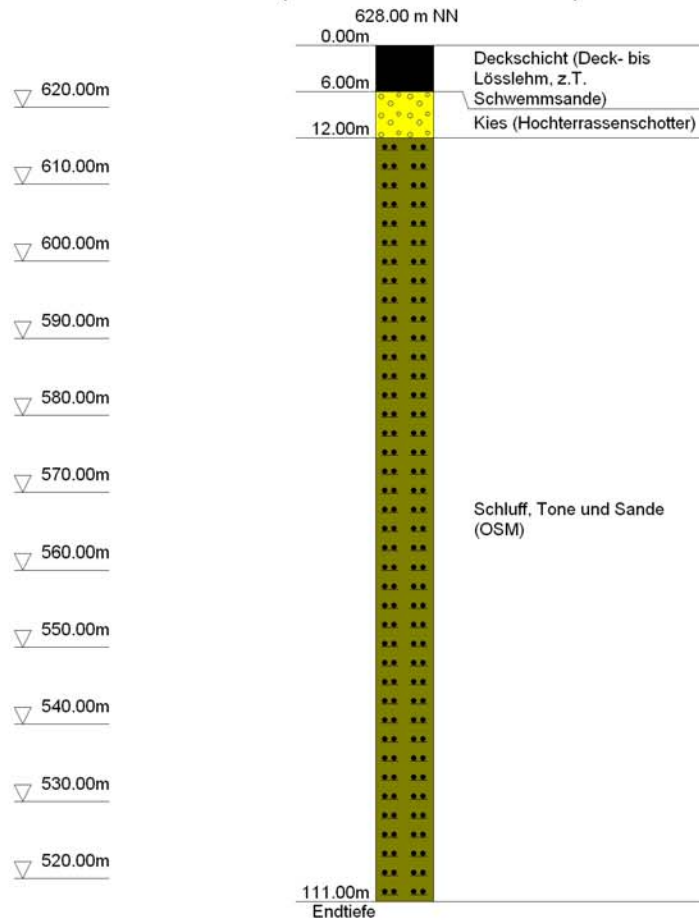
Bohrprofil
DIN 4023

Anlage: 4.5

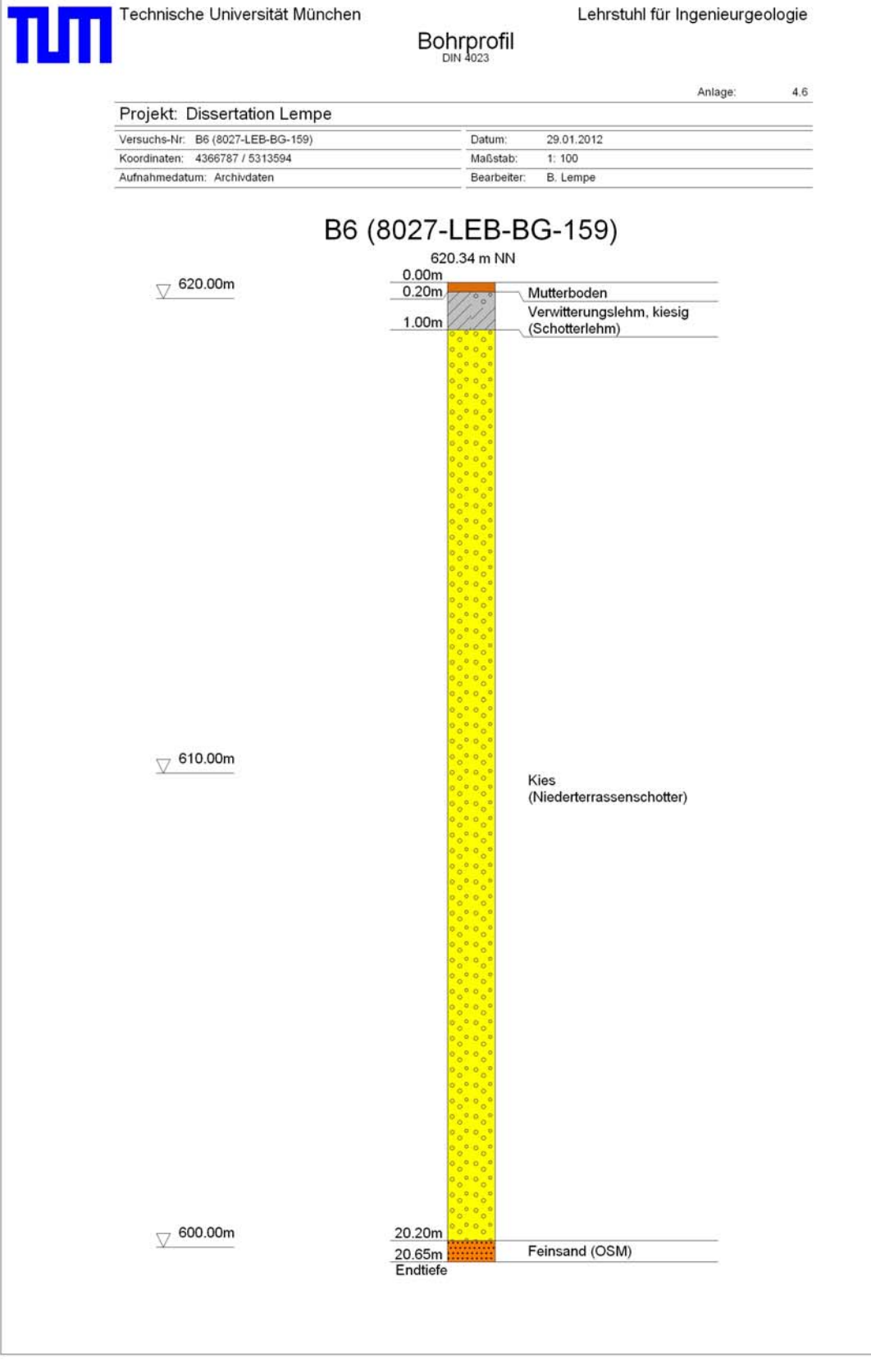
Projekt: Dissertation Lempé

Versuchs-Nr: B5 (8027-LEB-BG-155)	Datum: 29.01.2012
Koordinaten: 4364173 / 5315014	Maßstab: 1: 750
Aufnahmedatum: Archivdaten	Bearbeiter: B. Lempé

B5 (8027-LEB-BG-155)



DC





Technische Universität München

Lehrstuhl für Ingenieurgeologie

Bohrprofil
DIN 4023

Anlage: 4.7

Projekt: Dissertation Lempe

Versuchs-Nr: B7 (8027-LEB-BG-160)

Datum: 29.01.2012

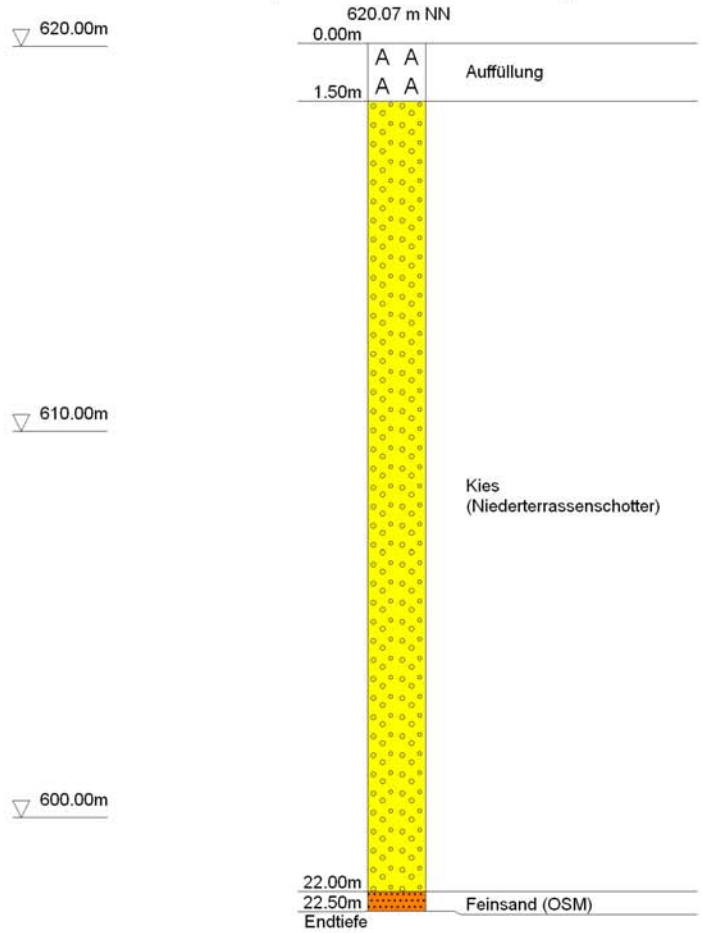
Koordinaten: 4366555 / 5313532

Maßstab: 1: 150

Aufnahmedatum: Archivdaten

Bearbeiter: B. Lempe

B7 (8027-LEB-BG-160)





Technische Universität München

Lehrstuhl für Ingenieurgeologie

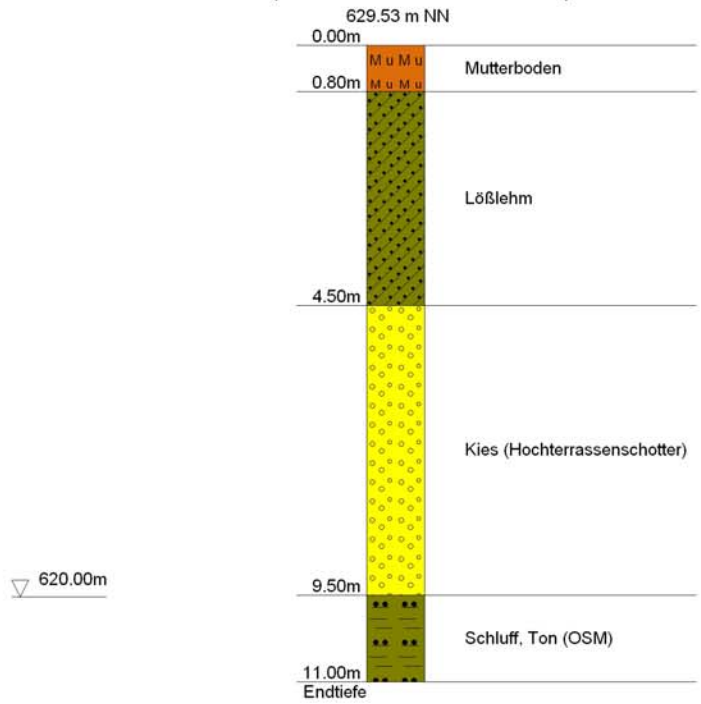
Bohrprofil
DIN 4023

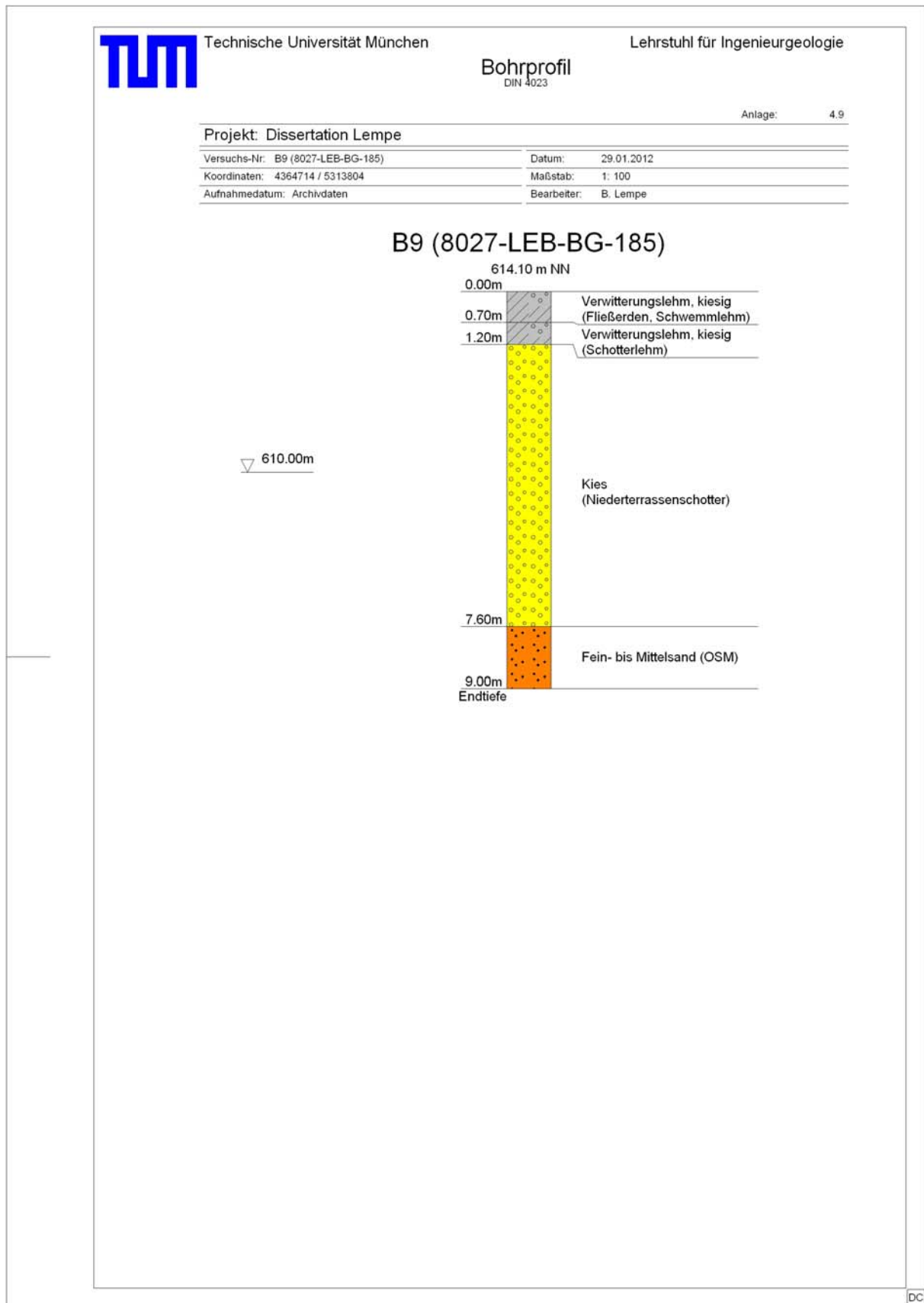
Anlage: 4.8

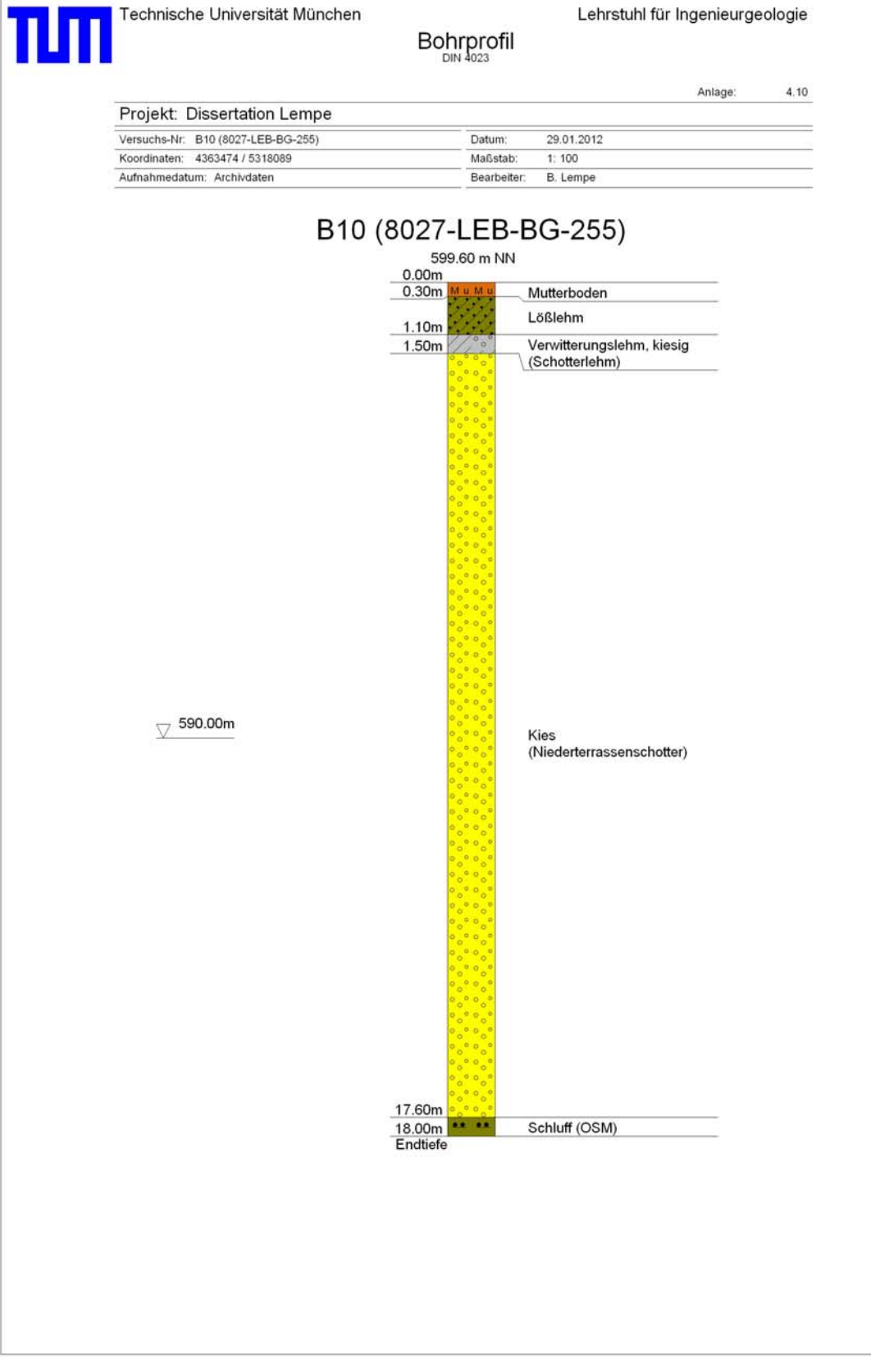
Projekt: Dissertation Lempe

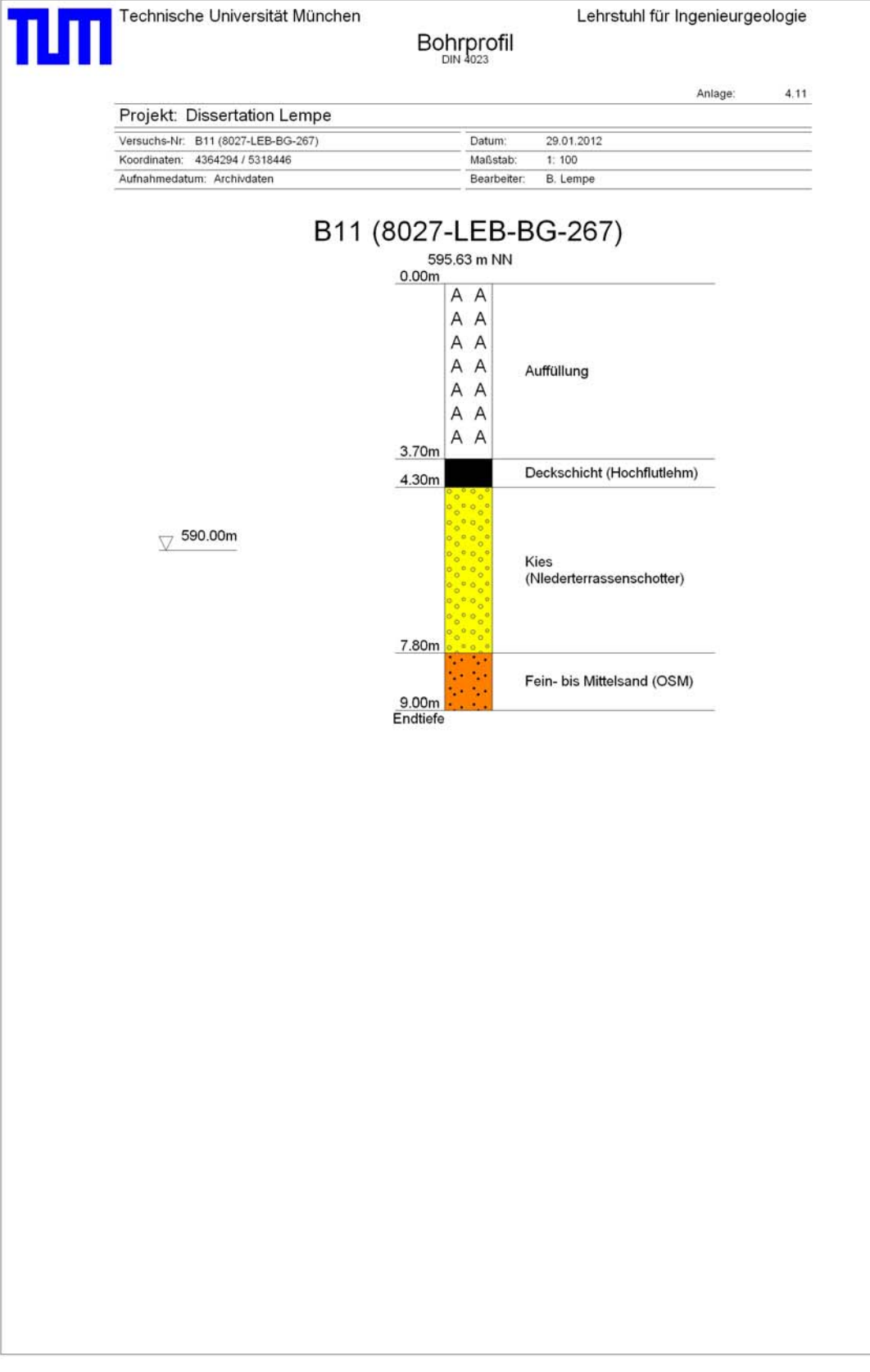
Versuchs-Nr: B8 (8027-LEB-BG-167)	Datum: 29.01.2012
Koordinaten: 4367375 / 5318014	Maßstab: 1: 100
Aufnahmedatum: Archivdaten	Bearbeiter: B. Lempe

B8 (8027-LEB-BG-167)











Technische Universität München

Lehrstuhl für Ingenieurgeologie

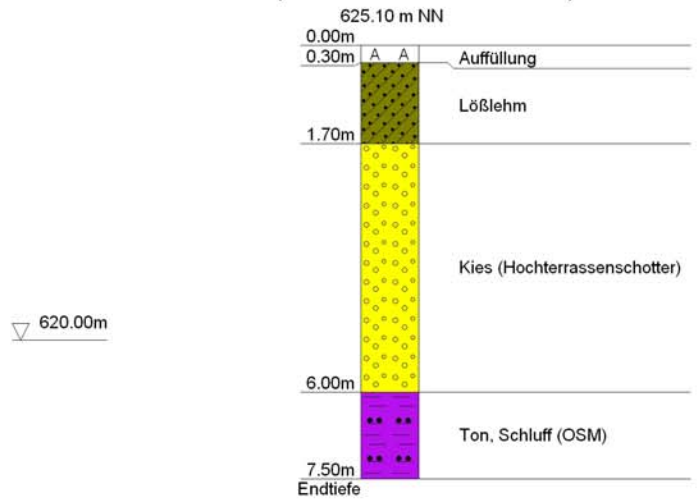
Bohrprofil
DIN 4023

Anlage: 4.12

Projekt: Dissertation Lempe

Versuchs-Nr: B12 (8027-LEB-BG-376)	Datum: 29.01.2012
Koordinaten: 4363647 / 5314067	Maßstab: 1: 100
Aufnahmedatum: Archivdaten	Bearbeiter: B. Lempe

B12 (8027-LEB-BG-376)





Technische Universität München

Lehrstuhl für Ingenieurgeologie

Bohrprofil
DIN 4023

Anlage: 4.13

Projekt: Dissertation Lempe

Versuchs-Nr: B13 (8027-LEB-BG-379)

Datum: 29.01.2012

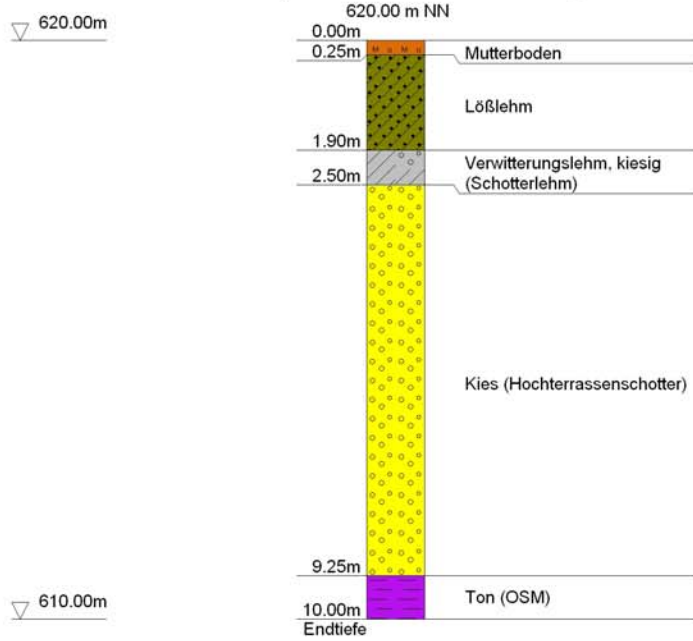
Koordinaten: 4366783 / 5318398

Maßstab: 1:100

Aufnahmedatum: Archivdaten

Bearbeiter: B. Lempe

B13 (8027-LEB-BG-379)





Technische Universität München

Lehrstuhl für Ingenieurgeologie

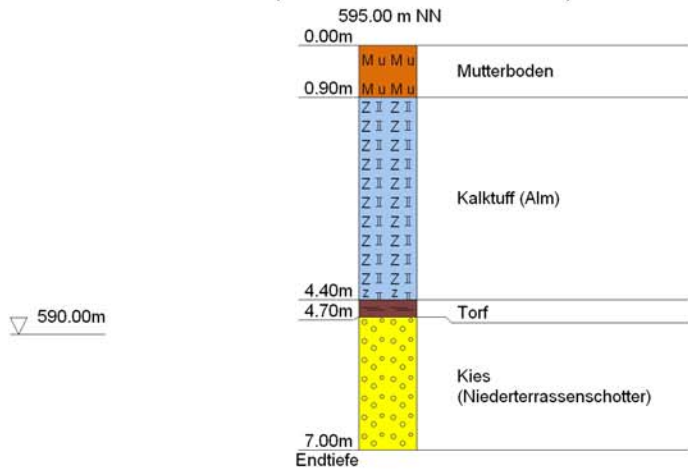
Bohrprofil
DIN 4023

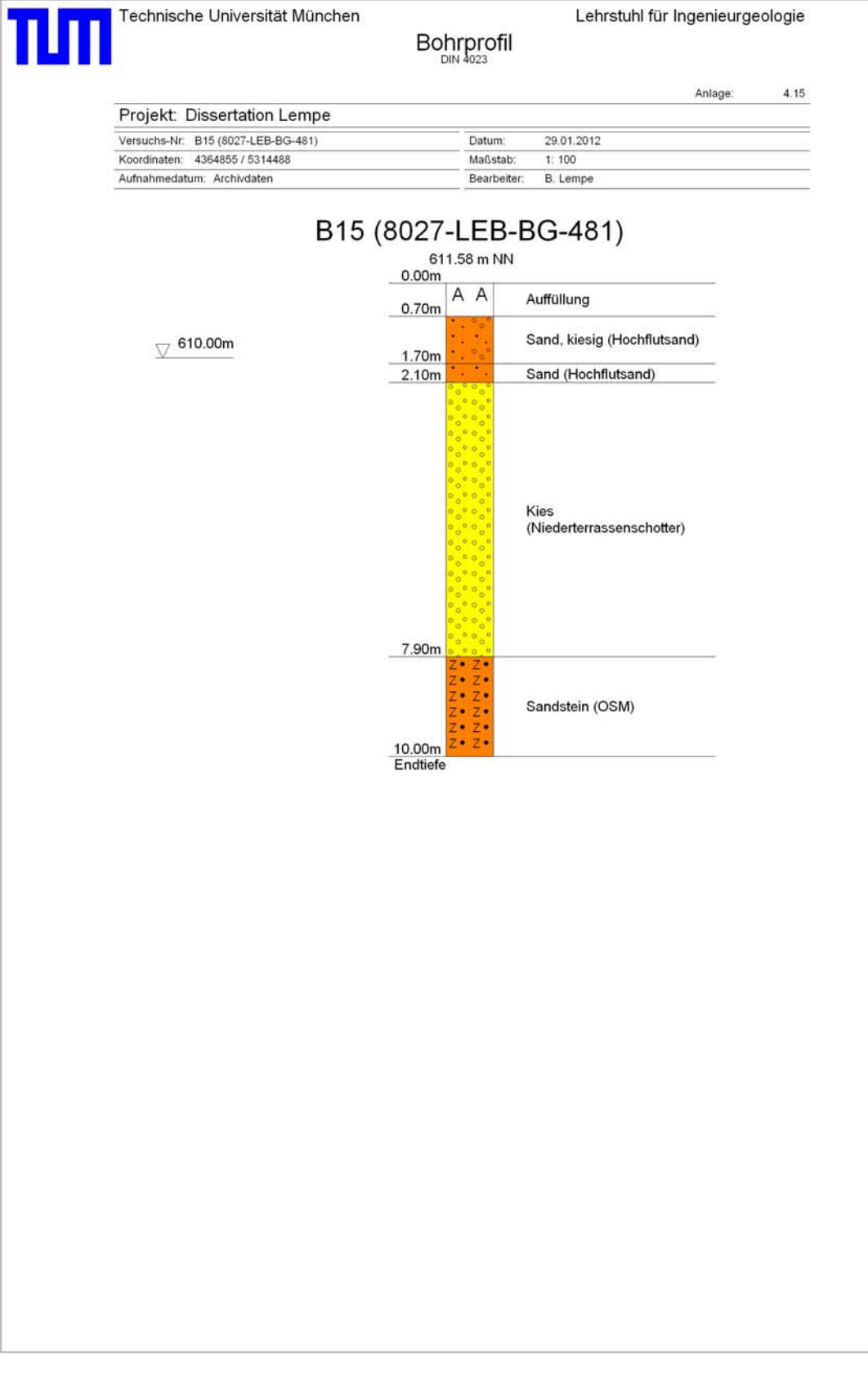
Anlage: 4.14

Projekt: Dissertation Lempe

Versuchs-Nr: B14 (8027-LEB-BG-466)	Datum: 29.01.2012
Koordinaten: 4365387 / 5318594	Maßstab: 1: 100
Aufnahmedatum: Archivdaten	Bearbeiter: B. Lempe

B14 (8027-LEB-BG-466)







Technische Universität München

Lehrstuhl für Ingenieurgeologie

Bohrprofil
DIN 4023

Anlage: 4.16

Projekt: Dissertation Lempe

Versuchs-Nr: B16 (8027-LEB-BG-519)

Datum: 29.01.2012

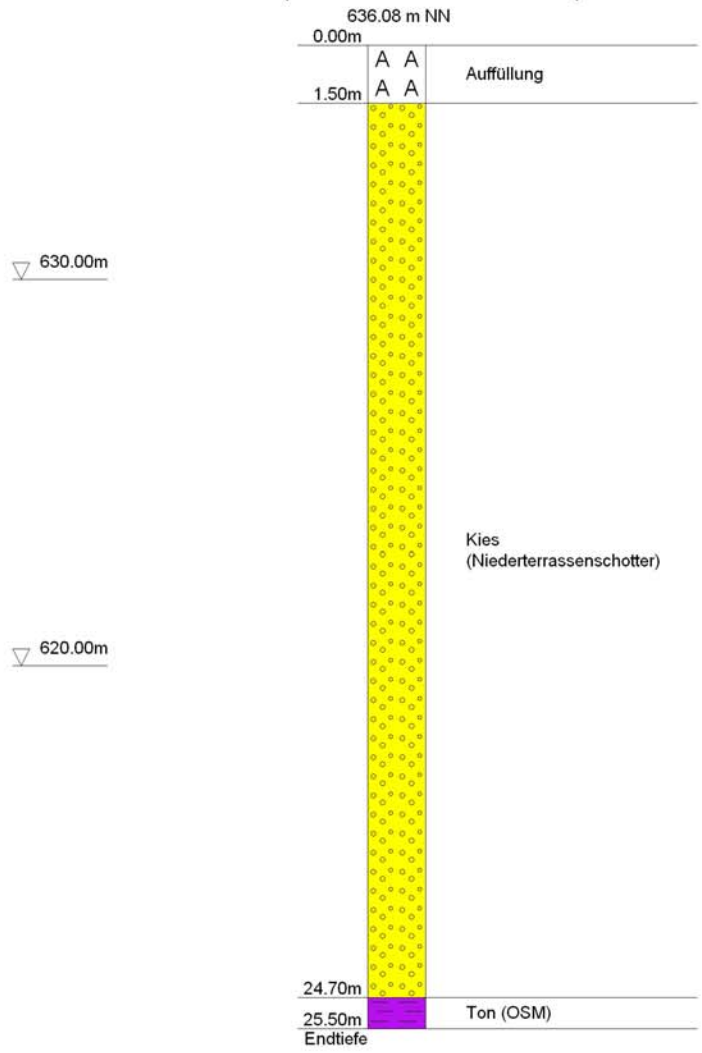
Koordinaten: 4367608 / 5309203

Maßstab: 1: 150

Aufnahmedatum: Archivdaten

Bearbeiter: B. Lempe

B16 (8027-LEB-BG-519)



DC



Technische Universität München

Lehrstuhl für Ingenieurgeologie

Bohrprofil
DIN 4023

Anlage: 4.17

Projekt: Dissertation Lempe

Versuchs-Nr: B17 (8027-LEB-BG-520)

Datum: 29.01.2012

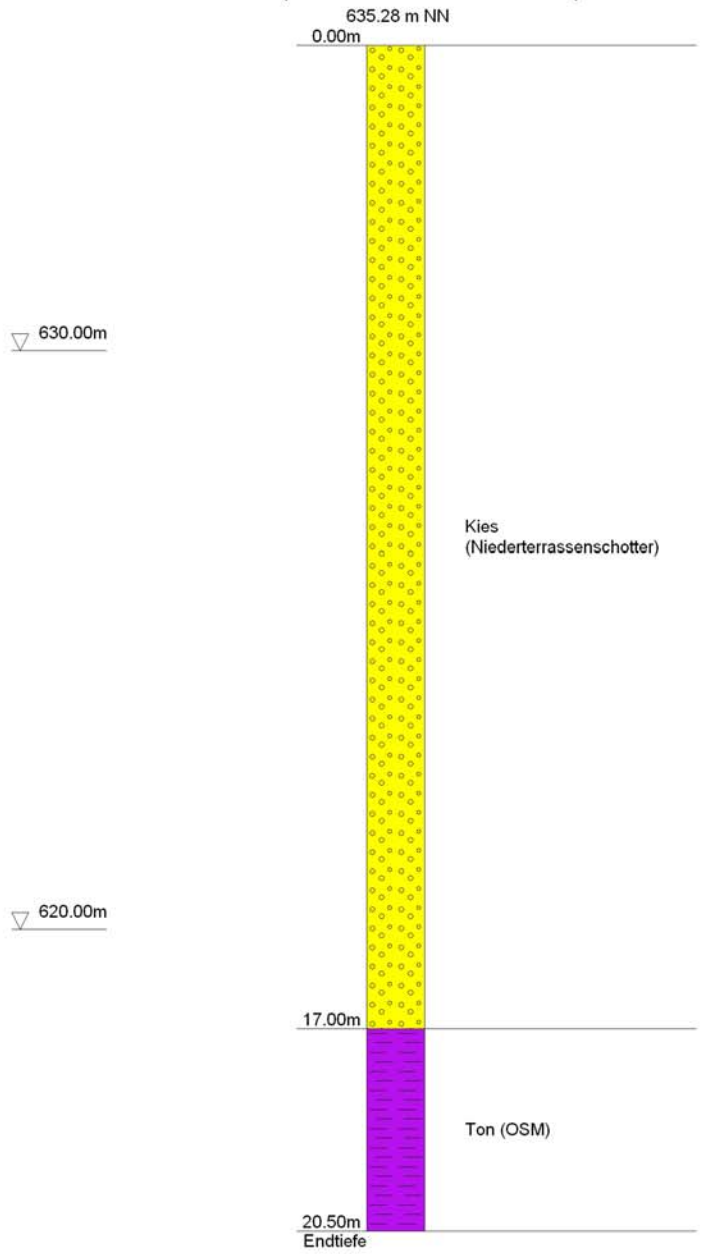
Koordinaten: 4368412 / 5308943

Maßstab: 1: 100

Aufnahmedatum: Archivdaten

Bearbeiter: B. Lempe

B17 (8027-LEB-BG-520)



DC



Technische Universität München

Lehrstuhl für Ingenieurgeologie

Bohrprofil
DIN 4023

Anlage: 4.18

Projekt: Dissertation Lempe

Versuchs-Nr: B18 (8027-LEB-BG-600)

Datum: 29.01.2012

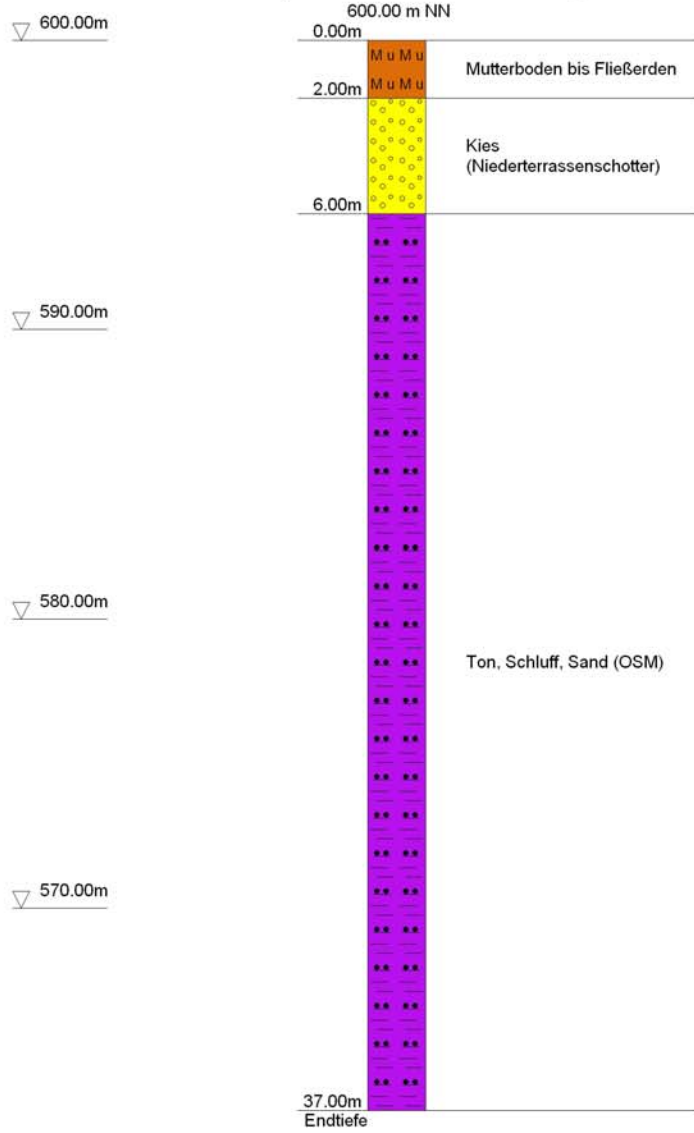
Koordinaten: 4366263 / 5318294

Maßstab: 1: 200

Aufnahmedatum: Archivdaten

Bearbeiter: B. Lempe

B18 (8027-LEB-BG-600)



DC



Technische Universität München

Lehrstuhl für Ingenieurgeologie

Bohrprofil
DIN 4023

Anlage: 4.19

Projekt: Dissertation Lempe

Versuchs-Nr: B19 (8027-LEB-BG-708)

Datum: 29.01.2012

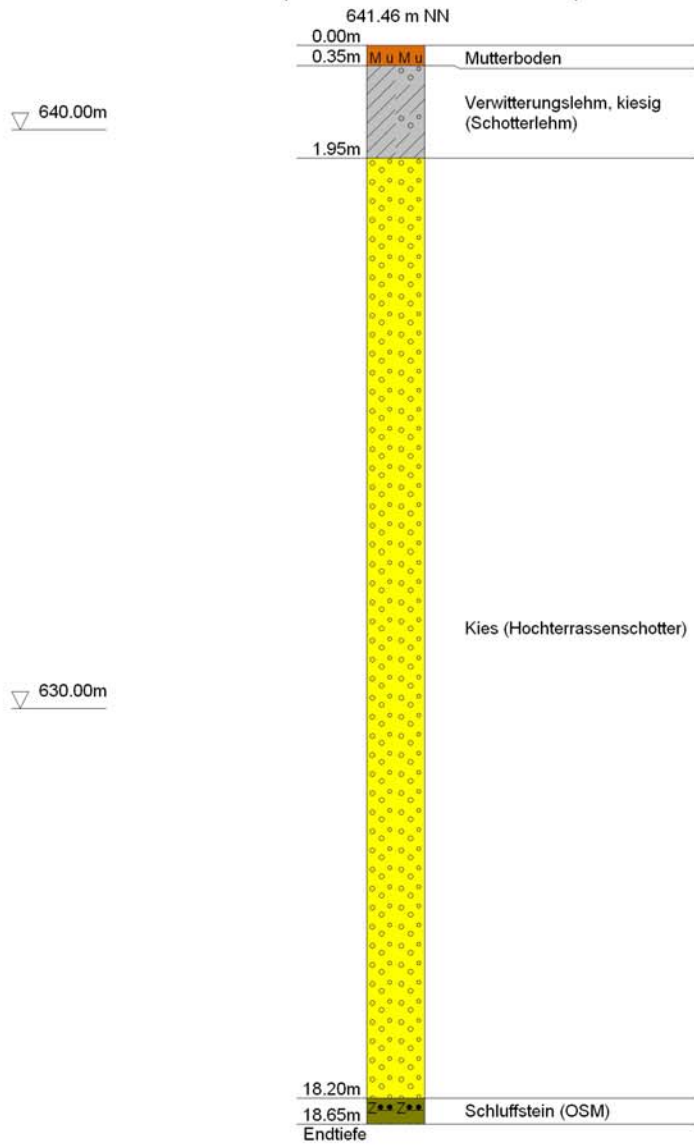
Koordinaten: 4367700 / 5314770

Maßstab: 1: 100

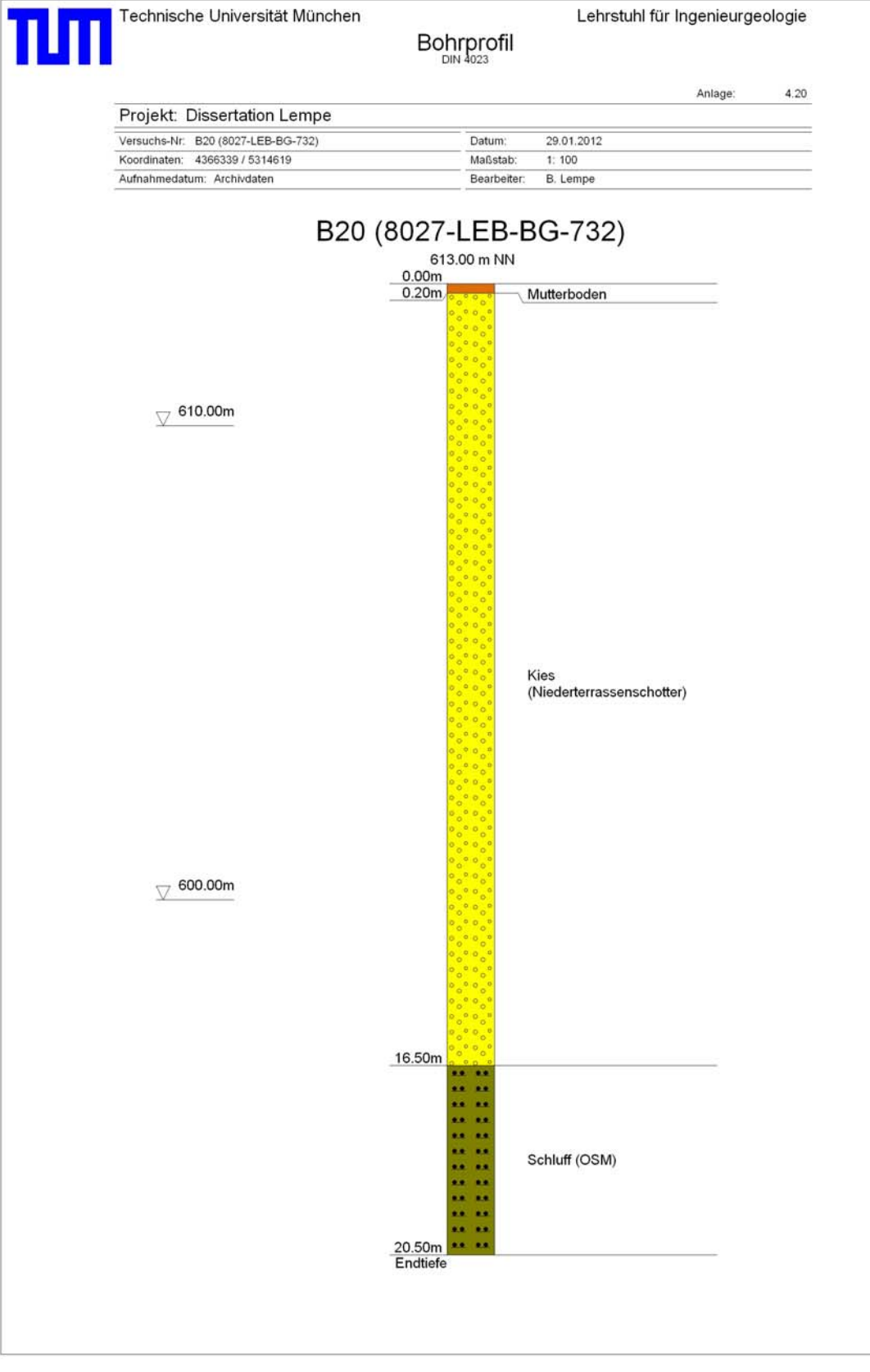
Aufnahmedatum: Archivdaten

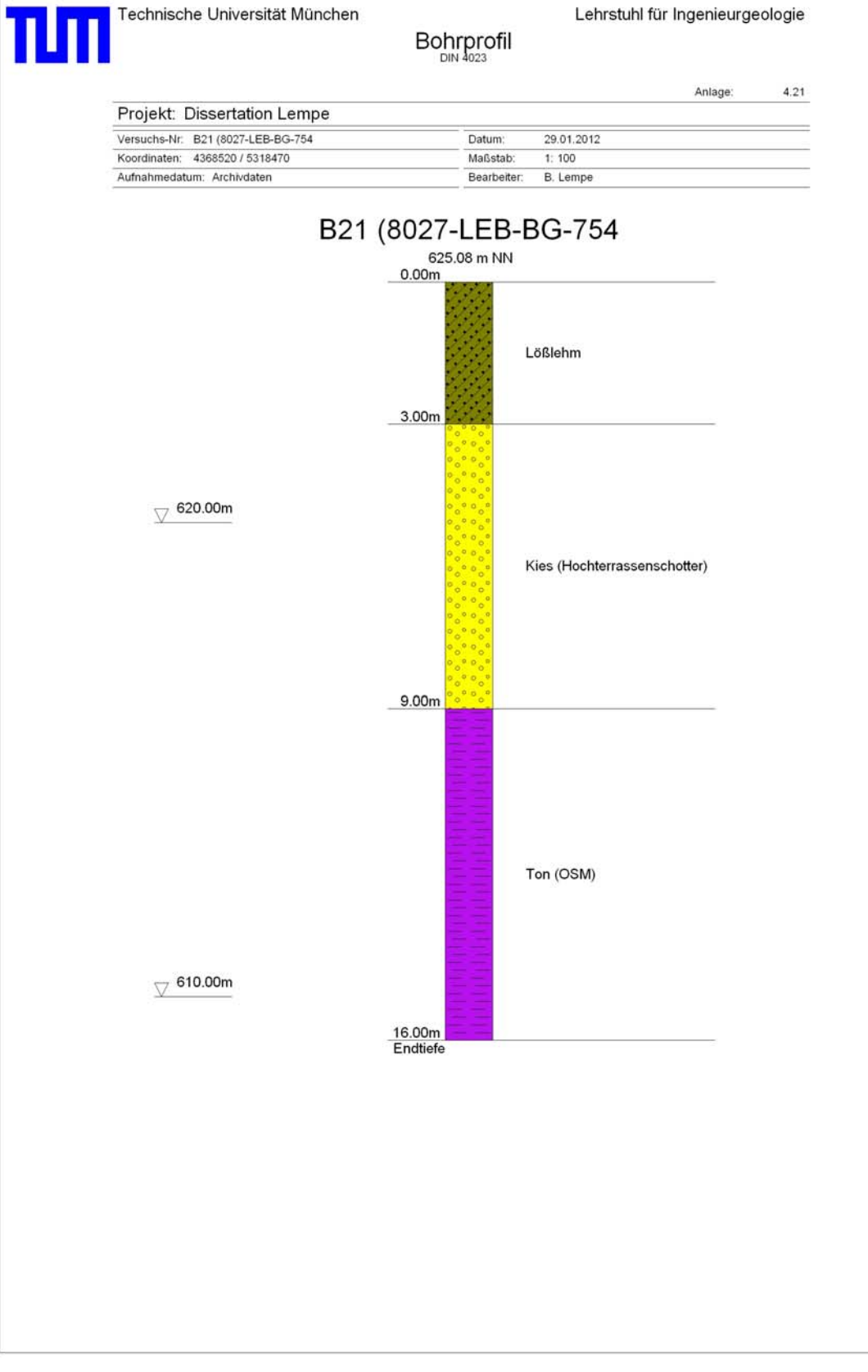
Bearbeiter: B. Lempe

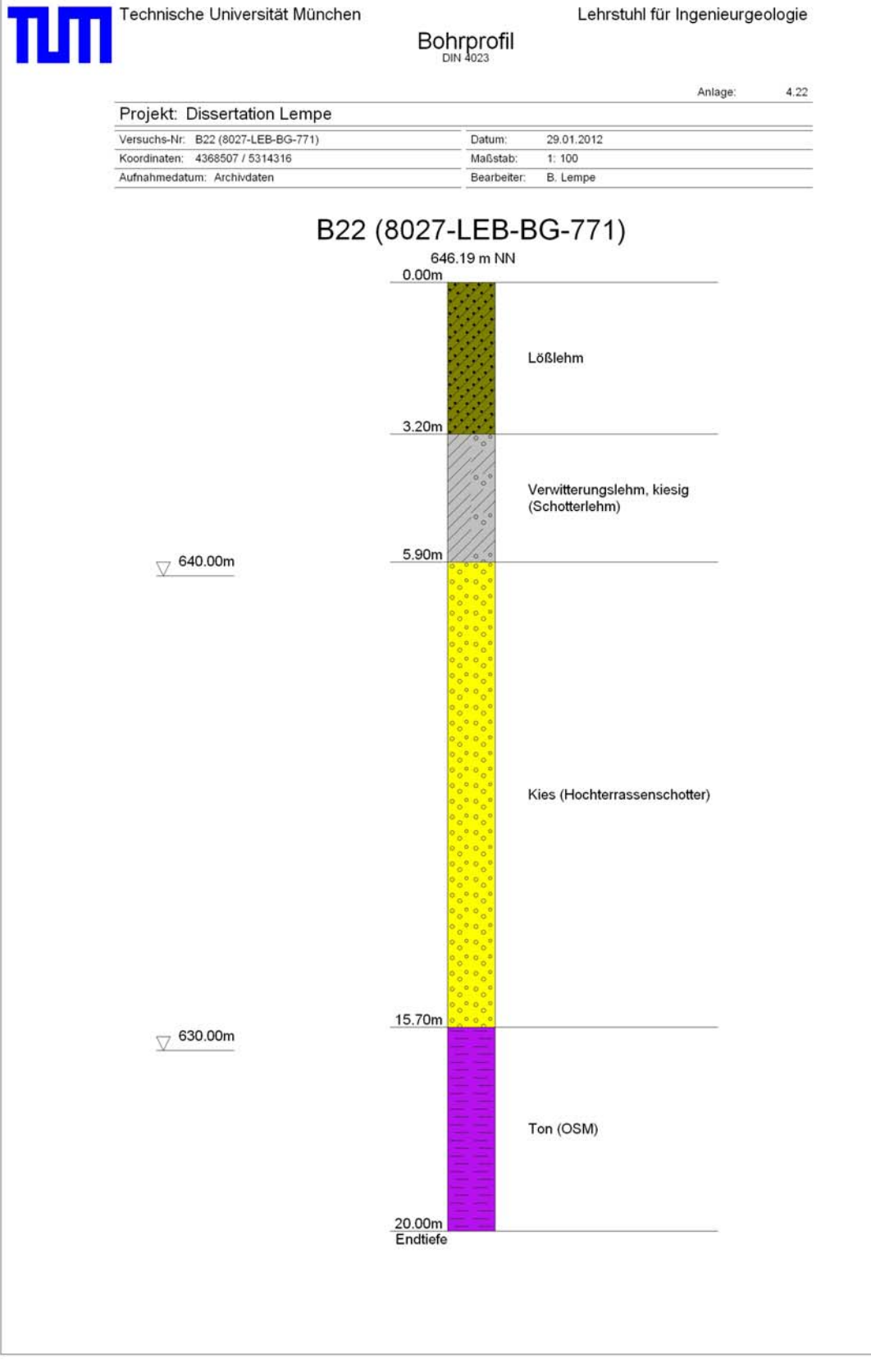
B19 (8027-LEB-BG-708)



DC









Technische Universität München

Lehrstuhl für Ingenieurgeologie

Bohrprofil
DIN 4023

Anlage: 4.23

Projekt: Dissertation Lempe

Versuchs-Nr: B23 (8027-LEB-BG-801)

Datum: 29.01.2012

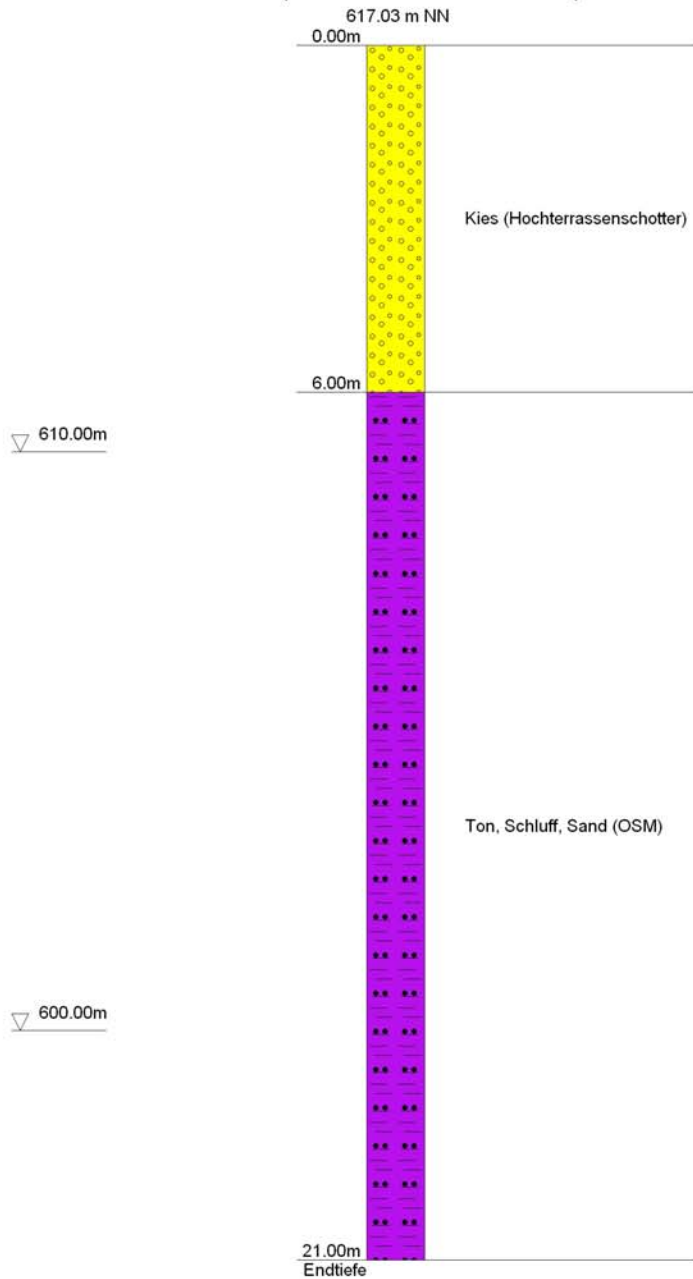
Koordinaten: 4371031 / 5318621

Maßstab: 1: 100

Aufnahmedatum: Archivdaten

Bearbeiter: B. Lempe

B23 (8027-LEB-BG-801)



DC



Technische Universität München

Lehrstuhl für Ingenieurgeologie

Bohrprofil
DIN 4023

Anlage: 4.24

Projekt: Dissertation Lempe

Versuchs-Nr: B24 (8027-LEB-BG-931)

Datum: 29.01.2012

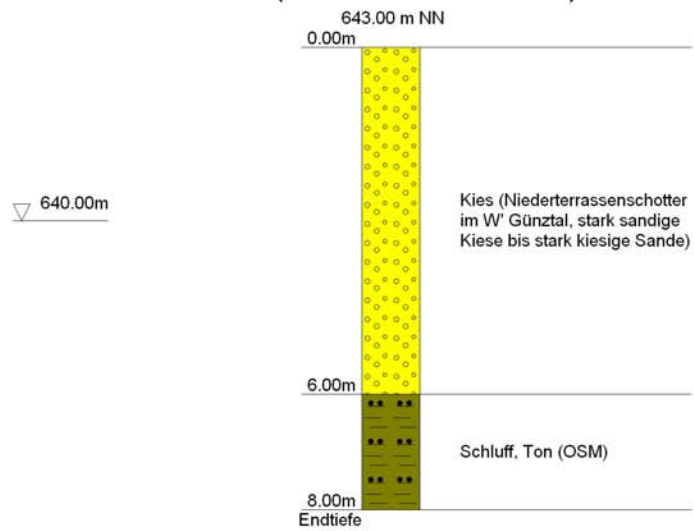
Koordinaten: 4373180 / 5314159

Maßstab: 1: 100

Aufnahmedatum: Archivdaten

Bearbeiter: B. Lempe

B24 (8027-LEB-BG-931)



DC

Anlage 5: Verzeichnis aller recherchierten und ausgewerteten Bohrungen sowie der bei der Kartierung durchgeführten Bohrungen

Abkürzungen innerhalb des Verzeichnisses:

A = Auffüllung

Mu = Mutterboden

DS = Deckschichten

Lol = Lösslehm

NT = würmzeitliche Niederterrassenschotter

HT = risszeitliche Niederterrassenschotter

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET		Quartärbasis		Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:		[m u. GOK]	[m ü.NN]	[m u. GOK]	[m ü.NN]	
1	7926-LEB-BG-001	4362531	5321163	586,84	6,0	580,84	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-1,20 kiesführende DS (Lol), 1,20-6,00 NT 0,00-6,00 NT
2	7926-LEB-BG-002	4362420	5321390	587,25	6,0	581,25	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-0,75 kiesführende DS (Lol), 0,75-6,00 NT
3	7926-LEB-BG-003	4362444	5321545	585,04	6,0	579,04	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-0,80 kiesführende DS (Lol), 0,80-6,80 NT, 6,80-9,00 OSM (Tone bis Schluffe)
4	7926-LEB-BG-004	4362682	5321586	585,09	9,0	576,09	6,80	578,29	0,00-0,30 Mu, 0,30-0,60 kiesführende DS (Lol), 0,60-3,70 NT, 3,70-6,00 OSM (Tone bis Feinsande)
5	7926-LEB-BG-005	4362704	5321850	580,88	6,0	574,88	3,70	577,18	0,00-0,10 Mu, 0,10-0,40 kiesführende DS (Hochflutlehm), 0,40-6,00 NT
6	7926-LEB-BG-006	4363121	5321564	577,45	6,0	571,45	nicht erreicht		
7	7926-LEB-BG-007	4363253	5321539	577,84	9,0	568,84	7,00	570,84	0,00-0,50 Mu, 0,50-7,00 NT, 7,00-9,00 OSM (Schluffe)
8	7926-LEB-BG-008	4363163	5320592	590,01	10,0	580,01	8,30	581,71	0,00-0,40 Mu, 0,40-1,00 kiesführende DS (Lol), 1,00-8,30 NT, 8,30-10,00 OSM (Schluffe)
9	7926-LEB-BG-009	4363034	5320638	588,96	12,0	576,96	7,60	581,36	0,00-0,40 Mu, 0,40-0,70 kiesführende DS (Lol), 0,70-7,60 NT, 7,60-10,90 OSM (Fein- bis Grobsande), 10,90-12,00 OSM (Mergelsteine)
10	7926-LEB-BG-010	4362903	5320887	588,90	12,0	576,90	8,60	580,30	0,00-0,60 A, 0,60-1,20 kiesfreie DS (Lol auf NT), 1,20-1,40 kiesführende DS (Lol), 1,40-8,60 NT, 8,60-10,50 OSM (Fein- bis Grobsand), 10,50-12,00 OSM (Schluffe)
11	7926-LEB-BG-011	4363096	5321483	578,35	6,0	572,35	5,20	573,15	0,00-0,85 A, 0,85-1,50 kiesfreie DS (Alm + Torf), 1,50-5,20 NT, 5,20-6,00 OSM (Fein- bis Mittelsande)
12	7926-LEB-BG-012	4362923	5321664	576,82	6,0	570,82	4,90	571,92	0,00-0,20 A, 0,20-0,40 Torf, 0,40-1,80 NT verwittert, 1,80-4,90 NT, 4,90-6,00 OSM (Schluffe)
13	7926-LEB-BG-013	4362786	5321870	576,36	6,0	570,36	4,40	571,96	0,00-0,40 A, 0,40-1,50 kiesfreie DS (Alm), 1,50-4,40 NT, 4,40-6,00 OSM (Fein- bis Mittelsande bis Schluffe)
14	7926-LEB-BG-014	4362440	5321828	583,66	8,0	575,66	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-2,00 NT verwittert, 2,00-8,00 NT
15	7926-LEB-BG-015	4362511	5321737	583,89	8,0	575,89	nicht erreicht		0,00-0,60 A, 0,60-1,20 kiesfreie DS (Lol auf NT), 1,20-1,70 NT verwittert, 1,70-8,00 NT
16	7926-LEB-BG-016	4362580	5321858	581,39	8,0	573,39	4,50	576,89	0,00-0,30 Mu, 0,30-0,90 kiesfreie DS (Lol auf NT), 0,90-1,80 NT verwittert, 1,80-4,50 NT, 4,50-8,00 OSM (Schluffe bis Feinsande)
17	7926-LEB-BG-017	4362375	5321746	584,41	13,0	571,41	11,90	572,51	0,00-0,25 Mu, 0,25-1,20 kiesfreie DS (Lol auf NT), 1,20-1,50 NT verwittert, 1,50-11,90 NT, 11,90-13,00 OSM (Schluffe)
18	7926-LEB-BG-018	4362614	5321899	581,93	10,0	571,93	3,90	578,03	0,00-0,80 A, 0,80-1,50 kiesfreie DS (Lol auf NT), 1,50-2,00 NT verwittert, 2,00-3,90 NT, 3,90-10,00 OSM (Schluffe bis Feinsande)
19	7926-LEB-BG-019	4362943	5320548	589,90	15,0	574,90	14,00	575,90	0,00-0,50 Mu, 0,50-1,50 kiesfreie DS (Lol auf NT), 1,50-14,00 NT, 14,00-15,00 OSM (Tone)
20	7926-LEB-BG-020	4362875	5320668	588,33	12,0	576,33	11,00	577,33	0,00-0,40 kiesfreie DS (Lol auf NT), 0,40-11,00 NT, 11,00-12,00 OSM (Tone)
21	7926-LEB-BG-021	4363095	5321613	577,45	8,5	568,95	6,20	571,25	0,00-1,80 A, 1,80-6,20 NT, 6,20-8,50 OSM (Sande)
22	7926-LEB-BG-022	4363208	5321555	577,70	3,0	574,70	nicht erreicht		0,00-0,50 A, 0,50-0,70 kiesfreie DS (Torf + Alm), 0,70-3,00 NT
23	7926-LEB-BG-023	4362781	5321341	586,25	8,0	578,25	6,80	579,45	0,00-5,30 A, 5,30-6,70 NT, 6,70-6,80 Aufarbeitungslage, 6,80-7,30 OSM (Schluffe, verwittert), 7,30-8,00 OSM (Schluffe bis Mergelsteine)
24	7926-LEB-BG-024	4362796	5321353	585,95	7,0	578,95	6,55	579,40	0,00-5,30 A, 5,30-6,40 NT, 6,40-6,55 Aufarbeitungslage, 6,55-6,90 OSM (Schluffe, verwittert), 6,90-7,00 OSM (Schluffe)

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET		Quartärbasis		Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:		[m u. GOK]	[m ü.NN]	[m u. GOK]	[m ü.NN]	
25	7926-LEB-BG-025	4362822	5321370	585,50	7,0	578,50	6,10	579,40	0,00-4,05 A, 4,05-6,00 NT, 6,00-6,10 Aufarbeitungslage, 6,10-6,30 OSM (Schluffe, verwittert), 6,30-7,00 OSM (Schluffe)
26	7926-LEB-BG-026	4363134	5321625	576,80	6,5	570,30	6,00	570,80	0,00-0,50 A, 0,50-6,00 NT, 6,00-6,50 OSM (Fein- bis Mittelsande)
27	7926-LEB-BG-027	4363114	5321552	576,82	6,0	570,82	5,50	571,32	0,00-0,30 A, 0,30-5,50 NT, 5,50-6,00 OSM (Schluffe)
28	7926-LEB-BG-028	4363195	5321556	577,15	6,4	570,75	6,00	571,15	0,00-0,40 A, 0,40-6,00 NT, 6,00-6,40 OSM (Schluffe)
29	7926-LEB-BG-029	4363208	5321467	577,46	6,0	571,46	5,60	571,86	0,00-0,40 A, 0,40-5,60 NT, 5,60-6,00 OSM (Schluffe)
30	7926-LEB-BG-030	4362660	5321997	579,79	6,0	573,79	3,10	576,69	0,00-0,60 A, 0,60-3,10 NT, 3,10-6,00 OSM (Tone bis Schluffe)
31	7926-LEB-BG-031	4362733	5321776	581,37	6,0	575,37	3,80	577,57	0,00-0,80 A, 0,80-3,80 NT, 3,80-6,00 OSM (Tone bis Feinsande)
32	7926-LEB-BG-032	4363119	5321673	577,72	6,0	571,72	nicht erreicht		0,00-0,60 A, 0,60-0,80 Hochflutlehm, 0,80-2,00 NT verwittert, 2,00-6,00 NT
33	7926-LEB-BG-033	4363184	5321623	577,49	6,0	571,49	nicht erreicht		0,00-0,60 A, 0,60-0,80 Hochflutlehm, 0,80-1,00 Bachschotter, 1,00-6,00 OSM (Schluffe)
34	7926-LEB-BG-034	4363299	5321703	577,76	6,0	571,76	nicht erreicht		0,00-0,60 A, 0,60-1,00 Bachschotter, 1,00-6,00 NT
35	7926-LEB-BG-035	4363203	5321603	577,64	7,0	570,64	6,90	570,74	0,00-0,10 Hochflutlehm, 0,10-0,60 Bachschotter, 0,60-2,00 NT verwittert, 2,00-6,70 NT, 6,70-6,90 Aufarbeitungslage, 6,90-7,00 OSM (Schluffe)
36	7926-LEB-BG-036	4362160	5319766	590,53	6,0	584,53	nicht erreicht		0,00-0,10 Mu, 0,10-1,30 Lo, 1,30-2,00 NT verwittert, 2,00-6,00 NT
37	7926-LEB-BG-037	4361879	5320466	589,03	10,0	579,03	nicht erreicht		0,00-0,50 A, 0,50-2,00 Lo, 2,00-2,20 NT verwittert, 2,20-10,00 NT
38	7926-LEB-BG-038	4361669	5320910	587,59	6,0	581,59	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-2,10 Lo, 2,10-2,30 NT verwittert, 2,30-10,00 NT
39	7926-LEB-BG-039	4361569	5321550	585,42	10,0	575,42	nicht erreicht		0,00-0,10 Mu, 0,10-1,70 Lo, 1,70-2,20 NT verwittert, 2,20-10,00 NT
40	7926-LEB-BG-040	4361575	5321494	584,92	10,0	574,92	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-1,20 Lo, 1,20-1,70 NT verwittert, 1,70-10,00 NT
41	7926-LEB-BG-041	4361462	5322238	583,00	10,0	573,00	nicht erreicht		0,00-0,60 Mu, 0,60-1,60 Lo, 1,60-10,00 NT
42	7926-LEB-BG-042	4361275	5322261	574,94	10,0	564,94	4,90	570,04	0,00-0,10 Mu, 0,10-0,80 Auenaablagerungen (Schluffe bis Kiese), 0,80-4,90 NT-illertal, 4,90-10,00 OSM (Schluffsteine)
43	7926-LEB-BG-043	4362040	5321561	585,33	8,0	577,33	nicht erreicht		0,00-0,10 Mu, 0,10-1,00 Lo, 1,00-8,00 NT
44	7926-LEB-BG-044	4362406	5321628	584,60	10,0	574,60	nicht erreicht		0,00-1,00 A, 1,00-1,20 NT verwittert, 1,20-10,00 NT
45	7926-LEB-BG-045	4362632	5321793	581,93	10,0	571,93	3,90	578,03	0,00-0,80 A, 0,80-1,50 Lo, 1,50-2,00 NT verwittert, 2,00-3,90 NT, 3,90-10,00 OSM (Schluffe bis Sande)
46	7926-LEB-BG-046	4361229	5321914	571,06	8,0	563,06	3,60	567,46	0,00-0,30 Mu, 0,30-1,70 Torf, 1,70-2,90 Auenaablagerungen (Schluffe bis Kiese), 2,90-3,20 NT-illertal, 3,20-3,60 Aufarbeitungslage, 3,60-8,00 OSM (Schluffe)
47	7926-LEB-BG-047	4361195	5321926	570,41	6,0	564,41	5,20	565,21	0,00-0,30 Mu, 0,30-1,00 Auenaablagerungen (Schluffe bis Kiese), 1,00-5,20 NT-illertal, 5,20-6,00 OSM (Tone)
48	7926-LEB-BG-048	4361218	5321923	570,35	5,0	565,35	4,00	566,35	0,00-0,40 Mu, 0,40-1,30 Hochflutlehm, 1,30-4,00 NT-illertal, 4,00-5,00 OSM (Schluffe)
49	7926-LEB-BG-049	4361220	5321928	570,36	4,5	565,86	3,80	566,56	0,00-0,60 Mu, 0,60-1,30 Hochflutlehm, 1,30-3,80 NT-illertal, 3,80-4,50 OSM (Tone)
50	7926-LEB-BG-050	4361222	5321893	570,98	4,6	566,38	4,10	566,88	0,00-1,20 A, 1,20-2,30 Hochflutlehm, 2,30-4,10 NT-illertal, 4,10-4,60 OSM (Schluffe)

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET		Quartärbasis		Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:		[m u. GOK]	[m ü.NN]	[m u. GOK]	[m ü.NN]	
51	7926-LEB-BG-051	4361206	5321927	570,57	4,3	566,27	3,70	566,87	0,00-0,20 Mu, 0,20-0,50 Aue (U-G), 0,50-3,70 NT-llertal, 3,70-4,30 OSM (Schluffe)
52	7926-LEB-BG-052	4361208	5321890	570,68	4,3	566,38	3,90	566,78	0,00-0,70 A, 0,70-3,90 NT-llertal, 3,90-4,30 OSM (Schluffe)
53	7926-LEB-BG-053	4362362	5319643	592,25	4,0	588,25	nicht erreicht		0,00-0,10 Mu, 0,10-1,35 Lol, 1,35-1,60 NT verwittert, 1,60-4,00 NT
54	7926-LEB-BG-054	4362423	5319564	592,16	4,0	588,16	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-0,60 Lol, 0,60-1,00, kiesiger Lol, 1,00-1,25 NT verwittert, 1,25-4,00 NT
55	7926-LEB-BG-055	4362946	5319658	594,00	9,0	585,00	nicht erreicht		0,00-7,00 A, 7,00-9,00 NT
56	7926-LEB-BG-056	4362950	5319673	594,00	8,0	586,00	nicht erreicht		0,00-0,40 A, 0,40-1,00 Lol, 1,00-8,00 NT
57	7926-LEB-BG-057	4362973	5319660	594,00	6,0	588,00	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-1,50 Lol, 1,50-1,80 Lol, kiesig, 1,80-6,00 NT
58	7926-LEB-BG-058	4362966	5319667	594,00	10,0	584,00	nicht erreicht		0,00-8,00 A, 8,00-10,00 NT
59	7926-LEB-BG-059	4363044	5319702	594,00	6,0	588,00	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-2,20 Lol, kiesig, 2,20-6,00 NT
60	7926-LEB-BG-060	4363036	5319721	594,00	6,0	588,00	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-0,60 Lol, 0,60-1,70 Lol, kiesig, 1,70-6,00 NT
61	7926-LEB-BG-061	4363054	5319555	594,00	6,0	588,00	nicht erreicht		0,00-0,60 A, 0,60-1,60 Lol, kiesig, 1,60-6,00 NT
62	7926-LEB-BG-062	4363071	5319516	594,00	6,0	588,00	nicht erreicht		0,00-0,50 A, 0,50-1,50 Lol, 1,50-1,70 Lol, kiesig, 1,70-6,00 NT
63	7926-LEB-BG-063	4363125	5319578	594,00	6,0	588,00	nicht erreicht		0,00-0,60 A, 0,60-1,00 Lol, 1,00-6,00 NT
64	7926-LEB-BG-064	4363140	5319543	594,00	6,0	588,00	nicht erreicht		0,00-0,60 A, 0,60-1,60 Lol, kiesig, 1,60-6,00 NT
65	7926-LEB-BG-065	4362250	5319560	592,00	16,0	576,00	14,00	578,00	0,00-1,40 A, 1,40-14,00 NT, 14,00-16,00 OSM (Tone)
66	7926-LEB-BG-066	4362831	5319565	593,00	16,7	576,30	14,70	578,30	0,00-0,20 Mu, 0,20-0,50 NT verwittert, 0,50-14,70 NT, 14,70-16,70 OSM (Tone)
67	7926-LEB-BG-067	4362314	5319710	592,00	13,5	578,50	12,20	579,80	0,00-0,15 A, 0,15-0,60 Lol, 0,60-12,20 NT, 12,20-13,50 OSM (Schluffe)
68	7926-LEB-BG-068	4363119	5321605	578,00	4,0	574,00	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-4,00 NT
69	7926-LEB-BG-069	4362690	5321664	583,00	6,0	577,00	4,90	578,10	0,00-0,70 Mu + Lol, 0,70-1,75 Lol, 1,75-2,10 NT verwittert, 2,10-4,90 NT, 4,90-6,00 OSM (Tone)
70	7926-LEB-BG-070	4362645	5321660	584,00	26,0	568,00	9,50	574,50	0,00-1,40 A, 1,40-3,50 Flusssand, 3,50-6,20 NT, 6,20-9,50 Geschiebemergel? (vermutlich OSM) (Aufarbeitungslage?), 9,50-22,00 OSM (Tone), 22,00-26,00 OSM (Fein- bis Grobsande)
71	7926-LEB-BG-071	4363114	5321673	578,00	4,2	573,80	nicht erreicht		0,00-0,10 Mu, 0,10-4,20 NT
72	7927-LEB-BG-001	4364331	5319458	595,04	14,0	581,04	6,50	588,54	0,00-0,20 Mu, 0,20-2,10 Lol, 2,10-2,30 Lol kiesführend/Schotterlehm, 2,30-6,50 NT, 6,50-14,00 OSM (Schluffe bis Sande)
73	7927-LEB-BG-002	4364318	5319491	595,16	18,0	577,16	7,10	588,06	0,00-0,30 Mu, 0,30-2,10 Lol, 2,10-2,40 Lol kiesführend/Schotterlehm, 2,40-7,10 NT, 7,10-18,00 OSM (Schluffe bis Sande)
74	7927-LEB-BG-003	4363357	5321109	581,18	8,0	573,18	1,60	579,58	0,00-1,05 A, 1,05-1,60 kiesführende DS (Schwemm-/Hanglehm), 1,60-6,30 OSM (Fein- bis Grobsande), 6,30-8,00 OSM (Schluffe)
75	7927-LEB-BG-004	4363715	5321030	578,15	9,0	569,15	1,30	576,85	0,00-1,00 A, 1,00-1,30 kiesführende DS (Schwemm-/Hanglehm), 1,30-9,00 OSM (Schluffe bis Fein- bis Grobsande)
76	7927-LEB-BG-005	4363369	5320873	585,09	6,0	579,09	4,70	580,39	0,00-0,50 Mu, 0,50-1,00 kiesführende DS (Lol), 1,00-4,60 NT, 4,60-4,70 Aufarbeitungslage, 4,70-6,00 OSM (Schluffe)
77	7927-LEB-BG-006	4364184	5320852	583,75	9,0	574,75	7,90	575,85	0,00-0,30 Mu, 0,30-1,60 Alm, 1,60-2,60 Torf, 2,60-3,30 NT verwittert, 3,30-7,90 NT, 7,90-9,00 OSM (Tone)
78	7927-LEB-BG-007	4364200	5320549	583,00	6,5	576,50	5,40	577,60	0,00-0,20 A, 0,20-0,40 Alm, 0,40-0,80 Torf, 0,80-1,40 NT verwittert, 1,40-5,40 NT, 5,40-6,50 OSM (Tone)

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET		Quartärbasis		Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:		[m u. GOK]	[m ü.NN]	[m u. GOK]	[m ü.NN]	
79	7927-LEB-BG-008	4364129	5320742	582,35	3,0	579,35	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-0,70 Torf, 0,70-1,00 NT verwittert, 1,00-3,00 NT
80	7927-LEB-BG-009	4364458	5320860	585,55	6,0	579,55	nicht erreicht		0,00-0,60 Mu, 0,60-2,40 Alm, 2,40-4,50 Torf, 4,50-6,00 NT
81	7927-LEB-BG-010	4364244	5319655	593,58	6,0	587,58	5,20	588,38	0,00-0,50 Mu, 0,50-1,20 Lo, 1,20-1,50 NT verwittert, 1,50-5,20 NT, 5,20-6,00 OSM (Feinsande)
82	7927-LEB-BG-011	4364218	5319705	593,42	6,0	587,42	5,10	588,32	0,00-0,50 Mu, 0,50-1,10 Lo, 1,10-1,30 NT verwittert, 1,30-5,10 NT, 5,10-6,00 OSM (Feinsande)
83	7927-LEB-BG-012	4364171	5319640	593,40	6,0	587,40	5,10	588,30	0,00-0,20 Mu, 0,20-0,90 Lo, 0,90-1,10 NT verwittert, 1,10-5,10 NT, 5,10-6,00 OSM (Feinsande)
84	7927-LEB-BG-013	4364138	5319704	593,52	6,0	587,52	5,30	588,22	0,00-0,50 Mu, 0,50-1,30 Lo, 1,30-1,60 NT verwittert, 1,60-5,30 NT, 5,30-6,00 OSM (Feinsande)
85	7927-LEB-BG-014	4364213	5319764	593,55	6,0	587,55	5,40	588,15	0,00-0,40 Mu, 0,40-1,20 Lo, 1,20-1,40 NT verwittert, 1,40-5,40 NT, 5,40-6,00 OSM (Feinsande)
86	7927-LEB-BG-015	4364311	5319697	593,58	6,0	587,58	5,20	588,38	0,00-0,40 Mu, 0,40-0,80 Lo, 0,80-1,40 NT verwittert, 1,40-5,20 NT, 5,20-6,00 OSM (Feinsande)
87	7927-LEB-BG-016	4364337	5320640	585,15	6,0	579,15	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-2,20 Alm, 2,20-3,20 Torf, 3,20-3,60 NT verwittert, 3,60-6,00 NT
88	7927-LEB-BG-017	4364385	5320725	585,95	6,0	579,95	nicht erreicht		0,00-0,50 Mu, 0,50-3,40 Alm, 3,40-4,30 Torf, 4,30-6,00 NT
89	7927-LEB-BG-018	4364463	5320768	585,67	6,0	579,67	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-2,80 Alm, 2,80-4,20 Torf, 4,20-6,00 NT
90	7927-LEB-BG-019	4364519	5320337	586,80	3,6	583,20	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-1,80 Alm, 1,80-2,90 Torf, 2,90-3,60 NT
91	7927-LEB-BG-020	4364593	5320293	586,88	3,6	583,28	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-1,80 Alm, 1,80-3,20 Torf, 3,20-3,60 NT
92	7927-LEB-BG-021	4364626	5320316	586,97	3,2	583,77	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-1,70 Alm, 1,70-3,00 Torf, 3,00-3,20 NT
93	7927-LEB-BG-022	4364641	5320328	587,06	3,6	583,46	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-2,00 Alm, 2,00-3,10 Torf, 3,10-3,60 NT
94	7927-LEB-BG-023	4364660	5320317	586,47	2,9	583,57	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-1,40 Alm, 1,40-2,10 Torf, 2,10-2,40 Alm, 2,40-2,90 NT
95	7927-LEB-BG-024	4364656	5320350	586,80	3,4	583,40	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-1,80 Alm, 1,80-2,70 Torf, 2,70-3,40 NT
96	7927-LEB-BG-025	4364653	5320379	586,98	3,9	583,08	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-2,20 Alm, 2,20-3,40 Torf, 3,40-3,90 NT
97	7927-LEB-BG-026	4364638	5320406	586,38	4,3	582,08	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-2,20 Alm, 2,20-2,90 Torf, 2,90-4,30 NT
98	7927-LEB-BG-027	4364534	5320322	586,13	2,3	583,83	nicht erreicht		0,00-0,50 Mu, 0,50-1,20 Alm, 1,20-2,10 Torf, 2,10-2,30 NT
99	7927-LEB-BG-028	4364550	5320300	585,96	2,5	583,46	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-1,20 Alm, 1,20-2,20 Torf, 2,20-2,50 NT
100	7927-LEB-BG-029	4364542	5320256	586,38	2,7	583,68	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-1,30 Alm, 1,30-2,40 Torf, 2,40-2,70 NT
101	7927-LEB-BG-030	4364569	5320273	586,70	3,5	583,20	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-1,70 Alm, 1,70-2,80 Torf, 2,80-3,50 NT
102	7927-LEB-BG-031	4364186	5320568	582,60	6,0	576,60	4,90	577,70	0,00-0,20 A, 0,20-0,70 Alm, 0,70-4,70 NT, 4,70-4,90 Aufarbeitungsstufe, 4,90-6,00 OSM (Schluße)
103	7927-LEB-BG-032	4364255	5320169	583,97	9,0	574,97	8,00	575,97	(Mergelsteine)
104	7927-LEB-BG-033	4364301	5320579	584,81	3,0	581,81	nicht erreicht		0,00-1,20 A, 1,20-2,10 Alm + Torf, 2,10-3,00 NT
105	7927-LEB-BG-034	4364298	5320613	584,33	3,0	581,33	nicht erreicht		0,00-0,25 Mu, 0,25-2,10 Alm + Torf, 2,10-3,00 NT
106	7927-LEB-BG-035	4364277	5320604	583,98	3,0	580,98	nicht erreicht		0,00-0,25 Mu, 0,25-1,75 Alm + Torf, 1,75-3,00 NT
107	7927-LEB-BG-036	4364254	5320594	583,77	3,0	580,77	nicht erreicht		0,00-1,20 A, 1,20-1,40 Alm, 1,40-3,00 NT
108	7927-LEB-BG-037	4364231	5320568	582,87	3,0	579,87	nicht erreicht		0,00-0,10 Mu, 0,10-0,60 Alm, 0,60-3,00 NT
109	7927-LEB-BG-038	4364206	5320578	582,36	3,0	579,36	nicht erreicht		0,00-0,25 Mu, 0,25-3,00 NT
110	7927-LEB-BG-039	4365462	5320937	591,05	7,5	583,55	6,30	584,75	0,00-0,40 Mu, 0,40-6,30 kiesfreie DS (Alm + Torf), 6,30-7,5 OSM (Schluße)
111	7927-LEB-BG-040	4365129	5320870	587,30	6,5	580,80	nicht erreicht		0,00-0,50 A, 0,50-4,50 Torf, 4,50-6,50 NT

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET		Quartärbasis		Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:		[m u. GOK]	[m ü.NN]	[m u. GOK]	[m ü.NN]	
112	7927-LEB-BG-041	4365004	5320549	589,45	7,0	582,45	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-6,10 kiesfreie DS (Alm + Torf), 6,10-7,0 NT
113	7927-LEB-BG-042	4364969	5320265	588,75	6,0	582,75	nicht erreicht		0,00-0,40 A, 0,40-4,60 kiesfreie DS (Alm + Torf), 4,60-6,0 NT
114	7927-LEB-BG-043	4364812	5320054	588,20	9,0	579,20	nicht erreicht		0,00-1,00 A, 1,00-3,00 kiesfreie DS (Alm + Torf), 3,00-3,50 NT verwittert, 3,50-9,00 NT
115	7927-LEB-BG-044	4364657	5319917	586,80	5,0	581,80	nicht erreicht		0,00-0,50 Mu, 0,50-1,60 kiesfreie DS (Alm + Torf), 1,60-3,0 NT verwittert, 3,00-5,00 NT
116	7927-LEB-BG-045	4365475	5320842	589,80	4,0	585,80	2,70	587,10	0,00-0,50 Mu, 0,50-2,70 DS (Schwemmaterial), 2,70-4,00 OSM (Schluffe)
117	7927-LEB-BG-046	4365281	5320569	588,65	7,0	581,65	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-5,00 kiesfreie DS (Alm + Torf), 5,00-7,00 NT
118	7927-LEB-BG-047	4365177	5320806	589,89	8,0	581,89	nicht erreicht		0,00-1,80 A, 1,80-5,10 Alm, 5,10-7,10 Torf mit Hochflutlehm, 7,10-8,00 NT
119	7927-LEB-BG-048	4365202	5320815	590,58	8,0	582,58	nicht erreicht		0,00-1,55 A, 1,55-7,00 Alm mit Hochflutlehm, 7,00-7,55 Torf, 7,55-8,00 NT
120	7927-LEB-BG-049	4365205	5320807	591,35	8,0	583,35	nicht erreicht		0,00-2,75 A, 2,75-4,70 Alm, 4,70-6,00 Hochflutlehm, 6,00-7,25 Torf mit Hochflutlehm, 7,25-7,70 Torf, 7,70-8,00 NT
121	7927-LEB-BG-050	4365190	5320798	591,58	6,0	585,58	nicht erreicht		0,00-2,70 A, 2,70-6,00 Alm mit Hochflutlehm
122	7927-LEB-BG-051	4365193	5320807	590,99	5,0	585,99	nicht erreicht		0,00-1,00 A, 1,00-5,00 Alm
123	7927-LEB-BG-052	4364040	5320567	589,50	6,0	583,50	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-6,00 NT
124	7927-LEB-BG-053	4364465	5320151	589,50	6,0	583,50	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-0,80 Anmoor (Torf), 0,80-6,00 NT
125	7927-LEB-BG-054	4364694	5319566	589,50	6,0	583,50	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-1,80 Alm, 1,80-3,00 Torf, 3,00-6,00 NT
126	7927-LEB-BG-055	4364533	5319598	590,48	6,0	584,48	5,40	585,08	0,00-2,50 A, 2,50-2,80 Hochflutlehm, 2,80-3,10 Bachschotter, 3,10- 5,40 NT, 5,40-6,00 OSM (Tone)
127	7927-LEB-BG-056	4364579	5319607	589,19	6,5	582,69	6,30	582,89	0,00-1,40 A, 1,40-2,00 Hochflutlehm, 2,00-2,40 Bachschotter, 2,40- 6,30 NT, 6,30-6,50 OSM (Tone)
128	7927-LEB-BG-057	4364610	5319569	588,70	6,5	582,20	6,25	582,45	0,00-1,80 A, 1,80-2,40 Hochflutlehm + Torf, 2,40-6,05 NT, 6,05- 6,25 Aufarbeitungs-lage, 6,25-6,50 OSM (Tone)
129	7927-LEB-BG-058	4364871	5320072	588,80	10,0	578,80	9,60	579,20	0,00-0,50 A, 0,50-2,20 Alm, 2,20-3,50 Torf, 3,50-3,70 Bachschotter, 3,70-9,60 NT, 9,60-10,00 OSM (Tone)
130	7927-LEB-BG-059	4364671	5319760	587,39	7,0	580,39	6,70	580,69	0,00-1,40 A, 1,40-1,80 Torf, 1,80-1,90 Bachschotter, 1,90-6,70 NT, 6,70-7,00 OSM (Schluffe)
131	7927-LEB-BG-060	4364611	5319643	588,51	7,6	580,91	7,30	581,21	0,00-1,40 A, 1,40-2,40 Torf, 2,40-3,00 Bachschotter, 3,00-7,30 NT, 7,30-7,60 OSM (Tone)
132	7927-LEB-BG-061	4364692	5319571	588,69	8,0	580,69	7,50	581,19	0,00-2,00 A, 2,00-3,00 Alm, 3,00-3,40 Torf, 3,40-7,50 NT, 7,50-8,00 OSM (Tone)
133	7927-LEB-BG-062	4364734	5319562	588,04	6,4	581,64	6,10	581,94	0,00-1,10 A, 1,10-1,50 Alm + Torf, 1,50-3,50 Bachschotter, 3,50- 6,10 NT, 6,10-6,40 OSM (Tone)
134	7927-LEB-BG-063	4364918	5319536	589,34	8,6	580,74	8,50	580,84	0,00-1,0 Mu, 0,10-2,10 Alm + Torf + Hochflutlehm, 2,10-2,50, kiesiger Hochflutlehm, 2,50-3,00 Bachschotter, 3,00-8,50 NT, 8,50- 8,60 OSM (Tone)
135	7927-LEB-BG-064	4366630	5319812	600,27	8,0	592,27	2,60	597,67	0,00-1,40 A, 1,40-2,60 Lei, 2,60-8,00 OSM (Sande)
136	7927-LEB-BG-065	4375152	5321402	605,00	9,5	595,50	9,00	596,00	0,00-0,05 Mu, 0,05-1,60 Lei, 1,60-9,00 NT-GünztaI, 9,00-9,50 OSM (Sande)
137	7927-LEB-BG-066	4375172	5321452	606,00	9,0	597,00	8,60	597,40	0,00-0,20 Mu, 0,20-0,60 Lei, 0,60-1,55 Fließerd, kiesig, 1,55-8,60 NT-GünztaI, 8,60-9,00 OSM (Sande)

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET		Quartärbasis		Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:		[m u. GOK]	[m ü.NN]	[m u. GOK]	[m ü.NN]	
138	7927-LEB-BG-067	4375234	5321432	608,00	9,5	598,50	9,00	599,00	0,00-0,05 Mu, 0,05-1,20 LoI, 1,20-9,00 NT-Günztal, 9,00-9,50 OSM (Sande)
139	7927-LEB-BG-068	4375319	5321330	606,00	9,0	597,00	nicht erreicht		0,00-0,70 A, 0,70-1,50 LoI, 1,50-2,80 Fließerdien, 2,80-8,50 NT-Günztal, 8,50-9,00 Aufarbeitungsfläche (NT-Günztal + OSM (Schluffe))
140	7927-LEB-BG-069	4375336	5321422	613,00	4,0	609,00	0,15	612,85	0,00-0,15 Mu, 0,15-4,00 OSM (Tone bis Schluffe)
141	7927-LEB-BG-070	4364440	5319643	594,00	10,0	584,00	3,50	590,50	0,00-1,40 A, 1,40-3,00 LoI, 3,00-3,50 NT, 3,50-8,50 OSM (Tone), 8,50-10,00 OSM (Sandsteine)
142	7927-LEB-BG-071	4371202	5321455	614,00	17,8	596,20	16,60	597,40	0,00-0,10 Mu, 0,10-2,30 LoI, 2,30-2,50 LoI, kiesig, 2,50-4,00 HT verwittert, 4,00-16,60 HT, 16,60-17,50 OSM (Sande), 17,50-17,80 OSM (Tone)
143	7927-LEB-BG-072	4367420	5319445	625,55	15,0	610,55	5,00	620,55	0,00-0,50 A, 0,50-2,80 LoI, 2,80-4,00 LoI, kiesig, 4,00-5,00 HT, 5,00-15,00 OSM (Tone bis Sande)
144	7927-LEB-BG-073	4369138	5320358	616,18	15,0	601,18	6,10	610,08	0,00-0,70 A, 0,70-6,10 HT, 6,10-15,00 OSM (Schluffe bis Sande)
145	7927-LEB-BG-074	4369116	5320405	615,63	19,0	596,63	5,30	610,33	0,00-0,80 Mu, 0,80-2,10 LoI, 2,10-2,80 LoI, kiesig, 2,80-3,50 HT verwittert, 3,50-5,30 HT, 5,30-19,00 OSM (Schluffe bis Sande)
146	7927-LEB-BG-075	4369675	5320881	616,85	16,0	600,85	11,00	605,85	0,00-1,90 A, 1,90-2,70 LoI, 2,70-11,00 HT, 11,00-16,00 OSM (Tone bis Sande)
147	7927-LEB-BG-076	4370188	5321403	610,06	15,0	595,06	7,40	602,66	0,00-0,40 Mu, 0,40-2,70 LoI, kiesig, 2,70-7,40 HT, 7,40-15,00 OSM (Schluffe bis Sande)
148	7927-LEB-BG-077	4370323	5321428	602,96	15,0	587,96	2,40	600,56	0,00-0,20 Mu, 0,20-0,60 LoI, 0,60-2,40 HT, 2,40-15,00 OSM (Schluffe bis Sande)
149	7927-LEB-BG-078	4370449	5321450	602,98	20,0	582,98	2,40	600,58	0,00-0,40 A, 0,40-2,40 HT, 2,40-20,00 OSM (Schluffe bis Sande)
150	7927-LEB-BG-079	4370680	5321514	609,50	20,0	589,50	9,30	600,20	0,00-0,10 Mu, 0,10-9,30 HT, 9,30-20,00 OSM (Tone bis Sande)
151	7927-LEB-BG-080	4371364	5321665	612,47	20,0	592,47	16,00	596,47	0,00-0,20 Mu, 0,20-2,20 LoI, 2,20-16,00 HT, 16,00-20,00 OSM (Tone)
152	7927-LEB-BG-081	4372170	5321945	609,93	20,0	589,93	9,60	600,33	0,00-0,20 Mu, 0,20-1,80 LoI, kiesig, 1,80-9,60 HT, 9,60-20,00 OSM (Tone bis Sande)
153	7927-LEB-BG-082	4372189	5321917	607,58	20,0	587,58	6,80	600,78	0,00-0,90 A, 0,90-6,80 HT, 6,80-20,00 OSM (Tone bis Sande)
154	7927-LEB-BG-083	4372831	5322143	595,39	16,0	579,39	9,80	585,59	0,00-0,40 Mu, 0,40-1,50 Hochflutlehm, kiesig, 1,50-2,50 Bachschotter, 2,50-9,80 NT-Günztal, 9,80-16,00 OSM (Tone bis Sande)
155	7927-LEB-BG-084	4372800	5322094	595,02	15,0	580,02	8,60	586,42	0,00-4,50 A, 4,50-8,60 NT-Günztal, 8,60-15,00 OSM (Tone bis Sande)
156	7927-LEB-BG-085	4375203	5322439	600,00	16,0	584,00	5,50	594,50	0,00-0,60 Mu, 0,60-2,10 LoI, 2,10-5,50 NT-Günztal, 5,50-16,00 OSM (Schluffe bis Sande)
157	7927-LEB-BG-086	4375185	5322444	600,00	16,5	583,50	4,80	595,20	0,00-0,60 Mu, 0,60-1,30 LoI, 1,30-4,80 NT-Günztal, 4,80-16,50 OSM (Schluffe bis Sande)
158	7927-LEB-BG-087	4365989	5319416	598,55	6,0	592,55	1,50	597,05	0,00-0,20 Mu, 0,20-1,50 Fließerdien, kiesig, 1,50-6,00 OSM (Tone bis Schluffe)
159	7927-LEB-BG-088	4365757	5319517	591,72	10,0	581,72	8,50	583,22	0,00-0,90 A, 0,90-2,50 Alm, 2,50-3,00 Bachschotter, 3,00-8,50 NT, 8,50-10,00 OSM (Schluffe)
160	7927-LEB-BG-089	4365760	5319456	592,76	10,0	582,76	8,70	584,06	0,00-0,70 A, 0,70-3,00 Alm, 3,00-8,70 NT, 8,70-10,00 OSM (Schluffe)
161	7927-LEB-BG-090	4367492	5319445	626,08	6,0	620,08	nicht erreicht		0,00-1,90 A, 1,90-3,60 LoI, 3,60-4,30 LoI, kiesig, 4,30-6,00 HT

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET		Quartärbasis		Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:		[m u. GOK]	[m ü.NN]	[m u. GOK]	[m ü.NN]	
162	7927-LEB-BG-091	4367671	5319561	624,17	10,0	614,17	7,40	616,77	0,00-0,50 Mu, 0,50-2,10 Lol, 2,10-4,00 Lol, kiesig, 4,00-7,40 HT, 7,40-10,00 OSM (Tone)
163	7927-LEB-BG-092	4367878	5319617	624,15	15,0	609,15	8,70	615,45	0,00-0,30 Mu, 0,30-5,50 Lol, 5,50-8,70 HT, 8,70-15,00 OSM (Tone bis Sande)
164	7927-LEB-BG-093	4368160	5319809	622,75	10,0	612,75	9,10	613,65	0,00-0,30 Mu, 0,30-2,10 Lol, 2,10-4,70 Lol, kiesig, 4,70-9,10 HT, 9,10-10,00 OSM (Schluffe)
165	7927-LEB-BG-094	4367955	5319673	623,63	6,0	617,63	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-2,40 Lol, 2,40-5,00 Lol, kiesig, 5,00-6,00 HT
166	7927-LEB-BG-095	4368289	5319860	621,58	6,0	615,58	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-2,90 Lol, kiesig, 2,90-6,00 HT
167	7927-LEB-BG-096	4368357	5319907	623,48	2,0	621,48	nicht erreicht		0,00-2,00 A
168	7927-LEB-BG-097	4368446	5319970	619,93	9,0	610,93	7,60	612,33	0,00-0,70 A, 0,70-1,50 Lol, 1,50-2,80 Lol, kiesig, 2,80-7,60 HT, 7,60-9,00 OSM (Tone bis Schluffe)
169	7927-LEB-BG-098	4368554	5320020	621,54	6,0	615,54	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-2,90 Lol, 2,90-4,70 Lol, kiesig, 4,70-6,00 HT
170	7927-LEB-BG-099	4368701	5320091	622,04	12,0	610,04	10,10	611,94	0,00-1,20 Mu, 1,20-6,00 Lol, 6,00-10,10 HT, 10,10-12,00 OSM (Tone bis Schluffe)
171	7927-LEB-BG-100	4369268	5319891	621,38	12,0	609,38	9,70	611,68	0,00-0,30 Mu, 0,30-1,80 Lol, 1,80-4,40 Lol, kiesig, 4,40-8,60 HT, 8,60-9,40 Schlufflage, kiesig, 9,40-9,70 HT, 9,70-12,00 OSM (Tone bis Schluffe)
172	7927-LEB-BG-101	4368851	5320206	620,89	6,0	614,89	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-2,90 Lol, 2,90-6,00 HT
173	7927-LEB-BG-102	4368994	5320255	619,10	6,0	613,10	nicht erreicht		0,00-0,60 A, 0,60-2,80 Lol, 2,80-5,20 Lol, kiesig, 5,20-6,00 HT
174	7927-LEB-BG-103	4369126	5320418	616,07	7,0	609,07	5,80	610,27	0,00-0,30 Mu, 0,30-5,80 HT, 5,80-7,00 OSM (Sande)
175	7927-LEB-BG-104	4369425	5320563	617,44	12,0	605,44	10,20	607,24	0,00-0,50 Mu, 0,50-3,80 Lol, 3,80-10,20 HT, 10,20-12,00 OSM (Schluffe bis Sande)
176	7927-LEB-BG-105	4369841	5319667	621,25	17,0	604,25	14,60	606,65	0,00-0,20 Mu, 0,20-1,20 Lol, 1,20-2,00 Lol, kiesig, 2,00-4,30 Schotterlehm (HT verwittert), 4,30-14,60 HT, 14,60-17,00 OSM (Sande bis Schluffe)
177	7927-LEB-BG-106	4368948	5321047	612,47	7,0	605,47	4,30	608,17	0,00-0,10 Mu, 0,10-0,90 Lol, 0,90-1,60 Lol, kiesig, 1,60-4,30 HT, 4,30-7,00 OSM (Tone bis Schluffe)
178	7927-LEB-BG-107	4369865	5320414	618,45	19,0	599,45	16,50	601,95	0,00-0,10 Mu, 0,10-0,50 Flusssand, 0,50-2,00 Lol, 2,00-4,00 Lol, kiesig oder Schotterlehm (HT verwittert), 4,00-6,10 Schotterlehm (HT verwittert), 6,10-16,50 HT, 16,50-19,00 OSM (Tone)
179	7927-LEB-BG-108	4369286	5320492	618,33	6,0	612,33	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-0,70 Lol, 0,70-1,50 Lol, kiesig, 1,50-6,00 HT
180	7927-LEB-BG-109	4369512	5320675	616,04	6,0	610,04	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-0,80 Lol, 0,80-6,00 HT
181	7927-LEB-BG-110	4369583	5320756	617,80	6,0	611,80	nicht erreicht		0,00-0,50 A, 0,50-2,20 Lol, kiesig, 2,20-6,00 HT
182	7927-LEB-BG-111	4369242	5320398	617,72	10,0	607,72	7,80	609,92	0,00-0,40 Mu, 0,40-0,70 Flusssand, kiesig, 0,70-7,80 HT, 7,80-10,00 OSM (Sande)
183	7927-LEB-BG-112	4369303	5320473	618,51	10,0	608,51	9,30	609,21	0,00-0,10 Mu, 0,10-1,80 Flusssand, 1,80-9,30 HT, 9,30-10,00 OSM (Sande)
184	7927-LEB-BG-113	4369207	5320442	620,38	2,9	617,48	nicht erreicht		0,00-2,90 A
185	7927-LEB-BG-114	4369579	5320764	622,28	2,1	620,18	nicht erreicht		0,00-2,10 A
186	7927-LEB-BG-115	4369624	5320863	616,45	15,0	601,45	12,30	604,15	0,00-0,60 Mu, 0,60-1,40 Lol, 1,40-3,50 Lol, kiesig, 3,50-12,30 HT, 12,30-15,00 OSM (Tone bis Sande)
187	7927-LEB-BG-116	4369712	5320938	617,04	15,0	602,04	12,30	604,74	0,00-0,40 Mu, 0,40-3,50 Lol, 3,50-4,20 Lol, kiesig, 4,20-12,30 HT, 12,30-15,00 OSM (Tone bis Sande)
188	7927-LEB-BG-117	4369665	5321457	610,79	9,0	601,79	6,10	604,69	0,00-0,20 Mu, 0,20-1,10 Hochflutlehm, kiesig, 1,10-6,10 HT, 6,10-9,00 OSM (Tone bis Sande)

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET		Quartärbasis		Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:		[m u. GOK]	[m ü.NN]	[m u. GOK]	[m ü.NN]	
189	7927-LEB-BG-118	4369919	5321170	615,70	13,0	602,70	11,50	604,20	0,00-0,70 Mu, 0,70-4,00 LoI, 4,00-11,50 HT, 11,50-13,00 OSM (Tone bis Schluffe)
190	7927-LEB-BG-119	4370343	5320902	612,35	13,0	599,35	11,50	600,85	0,00-0,30 Mu, 0,30-1,10 Hochflutlehm(?), 1,10-2,40 Hochflutlehm, kiesig(?), 2,40-4,10 Bachschotter(?), 4,10-6,00 Hochflutlehm, kiesig(?), 6,00-11,50 HT, 11,50-13,00 OSM (Tone)
191	7927-LEB-BG-120	4369758	5320971	616,83	6,0	610,83	nicht erreicht		0,00-1,00 A, 1,00-2,00 LoI, 2,00-2,70 LoI, kiesig, 2,70-6,00 HT
192	7927-LEB-BG-121	4369845	5321082	616,18	6,0	610,18	nicht erreicht		0,00-0,10 Mu, 0,10-2,30 LoI, 2,30-2,90 LoI, kiesig, 2,90-6,00 HT
193	7927-LEB-BG-122	4370030	5321268	614,82	6,0	608,82	nicht erreicht		0,00-1,70 A, 1,70-6,00 HT
194	7927-LEB-BG-123	4369752	5321005	621,42	2,3	619,12	nicht erreicht		0,00-2,30 A
195	7927-LEB-BG-124	4370183	5321369	610,81	15,0	595,81	8,20	602,61	0,00-0,70 A, 0,70-1,00 Schotterlehm (HT verwittert), 1,00-8,20 HT, 8,20-15,00 OSM (Tone bis Sande)
196	7927-LEB-BG-125	4370202	5321376	610,12	9,0	601,12	6,80	603,32	0,00-0,30 Mu, 0,30-1,00 LoI, 1,00-1,70 LoI, kiesig, 1,70-3,00 Schotterlehm (HT verwittert), 3,00-6,80 HT, 6,80-9,00 OSM (Tone bis Schluffe)
197	7927-LEB-BG-126	4370195	5321404	606,90	15,0	591,90	3,60	603,30	0,00-0,30 Mu, 0,30-0,90 LoI, kiesig, 0,90-3,60 HT, 3,60-15,00 OSM (Tone bis Schluffe)
198	7927-LEB-BG-127	4370201	5321412	606,44	15,0	591,44	3,90	602,54	0,00-0,20 Mu, 0,20-3,90 HT, 3,90-15,00 OSM (Tone bis Schluffe)
199	7927-LEB-BG-128	4370400	5321367	602,68	10,0	592,68	2,60	600,08	0,00-0,30 Mu, 0,30-0,80 Hochflutlehm, kiesig, 0,80-2,60 HT, 2,60-10,00 OSM (Tone bis Sande)
200	7927-LEB-BG-129	4370414	5321461	602,29	15,0	587,29	2,80	599,49	0,00-0,20 Mu, 0,20-1,50 Hochflutlehm bis -kies, 1,50-2,80 HT, 2,80-15,00 OSM (Tone bis Sande)
201	7927-LEB-BG-130	4370614	5321500	613,58	10,0	603,58	nicht erreicht		0,00-0,90 A, 0,90-1,70 LoI, 1,70-2,60 LoI, kiesig, 2,60-10,00 HT
202	7927-LEB-BG-131	4370480	5321502	611,30	10,0	601,30	nicht erreicht		0,00-2,70 A, 2,70-10,00 HT
203	7927-LEB-BG-132	4370683	5321576	613,47	15,0	598,47	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-4,10 LoI, 4,10-9,10 HT(?), 9,10-12,30 Schlufflage(?), 12,30-15,00 HT(?)
204	7927-LEB-BG-133	4370854	5321590	613,45	6,0	607,45	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-2,00 LoI, 2,00-2,60 LoI, kiesig, 2,60-6,00 HT
205	7927-LEB-BG-134	4371034	5321624	613,20	6,0	607,20	nicht erreicht		0,00-0,80 A, 0,80-1,60 LoI, 1,60-6,00 HT
206	7927-LEB-BG-135	4371091	5321597	613,19	5,0	608,19	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-2,40 LoI, kiesig, 2,40-5,00 Schotterlehm (HT verwittert)
207	7927-LEB-BG-136	4371223	5321661	613,04	6,0	607,04	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-1,60 LoI, 1,60-6,00 HT
208	7927-LEB-BG-137	4371376	5321724	612,47	15,0	597,47	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-1,40 LoI, 1,40-15,00 HT
209	7927-LEB-BG-138	4371627	5321724	611,93	5,0	606,93	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-4,00 LoI, 4,00-5,00 HT
210	7927-LEB-BG-139	4371479	5321737	612,33	6,0	606,33	nicht erreicht		0,00-1,00 A, 1,00-2,30 LoI, 2,30-6,00 HT
211	7927-LEB-BG-140	4371743	5321797	611,46	6,0	605,46	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-2,40 LoI, 2,40-6,00 HT
212	7927-LEB-BG-141	4371527	5321745	613,53	2,1	611,43	nicht erreicht		0,00-2,10 A
213	7927-LEB-BG-142	4371874	5321834	610,25	15,0	595,25	8,00	602,25	0,00-0,30 Mu, 0,30-2,30 LoI, 2,30-5,80 LoI, kiesig, 5,80-8,00 HT, 8,00-15,00 OSM (Schluffe, Sande bis Kiese)
214	7927-LEB-BG-143	4371979	5321859	610,60	6,0	604,60	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-2,00 LoI, kiesig, 2,00-6,00 HT
215	7927-LEB-BG-144	4372097	5321860	610,64	10,0	600,64	7,90	602,74	0,00-0,30 Mu, 0,30-4,00 LoI, 4,00-7,90 HT, 7,90-10,00-OSM (Schluffe bis Sande)
216	7927-LEB-BG-145	4372324	5322029	605,20	10,0	595,20	4,40	600,80	0,00-0,30 Mu, 0,30-1,00 Fließerdien, 1,00-4,40 HT, 4,40-10,00 OSM (Tone bis Sande)
217	7927-LEB-BG-146	4372454	5322070	597,00	6,0	591,00	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-2,00 Fließerdien, kiesig, 2,00-6,00 NT-Günztal

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET		Quartärbasis		Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:		[m u. GOK]	[m ü.NN]	[m u. GOK]	[m ü.NN]	
218	7927-LEB-BG-147	4372484	5322040	598,46	6,0	592,46	5,50	592,96	0,00-0,60 A, 0,60-2,40 Bachschotter, 2,40-5,50 NT-Günztal, 5,50-6,00 OSM (Sande)
219	7927-LEB-BG-148	4372688	5322087	595,92	6,0	589,92	nicht erreicht		0,00-1,40 A, 1,40-6,00 NT-Günztal
220	7927-LEB-BG-149	4372533	5322132	594,87	10,0	584,87	7,20	587,67	0,00-0,30 Mu, 0,30-0,80 Lo, 0,80-7,20 NT-Günztal, 7,20-10,00 OSM (Sande)
221	7927-LEB-BG-150	4372591	5322119	595,14	10,0	585,14	6,90	588,24	0,00-0,20 Mu, 0,20-0,50 Lo, 0,50-1,70 Lo, kiesig / Fließerd, 1,70-6,90 NT-Günztal, 6,90-10,00 OSM (Sande)
222	7927-LEB-BG-151	4372570	5322062	595,16	5,0	590,16	4,50	590,66	0,00-0,40 Mu, 0,40-0,80 Lo, 0,80-3,00 Lo, kiesig / Fließerd, 3,00-4,50 NT-Günztal, 4,50-5,00 OSM (Schluflie)
223	7927-LEB-BG-152	4372799	5322128	594,89	15,0	579,89	9,70	585,19	0,00-0,90 A, 0,90-1,30 Hochflutlehm, kiesig, 1,30-3,30 Bachschotter schluffig, 3,30-9,70 NT-Günztal, 9,70-15,00 OSM (Tone bis Sande)
224	7927-LEB-BG-153	4372833	5322067	595,57	15,0	580,57	12,00	583,57	0,00-0,30 Mu, 0,30-3,00 Hochflutlehm, kiesig, 3,00-5,00 Bachschotter schluffig, 5,00-9,50 NT-Günztal, 9,50-15,00 OSM (Tone bis Sande)
225	7927-LEB-BG-154	4373046	5322153	596,60	15,0	581,60	11,30	585,30	0,00-0,40 Mu, 0,40-1,30 Lo, kiesig, 1,30-11,30 NT-Günztal, 11,30-15,00 OSM (Sande)
226	7927-LEB-BG-155	4373236	5322073	598,50	6,0	592,50	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-6,00 NT-Günztal
227	7927-LEB-BG-156	4373210	5322059	598,00	6,0	592,00	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-1,20 Lo, kiesig, 1,20-6,00 NT-Günztal
228	7927-LEB-BG-157	4373132	5322173	597,28	13,0	584,28	12,00	585,28	0,00-0,20 Mu, 0,20-1,30 Lo, kiesig, 1,30-12,00 NT-Günztal, 12,00-13,00 OSM (Sande)
229	7927-LEB-BG-158	4373373	5322040	598,25	12,0	586,25	10,50	587,75	0,00-0,20 Mu, 0,20-0,60 Lo, kiesig, 0,60-10,50 NT-Günztal, 10,50-12,00 OSM (Sande)
230	7927-LEB-BG-159	4373355	5322148	598,01	10,0	588,01	nicht erreicht		0,00-0,50 Mu, 0,50-10,00 NT-Günztal
231	7927-LEB-BG-160	4373554	5322108	598,96	15,0	583,96	9,20	589,76	0,00-0,10 Mu, 0,10-0,80 Lo, kiesig, 0,80-9,20 NT-Günztal, 9,20-15,00 OSM (Tone bis Sande)
232	7927-LEB-BG-161	4373560	5322139	598,44	15,0	583,44	7,40	591,04	0,00-0,20 Mu, 0,20-1,20 Lo, kiesig, 1,20-7,40 NT-Günztal, 7,40-15,00 OSM (Tone bis Sande)
233	7927-LEB-BG-162	4373405	5322059	598,78	6,0	592,78	nicht erreicht		0,00-0,80 A, 0,80-6,00 NT-Günztal
234	7927-LEB-BG-163	4373689	5322077	597,89	13,7	584,19	7,20	590,69	0,00-2,80 vermutlich A, 2,80-7,20 NT-Günztal, 7,20-13,70 OSM (Tone bis Sande)
235	7927-LEB-BG-164	4374019	5322222	600,45	5,0	595,45	nicht erreicht		vermutlich A bis ET: 0,00-0,30 Mu, 0,30-0,80 Lo, 0,80-1,00 Lo, kiesig, 1,00-3,00 NT-Günztal, 3,00-4,00, kiesige Schluffeinschaltung, 4,00-4,90 NT-Günztal, 4,90-5,00, kiesige Schluffeinschaltung
236	7927-LEB-BG-165	4373741	5322059	598,00	6,0	592,00	nicht erreicht		0,00-6,00 A
237	7927-LEB-BG-166	4373824	5322142	601,93	3,2	598,73	nicht erreicht		0,00-3,20 A
238	7927-LEB-BG-167	4374021	5322163	601,00	6,0	595,00	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-0,90 Lo, kiesig, 0,90-6,00 NT-Günztal
239	7927-LEB-BG-168	4374333	5322235	602,39	5,0	597,39	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, kiesig (vermutlich aber A), 0,30-4,20 Fließerd (vermutlich aber A), 4,20-5,00 NT-Günztal
240	7927-LEB-BG-169	4374756	5322415	611,47	15,0	596,47	0,80	610,67	0,00-0,30 Mu, 0,30-0,80 Fließerd, 0,80-15,00 OSM (Schluflie bis Sande)
241	7927-LEB-BG-170	4374623	5322252	605,00	6,0	599,00	0,50	604,50	0,00-0,50 Mu, 0,50-6,00 OSM (Schluflie bis Sande)
242	7927-LEB-BG-171	4374427	5322255	605,30	3,3	602,00	nicht erreicht		0,00-3,30 A

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET [m u. GOK]	Quartärbasis [m u. GOK]	Quartärbasis [m ü.NN]	Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:					
243	7927-LEB-BG-172	4374888	5322364	614,36	15,0	599,36	613,86	0,00-0,30 Mu, 0,30-0,50 LoI, 0,50-15,00 OSM (Schluflie bis Sande)
244	7927-LEB-BG-173	4375194	5322355	601,50	6,0	595,50	598,20	0,00-0,50 Mu, 0,50-1,40 LoI, 1,40-3,30 NT-Günztal, 3,30-6,00 OSM (Schluflie bis Sande)
245	7927-LEB-BG-174	4375254	5322486	600,89	5,0	595,89	595,29	0,00-0,30 Mu, 0,30-1,70 LoI, kiesig, 1,70-4,60 NT-Günztal, 4,60-5,00 OSM (Schluflie)
246	7927-LEB-BG-175	4375108	5322527	599,00	10,0	589,00	595,00	0,00-0,50 Mu, 0,50-2,20 LoI, 2,20-4,00 NT-Günztal, 4,00-10,00 OSM (Sandde)
247	7927-LEB-BG-176	4375326	5322365	601,38	6,0	595,38	nicht erreicht	0,00-0,20 Mu, 0,20-0,40 LoI, 0,40-0,80 LoI, kiesig, 0,80-6,00 NT-Günztal
248	7927-LEB-BG-177	4375084	5322463	599,50	6,0	593,50	595,00	0,00-0,50 Mu, 0,50-2,10 LoI bis sand, kiesig, 3,80-4,50 NT-Günztal, 4,50-6,00 OSM (Tone bis Schluflie)
249	7927-LEB-BG-178	4375263	5322330	601,51	6,0	595,51	598,71	0,00-0,40 Mu, 0,40-1,30 LoI, kiesig, 1,30-2,80 NT-Günztal, 2,80-6,00 OSM (Tone)
250	7927-LEB-BG-179	4375135	5322486	599,50	14,5	585,00	594,50	0,00-0,40 Mu, 0,40-2,00 Flussand, 2,00-2,50 Flussand, kiesig, 2,50-5,00 NT-Günztal, 5,00-14,50 OSM (Schluflie bis Sande)
251	7927-LEB-BG-180	4375389	5322271	601,96	14,5	587,46	601,76	0,00-0,20 Mu, 0,20-6,00 OSM (Tone bis Sande)
252	7927-LEB-BG-181	4375394	5322482	600,00	6,0	594,00	nicht erreicht	0,00-0,20 Mu, 0,20-1,00 LoI, kiesig, 1,00-6,00 NT-Günztal
253	7927-LEB-BG-182	4375503	5322505	601,40	15,0	586,40	593,20	0,00-0,90 A, 0,90-1,80 LoI, kiesig, 1,80-8,20 NT-Günztal, 8,20-15,00 OSM (Tone bis Sande)
254	7927-LEB-BG-183	4375591	5322527	600,00	6,0	594,00	nicht erreicht	0,00-0,10 Mu, 0,10-1,20 LoI, kiesig, 1,20-6,00 NT-Günztal
255	7927-LEB-BG-184	4375570	5322486	601,24	10,0	591,24	591,64	0,00-0,20 Mu, 0,20-0,40 LoI, kiesig, 0,40-9,60 NT-Günztal, 9,60-10,00 OSM (Sandde)
256	7927-LEB-BG-185	4367432	5319433	626,63	3,0	623,63	nicht erreicht	0,00-3,00 A
257	7927-LEB-BG-186	4367893	5319646	625,16	3,0	622,16	nicht erreicht	0,00-2,20 A, 2,20-3,00 LoI, kiesig
258	7927-LEB-BG-187	4368329	5319861	623,60	4,0	619,60	nicht erreicht	0,00-3,20 A, 3,20-4,00 LoI, kiesig
259	7927-LEB-BG-188	4368747	5320134	621,98	2,0	619,98	nicht erreicht	0,00-0,70 A, 0,70-2,00 LoI
260	7927-LEB-BG-189	4369161	5320422	620,39	4,0	616,39	nicht erreicht	0,00-1,70 A, 1,70-4,00 HT
261	7927-LEB-BG-190	4369539	5320731	622,01	4,0	618,01	nicht erreicht	0,00-3,10 A, 3,10-3,40 LoI, kiesig, 3,40-4,00 HT
262	7927-LEB-BG-191	4369863	5321124	618,89	3,0	615,89	nicht erreicht	0,00-3,00 A
263	7927-LEB-BG-192	4370164	5321367	611,64	2,0	609,64	nicht erreicht	0,00-1,50 A, 1,50-2,00 LoI, kiesig
264	7927-LEB-BG-193	4370740	5321570	614,24	2,0	612,24	nicht erreicht	0,00-1,30 A, 1,30-2,00 LoI, kiesig
265	7927-LEB-BG-194	4371220	5321676	614,52	2,0	612,52	nicht erreicht	0,00-2,00 A
266	7927-LEB-BG-195	4371713	5321760	613,63	3,0	610,63	nicht erreicht	0,00-2,30 A, 2,30-3,00 LoI, kiesig
267	7927-LEB-BG-196	4372164	5321920	607,73	3,0	604,73	nicht erreicht	0,00-3,00 A
268	7927-LEB-BG-197	4372646	5322094	597,07	3,0	594,07	nicht erreicht	0,00-2,40 A, 2,40-3,00 LoI, kiesig
269	7927-LEB-BG-198	4373143	5322095	598,63	2,0	596,63	nicht erreicht	0,00-1,60 A, 1,60-2,00 LoI, kiesig
270	7927-LEB-BG-199	4373656	5322102	601,32	2,0	599,32	nicht erreicht	0,00-2,00 A
271	7927-LEB-BG-200	4374135	5322217	603,83	4,0	599,83	nicht erreicht	0,00-2,90 A, 2,90-4,00 LoI, kiesig
272	7927-LEB-BG-201	4374619	5322341	606,33	2,0	604,33	nicht erreicht	0,00-2,00 A
273	7927-LEB-BG-202	4375023	5322431	605,88	2,0	603,88	nicht erreicht	0,00-1,20 A, 1,20-2,00 NT-Günztal
274	7927-LEB-BG-203	4368493	5319978	622,12	16,0	606,12	612,22	0,00-3,80 Lehm (LoI), 3,80-9,90 HT, 9,90-16,00 OSM (Tone)
275	7927-LEB-BG-204	4368473	5319722	621,28	15,0	606,28	611,18	0,00-4,00 Lehm (LoI), 4,00-10,10 HT, 10,10-15,00 OSM (Tone)
276	7927-LEB-BG-205	4368456	5319452	621,24	20,0	601,24	611,14	0,00-3,90 Lehm (LoI), 3,90-10,10 HT, 10,10-20,00 OSM (Tone)

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET		Quartärbasis		Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:		[m u. GOK]	[m ü.NN]	[m u. GOK]	[m ü.NN]	
277	7927-LEB-BG-206	4371010	5319664	611,84	26,0	585,84	6,30	605,54	0,00-2,20 Lehm (Loi), 2,20-6,30 HT, 6,30-26,00 OSM (Tone bis Sande)
278	7927-LEB-BG-207	4371026	5319416	612,89	21,0	591,89	6,20	606,69	0,00-1,10 Lehm (Loi), 1,10-6,20 HT, 6,20-21,00 OSM (Tone bis Sande)
279	7927-LEB-BG-208	4364760	5319675	589,00	9,0	580,00	8,45	580,55	0,00-1,30 A, 1,30-2,40 Torf, 2,40-8,45 NT, 8,45-9,00 OSM (Tone)
280	7927-LEB-BG-209	4364822	5319682	589,00	9,0	580,00	8,15	580,85	0,00-0,75 A, 0,75-1,80 Alm, 1,80-2,50 Torf, 2,50-8,15 NT, 8,15-9,00 OSM (Sande)
281	7927-LEB-BG-210	4365080	5319596	589,00	10,0	579,00	8,40	580,60	0,00-0,25 Mu, 0,25-1,50 Alm, 1,50-8,40 NT, 8,40-10,00 OSM (Mergelsteine)
282	7927-LEB-BG-211	4365193	5319574	589,00	10,6	578,40	9,10	579,90	0,00-0,20 Mu, 0,20-3,30 Alm, 3,30-9,10 NT, 9,10-10,00 OSM (Mergelsteine)
283	7927-LEB-BG-212	4365090	5319765	589,00	10,6	578,40	9,50	579,50	0,00-0,20 Mu, 0,20-2,40 Alm, 2,40-9,50 NT, 9,50-10,60 OSM (Mergelsteine)
284	7927-LEB-BG-213	4365148	5319747	589,00	11,4	577,60	10,10	578,90	0,00-3,50 A, 3,50-3,80 Torf, 3,80-10,10 NT, 10,10-11,40 OSM (Tone bis Sande)
285	7927-LEB-BG-214	4363802	5322277	580,00	6,0	574,00	5,00	575,00	0,00-5,00 NT, 5,00-6,00 OSM (Tone)
286	7927-LEB-BG-215	4363782	5322268	578,00	9,0	569,00	6,80	571,20	0,00-0,45 Mu, 0,45-1,60 Loi, 1,60-6,80 NT, 6,80-9,00 OSM (Mergelsteine)
287	7927-LEB-BG-216	4364180	5320565	585,00	5,7	579,30	4,80	580,20	0,00-0,50 Loi, 0,50-0,70 Loi, kiesig, 0,70-4,80 NT, 4,80-5,70 OSM (Sande bis Mergelsteine)
288	7927-LEB-BG-217	4367833	5321450	620,15	4,1	616,05	nicht erreicht		0,00-0,50 A, 0,50-3,20 Loi, 3,20-4,10 Fließerd., kiesig
289	7927-LEB-BG-218	4367835	5321327	619,20	4,2	615,00	nicht erreicht		0,00-1,20 A, 1,20-2,50 Loi, 2,50-3,60 Fließerd., kiesig, 3,60-4,20 Schotter
290	7927-LEB-BG-219	4367870	5321319	618,63	3,9	614,73	nicht erreicht		0,00-0,70 A, 0,70-1,80 Loi, 1,80-2,10 Fließerd., kiesig, 2,10-3,90 Schotter, z.T. mit Pflanzenresten
291	7927-LEB-BG-220	4367868	5321368	618,92	5,5	613,42	nicht erreicht		0,00-0,10 Mu, 0,10-1,80 Loi, 1,80-3,40 Fließerd., kiesig, 3,40-5,50 Schotter
292	7927-LEB-BG-221	4367839	5321612	620,74	5,0	615,74	4,60	616,14	0,00-0,40 A, 0,40-1,30 Loi, 1,30-2,20 Fließerd., kiesig, 2,20-3,50 Schotter, 3,50-4,60 Aufarbeitungslage, 4,60-5,00 OSM (Feinsande)
293	7927-LEB-BG-222	4367839	5321552	621,01	4,1	616,91	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-2,20 Loi, 2,20-4,10 Fließerd., kiesig
294	7927-LEB-BG-223	4367815	5321552	622,23	4,2	618,03	3,30	618,93	0,00-0,40 Mu, 0,40-2,80 Fließerd. bis Schwemmfächermaterial, 2,80-3,30 Torf bis Schluff, 3,30-4,20 OSM (Feinsande)
295	7927-LEB-BG-224	4367816	5321614	622,49	4,2	618,29	3,50	618,99	0,00-0,40 A, 0,40-3,20 Fließerd. bis Schwemmfächermaterial, 3,20-3,50 Torf bis Schluff, 3,50-4,20 OSM (Tone bis Feinsande)
296	7927-LEB-BG-225	4367775	5321550	621,33	5,3	616,03	nicht erreicht		0,00-0,20 A, 0,20-2,40 Fließerd. bis Schwemmfächermaterial, 2,40-2,60 Torf bis Schluff, 2,60-5,30 Fließerd. bis Schwemmfächermaterial
297	7927-LEB-BG-226	4367773	5321613	621,28	5,2	616,08	nicht erreicht		0,00-0,60 A, 0,60-5,20 Fließerd. bis Schwemmfächermaterial
298	7928-LEB-BG-001	4376070	5322653	600,00	19,5	580,50	9,70	590,30	0,00-0,20 Mu, 0,20-0,50 Loi, 0,50-9,70 NT-Günztal, 9,70-19,50 OSM (Schluffe bis Sande)
299	7928-LEB-BG-002	4376103	5322635	600,00	20,0	580,00	11,30	588,70	0,00-1,05 A, 1,05-1,30 Loi, 1,30-11,30 NT-Günztal, 11,30-20,00 OSM (Tone bis Sande)
300	7928-LEB-BG-003	4376180	5322659	600,00	18,0	582,00	10,90	589,10	0,00-0,90 Hochflusand, 0,90-10,90 NT-Günztal, 10,90-18,00 OSM (Tone bis Sande)

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET		Quartärbasis		Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:		[m u. GOK]	[m ü.NN]	[m u. GOK]	[m ü.NN]	
301	7928-LEB-BG-004	4376172	5322653	600,00	18,0	582,00	11,20	588,80	0,00-0,40 Mu, 0,40-11,20 NT-Günztal, 11,20-18,00 OSM (Tone bis Sande)
302	7928-LEB-BG-005	4376678	5322834	599,00	18,0	581,00	9,80	589,20	0,00-0,60 Mu, 0,60-1,00 Hochflutlehm, kiesig, 1,00-9,80 NT-Günztal, 9,80-18,00 OSM (Schluffe bis Sande)
303	7928-LEB-BG-006	4375769	5322561	600,00	6,0	594,00	nicht erreicht		0,00-0,60 A, 0,60-1,10 Lol, kiesig, 1,10-6,00 NT-Günztal
304	7928-LEB-BG-007	4375727	5322530	601,24	10,0	591,24	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-1,80 Lol, kiesig, 1,80-10,00 NT-Günztal
305	7928-LEB-BG-008	4375787	5322626	601,06	15,0	586,06	11,50	589,56	0,00-0,30 Mu, 0,30-0,80 Lol, kiesig, 0,80-11,50 NT-Günztal, 11,50-15,00 OSM (Tone bis Sande)
306	7928-LEB-BG-009	4375927	5322598	600,00	6,0	594,00	nicht erreicht		0,00-0,60 Mu, 0,60-1,70 Flusssand, kiesig, 1,70-6,00 NT-Günztal
307	7928-LEB-BG-010	4376152	5322656	600,50	15,0	585,50	10,70	589,80	0,00-0,60 Mu, 0,60-2,10 Hochflutlehm bis -kies, 2,10-10,70 NT-Günztal, 10,70-15,00 OSM (Sande)
308	7928-LEB-BG-011	4376301	5322708	599,00	6,0	593,00	nicht erreicht		0,00-0,50 Mu, 0,50-6,00 NT-Günztal
309	7928-LEB-BG-012	4376967	5322924	599,00	6,0	593,00	5,40	593,60	0,00-0,50 A, 0,50-1,20 Flusssand, 1,20-5,40 NT-Günztal, 5,40-6,00 OSM (Tone)
310	7928-LEB-BG-013	4376994	5322903	599,65	10,0	589,65	5,30	594,35	0,00-0,50 Mu, 0,50-0,80 Lol, 0,80-5,30 NT-Günztal, 5,30-10,00 OSM (Tone bis Sande)
311	7928-LEB-BG-014	4377074	5322937	599,73	10,0	589,73	5,20	594,53	0,00-0,30 Mu, 0,30-1,00 Lol, kiesig, 1,00-5,20 NT-Günztal, 5,20-10,00 OSM (Schluffe)
312	7928-LEB-BG-015	4376470	5320441	615,00	65,0	550,00	12,00	603,00	0,00-3,00 Mu bis Lol, kiesig, 3,00-10,00 NT-Günztal, 10,00-12,00 Aufarbeitungsfläche, 12,00-65,00 OSM (Tone bis Sande)
313	7928-LEB-BG-016	4376224	5319223	619,81	4,0	615,81	nicht erreicht		0,00-0,80 Lol, kiesig bis NT-Günztal verwittert, 0,80-4,00 NT-Günztal
314	8026-LEB-BG-001	4362645	5316974	615,96	8,0	607,96	nicht erreicht		0,00-1,70 A, 1,70-3,80 Lol, kiesig/Schotterlehm, 3,80-5,70 HT verwittert, 5,70-8,00 HT
315	8026-LEB-BG-002	4362660	5316939	616,41	15,0	601,41	13,40	603,01	0,00-0,40 Mu, 0,40-2,40 Lol, 2,40-3,40 Lol kiesführend/Schotterlehm, 3,40-4,10 HT verwittert, 4,10-13,40 HT, 13,40-15,00 OSM (Feinsande)
316	8026-LEB-BG-003	4362887	5316751	618,08	6,0	612,08	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-2,60 Lol, 2,60-4,50 Lol kiesführend/Schotterlehm, 4,50-6,00 HT verwittert
317	8026-LEB-BG-004	4362512	5318832	596,53	12,0	584,53	nicht erreicht		0,00-0,10 Mu, 0,10-1,40 Lol, 1,40-12,00 NT
318	8026-LEB-BG-005	4362364	5319235	593,42	10,0	583,42	nicht erreicht		0,00-0,50 A, 0,50-1,40 Lol, 1,40-1,80 NT verwittert, 1,80-10,00 NT
319	8026-LEB-BG-006	4362331	5319360	592,87	10,0	582,87	nicht erreicht		0,00-0,10 Mu, 0,10-1,20 Lol, 1,20-1,80 NT verwittert, 1,80-10,00 NT
320	8026-LEB-BG-007	4362448	5319515	592,38	4,0	588,38	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-1,15 Lol, 1,15-2,00 NT verwittert, 2,00-4,00 NT
321	8026-LEB-BG-008	4362375	5319450	592,58	4,0	588,58	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-1,10 Lol, 1,10-1,75 NT verwittert, 1,75-4,00 NT
322	8026-LEB-BG-009	4362405	5319531	592,63	6,0	586,63	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-1,65 Lol, 1,65-2,00 NT verwittert, 2,00-6,00 NT
323	8026-LEB-BG-010	4362385	5317464	614,78	10,0	604,78	nicht erreicht		0,00-1,80 A, 1,80-2,40 Lol, 2,40-3,30 Schotterlehm, 3,30-10,00 HT
324	8026-LEB-BG-011	4362360	5317612	612,78	10,0	602,78	nicht erreicht		0,00-0,60 A, 0,60-1,70 Lol, 1,70-2,20 Schotterlehm, 2,20-10,00 HT

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET		Quartärbasis		Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:		[m u. GOK]	[m ü.NN]	[m u. GOK]	[m ü.NN]	
325	8026-LEB-BG-012	4362272	5317733	612,19	10,0	602,19	nicht erreicht		0,00-0,50 A, 0,50-1,30 Lol, 1,30-2,30 Schotterlehm, 2,30-10,00 HT
326	8026-LEB-BG-013	4362503	5317619	611,63	10,0	601,63	nicht erreicht		0,00-1,20 A, 1,20-10,00 HT
327	8026-LEB-BG-014	4362568	5317441	615,50	10,0	605,50	nicht erreicht		0,00-1,00 A, 1,00-1,30 Lol, 1,30-2,00 Schotterlehm, 2,00-10,00 HT
328	8026-LEB-BG-015	4362789	5317255	615,86	6,0	609,86	nicht erreicht		0,00-1,20 A, 1,20-2,80 Schotterlehm, 2,80-3,30 HT verwittert, 2,30-6,00 HT
329	8026-LEB-BG-016	4362761	5317317	615,12	7,0	608,12	nicht erreicht		0,00-0,90 A, 0,90-1,20 Lol, 1,20-3,00 Schotterlehm, 3,00-3,30 HT verwittert, 3,30-7,00 HT
330	8026-LEB-BG-017	4362727	5317376	615,19	5,0	610,19	nicht erreicht		0,00-0,70 A, 0,70-2,00 Lol, 2,00-3,50 Schotterlehm, 3,50-5,00 HT verwittert
331	8026-LEB-BG-018	4362686	5317239	616,02	5,0	611,02	nicht erreicht		0,00-0,75 A, 0,75-2,10 Lol, 2,10-3,30 Schotterlehm, 3,30-3,60 HT verwittert, 3,60-5,00 HT
332	8026-LEB-BG-019	4362700	5317170	616,23	5,0	611,23	nicht erreicht		0,00-0,90 A, 0,90-2,50 Lol, 2,50-3,10 Schotterlehm, 3,10-3,70 HT verwittert, 3,70-5,00 HT
333	8026-LEB-BG-020	4362709	5318793	597,52	16,0	581,52	nicht erreicht		0,00-2,70 A, 2,70-3,60 Lol, 3,60-4,30 NT verwittert, 4,30-16,00 NT
334	8026-LEB-BG-021	4363088	5318596	597,94	10,0	587,94	nicht erreicht		0,00-1,40 A, 1,40-2,10 Lol, 2,10-3,60 NT verwittert, 3,60-10,00 NT
335	8026-LEB-BG-022	4363132	5318333	598,68	10,0	588,68	nicht erreicht		0,00-1,00 A, 1,00-1,50 Lol, 1,50-2,00 NT verwittert, 2,00-10,00 NT
336	8026-LEB-BG-023	4363170	5318026	599,50	8,0	591,50	nicht erreicht		0,00-0,60 A, 0,60-1,00 Lol, 1,00-1,90 NT verwittert, 1,90-8,00 NT
337	8026-LEB-BG-024	4358044	5315912	588,11	10,0	578,11	nicht erreicht		0,00-0,80 A, 0,80-10,00 NT
338	8026-LEB-BG-025	4358528	5313241	593,54	6,0	587,54	5,20	588,34	0,00-0,50 A, 0,50-1,50 Aue, 1,50-5,20 Illertalkies, 5,20-6,00 OSM (Schluffe)
339	8026-LEB-BG-026	4358675	5313444	598,79	6,0	592,79	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-1,20 Aue, 1,20-1,70 NT verwittert, 1,70-6,00 NT
340	8026-LEB-BG-027	4358779	5314143	601,30	6,0	595,30	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-0,70 NT verwittert, 0,70-6,00 NT
341	8026-LEB-BG-028	4358728	5314412	604,88	10,0	594,88	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-1,40 NT verwittert, 1,40-10,00 NT
342	8026-LEB-BG-029	4359211	5314598	603,84	6,0	597,84	nicht erreicht		0,00-0,80 A, 0,80-1,40 kiesführendes Schwemmfächermaterial kalkfrei, 1,40-6,00 NT
343	8026-LEB-BG-030	4358966	5315450	597,56	6,0	591,56	nicht erreicht		0,00-0,15 Mu, 0,15-0,80 NT verwittert, 0,80-6,00 NT
344	8026-LEB-BG-031	4359361	5314854	609,11	10,0	599,11	6,00	603,11	0,00-4,60 A, 4,60-5,60 NT verwittert, 5,60-6,00 NT, 6,00-10,00 OSM (Schluffe bis Sande)
345	8026-LEB-BG-032	4359443	5314129	609,03	6,0	603,03	5,90	603,13	0,00-0,30 Mu, 0,30-0,55 Hochflutlehm(?), 0,55-2,50 sandiges Schwemmfächermaterial, 2,50-4,50 NT (vermutlich durchsetzt mit Schwemmfächermaterial), 4,50-5,90 Aufarbeitungsstufe, 5,90-6,00 OSM (Schluffe)
346	8026-LEB-BG-033	4360755	5313592	635,57	8,0	627,57	nicht erreicht		0,00-0,70 A, 0,70-2,50 Lol, 2,50-4,40 kiesführende DS (Schotterlehm), 4,40-5,00 HT, 5,00-7,50 Hohlraum, 7,50-8,00 HT
347	8026-LEB-BG-034	4359357	5314343	604,96	8,0	596,96	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-1,20 kiesführende DS (Lol oder Fließerde), 1,20-8,00 NT
348	8026-LEB-BG-035	4359384	5314459	604,70	6,0	598,70	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-1,20 kiesführende DS (Lol oder Fließerde), 1,20-6,00 NT
349	8026-LEB-BG-036	4359173	5314448	603,86	6,0	597,86	nicht erreicht		0,00-1,30 kiesführende DS (Lol oder Fließerde), 1,30-6,00 NT

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET [m u. GOK]	ET [m ü.NN]	Quartärbasis		Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:				[m u. GOK]	[m ü.NN]	
350	8026-LEB-BG-037	4362819	5316329	605,10	7,0	598,10	3,05	602,05	0,00-0,25 A, 0,25-2,00 Hochflutlehm bis -sand, 2,00-3,05 Bachschotter, 3,05-4,50 OSM (Schlufluffe) verwittert, 4,50-7,00 OSM (Schlufluffe)
351	8026-LEB-BG-038	4362777	5316253	609,38	8,0	601,38	2,20	607,18	0,00-0,40 Mu, 0,40-2,20 Hanglehm, 2,20-3,80 OSM (Schlufluffe) verwittert, 3,80-8,00 OSM (Schlufluffe bis Sande)
352	8026-LEB-BG-039	4362747	5316207	615,09	9,0	606,09	2,00	613,09	0,00-0,20 Mu, 0,20-2,00 HT verwittert (Schotterlehm), 2,00-4,20 OSM (Schlufluffe) verwittert, 4,20-9,00 OSM (Schlufluffe bis Sande)
353	8026-LEB-BG-040	4362994	5314448	628,58	5,0	623,58	4,60	623,98	0,00-0,90 A, 0,90-1,60 Lol, 1,60-4,60 HT verwittert, 4,60-5,00 OSM (Schlufluffe)
354	8026-LEB-BG-041	4363009	5313749	629,32	8,0	621,32	7,00	622,32	0,00-0,10 Mu, 0,10-1,50 Lol, 1,50-3,10 Schotterlehm, 3,10-6,70 HT verwittert (geol. Orgel?), 6,70-7,00 Aufarbeitungslage, 7,00-8,00 OSM (Schlufluffe)
355	8026-LEB-BG-042	4362968	5313719	630,01	8,0	622,01	7,00	623,01	0,00-0,20 Mu, 0,20-1,00 Lol, 1,00-2,10 Schotterlehm, 2,10-7,00 HT verwittert (geol. Orgel?), 7,00-8,00 OSM (Schlufluffe)
356	8026-LEB-BG-043	4359459	5314720	608,11	34,0	574,11	3,85	604,26	0,00-2,00 Schacht, 2,00-3,85 Schwemmfächermaterial, 3,85-34,00 OSM (Tone bis Sandsteine)
357	8026-LEB-BG-044	4358867	5314622	603,89	6,0	597,89	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-2,00 NT verwittert, 2,00-6,00 NT
358	8026-LEB-BG-045	4359148	5314693	603,05	6,0	597,05	nicht erreicht		0,00-0,80 A, 0,80-3,00 NT verwittert, 3,00-5,50 NT, 5,50-6,00 Aufarbeitungslage
359	8026-LEB-BG-046	4359240	5314761	602,90	6,0	596,90	nicht erreicht		0,00-0,30 A, 0,30-1,50 Lol/H-ochflutlehm, 1,50-6,00 NT
360	8026-LEB-BG-047	4359190	5314934	602,00	6,0	596,00	nicht erreicht		0,00-0,40 A, 0,40-1,00 Lol/H-ochflutlehm, 1,00-1,70 NT verwittert, 1,70-6,00 NT
361	8026-LEB-BG-048	4359321	5315122	602,10	6,0	596,10	nicht erreicht		0,00-0,60 A, 0,60-1,50 Lol/H-ochflutlehm, 1,50-6,00 NT
362	8026-LEB-BG-049	4358991	5314152	605,70	6,0	599,70	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-1,00 NT verwittert, 1,00-6,00 NT
363	8026-LEB-BG-050	4359364	5314001	607,64	6,0	601,64	4,10	603,54	0,00-0,30 Mu, 0,30-2,80 NT verwittert, 2,80-3,80 NT, 3,80-4,10 Aufarbeitungslage, 4,10-6,00 OSM (Tone)
364	8026-LEB-BG-051	4362934	5313736	629,58	8,0	621,58	6,40	623,18	0,00-0,25 Mu, 0,25-1,20 Löss-/Schotterlehm, 1,20-2,00 HT angewittert, 2,00-6,40 HT, 6,40-8,00 OSM (Tone)
365	8026-LEB-BG-052	4362918	5313725	629,75	8,0	621,75	5,60	624,15	0,00-0,35 Mu, 0,35-1,30 Löss-/Schotterlehm, 1,30-2,20 HT angewittert, 2,20-5,60 HT, 5,60-8,00 OSM (Tone bis Schlufluffe)
366	8026-LEB-BG-053	4362240	5316753	598,49	6,0	592,49	nicht erreicht		0,00-1,20 A, 1,20-3,40, kiesiger Hochflutlehm, 3,40-6,00 Bachschotter
367	8026-LEB-BG-054	4362252	5316727	598,65	6,0	592,65	5,50	593,15	0,00-2,30 A, 2,30-3,20, kiesiger Hochflutlehm, 3,20-4,00 Bachschotter, 4,00-5,05 Aufarbeitungslage, 5,05-6,00 OSM (Schlufluffe)
368	8026-LEB-BG-055	4361922	5316129	621,77	2,5	619,27	nicht erreicht		0,00-0,60 A, 0,60-2,50 Lol/Schotterlehm
369	8026-LEB-BG-056	4361479	5315417	626,40	2,5	623,90	nicht erreicht		0,00-0,50 A, 0,50-2,50 Lol/Schotterlehm
370	8026-LEB-BG-057	4360396	5314659	629,13	2,5	626,63	nicht erreicht		0,00-0,60 A, 0,60-1,80 Lol/Schotterlehm, 1,80-2,50 HT angewittert
371	8026-LEB-BG-058	4359912	5314215	630,91	2,5	628,41	nicht erreicht		0,00-0,70 A, 0,70-1,70 Lol/Schotterlehm, 1,70-2,50 HT angewittert
372	8026-LEB-BG-059	4358816	5313264	611,34	3,0	608,34	nicht erreicht		0,00-0,50 A, 0,50-3,00 HT(?) angewittert
373	8026-LEB-BG-060	4358713	5313042	598,64	4,0	594,64	2,60	596,04	0,00-2,30 A, 2,30-2,60 Illerkes, 2,60-4,00 OSM (Schlufluffe bis Sandsteine)
374	8026-LEB-BG-061	4358419	5313200	590,69	3,0	587,69	nicht erreicht		0,00-0,60 A, 0,60-3,00 Illerkes

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET		Quartärbasis		Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:		[m u. GOK]	[m ü.NN]	[m u. GOK]	[m ü.NN]	
375	8026-LEB-BG-062	4361372	5317821	599,44	4,0	595,44	nicht erreicht		0,00-0,60 A, 0,60-3,40 z.T. kiesiger Lol, 3,40-3,90 Flugsand, 3,90-4,00 HT
376	8026-LEB-BG-063	4361532	5317939	591,02	4,1	586,92	4,00	587,02	0,00-1,50 A, 1,50-2,90 z.T. kiesiger Hochflutlehm, 2,90-4,00 Bachschotter, 4,00-4,10 OSM (Tone)
377	8026-LEB-BG-064	4361552	5317955	590,20	4,0	586,20	3,30	586,90	0,00-1,40 A, 1,40-1,80 Hochflutlehm, 1,80-2,90 Bachschotter, 2,90-3,30 Aufarbeitungslage, 3,30-4,00 OSM (Schluffe)
378	8026-LEB-BG-065	4361406	5318178	588,08	8,0	580,08	3,60	584,48	0,00-1,50 A, 1,50-2,80 z.T. kiesiger Hochflutlehm, 2,80-3,60 Bachschotter, 3,60-8,00 OSM (Tone)
379	8026-LEB-BG-066	4361278	5318077	589,71	4,0	585,71	3,00	586,71	0,00-0,70 A, 0,70-2,30 z.T. kiesiger Hochflutlehm mit Seekreide, 2,30-3,00 Bachschotter, 3,00-4,00 OSM (Schluffe)
380	8026-LEB-BG-067	4361132	5317963	598,06	4,0	594,06	1,30	596,76	0,00-0,90 A, 0,90-1,10 alter Mu, 1,10-2,00 kiesführender Hanglehm / Fließeerde, 2,00-4,00 OSM (Tone bis Schluffe)
381	8026-LEB-BG-068	4362125	5318246	597,29	4,0	593,29	nicht erreicht		0,00-0,70 A, 0,70-1,00 alter Mu, 1,00-2,50 Lol, 2,50-2,90 HT verwittert (Schotterlehm), 2,90-4,00 HT
382	8026-LEB-BG-069	4362018	5318255	596,25	4,0	592,25	nicht erreicht		0,00-0,90 A, 0,90-1,60 alter Mu, 1,60-2,80 Lol, 2,80-3,40 Schotterlehm HT, 3,40-4,00 HT verwittert
383	8026-LEB-BG-070	4361626	5317455	599,22	4,0	595,22	nicht erreicht		0,00-0,50 A, 0,50-2,50 Lol, 2,50-3,30 HT verwittert, 3,30-4,00 HT
384	8026-LEB-BG-071	4361726	5317507	591,67	6,0	585,67	nicht erreicht		0,00-0,70 A, 0,70-1,90 z.T. kiesiger Hochflutlehm, 1,90-6,00 Bachschotter
385	8026-LEB-BG-072	4361828	5317608	593,92	4,0	589,92	1,40	592,52	0,00-0,40 A, 0,40-0,70 Hanglehm / Lol, 0,70-1,40 HT verwittert, 1,40-4,00 OSM (Tone bis Sande)
386	8026-LEB-BG-073	4361666	5317320	596,13	4,0	592,13	nicht erreicht		0,00-1,60 A, 1,60-1,80 Hochflutlehm mit Seekreide, 1,80-2,50 kiesführender Hochflutlehm, 2,50-4,00 Bachschotter
387	8026-LEB-BG-074	4361733	5317236	597,95	4,2	593,75	2,80	595,15	0,00-0,30 A, 0,30-0,60 alter Mu, 0,60-1,40 Hochflutlehm, 1,40-2,00 Bachschotter, 2,00-2,80 Aufarbeitungslage, 2,80-4,20 OSM (Schluffe)
388	8026-LEB-BG-075	4361791	5317119	595,54	4,2	591,34	4,00	591,54	0,00-0,40 Mu, 0,40-2,10 Hochflutlehm mit Seekreide, 2,10-2,40 Bachschotter, 2,40-2,60 Torf, 2,60-3,40 Hochflutlehm, 3,40-4,00 Bachschotter, 4,00-4,20 OSM (Tone)
389	8026-LEB-BG-076	4361976	5316891	598,82	4,0	594,82	3,20	595,62	0,00-0,50 A, 0,50-3,00 Bachschotter, 3,00-3,20 Aufarbeitungslage, 3,20-4,00 OSM (Tone)
390	8026-LEB-BG-077	4359469	5313448	636,09	8,0	628,09	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-1,50 Lol, kiesig, 1,50-4,60 HT verwittert, 4,60-8,00 HT
391	8026-LEB-BG-078	4360239	5313156	636,65	5,3	631,35	nicht erreicht		0,00-0,60 Mu, 0,60-3,20 HT verwittert, 3,20-5,30 HT
392	8026-LEB-BG-079	4360209	5312839	639,06	6,4	632,66	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-1,70 Lol, 1,70-3,90 HT verwittert, 3,90-6,40 HT
393	8026-LEB-BG-080	4359802	5312930	637,98	6,8	631,18	nicht erreicht		0,00-0,80 Mu, 0,80-2,60 Lol, kiesig, 2,60-6,80 HT
394	8026-LEB-BG-081	4359434	5313454	631,17	8,0	623,17	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-2,00 Lol, 2,00-8,00 HT
395	8026-LEB-BG-082	4359643	5313494	635,16	6,7	628,46	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-3,60 Lol, 3,60-6,70 HT
396	8026-LEB-BG-083	4359662	5313350	634,53	9,0	625,53	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-1,00 Lol, kiesig, 1,00-2,50 Flusssand, kiesig, 2,50-9,00 HT
397	8026-LEB-BG-084	4359410	5313370	632,79	5,0	627,79	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-1,00 Lol, kiesig, 1,00-5,00 HT
398	8026-LEB-BG-085	4362946	5317401	605,35	15,0	590,35	9,50	595,85	0,00-2,70 A, 2,70-5,80 Fließerden, 5,80-9,50 NT, 9,50-15,00 OSM (Tone bis Schluffe)

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET		Quartärbasis		Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:		[m u. GOK]	[m ü.NN]	[m u. GOK]	[m ü.NN]	
399	8026-LEB-BG-086	4362992	5317359	605,25	15,0	590,25	8,80	596,45	0,00-1,50 A, 1,50-4,40 Fließerden, 4,40-8,80 NT, 8,80-15,00 OSM (Tone bis Schluffe)
400	8026-LEB-BG-087	4362903	5317362	609,89	15,0	594,89	5,50	604,39	0,00-0,10 Mu, 0,10-0,20 Lo, kiesig, 0,20-1,80 HT verwittert, 1,80-5,50 HT, 5,50-15,00 OSM (Tone bis Schluffe)
401	8026-LEB-BG-088	4363061	5317459	601,31	9,4	591,91	8,70	592,61	0,00-0,30 Mu, 0,30-1,80 Fließerden, 1,80-2,30 NT verwittert, 2,30-8,30 NT, 8,30-8,70 Aufarbeitungsstufe, 8,70-10,00 OSM (Tone bis Schluffe)
402	8026-LEB-BG-089	4363125	5317626	600,24	17,5	582,76	15,40	584,84	0,00-1,20 A, 1,20-3,00 NT verwittert, 3,00-15,40 NT, 15,40-17,48 OSM (Tone)
403	8026-LEB-BG-090	4362331	5316776	598,40	10,0	588,40	6,90	591,50	0,00-1,25 A, 1,25-6,90 Bachschotter, 6,90-10,00 OSM (Tone bis Schluffe)
404	8026-LEB-BG-091	4362314	5316763	598,51	10,0	588,51	5,90	592,61	0,00-1,00 A, 1,00-5,90 Bachschotter bis -lehm, 5,90-10,00 OSM (Tone bis Schluffe)
405	8026-LEB-BG-092	4362445	5317255	615,20	8,0	607,20	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-0,60 Lo, 0,60-2,50 Lo, kiesig, 2,50-8,00 HT
406	8026-LEB-BG-093	4362496	5317321	615,56	8,0	607,56	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-0,70 Lo, 0,70-2,40 Lo, kiesig, 2,40-8,00 HT
407	8026-LEB-BG-094	4362460	5317320	615,35	10,0	605,35	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-0,80 Lo, 0,80-2,50 Lo, kiesig, 2,50-10,00 HT
408	8026-LEB-BG-095	4362430	5317745	605,88	6,0	599,88	nicht erreicht		0,00-1,80 A, 1,80-4,00 NT verwittert, 4,00-6,00 NT
409	8026-LEB-BG-096	4362412	5317668	612,50	8,0	604,50	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-4,00 Lo, kiesig, 4,00-4,80 HT verwittert, 4,80-8,00 HT
410	8026-LEB-BG-097	4362570	5317595	612,30	8,0	604,30	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-3,60 Lo, kiesig, 3,60-4,40 HT verwittert, 4,40-8,00 HT
411	8026-LEB-BG-098	4362617	5317568	610,76	8,0	602,76	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-2,50 Lo, kiesig, 2,50-3,60 HT verwittert, 3,60-8,00 HT
412	8026-LEB-BG-099	4362629	5317599	606,75	6,0	600,75	nicht erreicht		0,00-0,20 A, 0,20-2,10 Lo, 2,10-4,00 Lo, kiesig oder Fließerden, 4,00-4,40 NT verwittert, 4,40-6,00 NT
413	8026-LEB-BG-100	4362302	5316792	596,89	8,0	588,89	5,70	591,19	0,00-1,60 A, 1,60-2,40 Hochflutlehm, 2,40-5,70 Bachschotter bis -sand, 5,70-8,00 OSM (Schluffe bis Sande)
414	8026-LEB-BG-101	4362299	5316774	596,45	8,0	588,45	3,80	592,65	0,00-1,20 A, 1,20-3,80 Bachschotter bis -sand, 3,80-8,00 OSM (Schluffe)
415	8026-LEB-BG-102	4363154	5317392	602,47	11,5	590,97	10,40	592,07	0,00-0,45 A, 0,45-3,65 Lo, 3,65-10,40 NT, 10,40-11,50 OSM (Sande)
416	8026-LEB-BG-103	4362933	5318002	600,00	18,0	582,00	17,50	582,50	0,00-0,60 A, 0,60-1,90 Lo, kiesig, 1,90-16,80 NT, 16,80-17,50 Aufarbeitungsstufe, 17,50-18,00 OSM (Tone)
417	8026-LEB-BG-104	4362983	5317670	612,00	16,0	596,00	14,60	597,40	0,00-1,30 Mu bis Lo, kiesig, 1,30-2,50 NT, 2,50-14,60 OSM (Tone)
418	8026-LEB-BG-105	4362640	5317339	615,79	5,0	610,79	nicht erreicht		0,00-1,30 A, 1,30-2,00 Lo, kiesig, 2,00-3,60 NT verwittert ("Schotterlehm"), 3,60-4,00 NT angewittert, 4,00-5,00 NT
419	8027-LEB-BG-001	4366222	5314766	611,58	22,3	589,28	14,70	596,88	0,00-0,20 Mu, 0,20-1,10 Fließerde, 1,10-14,70 NT, 14,70-14,80 OSM-"Felsplatte", 14,80-15,00 OSM (Tone) mit Kalkkonkretionen, 15,00-22,30 OSM (Tone)
420	8027-LEB-BG-002	4363973	5319208	595,00	9,3	585,70	nicht erreicht		0,00-1,30 Lo, 1,30-2,50 NT verwittert, 2,50-9,30 NT
421	8027-LEB-BG-003	4363882	5319171	595,00	15,4	579,60	9,30	585,70	0,00-0,35 Mu, 0,35-1,30 Lo, 1,30-8,80 NT, 8,80-9,30 Aufarbeitungsstufe, 9,30-15,40 OSM (Tone bis Feinsande)

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET		Quartärbasis		Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:		[m u. GOK]	[m ü.NN]	[m u. GOK]	[m ü.NN]	
422	8027-LEB-BG-004	4364680	5319361	592,00	7,8	584,20	7,40	584,60	0,00-0,50 Mu, 0,50-1,50 Alm, 1,50-2,70 Torf, 2,70-3,70, kiesiger Hochflutlehm/Bachschorfer, 3,70-7,40 NT, 7,40-7,50 OSM (Sandsteine), 7,50-7,80 OSM (Tone)
423	8027-LEB-BG-005	4365010	5319358	593,00	11,4	581,60	10,10	582,90	0,00-0,20 Mu, 0,20-1,60 Alm, 1,60-3,50 Alm verfestigt (Kalktuff), 3,50-3,80 Torf, 3,80-4,80, kiesiger Hochflutlehm/Bachschorfer, 4,80-10,10 NT, 10,10-11,40 OSM (Schluffe, Sande bis Sandsteine)
424	8027-LEB-BG-006	4364966	5319259	593,00	10,0	583,00	9,00	584,00	0,00-0,25 Mu, 0,25-1,25 Alm, 1,25-2,60 Torf, 2,60-3,10, kiesiger Hochflutlehm/Bachschorfer, 3,10-9,00 NT, 9,00-10,00 OSM (Schluffe bis Feinsande)
425	8027-LEB-BG-007	4364744	5318697	600,00	11,0	589,00	9,60	590,40	0,00-0,40 Mu, 0,40-1,10 Alm, 1,10-1,70 Alm verfestigt (Kalktuff), 1,70-3,90 Alm, 3,90-4,70 Alm + Torf, 4,70-5,60, kiesiger Hochflutlehm/Bachschorfer, 5,60-9,60 NT, 9,60-11,00 OSM (Tone)
426	8027-LEB-BG-008	4363505	5317975	600,07	19,3	580,77	18,00	582,07	0,00-0,40 A, 0,40-1,20 Lol, 1,20-3,50 Lol kiesführend/Schotterlehm, 3,50-18,00 NT, 18,00-19,30 OSM (Tone)
427	8027-LEB-BG-009	4365762	5318638	599,77	11,0	588,77	10,60	589,17	0,00-1,50 A, 1,50-2,20 Alm mit Torflagen, 2,20-4,20 Hochflutsand schwach kiesführend, 4,20-4,70 Hochflutsand, 4,70-10,60 NT, 10,60-11,00 OSM (Schluffe)
428	8027-LEB-BG-010	4365725	5318439	599,90	10,5	589,40	9,90	590,00	0,00-1,00 A, 1,00-2,00 Alm, 2,00-3,00 Alm mit Torflagen, 3,00-4,20 Hochflutsand, 4,20-9,80 NT, 9,80-10,50 OSM (Schluffe)
429	8027-LEB-BG-011	4365860	5318324	599,50	10,0	589,50	9,50	590,00	0,00-1,10 Torf, 1,10-2,00 Alm, 2,00-2,80 Torf, 2,80-9,50 NT, 9,50-10,00 OSM (Schluffe)
430	8027-LEB-BG-012	4364429	5315264	607,12	8,0	599,12	4,20	602,92	0,00-0,40 Mu, 0,40-1,10 NT verwittert, 1,10-4,20 NT, 4,20-8,00 OSM (Schluffe bis Sande)
431	8027-LEB-BG-013	4364427	5315318	607,02	8,0	599,02	3,90	603,12	0,00-0,30 Mu, 0,30-1,00 Torf, 1,00-3,90 NT, 3,90-8,00 OSM (Schluffe bis Sande)
432	8027-LEB-BG-014	4364460	5315304	606,83	10,0	596,83	4,10	602,73	0,00-0,30 Mu, 0,30-0,50 Torf, 0,50-4,10 NT, 4,10-4,70 OSM (Sandsteine), 4,70-10,00 OSM (Schluffe)
433	8027-LEB-BG-015	4364491	5315294	606,83	6,0	600,83	nicht erreicht		0,00-1,20 A, 1,20-6,00 NT
434	8027-LEB-BG-016	4364491	5315318	606,90	8,0	598,90	5,30	601,60	0,00-0,30 Mu, 0,30-1,10 Hochflutsand, 1,10-5,30 NT, 5,30-8,00 OSM (Schluffe)
435	8027-LEB-BG-017	4365241	5316816	600,59	9,0	591,59	nicht erreicht		0,00-0,10 Asphalt, 0,10-2,00 Kies (A?), 2,00-9,00 NT
436	8027-LEB-BG-018	4364022	5317588	604,12	10,0	594,12	nicht erreicht		0,00-3,00 A, 3,00-10,00 NT
437	8027-LEB-BG-019	4364088	5317640	602,85	10,0	592,85	nicht erreicht		0,00-2,40 A, 2,40-10,00 NT
438	8027-LEB-BG-020	4364061	5317611	603,52	10,0	593,52	nicht erreicht		0,00-3,20 A, 3,20-10,00 NT
439	8027-LEB-BG-021	4364075	5317649	602,76	10,0	592,76	nicht erreicht		0,00-4,20 A, 4,20-10,00 NT
440	8027-LEB-BG-022	4364041	5317633	603,33	15,0	588,33	nicht erreicht		0,00-3,80 A, 3,80-15,00 NT
441	8027-LEB-BG-023	4364227	5318778	596,00	14,0	582,00	8,10	587,90	0,00-0,60 A, 0,60-2,10 Lol, 2,10-2,70 Lol kiesführend/Schotterlehm, 2,70-8,10 NT, 8,10-14,00 OSM (Feinsande)
442	8027-LEB-BG-024	4364944	5318169	597,96	10,3	587,66	nicht erreicht		0,00-2,10 A, 2,10-4,20 Alm, 4,20-5,50 NT verwittert, 5,50-10,30 NT
443	8027-LEB-BG-025	4364634	5317929	597,86	10,0	587,86	nicht erreicht		0,00-1,40 A, 1,40-3,60 Alm, 3,60-10,00 NT

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET		Quartärbasis		Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:		[m u. GOK]	[m ü.NN]	[m u. GOK]	[m ü.NN]	
444	8027-LEB-BG-026	4364664	5317971	597,87	10,0	587,87	nicht erreicht		0,00-0,60 A, 0,60-3,60 Alm, 3,60-10,00 NT
445	8027-LEB-BG-027	4364686	5317945	597,94	10,0	587,94	nicht erreicht		0,00-1,90 A, 1,90-3,60 Alm, 3,60-10,00 NT
446	8027-LEB-BG-028	4363939	5317933	602,58	15,0	587,58	nicht erreicht		0,00-1,30 A, 1,30-2,45 Lol kiesführend, 2,45-3,50 NT verwittert, 3,50-15,00 NT
447	8027-LEB-BG-029	4363936	5317903	602,58	12,0	590,58	nicht erreicht		0,00-3,10 A, 3,10-12,00 NT
448	8027-LEB-BG-030	4363953	5317919	602,49	10,0	592,49	nicht erreicht		0,00-2,00 A, 2,00-2,70 Lol, 2,70-3,20 NT verwittert, 3,20-10,00 NT
449	8027-LEB-BG-031	4363976	5317943	601,21	10,0	591,21	nicht erreicht		0,00-1,20 A, 1,20-2,30 Lol, 2,30-10,00 NT
450	8027-LEB-BG-032	4363983	5317905	600,82	10,0	590,82	nicht erreicht		0,00-1,90 A, 1,90-2,60 NT verwittert, 2,60-10,00 NT
451	8027-LEB-BG-033	4364001	5317928	601,24	20,0	581,24	17,60	583,64	0,00-1,80 A, 1,80-2,40 Lol, 2,40-17,60 NT, 17,60-18,20 OSM (Schluffe bis Sande), 18,20-20,00 OSM (Tone)
452	8027-LEB-BG-034	4364028	5317964	601,57	10,0	591,57	nicht erreicht		0,00-2,60 A, 2,60-3,40 NT verwittert, 3,40-10,00 NT
453	8027-LEB-BG-035	4364046	5317936	601,42	10,0	591,42	nicht erreicht		0,00-3,00 A, 3,00-10,00 NT
454	8027-LEB-BG-036	4364028	5317913	601,08	12,0	589,08	nicht erreicht		0,00-2,50 A, 2,50-4,50 NT verwittert, 4,50-12,00 NT
455	8027-LEB-BG-037	4364062	5317878	601,35	10,0	591,35	nicht erreicht		0,00-5,20 A, 5,20-10,00 NT
456	8027-LEB-BG-038	4364070	5318019	601,66	10,0	591,66	nicht erreicht		0,00-7,70 A, 7,70-10,00 NT
457	8027-LEB-BG-039	4364087	5317972	601,68	8,0	593,68	nicht erreicht		0,00-3,50 A, 3,50-8,00 NT
458	8027-LEB-BG-040	4364072	5317931	601,76	8,0	593,76	nicht erreicht		0,00-2,00 A, 2,00-3,50 Lol kiesführend, 3,50-8,00 NT
459	8027-LEB-BG-041	4364100	5317890	601,35	10,0	591,35	nicht erreicht		0,00-2,60 A, 2,60-10,00 NT
460	8027-LEB-BG-042	4368293	5311393	657,00	15,0	642,00	10,00	647,00	0,00-4,00 HT verwittert, 4,00-8,00 HT, 8,00-10,00 Aufarbeitungsstufe, 10,00-14,00 OSM (Sande), 14,00-15,00 OSM (Tone bis Schluffe)
461	8027-LEB-BG-043	4367106	5315603	610,00	8,2	601,80	nicht erreicht		0,00-1,50 Fließerde/Schwemmlern, 1,50-2,50 Fließerde/kiesiger Schwemmlern, 2,50-2,70 Fließerde/Schwemmsand, 2,70-8,20 NT
462	8027-LEB-BG-044	4363259	5316534	619,48	6,0	613,48	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-2,50 Lol, 2,50-3,80 Lol kiesführend/Schotterlehm, 3,80-6,00 HT verwittert
463	8027-LEB-BG-045	4363510	5316358	621,98	15,0	606,98	14,20	607,78	0,00-0,10 Mu, 0,10-2,60 Lol, 2,60-6,10 Lol kiesführend/Schotterlehm, 6,10-14,20 HT, 14,20-15,00 OSM (Schluffe bis Feinsande)
464	8027-LEB-BG-046	4363586	5316336	621,60	5,2	616,40	nicht erreicht		0,00-0,25 Mu, 0,25-1,70 Lol, 1,70-3,60 Lol kiesführend/Schotterlehm, 3,60-5,20 HT verwittert
465	8027-LEB-BG-047	4363995	5315994	624,31	8,0	616,31	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-1,30 Lol, 1,30-2,20 Lol kiesführend/Schotterlehm, 2,20-4,20 HT verwittert, 4,20-8,00 HT
466	8027-LEB-BG-048	4364011	5315950	624,38	15,0	609,38	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-1,60 Lol, 1,60-3,70 Lol kiesführend/Schotterlehm, 3,70-7,80 HT verwittert, 7,80-15,00 HT
467	8027-LEB-BG-049	4364250	5315717	623,38	14,0	609,38	7,10	616,28	0,00-0,25 Mu, 0,25-2,30 Lol kiesführend/Schotterlehm, 2,30-4,10 HT verwittert, 4,10-6,60 HT, 6,60-7,10 Aufarbeitungsstufe, 7,10-14,00 OSM (Tone bis Feinsande)
468	8027-LEB-BG-050	4364392	5315538	606,18	10,8	595,38	3,20	602,98	0,00-0,10 Mu, 0,10-3,20 NT, 3,20-10,80 OSM (Sande bis Tone)
469	8027-LEB-BG-051	4364433	5315629	606,35	15,0	591,35	4,10	602,25	0,00-1,10 Bachschotter, 1,10-4,10 NT, 4,10-15,00 OSM (Tone bis Feinsande)
470	8027-LEB-BG-052	4364273	5315737	624,10	20,0	604,10	7,30	616,80	0,00-0,30 Mu, 0,30-2,50 Lol kiesführend, 2,50-3,30 Lol kiesführend/Schotterlehm, 3,30-4,60 HT verwittert, 4,60-7,30 HT, 7,30-20,00 OSM (Tone bis Feinsande)

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET		Quartärbasis		Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:		[m u. GOK]	[m ü.NN]	[m u. GOK]	[m ü.NN]	
471	8027-LEB-BG-053	4364228	5315695	624,70	20,0	604,70	8,80	615,90	0,00-0,30 Mu, 0,30-1,40 Lol, 1,40-2,60 Lol kiesführend/Schotterlehm, 2,60-5,40 HT verwittert, 5,40-8,80 HT, 8,80-9,20 Aufarbeitungslehre, 9,20-20,00 OSM (Tone bis Sande)
472	8027-LEB-BG-054	4365938	5319392	593,49	20,0	573,49	6,90	586,59	0,00-1,30 A, 1,30-4,80 Schwemmlehm, 4,80-6,90 NT, 6,90-20,00 OSM (Schluflie bis Sande)
473	8027-LEB-BG-055	4365888	5319393	593,91	20,0	573,91	7,60	586,31	0,00-1,00 A, 1,00-1,50 Schwemmlehm, 1,50-4,90 Torf, 4,90-7,60 NT, 7,60-20,00 OSM (Schluflie bis Sande)
474	8027-LEB-BG-056	4365740	5319392	592,67	20,0	572,67	9,50	583,17	0,00-0,80 A, 0,80-2,90 Alm, 2,90-3,30 Torf, 3,30-4,50 Alm, 4,50- 9,50 NT, 9,50-20,00 OSM (Schluflie bis Sande)
475	8027-LEB-BG-057	4365721	5319393	592,37	20,0	572,37	9,50	582,87	0,00-1,50 A, 1,50-4,10 Alm, 4,10-9,50 NT, 9,50-20,00 OSM (Schluflie bis Sande)
476	8027-LEB-BG-058	4365672	5319390	593,63	20,0	573,63	10,50	583,13	0,00-0,60 Mu, 0,60-4,20 Alm, 4,20-5,60 Alm mit Torflagen, 5,60- 10,50 NT, 10,50-20,00 OSM (Schluflie bis Sande)
477	8027-LEB-BG-059	4365594	5319395	593,13	6,0	587,13	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-4,10 Alm, 4,10-4,80 Alm + Torf, 4,80-6,00 NT
478	8027-LEB-BG-060	4365502	5319401	593,51	6,0	587,51	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-4,40 Alm, 4,40-5,20 Alm + Torf, 5,20-6,00 NT
479	8027-LEB-BG-061	4365375	5319409	592,62	6,0	586,62	nicht erreicht		0,00-0,50 Mu, 0,50-3,05 Alm, 3,05-4,85 Torf, 4,85-6,00 NT
480	8027-LEB-BG-062	4365276	5319422	592,16	15,0	577,16	9,80	582,36	0,00-0,40 Mu, 0,40-3,70 Alm, 3,70-4,20 Torf, 4,20-9,80 NT, 9,80- 15,00 OSM (Schluflie bis Sande)
481	8027-LEB-BG-063	4365142	5319428	591,44	6,0	585,44	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-2,05 Alm, 2,05-2,60 Torf, 2,60-3,30 Alm, 3,30- 6,00 NT
482	8027-LEB-BG-064	4365035	5319419	590,06	20,0	570,06	8,10	581,96	0,00-1,10 A, 1,10-1,70 Alm, 1,10-2,80 Torf, 2,80-8,00 NT, 8,00- 20,00 OSM (Schluflie bis Sande)
483	8027-LEB-BG-065	4364994	5319455	590,09	20,0	570,09	8,10	581,99	0,00-2,30 A, 2,30-8,10 NT, 8,10-20,00 OSM (Schluflie bis Sande)
484	8027-LEB-BG-066	4364880	5319444	589,46	20,0	569,46	8,10	581,36	0,00-1,10 A, 1,10-1,90 Torf, 1,90-8,10 NT, 8,10-20,00 OSM (Schluflie bis Sande)
485	8027-LEB-BG-067	4364861	5319442	589,58	20,0	569,58	7,90	581,68	0,00-0,40 A, 0,40-2,60 Alm, 2,60-7,90 NT, 7,90-20,00 OSM (Schluflie bis Sande)
486	8027-LEB-BG-068	4364835	5319445	589,74	20,0	569,74	8,60	581,14	0,00-0,90 A, 0,90-2,10 Alm, 2,10-2,90 Torf, 2,90-8,60 NT, 8,60- 20,00 OSM (Schluflie bis Sande)
487	8027-LEB-BG-069	4364784	5319445	590,00	6,0	584,00	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-1,20 Alm, 1,20-1,70 Alm + Torf, 1,70-2,50 Torf, 2,50-5,00 NT
488	8027-LEB-BG-070	4364743	5319448	589,97	20,0	569,97	8,70	581,27	0,00-0,80 A, 0,80-2,60 Alm, 2,60-3,60 Torf, 3,60-8,70 NT, 8,70- 20,00 OSM (Schluflie bis Sande)
489	8027-LEB-BG-071	4364720	5319450	589,40	20,0	569,40	7,70	581,70	0,00-0,20 Mu, 0,20-2,20 Alm, 2,20-2,80 Torf, 2,80-7,70 NT, 7,70- 20,00 OSM (Schluflie bis Sande)
490	8027-LEB-BG-072	4364628	5319451	589,23	6,0	583,23	nicht erreicht		0,00-2,60 A, 2,60-2,80 Torf, 2,80-6,00 NT
491	8027-LEB-BG-073	4364578	5319455	589,51	20,0	569,51	6,50	583,01	0,00-2,00 A, 2,00-2,60 Torf, 2,60-6,50 NT, 6,50-20,00 OSM (Schluflie bis Sande)
492	8027-LEB-BG-074	4364558	5319456	589,78	20,0	569,78	3,90	585,88	0,00-2,10 A, 2,10-2,90 Torf, 2,90-3,90 NT, 3,90-20,00 OSM (Schluflie bis Sande)
493	8027-LEB-BG-075	4364531	5319458	589,78	20,0	569,78	2,20	587,58	0,00-0,90 A, 0,90-2,20 kiesführende DS (Hochflutlehm/Hanglehm), kein NT, 2,20-20,00 OSM (Schluflie bis Sande)
494	8027-LEB-BG-076	4364498	5319458	590,47	20,0	570,47	1,40	589,07	0,00-0,40 Mu, 0,40-1,40 Bachschotter, kein NT, 1,40-20,00 OSM (Schluflie bis Sande)

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET		Quartärbasis		Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:		[m u. GOK]	[m ü.NN]	[m u. GOK]	[m ü.NN]	
495	8027-LEB-BG-077	4364321	5319441	594,96	15,5	579,46	6,70	588,26	0,00-0,50 Mu, 0,50-1,80 Lol, 1,80-6,70 NT, 6,70-15,50 OSM (Schluffe bis Sande)
496	8027-LEB-BG-078	4364881	5317601	597,25	6,0	591,25	nicht erreicht	588,20	0,00-1,40 A, 1,40-2,80 NT verwittert, 2,80-6,00 NT
497	8027-LEB-BG-079	4365283	5317866	596,80	10,5	586,30	8,60	588,20	0,00-0,40 Mu, 0,40-1,60 Alm, 1,60-8,60 NT, 8,60-10,50 OSM (Schluffe)
498	8027-LEB-BG-080	4365264	5317892	596,45	10,3	586,15	8,00	588,45	0,00-0,40 Mu, 0,40-1,40 Alm, 1,40-8,00 NT, 8,00-10,30 OSM (Schluffe)
499	8027-LEB-BG-081	4365307	5317905	597,35	10,0	587,35	8,70	588,65	0,00-1,40 A, 1,40-2,40 Alm, 2,40-8,70 NT, 8,70-10,00 OSM (Schluffe)
500	8027-LEB-BG-082	4364594	5318484	593,05	11,0	582,05	6,70	586,35	0,00-0,80 A, 0,80-1,90 Alm, 1,90-2,60 Hochflutlehm/Anmoor, 2,60-6,70 NT, 6,70-11,00 OSM (Tone bis Sande)
501	8027-LEB-BG-083	4364614	5318496	592,85	11,5	581,35	6,40	586,45	0,00-0,40 A, 0,40-1,70 Alm, 1,70-2,00 Hochflutlehm/Anmoor, 2,00-6,40 NT, 6,40-11,50 OSM (Tone bis Sande)
502	8027-LEB-BG-084	4364649	5318519	592,80	12,0	580,80	6,50	586,30	0,00-0,90 A, 0,90-1,90 Alm, 1,90-6,50 NT, 6,50-12,00 OSM (Schluffe bis Tone)
503	8027-LEB-BG-085	4366022	5310140	637,00	41,2	595,80	21,90	615,10	0,00-0,30 Mu, 0,30-1,90 Hochflutlehm (Lol), 1,90-21,90 NT, 21,90-41,20 OSM (Tone bis Sande)
504	8027-LEB-BG-086	4366422	5312176	635,00	29,5	605,50	24,90	610,10	0,00-0,90 Mu, 0,90-24,90 NT, 24,90-29,50 OSM (Tone)
505	8027-LEB-BG-087	4366390	5312008	636,00	28,5	607,50	25,50	610,50	0,00-0,30 Mu, 0,30-2,20 NT verwittert, 2,20-25,50 NT, 25,50-28,50 OSM (Tone bis Schluffe)
506	8027-LEB-BG-088	4371026	5314072	678,57	10,0	668,57	0,20	678,37	0,00-0,20 Mu, 0,20-10,00 OSM (Schluffe bis Sande)
507	8027-LEB-BG-089	4371718	5313755	681,00	15,0	666,00	1,90	679,10	0,00-0,30 Mu, 0,30-1,90 kiesführende DS (Restschotter), 1,90-15,00 OSM (Schluffe bis Sande)
508	8027-LEB-BG-090	4371730	5313766	681,00	18,0	663,00	1,60	679,40	0,00-1,60 Kiesführende DS (Restschotter), 1,60-18,00 OSM (Schluffe bis Sande)
509	8027-LEB-BG-091	4371739	5313813	681,00	15,0	666,00	4,10	676,90	0,00-0,20 Mu, 0,20-2,50 kiesführende DS (Restschotter), 2,50-4,10 Fein- bis Mittelkies (Restschotter), 4,10-15,00 OSM (Schluffe bis Sande)
510	8027-LEB-BG-092	4363644	5319501	594,00	5,0	589,00	nicht erreicht		0,00-0,90 Lol, 0,90-2,20 Lol kiesführend/Schotterlehm, 2,20-5,00 NT
511	8027-LEB-BG-093	4363923	5319470	594,00	10,0	584,00	9,20	584,80	0,00-0,40 Mu, 0,40-1,40 Lol, 1,40-2,40 NT verwittert, 2,40-9,20 NT, 9,20-10,00 OSM (Schluffe)
512	8027-LEB-BG-094	4364323	5319444	594,00	10,0	584,00	6,80	587,20	0,00-0,25 Mu, 0,25-0,95 Lol, 0,95-6,50 NT, 6,50-10,00 OSM (Tone bis Schluffe)
513	8027-LEB-BG-095	4364423	5319461	594,00	10,0	584,00	5,50	588,50	0,00-2,00 A, 2,00-2,20 Lol, 2,20-5,50 NT, 5,50-10,00 OSM (Tone bis Sande)
514	8027-LEB-BG-096	4364843	5319440	589,75	20,0	569,75	8,70	581,05	0,00-0,40 Mu, 0,40-1,90 Alm, 1,90-2,70 Torf, 2,70-3,00 Bachschotter, 3,00-8,30 NT, 8,30-20,00 OSM (Tone bis Sande)
515	8027-LEB-BG-097	4364674	5319444	589,26	21,0	568,26	6,40	582,86	0,00-0,70 Mu, 0,70-2,10 Alm, 2,10-2,60 Torf, 2,60-3,00 Bachschotter, 3,00-6,40 NT, 6,40-21,00 OSM (Schluffe bis Sande)
516	8027-LEB-BG-098	4364569	5319444	589,80	20,0	569,80	4,90	584,90	0,00-4,50 A, 4,50-4,90 NT, 4,90-5,90 OSM (Sande), 5,90-20,00 OSM (Tone bis Schluffe)
517	8027-LEB-BG-099	4364522	5319444	589,76	20,0	569,76	1,10	588,66	0,00-0,20 Mu, 0,20-0,60, kiesiger Hochflutlehm, 0,60-1,10 Bachschotter, kein NT, 1,10-20,00 OSM (Schluffe bis Sande)

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET		Quartärbasis		Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:		[m u. GOK]	[m ü.NN]	[m u. GOK]	[m ü.NN]	
518	8027-LEB-BG-100	4365004	5319403	590,88	10,0	580,88	8,80	582,08	0,00-0,60 A, 0,60-2,10 Alm, 2,10-3,00 Torf, 3,00-3,70 Bachschotter, 3,70-8,80 NT, 8,80-10,00 OSM (Schluffe)
519	8027-LEB-BG-101	4364993	5319438	589,92	10,0	579,92	7,60	582,32	0,00-1,00 A, 1,00-1,70 Alm, 1,70-2,70 Torf, 2,70-7,60 NT, 7,60-10,00 OSM (Schluffe)
520	8027-LEB-BG-102	4365039	5319427	590,28	10,0	580,28	8,40	581,88	0,00-1,80 A, 1,80-2,20 Alm, 2,20-3,00 Torf, 3,00-8,60 NT, 8,60-10,00 OSM (Schluffe)
521	8027-LEB-BG-103	4365030	5319464	590,20	10,0	580,20	7,50	582,70	0,00-0,40 Mu, 0,40-1,40 Alm, 1,40-2,50 Torf, 2,50-3,00 Alm, 3,00-7,50 NT, 7,50-10,00 OSM (Tone bis Sande)
522	8027-LEB-BG-104	4365271	5319438	592,08	16,8	575,28	9,80	582,28	0,00-0,30 Mu, 0,03-2,00 Alm, 2,00-3,40 Kalkuff, 3,40-4,00 Alm, 4,00-4,80 Torf, 4,80-5,60 Bachschotter, 5,60-9,80 NT, 9,80-16,80 OSM (Schluffe bis Sande)
523	8027-LEB-BG-105	4365267	5319404	592,10	20,0	572,10	9,80	582,30	0,00-0,30 Mu, 0,30-0,60 Alm, 0,60-3,30 Kalkuff, 3,30-4,00 Torf, 4,00-4,30 Bachschotter, 4,30-9,80 NT, 9,80-20,00 OSM (Schluffe bis Sande)
524	8027-LEB-BG-106	4365286	5319416	592,17	20,0	572,17	10,00	582,17	0,00-0,20 Mu, 0,20-3,80 Alm mit Kalkuff, 3,80-5,40 Alm mit Torflagen, 5,40-5,80 Bachschotter, 5,80-10,30 NT, 10,30-20,00 OSM (Schluffe)
525	8027-LEB-BG-107	4365685	5319404	593,58	20,0	573,58	10,30	583,28	0,00-0,40 A, 0,40-0,90 alter Mu mit Wurzelresten, 0,90-4,60 Alm, 4,60-5,00 Torf, 5,00-9,50 NT, 9,50-20,00 OSM (Tone bis Sande)
526	8027-LEB-BG-108	4365687	5319375	593,53	20,0	573,53	9,50	584,03	0,00-1,00 A, 1,00-3,00 Alm, 3,00-4,00 Torf, 4,00-5,00 Alm mit Torflagen, 5,00-10,00 NT, 10,00-17,00 OSM (Tone bis Schluffe)
527	8027-LEB-BG-109	4365712	5319401	592,80	17,0	575,80	10,00	582,80	0,00-0,60 Mu, 0,60-4,00 Alm mit Torflagen, 4,00-5,00 Bachschotter, 5,00-9,40 NT, 9,40-14,00 OSM (Schluffe bis Sande)
528	8027-LEB-BG-110	4365713	5319369	592,35	14,0	578,35	9,40	582,95	0,00-0,50 Mu, 0,50-1,20 Alm, 1,20-3,30 Torf, 3,30-9,90 NT, 9,90-20,00 OSM (Tone bis Schluffe)
529	8027-LEB-BG-111	4365713	5319378	592,55	20,0	572,55	9,90	582,65	0,0-0,40 A, 0,40-2,80 Alm, 2,80-3,60 Torf, 3,60-4,00 Hochflutsand, 4,00-8,80 NT, 8,80-20,00 OSM (Tone bis Schluffe)
530	8027-LEB-BG-112	4365732	5319391	592,61	20,0	572,61	8,80	583,81	0,00-1,20 A, 1,20-2,60 Alm, 2,60-4,50 Torf, 4,50-9,25 NT, 9,25-14,00 OSM (Schluffe)
531	8027-LEB-BG-113	4365732	5319410	592,52	14,0	578,52	9,25	583,27	0,00-0,40 A, 0,40-0,70 alter Mu mit Wurzelresten, 0,70-2,00 Alm, 2,00-2,70 Hochflutsand, 2,70-9,00 NT, 9,00-20,00 OSM (Tone bis Sande)
532	8027-LEB-BG-114	4365734	5319374	592,79	20,0	572,79	8,00	584,79	0,00-1,00 A, 1,00-1,20 alter Mu mit Wurzelresten, 1,20-2,30 Alm, 2,30-5,00 Torf, 5,00-7,20 NT, 7,20-13,00 OSM (Schluffe bis Sande)
533	8027-LEB-BG-115	4365917	5319417	593,60	13,0	580,60	7,20	586,40	0,00-0,80 A, 0,80-1,40 alter Mu mit Wurzelresten, 1,40-2,00 Schwemmsand, 2,00-4,90 Anmoor (Mudde)/Torf, 4,90-6,60 NT, 6,60-14,00 OSM (Schluffe bis Sande)
534	8027-LEB-BG-116	4365902	5319399	593,54	14,0	579,54	6,60	586,94	0,00-3,00 A, 3,00-5,20 Torf, 5,20-5,50 NT, 6,60-7,20 Aufarbeitungsstufe, 7,20-15,00 OSM (Tone bis Schluffe)
535	8027-LEB-BG-117	4365888	5319379	594,08	15,0	579,08	7,20	586,88	

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET		Quartärbasis		Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:		[m u. GOK]	[m ü.NN]	[m u. GOK]	[m ü.NN]	
536	8027-LEB-BG-118	4365958	5319411	594,02	12,0	582,02	6,80	587,22	0,00-1,20 A, 1,20-1,50 Schwemmlehm, 1,50-2,00 Schwemmlehm mit umgelagerter Alm, 2,00-5,00 Torf, 5,00-6,80 NT, 6,80-12,00 OSM (Tone bis Schluffe)
537	8027-LEB-BG-119	4365933	5319393	593,94	13,0	580,94	7,50	586,44	0,00-1,30 A, 1,30-1,70 Schwemmlehm, 1,70-4,80 Torf, 4,80-7,50 NT, 7,50-13,00 OSM (Tone bis Schluffe)
538	8027-LEB-BG-120	4365921	5319378	594,14	14,0	580,14	7,50	586,64	0,00-1,70 A, 1,70-2,90 Schwemmlehm, 2,90-5,30 Torf, 5,30-7,30 NT, 7,30-7,50 Aufarbeitungsstelle, 7,50-14,00 OSM (Tone bis Schluffe)
539	8027-LEB-BG-121	4364647	5319452	589,77	15,0	574,77	7,10	582,67	0,00-0,40 A, 0,40-3,30 A(?) / Hochflutland bis Hochflutlehm, 3,30-7,10 NT, 7,10-15,00 OSM (Schluffe bis Sande)
540	8027-LEB-BG-122	4364688	5319451	589,39	13,0	576,39	7,10	582,29	0,00-0,10 Mu, 0,10-2,80 Alm, 2,80-2,90 Torf, 2,90-3,30 Bachschotter, 3,30-7,10 NT, 7,10-13,00 OSM (Schluffe bis Sande)
541	8027-LEB-BG-123	4364710	5319458	589,60	13,0	576,60	7,70	581,90	0,00-1,00 A, 1,00-2,10 Alm, 2,10-2,30 Torf, 2,30-2,80 Alm, 2,80-7,70 NT, 7,70-13,00 OSM (Schluffe bis Sande)
542	8027-LEB-BG-124	4364753	5319456	589,72	20,0	569,72	8,50	581,22	0,00-1,10 A, 1,10-2,00 Alm, 2,00-2,60 Torf, 2,60-3,10 Bachschotter, 3,10-8,50 NT, 8,50-20,00 OSM (Schluffe bis Sande)
543	8027-LEB-BG-125	4364769	5319455	589,50	19,6	569,90	7,40	582,10	0,00-0,10 Mu, 0,10-2,80 Alm, 2,80-3,20 Bachschotter, 3,20-7,40 NT, 7,40-19,60 OSM (Schluffe bis Sande)
544	8027-LEB-BG-126	4364804	5319454	589,66	13,4	576,26	7,80	581,86	0,00-0,10 Mu, 0,10-1,40 Alm, 1,40-2,60 Torf, 2,60-7,80 NT, 7,80-13,40 OSM (Schluffe bis Sande)
545	8027-LEB-BG-127	4364881	5319448	589,60	13,0	576,60	7,80	581,80	0,00-0,70 A, 0,70-2,20 Alm, 2,20-2,40 Torf, 2,40-2,60 Bachschotter, 2,60-7,80 NT, 7,80-13,00 OSM (Schluffe bis Sande)
546	8027-LEB-BG-128	4368023	5317574	632,91	10,0	622,91	nicht erreicht		0,00-1,20 A, 1,20-2,70 Lol, 2,70-4,80 HT verwittert, 4,80-10,00 HT
547	8027-LEB-BG-129	4368502	5317232	633,38	10,0	623,38	nicht erreicht		0,00-1,10 A, 1,10-1,20 Lol kiesführend, 1,20-3,10 HT verwittert, 3,10-10,00 HT
548	8027-LEB-BG-130	4373239	5313461	647,56	10,0	637,56	3,80	643,76	0,00-0,50 Mu, 0,50-1,00 Bachschotter, 1,00-3,80 NT-Günztal, 3,80-10,00 OSM (Tone bis Feinsande)
549	8027-LEB-BG-131	4363853	5317923	598,84	8,0	590,84	nicht erreicht		0,00-0,80 A, 0,80-1,20 Lol, 1,20-1,80 Lol kiesführend/Schotterlehm, 1,80-2,50 NT verwittert, 2,50-8,00 NT
550	8027-LEB-BG-132	4363879	5317895	599,58	8,0	591,58	nicht erreicht		0,00-1,10 A, 1,10-1,80 Lol, 1,80-8,00 NT
551	8027-LEB-BG-133	4363908	5317902	599,87	8,0	591,87	nicht erreicht		0,00-1,10 A, 1,10-1,50 Lol, 1,50-2,15 NT verwittert, 2,15-8,00 NT
552	8027-LEB-BG-134	4371644	5318157	644,63	5,0	639,63	1,90	642,73	0,00-1,90, kiesiger Hangschutt (Fließerde/Restschotter?), 1,90-5,00 OSM (Tone bis Schluffe)
553	8027-LEB-BG-135	4371661	5318096	645,33	5,0	640,33	1,40	643,93	0,00-0,90 bindiger Decklehm (Lol), 0,09-1,40, kiesiger Hangschutt (Fließerde/Restschotter?), 1,40-5,00 OSM (Schluffe)
554	8027-LEB-BG-136	4371670	5318066	645,85	7,0	638,85	2,60	643,25	0,00-2,60, kiesiger Hangschutt (Fließerde/Restschotter?), 2,60-7,00 OSM (Schluffe)
555	8027-LEB-BG-137	4371678	5318033	646,41	7,0	639,41	1,90	644,51	0,00-1,90, kiesiger Hangschutt (Fließerde/Restschotter?), 1,90-7,00 OSM (Tone bis Schluffe)
556	8027-LEB-BG-138	4371686	5318001	646,67	7,0	639,67	1,60	645,07	0,00-1,60 bindiger Decklehm (Lol), 1,60-7,00 OSM (Schluffe bis Feinsande)

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET		Quartärbasis		Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:		[m u. GOK]	[m ü.NN]	[m u. GOK]	[m ü.NN]	
557	8027-LEB-BG-139	4371682	5317964	646,62	7,0	639,62	2,20	644,42	0,00-2,20 A, 2,20-7,00 OSM (Tone bis Feinsande)
558	8027-LEB-BG-140	4371699	5318141	647,48	7,0	640,48	1,00	646,48	0,00-1,00 bindiger Decklehm (Loi), 1,00-7,00 OSM (Tone bis Schluffe)
559	8027-LEB-BG-141	4364197	5318158	597,32	8,0	589,32	nicht erreicht		0,00-5,80 A, 5,80-8,00 NT
560	8027-LEB-BG-142	4367947	5318451	628,53	15,0	613,53	11,20	617,33	0,00-0,10 Mu, 0,10-2,35 Loi kiesführend, 2,35-8,45 Schotterlehm bis HT verwittert, 8,45-10,65 HT, 10,65-11,30 Aufarbeitungsstelle, 11,30-15,00 OSM (Schluffe bis Sande)
561	8027-LEB-BG-143	4367975	5318441	628,71	10,0	618,71	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-1,80 Loi kiesführend, 1,80-8,00 Schotterlehm bis HT verwittert, 8,00-10,00 HT
562	8027-LEB-BG-144	4368003	5318427	628,78	15,0	613,78	10,50	618,28	0,00-0,30 Mu, 0,30-3,40 Loi, 3,40-8,20 Schotterlehm bis HT verwittert, 8,20-10,50 HT, 10,50-15,00 OSM (Schluffe bis Feinsande)
563	8027-LEB-BG-145	4367978	5318337	629,17	10,0	619,17	nicht erreicht		0,00-0,35 Mu, 0,35-3,30 Loi kiesführend, 3,30-7,40 Schotterlehm bis HT verwittert, 7,40-10,00 HT
564	8027-LEB-BG-146	4368012	5318331	629,17	15,0	614,17	10,50	618,67	0,00-0,35 Mu, 0,35-3,20 Loi kiesführend, 3,20-6,50 Schotterlehm bis HT verwittert, 6,50-10,50 HT, 10,50-15,00 OSM (Schluffe bis Feinsande)
565	8027-LEB-BG-147	4368046	5318323	629,39	10,0	619,39	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-2,00 Loi, 2,00-8,00 Schotterlehm bis HT verwittert, 8,00-10,00 HT
566	8027-LEB-BG-148	4368241	5318431	628,82	8,0	620,82	nicht erreicht		0,00-0,60 A, 0,60-2,10 Loi, 2,10-4,00 Schotterlehm (HT verwittert), 4,00-8,00 HT
567	8027-LEB-BG-149	4368253	5318386	629,19	7,0	622,19	nicht erreicht		0,00-0,35 A, 0,35-2,30 Loi, 2,30-5,20 Schotterlehm bis HT verwittert, 5,20-7,00 HT
568	8027-LEB-BG-150	4363464	5316952	605,48	4,0	601,48	nicht erreicht		0,00-0,80 A, 0,80-3,20 Loi, 3,20-4,00 Kernverlust (Lössande/Schwemmsande?)
569	8027-LEB-BG-151	4363476	5316955	604,64	4,0	600,64	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-3,00 Loi, 3,00-4,00 Kernverlust (Lössande/Schwemmsande?)
570	8027-LEB-BG-152	4363486	5316964	606,87	5,0	601,87	nicht erreicht		0,00-1,50 A, 1,50-4,00 Loi schwach kiesführend/Fließerdien, 4,00-5,00 Kernverlust (Lössande/Schwemmsande?)
571	8027-LEB-BG-153	4363498	5316976	604,89	4,0	600,89	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu (A?), 0,20-0,80 Fließerdien kiesführend (A?), 0,80-2,50 Loi, 2,50-4,00 Kernverlust (Lössande/Schwemmsande?)
572	8027-LEB-BG-154	4364173	5310074	676,00	128,0	548,00	5,00	671,00	0,00-5,00? Verwitterungslehm, 5,00?-128 OSM (Tone bis Schluffe)
573	8027-LEB-BG-155	4364173	5315014	628,00	111,0	517,00	12,00	616,00	0,00-6,00 Decklehm (Loi bis Schwemmsande), 6,00-12,00 HT, 12,00-111,00 OSM (Tone bis Sande)
574	8027-LEB-BG-156	4369442	5309770	653,00	128,0	525,00	18,00	635,00	0,00-3,00 Decklehm (Fließerdien), 3,00-18,00 NT, 18,00-128,00 OSM (Tone bis Sande)
575	8027-LEB-BG-157	4363586	5318510	598,37	6,0	592,37	nicht erreicht		0,00-0,40 A, 0,40-1,90 Loi, 1,90-6,00 NT
576	8027-LEB-BG-158	4363622	5318457	598,81	10,0	588,81	nicht erreicht		0,00-2,00 A, 2,00-10,00 NT
577	8027-LEB-BG-159	4366787	5313564	620,34	20,7	599,69	20,20	600,14	0,00-0,20 Mu, 0,20-1,00 NT verwittert, 1,00-20,20 NT, 20,20-20,65 OSM (Feinsande)
578	8027-LEB-BG-160	4366555	5313532	620,07	22,5	597,57	22,00	598,07	0,00-1,50 A, 1,50-22,00 NT, 22,00-22,50 OSM (Feinsande)
579	8027-LEB-BG-161	4374384	5313350	681,41	12,0	669,41	1,70	679,71	0,00-1,70 A, 1,70-12,00 OSM (Tone bis Sande)
580	8027-LEB-BG-162	4374366	5313327	678,19	12,0	666,19	1,50	676,69	0,00-0,90 Mu, 0,80-1,50 bindige DS (Loi?), 1,50-12,00 OSM (Tone bis Mittelsande)

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET		Quartärbasis		Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:		[m u. GOK]	[m ü.NN]	[m u. GOK]	[m ü.NN]	
581	8027-LEB-BG-163	4374430	5313263	686,94	10,0	676,94	2,40	684,54	0,00-0,40 Mu, 0,40-2,40 kiesführende DS (Mindel-Restschotter/Fließerde?), 2,40-10,00 OSM (Tone bis Feinsande)
582	8027-LEB-BG-164	4374407	5313273	683,69	10,0	673,69	3,50	680,19	0,00-0,40 Mu, 0,40-3,30 kiesführende DS (Mindel-Restschotter/Fließerde?), 3,30-10,00 OSM (Tone bis Feinsande)
583	8027-LEB-BG-165	4374462	5313190	688,69	10,0	678,69	6,90	681,79	0,00-0,30 Mu, 0,30-2,50 kiesführende DS (Mindel-Restschotter/Fließerde?), 2,50-6,90 kiesführender Schluff (Mindel-Restschotter?), 6,90-10,00 OSM (Fein- bis Mittelsande)
584	8027-LEB-BG-166	4374435	5313165	686,71	10,0	676,71	7,40	679,31	0,00-1,30 A, 1,30-5,30 kiesführende DS (Mindel-Restschotter/Fließerde?), 5,30-7,40 Kies (Mindel-Kies?), 7,40-10,00 OSM (Tone bis Feinsande)
585	8027-LEB-BG-167	4367375	5318014	629,53	11,0	618,53	9,50	620,03	0,00-0,80 Mu, 0,80-4,50 Lol, 4,50-9,50 HT, 9,50-11,00 OSM (Tone bis Schluffe)
586	8027-LEB-BG-168	4367381	5317795	631,36	11,0	620,36	10,10	621,26	0,00-0,60 A, 0,60-2,50 Lol, 2,50-3,20 Schotterlehm (HT verwittert), 3,20-10,10 HT, 10,10-11,00 OSM (Tone bis Schluffe)
587	8027-LEB-BG-169	4367362	5317764	631,17	11,0	620,17	9,40	621,77	0,00-0,40 A, 0,40-2,60 Lol z T. kiesführend, 2,60-3,30 HT verwittert, 3,30-9,40 HT, 9,40-11,00 OSM (Tone bis Schluffe)
588	8027-LEB-BG-170	4374339	5313369	675,75	12,0	663,75	2,40	673,35	0,00-0,50 Mu, 0,50-1,20 bindige DS (Loi?), 1,20-2,40 schluffreicher Kies (Mindel-Kies?), 2,40-12,00 OSM (Tone bis Sande)
589	8027-LEB-BG-171	4374407	5313313	683,71	12,0	671,71	2,70	681,01	0,00-0,50 Mu, 0,50-1,40 schluffreicher Kies (Mindel-Kies?), 1,40-5,00 kiesführender Schluff, (Mindel-Restschotter?), 5,00-12,00 OSM (Schluffe bis Sande)
590	8027-LEB-BG-172	4374397	5313306	682,36	10,0	672,36	4,40	677,96	0,00-0,50 Mu, 0,50-1,90 kiesführende DS (Mindel-Restschotter/Fließerde?), 1,90-3,00 Kies (Mindel-Schotter?), 3,00-4,40 kiesführender Sand (Aufarbeitungsstufe/OSM-Sandsteine zerbohrt?), 4,40-5,40 OSM (Schluffe bis Feinsande)
591	8027-LEB-BG-173	4374447	5313254	688,07	12,0	676,07	7,30	680,77	0,00-0,40 Mu, 0,40-2,80 kiesführende DS (Mindel-Restschotter/Fließerde?), 2,80-4,40 Kies (Mindel-Schotter?), 4,40-7,30 kiesführender Schluff bis Sand (Aufarbeitungsstufe?), 7,30-12,00 OSM (Schluffe bis Sande)
592	8027-LEB-BG-174	4374427	5313228	686,93	10,0	676,93	8,00	678,93	0,00-0,50 Mu, 0,50-2,00 kiesführende DS (Mindel-Restschotter/Fließerde?), 2,00-5,70 Kies (Mindel-Schotter?), 5,70-8,00 kiesführender Schluff bis Sand (Aufarbeitungsstufe?), 8,00-10,00 OSM (Schluffe bis Sande)
593	8027-LEB-BG-175	4370088	5316013	635,00	20,0	615,00	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-20,00 HT
594	8027-LEB-BG-176	4370204	5316095	635,00	18,0	617,00	nicht erreicht		0,00-1,50 Lol, 1,50-18,00 HT
595	8027-LEB-BG-177	4364063	5313039	631,83	31,0	600,83	3,50	628,33	0,00-0,10 Mu, 0,10-3,50 HT verwittert, 3,50-31,00 OSM (Tone bis Sande)
596	8027-LEB-BG-178	4364552	5313000	637,65	27,1	610,55	2,50	635,15	0,00-0,10 A, 0,10-2,50 Fließerden mit Holzresten, 2,50-27,10 OSM (Tone bis Sande)
597	8027-LEB-BG-179	4364324	5312769	636,10	31,0	605,10	0,50	635,60	0,00-0,20 Mu, 0,20-1,00 Fließerden, 1,00-31,00 OSM (Tone bis Sande)
598	8027-LEB-BG-180	4374099	5315291	719,00	70,0	649,00	mind. 10,00	max. 709,00	0,00-1,00 Mu, 1,00-10,00 Schotterlehm, 10,00-20,00 keine Kernsprache, 20,00-70,00 OSM (Tone)
599	8027-LEB-BG-181	4364931	5318148	597,97	4,0	593,97	nicht erreicht		0,00-1,70 A, 1,70-4,00 Alm

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET		Quartärbasis		Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:		[m u. GOK]	[m ü.NN]	[m u. GOK]	[m ü.NN]	
600	8027-L-EB-BG-182	4364946	5318165	597,97	4,0	593,97	nicht erreicht		0,00-1,65 A, 1,65-3,90 Alm, 3,90-4,00 Hochflutlehm kiesführend
601	8027-L-EB-BG-183	4364958	5318162	598,05	4,0	594,05	nicht erreicht		0,00-2,00 A, 2,00-4,00 Alm
602	8027-L-EB-BG-184	4369517	5315010	639,69	6,0	633,69	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-6,00 HT verwittert
603	8027-L-EB-BG-185	4364714	5313804	614,10	9,0	605,10	7,60	606,50	0,00-0,70 Fließerde/Schwemmlern kiesführend, 0,70-1,20 NT verwittert, 1,20-7,60 NT, 7,60-9,00 OSM (Fein- bis Mittelsande)
604	8027-L-EB-BG-186	4365249	5313663	615,41	10,2	605,21	8,70	606,71	0,00-0,80 Fließerde/Schwemmlern kiesführend, 0,80-1,90 NT verwittert, 1,90-8,70 NT, 8,70-10,20 OSM (Schluffe bis Sande)
605	8027-L-EB-BG-187	4364951	5313465	615,86	10,3	605,56	9,10	606,76	0,00-0,40 Mu, 0,40-0,90 Fließerde/Schwemmlern kiesführend, 0,90-1,40 NT verwittert, 1,40-9,10 NT, 9,10-10,30 OSM (Schluffe)
606	8027-L-EB-BG-188	4364849	5313158	616,85	6,0	610,85	2,60	614,25	0,00-0,30 Mu, 0,30-1,00 Fließerde/Schwemmlern kiesführend, 1,00-1,70 NT verwittert, 1,70-2,60 NT, 2,60-6,00 OSM (Tone bis Sande)
607	8027-L-EB-BG-189	4366255	5311743	630,00	27,0	603,00	25,10	604,90	0,00-0,30 Mu, 0,30-25,10 NT, 25,10-27,00 OSM (Tone)
608	8027-L-EB-BG-190	4364975	5318440	597,10	7,0	590,10	nicht erreicht		0,00-0,80 A, 0,80-5,00 Alm, 5,00-7,00 NT
609	8027-L-EB-BG-191	4364625	5318662	594,50	7,5	587,00	nicht erreicht		0,00-0,90 A, 0,90-4,40 Alm + Torf, 4,40-7,50 NT
610	8027-L-EB-BG-192	4364649	5318842	593,90	7,5	586,40	nicht erreicht		0,00-1,20 A, 1,20-4,80 Alm + Torf, 4,80-7,50 NT
611	8027-L-EB-BG-193	4364598	5319134	591,90	9,0	582,90	8,40	583,50	0,00-0,90 A, 0,90-3,60 Alm + Torf, 3,60-8,40 NT, 8,40-9,00 OSM (Schluffe)
612	8027-L-EB-BG-194	4364668	5319043	592,80	10,0	582,80	8,80	584,00	0,00-3,20 A, 3,20-4,10 Alm + Torf, 4,10-8,80 NT, 8,80-10,00 OSM (Schluffe)
613	8027-L-EB-BG-195	4364815	5319230	598,13	14,0	584,13	nicht erreicht		0,00-9,60 A, 9,60-10,50 Alm, 10,50-14,00 NT
614	8027-L-EB-BG-196	4364846	5319235	598,98	14,0	584,98	nicht erreicht		0,00-8,70 A, 8,70-11,50 Alm, 11,50-14,00 NT
615	8027-L-EB-BG-197	4364125	5316925	602,85	16,0	586,85	15,50	587,35	0,00-8,80 A, 8,80-15,60 NT, 15,60-16,00 OSM (Schluffe)
616	8027-L-EB-BG-198	4364083	5316935	603,60	17,0	586,60	16,20	587,40	0,00-10,10 A, 10,10-16,20 NT, 16,20-17,00 OSM (Schluffe)
617	8027-L-EB-BG-199	4364031	5316936	604,03	18,0	586,03	17,60	586,43	0,00-10,80 A, 10,80-16,20 NT, 16,20-17,60 Aufarbeitungslage, 17,60-18,00 OSM (Schluffe)
618	8027-L-EB-BG-200	4364046	5316958	603,59	16,5	587,09	16,00	587,59	0,00-11,40 A, 11,40-15,60 NT, 15,60-16,00 Aufarbeitungslage, 16,00-16,50 OSM (Schluffe)
619	8027-L-EB-BG-201	4364065	5316971	603,00	17,5	585,50	nicht erreicht		0,00-9,60 A, 9,60-17,50 NT
620	8027-L-EB-BG-202	4364772	5318354	596,79	13,5	583,29	10,00	586,79	0,00-1,50 A, 1,50-4,80 kiesfreie DS (Alm + Torf), 4,80-10,00 NT, 10,00-13,50 OSM (Tone bis Schluffe)
621	8027-L-EB-BG-203	4364783	5318358	596,39	11,0	585,39	10,30	586,09	0,00-1,20 A, 1,20-4,20 kiesfreie DS (Alm), 4,20-10,30 NT, 10,30-11,00 OSM (Tone)
622	8027-L-EB-BG-204	4364783	5318332	597,13	13,5	583,63	11,00	586,13	0,00-5,00 A, 5,00-11,00 NT, 11,00-13,50 OSM (Tone bis Schluffe)
623	8027-L-EB-BG-205	4364784	5318361	596,30	8,0	588,30	nicht erreicht		0,00-1,30 A, 1,30-4,20 kiesfreie DS (Alm), 4,20-8,00 NT
624	8027-L-EB-BG-206	4364784	5318366	596,29	8,0	588,29	nicht erreicht		0,00-1,30 A, 1,30-4,20 kiesfreie DS (Alm), 4,20-8,00 NT
625	8027-L-EB-BG-207	4364783	5318375	595,35	8,0	587,35	nicht erreicht		0,00-0,30 A, 0,30-3,00 kiesfreie DS (Alm), 3,00-8,00 NT
626	8027-L-EB-BG-208	4364348	5317747	595,51	8,0	587,51	nicht erreicht		0,00-1,00 A, 1,00-1,50 kiesfreie DS (Alm + Torf), 1,50-8,00 NT
627	8027-L-EB-BG-209	4364331	5317759	594,99	8,0	586,99	nicht erreicht		0,00-4,10 A, 4,10-8,00 NT
628	8027-L-EB-BG-210	4365264	5317261	598,69	8,0	590,69	nicht erreicht		0,00-0,40 Torf, 0,40-1,40 kiesführende DS (Schwemm-/Verwitterungslehm), 1,40-8,00 NT
629	8027-L-EB-BG-211	4365192	5317239	598,47	6,0	592,47	nicht erreicht		0,00-0,80 Torf, 0,80-1,40 kiesführende DS (Schwemm-/Verwitterungslehm), 1,40-6,00 NT

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET		Quartärbasis		Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:		[m u. GOK]	[m ü.NN]	[m u. GOK]	[m ü.NN]	
630	8027-LEB-BG-212	4365261	5317176	598,91	6,0	592,91	nicht erreicht		0,00-0,70 Torf, 0,70-1,60 kiesführende DS (Schwemm-/Verwitterungslehm), 1,60-6,00 NT
631	8027-LEB-BG-213	4365194	5317117	599,08	8,0	591,08	nicht erreicht		0,00-0,35 Mu, 0,35-1,20 kiesführende DS (Schwemm-/Verwitterungslehm), 1,20-8,00 NT
632	8027-LEB-BG-214	4365247	5317029	599,86	6,0	593,86	nicht erreicht		0,00-0,40 A, 0,40-1,50 kiesführende DS (Schwemm-/Verwitterungslehm), 1,50-6,00 NT
633	8027-LEB-BG-215	4365190	5316940	599,78	6,0	593,78	nicht erreicht		0,00-1,60 Kiesführende DS (Schwemm-/Verwitterungslehm), 1,60-6,00 NT
634	8027-LEB-BG-216	4363940	5318832	601,35	13,0	588,35	12,60	588,75	0,00-0,80 A, 0,80-1,40 LoI, 1,40-1,70 NT verwittert, 1,70-11,00 NT, 11,00-12,60 Aufarbeitungslege, 12,60-13,00 OSM (Schluffe)
635	8027-LEB-BG-217	4365126	5316880	600,65	8,0	592,65	nicht erreicht		0,00-2,80 A, 2,80-8,00 NT
636	8027-LEB-BG-218	4365172	5316881	600,46	4,0	596,46	nicht erreicht		0,00-3,80 A, 3,80-4,00 NT
637	8027-LEB-BG-219	4365923	5316417	602,86	3,0	599,86	nicht erreicht		0,00-0,45 A, 0,45-0,90 Hochflutlehm, 0,90-3,00 NT
638	8027-LEB-BG-220	4365733	5316568	602,09	3,0	599,09	nicht erreicht		0,00-1,00 A, 1,00-1,40 Hochflutlehm, 1,40-3,00 NT
639	8027-LEB-BG-221	4365528	5316662	601,54	3,0	598,54	nicht erreicht		0,00-0,50 A, 0,50-3,00 NT
640	8027-LEB-BG-222	4365348	5316753	601,06	3,0	598,06	nicht erreicht		0,00-0,50 A, 0,50-1,60 Hochflutlehm, 1,60-3,00 NT
641	8027-LEB-BG-223	4365579	5316059	604,14	4,0	600,14	nicht erreicht		0,00-0,70 A, 0,70-1,00 Hochflutlehm, 1,00-1,90 Bachschotter, 1,90-4,00 NT
642	8027-LEB-BG-224	4365679	5316001	604,60	3,0	601,60	nicht erreicht		0,00-0,80 A, 0,80-1,35 Hochflutlehm, 1,35-3,00 NT
643	8027-LEB-BG-225	4365408	5315892	604,93	3,0	601,93	nicht erreicht		0,00-0,70 A, 0,70-1,70 Bachschotter, 1,70-3,00 NT
644	8027-LEB-BG-226	4365295	5315767	605,33	4,0	601,33	nicht erreicht		0,00-0,70 A, 0,70-1,60 Hochflutlehm, 1,60-4,00 NT
645	8027-LEB-BG-227	4365433	5315781	605,34	3,0	602,34	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-0,80 Anmoor (Torf), 0,80-1,40 Hochflutlehm, 1,40-3,00 NT
646	8027-LEB-BG-228	4365033	5316463	602,32	10,0	592,32	nicht erreicht		0,00-0,80 A, 0,80-1,35, kiesiger Hochflutlehm, 1,35-10,00 NT
647	8027-LEB-BG-229	4364957	5316460	602,13	10,0	592,13	nicht erreicht		0,00-1,00 A, 1,00-10,00 NT
648	8027-LEB-BG-230	4364554	5315555	605,57	5,0	600,57	nicht erreicht		0,00-0,40 Hochflutlehm, 0,40-0,70 Bachschotter, 0,70-5,00 NT
649	8027-LEB-BG-231	4364672	5315602	605,67	5,0	600,67	nicht erreicht		0,00-0,60 A, 0,60-1,30 Bachschotter, 1,30-5,00 NT
650	8027-LEB-BG-232	4364582	5315665	605,85	5,0	600,85	nicht erreicht		0,00-0,60 A, 0,60-1,00 Hochflutlehm, 1,00-1,30 Bachschotter, 1,30-5,00 NT
651	8027-LEB-BG-233	4364531	5315762	605,18	5,0	600,18	nicht erreicht		0,00-0,10 Mu, 0,10-5,00 NT
652	8027-LEB-BG-234	4364420	5315712	605,57	5,0	600,57	4,00	601,57	0,00-1,00 Mu, 1,00-1,30 Hochflutlehm, 1,30-1,80 Bachschotter, 1,80-4,00 NT, 4,00-5,00 OSM (Schluffe)
653	8027-LEB-BG-235	4364397	5315945	603,73	5,0	598,73	4,50	599,23	0,00-0,40 Mu, 0,40-0,90 Hochflutlehm, 0,90-1,30 Bachschotter, 1,30-4,50 NT, 4,50-5,00 OSM (Schluffe)
654	8027-LEB-BG-236	4364510	5315968	603,79	5,0	598,79	nicht erreicht		0,00-0,15 Mu, 0,15-1,20 Bachschotter, 1,20-5,00 NT
655	8027-LEB-BG-237	4364625	5315866	604,24	5,0	599,24	nicht erreicht		0,00-0,60 Torf, 0,60-1,20 Bachschotter, 1,20-5,00 NT
656	8027-LEB-BG-238	4364461	5314929	608,55	4,5	604,05	3,40	605,15	0,00-0,10 Mu, 0,10-0,80 Torf, 0,80-3,40 NT, 3,40-4,50 OSM (Schluffe)
657	8027-LEB-BG-239	4364330	5314978	619,75	5,0	614,75	1,10	618,65	0,00-1,10 A, 1,10-5,00 OSM (Tone)
658	8027-LEB-BG-240	4364134	5316114	622,00	6,0	616,00	nicht erreicht		0,00-0,50 Mu, 0,50-3,10 LoI, 3,10-4,20 HT verwittert, 4,20-6,00 HT
659	8027-LEB-BG-241	4364097	5316108	622,00	6,0	616,00	nicht erreicht		0,00-0,60 Mu, 0,60-3,10 LoI, 3,10-3,50 HT verwittert, 3,50-6,00 HT
660	8027-LEB-BG-242	4364045	5316072	622,00	6,0	616,00	nicht erreicht		0,00-0,55 Mu, 0,55-3,00 LoI, 3,00-3,70 HT verwittert, 3,70-6,00 HT

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET [m u. GOK]	ET [m ü.NN]	Quartärbasis		Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:				[m u. GOK]	[m ü.NN]	
661	8027-LEB-BG-243	4363338	5317192	602,87	10,0	592,87	8,20	594,67	0,00-1,00 A, 1,00-1,60 Lol/Schwemmlern, 1,60-2,60 NT verwittert, 2,60-7,90 NT, 7,90-8,20 NT-Konglomerat, 8,20-10,00 OSM (Tone)
662	8027-LEB-BG-244	4363892	5316953	604,07	5,0	599,07	nicht erreicht		0,00-1,00 A, 1,00-1,30 NT verwittert, 1,30-5,00 NT
663	8027-LEB-BG-245	4363911	5316960	603,86	5,0	598,86	nicht erreicht		0,00-0,90 A, 0,90-1,20 NT verwittert, 1,20-5,00 NT
664	8027-LEB-BG-246	4364174	5316933	599,50	10,0	589,50	nicht erreicht		0,00-5,50 A, 5,50-10,00 NT
665	8027-LEB-BG-247	4364458	5316765	600,00	5,5	594,50	nicht erreicht		0,00-1,50 A, 1,50-5,50 NT
666	8027-LEB-BG-248	4363512	5318350	599,20	8,0	591,20	nicht erreicht		0,00-1,00 A, 1,00-1,50 Lol, 1,50-2,00 NT verwittert, 2,00-8,00 NT
667	8027-LEB-BG-249	4363628	5318027	600,54	8,0	592,54	nicht erreicht		0,00-1,30 A, 1,30-2,00 Lol, 2,00-2,90 NT verwittert, 2,90-8,00 NT
668	8027-LEB-BG-250	4363676	5318075	600,51	12,0	588,51	nicht erreicht		0,00-1,70 A, 1,70-12,00 NT
669	8027-LEB-BG-251	4363688	5318190	599,81	12,0	587,81	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-1,70 Lol auf NT, 1,70-12,00 NT
670	8027-LEB-BG-252	4363668	5317988	600,56	12,0	588,56	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-1,30 Lol auf NT, 1,30-12,00 NT
671	8027-LEB-BG-253	4363694	5318126	601,02	17,1	583,92	16,50	584,52	0,00-0,80 A, 0,80-1,80 Lol, 1,80-16,50 NT, 16,50-17,10 OSM (Schluffe bis Feinsande)
672	8027-LEB-BG-254	4363505	5318036	600,10	19,5	580,60	18,40	581,70	0,00-0,90 A, 0,90-1,30, kiesiger Lol, 1,30-2,20 Schotterlehm (NT verwittert), 2,20-18,40 NT, 18,40-19,50 OSM (Feinsande)
673	8027-LEB-BG-255	4363474	5318059	599,60	18,0	581,60	17,60	582,00	0,00-0,30 Mu, 0,30-1,10 Lol, 1,10-1,50 Schotterlehm (NT verwittert), 1,50-17,60 NT, 17,60-18,00 OSM (Schluffe)
674	8027-LEB-BG-256	4364147	5317717	601,72	7,0	594,72	nicht erreicht		0,00-4,10 A, 4,10-7,00 NT
675	8027-LEB-BG-257	4364150	5317702	601,72	8,2	593,52	nicht erreicht		0,00-4,80 A, 4,80-8,20 NT
676	8027-LEB-BG-258	4364157	5317687	601,34	10,0	591,34	nicht erreicht		0,00-7,10 A, 7,10-10,00 NT
677	8027-LEB-BG-259	4364186	5317659	600,58	8,0	592,58	nicht erreicht		0,00-0,60 A, 0,60-1,40 NT verwittert, 1,40-8,00 NT
678	8027-LEB-BG-260	4364330	5317859	595,24	8,0	587,24	nicht erreicht		0,00-4,20 A, 4,20-8,00 NT
679	8027-LEB-BG-261	4364389	5317960	595,55	5,0	590,55	nicht erreicht		0,00-3,90 A, 3,90-4,00 Alm (Kalktuff), 4,00-5,00 NT
680	8027-LEB-BG-262	4364302	5317865	595,43	6,0	589,43	nicht erreicht		0,00-2,00 A, 2,00-6,00 NT
681	8027-LEB-BG-263	4364331	5318191	595,04	5,8	589,21	nicht erreicht		0,00-3,00 A, 3,00-5,83 NT
682	8027-LEB-BG-264	4364314	5318194	595,01	6,0	589,01	nicht erreicht		0,00-2,20 A, 2,20-6,00 NT
683	8027-LEB-BG-265	4364310	5318184	594,67	6,3	588,37	nicht erreicht		0,00-1,50 A, 1,50-6,30 NT
684	8027-LEB-BG-266	4364327	5318247	598,27	6,2	592,07	nicht erreicht		0,00-1,10 A, 1,10-6,20 NT
685	8027-LEB-BG-267	4364294	5318446	595,63	9,0	586,63	7,80	587,83	0,00-3,70 A, 3,70-4,30 Hochflutlehm, 4,30-7,80 NT, 7,80-9,00 OSM (Fein- bis Mittelsande)
686	8027-LEB-BG-268	4364314	5318449	594,10	7,5	586,60	6,40	587,70	0,00-2,50 A, 2,50-6,40 NT, 6,40-7,50 OSM (Fein- bis Mittelsande)
687	8027-LEB-BG-269	4364751	5317934	597,54	13,0	584,54	10,80	586,74	0,00-0,10 A, 0,10-4,4 kiesführende DS (holozäne Sande bis Kiese), 4,4-10,8 NT, 10,8-13,0 OSM (Tone)
688	8027-LEB-BG-270	4364714	5317934	597,70	8,0	589,70	nicht erreicht		0,00-3,40 A, 3,40-8,00 NT
689	8027-LEB-BG-271	4364729	5317865	597,47	12,0	585,47	10,20	587,27	0,00-3,60 A, 3,60-10,20 NT, 10,20-12,00 OSM (Tone)
690	8027-LEB-BG-272	4364800	5317938	597,60	8,0	589,60	nicht erreicht		0,00-2,20 A, 2,20-6,00 kiesführende DS (holozäne Sande bis Kiese), 6,0-8,0 NT
691	8027-LEB-BG-273	4364956	5318177	597,93	10,0	587,93	nicht erreicht		0,00-1,60 A, 1,60-4,50 Alm, 4,50-10,00 NT
692	8027-LEB-BG-274	4365024	5318136	596,94	10,0	586,94	9,70	587,24	0,00-1,20 A, 1,20-3,00 Alm, 3,00-9,70 NT, 9,70-10,00 OSM (Mergel)
693	8027-LEB-BG-275	4364968	5318092	597,67	10,0	587,67	9,70	587,97	0,00-1,00 A, 1,00-4,00 Alm, 4,00-9,70 NT, 9,70-10,00 OSM (Mergel)

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET		Quartärbasis		Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:		[m u. GOK]	[m ü.NN]	[m u. GOK]	[m ü.NN]	
694	8027-LEB-BG-276	4365135	5317633	597,24	12,0	585,24	nicht erreicht		0,00-0,50 A, 0,50-1,20 Hochflutlehm, 1,20-2,40 Bachschotter, 2,40-12,00 NT
695	8027-LEB-BG-277	4365108	5317601	597,34	7,0	590,34	nicht erreicht		0,00-1,10 A, 1,10-1,40 Hochflutlehm, 1,40-2,20 Bachschotter, 2,20-7,00 NT
696	8027-LEB-BG-278	4365035	5317561	597,60	7,0	590,60	nicht erreicht		0,00-0,70 A, 0,70-1,50 Hochflutlehm, 1,50-2,70 Bachschotter, 2,70-7,00 NT
697	8027-LEB-BG-279	4365076	5317624	597,70	7,0	590,70	nicht erreicht		0,00-0,80 A, 0,80-1,60 Hochflutlehm, 1,60-2,70 Bachschotter, 2,70-7,00 NT
698	8027-LEB-BG-280	4365061	5317617	597,62	8,0	589,62	nicht erreicht		0,00-0,90 A, 0,90-1,30 Hochflutlehm, 1,30-2,20 Bachschotter, 2,20-8,00 NT
699	8027-LEB-BG-281	4365051	5317669	597,38	7,0	590,38	nicht erreicht		0,00-1,30 A, 1,30-1,60 Hochflutlehm, 1,60-2,10 Bachschotter, 2,10-7,00 NT
700	8027-LEB-BG-282	4365069	5317588	597,67	8,0	589,67	nicht erreicht		0,00-0,95 A, 0,95-1,20 Hochflutlehm, 1,20-2,05 Bachschotter, 2,05-8,00 NT
701	8027-LEB-BG-283	4365030	5317591	597,34	7,0	590,34	nicht erreicht		0,00-0,20 A, 0,20-1,60 Hochflutlehm, 1,60-2,05 Bachschotter, 2,05-7,00 NT
702	8027-LEB-BG-284	4365764	5318452	598,00	10,0	588,00	9,70	588,30	0,00-0,20 Mu, 0,20-4,30 kiesfreie DS (Alm + Torf), 4,30-9,70 NT, 9,70-10,00 OSM (Tone)
703	8027-LEB-BG-285	4365751	5318555	598,00	6,0	592,00	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-5,00 kiesfreie DS (Alm + Torf), 5,00-6,00 NT
704	8027-LEB-BG-286	4365843	5318459	598,00	5,4	592,60	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-3,80 kiesfreie DS (Alm + Torf), 3,80-5,40 NT
705	8027-LEB-BG-287	4365819	5318316	598,00	5,5	592,50	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-3,90 kiesfreie DS (Alm + Torf), 3,90-5,50 NT
706	8027-LEB-BG-288	4365350	5318313	599,90	7,0	592,90	nicht erreicht		0,00-0,80 A, 0,80-3,40 Alm, 3,40-3,60 Torf, 3,60-4,10 Alm, 4,10-4,50 Holz (verrottender Baumstamm), 4,50-7,00 NT
707	8027-LEB-BG-289	4365573	5318463	599,00	7,0	592,00	nicht erreicht		0,00-0,50 A, 0,50-1,50 Alm, 1,50-4,00 Alm + Torf, 4,00-4,80 NT verwittert, 4,80-7,00 NT
708	8027-LEB-BG-290	4365433	5318600	599,00	7,0	592,00	nicht erreicht		0,00-1,10 A, 1,10-3,60 Alm + Torf, 3,60-5,00 NT verwittert, 5,00-7,00 NT
709	8027-LEB-BG-291	4364860	5318451	596,79	9,5	587,29	nicht erreicht		0,00-0,40 A, 0,40-4,60 Alm mit Hochflutlehm, 4,60-9,50 NT
710	8027-LEB-BG-292	4364418	5319108	592,05	8,0	584,05	5,30	586,75	0,00-2,80 A, 2,80-3,10 Alm, 3,10-3,60 Torf, 3,60-3,80 Bachschotter, 3,80-5,30 NT, 5,30-6,10 OSM (Schluffe bis Feinsande) verwittert, 6,10-8,00 OSM (Schluffe bis Sande)
711	8027-LEB-BG-293	4364432	5319136	592,18	8,0	584,18	6,30	585,88	0,00-2,50 A, 2,50-3,80 Torf, 3,80-3,90 Bachschotter, 3,90-6,30 NT, 6,30-7,00 OSM (Schluffe) verwittert, 7,00-8,00 OSM (Mergelsteine)
712	8027-LEB-BG-294	4364423	5319166	589,71	6,0	583,71	3,60	586,11	0,00-0,60 A, 0,60-1,60 Torf, 1,60-3,60 NT, 3,60-3,80 OSM (Schluffe) verwittert, 3,80-6,00 OSM (Schluffe bis Mergelsteine)
713	8027-LEB-BG-295	4364667	5318668	594,94	6,0	588,94	nicht erreicht		0,00-0,40 A, 0,40-4,50 Alm, 4,50-4,80 Hochflutlehm, 4,80-6,00 NT (schwarz)
714	8027-LEB-BG-296	4364668	5318633	594,97	5,0	589,97	nicht erreicht		0,00-0,30 A, 0,30-4,40 Alm, 4,40-5,00 NT
715	8027-LEB-BG-297	4364670	5318605	594,84	5,0	589,84	nicht erreicht		0,00-0,30 A, 0,30-4,60 Alm, 4,60-4,80 Hochflutlehm, 4,80-5,00 NT
716	8027-LEB-BG-298	4364716	5318596	595,10	5,0	590,10	nicht erreicht		0,00-2,50 A, 2,50-4,00 Alm, 4,00-5,00 NT
717	8027-LEB-BG-299	4364712	5318617	595,08	5,0	590,08	nicht erreicht		0,00-0,90 A, 0,90-2,50 Hochflutlehm, 2,50-3,80 Alm, 3,80-4,50 Torf, 4,50-5,00 NT
718	8027-LEB-BG-300	4364772	5318636	596,15	5,0	591,15	nicht erreicht		0,00-4,80 A, 4,80-5,00 Torf

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET [m u. GOK]	Quartärbasis [m u. GOK]	Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:				
719	8027-LEB-BG-301	4364774	5318560	595,69	5,0	590,69	0,00-2,60 A, 2,60-4,00 Alm, 4,00-5,00 NT
720	8027-LEB-BG-302	4364749	5318665	595,89	5,0	590,89	0,00-1,60 A, 1,60-4,80 Alm, 4,80-4,90 Torf, 4,90-5,00 NT
721	8027-LEB-BG-303	4364764	5318690	595,73	4,0	591,73	0,00-1,60 A, 1,60-3,80 Alm, 3,80-4,00 NT
722	8027-LEB-BG-304	4364778	5318729	595,62	4,0	591,62	0,00-2,80 A, 2,80-2,85 Torf, 2,85-4,00 Alm
723	8027-LEB-BG-305	4364771	5318720	595,59	5,0	590,59	0,00-2,80 A, 2,80-4,80 Alm, 4,80-4,90 Torf, 4,90-5,00 NT
724	8027-LEB-BG-306	4364773	5318778	594,74	4,0	590,74	0,00-1,20 A, 1,20-4,00 Alm
725	8027-LEB-BG-307	4364781	5318834	594,25	4,0	590,25	0,00-1,20 A, 1,20-4,00 Alm
726	8027-LEB-BG-308	4364723	5318719	594,94	5,0	589,94	0,00-1,70 A, 1,70-4,80 Alm, 4,80-5,00 NT
727	8027-LEB-BG-309	4364668	5318663	595,03	5,0	590,03	0,00-0,70 A, 0,70-4,30 Alm, 4,30-5,00 Hochflutlehm/Anmoor
728	8027-LEB-BG-310	4364680	5318733	594,80	5,0	589,80	0,00-0,90 A, 0,90-3,20 Alm, 3,20-3,50 Torf, 3,50-5,00 Hochflutlehm/Anmoor
729	8027-LEB-BG-311	4364709	5318714	594,80	4,0	590,80	0,00-3,60 A, 3,60-4,00 Torf
730	8027-LEB-BG-312	4364657	5318707	594,89	4,0	590,89	0,00-2,70 A, 2,70-3,20 Alm, 3,20-4,00 NT
731	8027-LEB-BG-313	4364769	5318777	594,77	8,0	586,77	0,00-3,00 A, 3,00-3,60 Alm, 3,60-8,00 NT
732	8027-LEB-BG-314	4364746	5318861	594,28	8,0	586,28	0,00-1,50 A, 1,50-3,70 Alm, 3,70-4,30 Torf/Anmoor, 4,30-8,00 NT
733	8027-LEB-BG-315	4364782	5318869	594,26	8,0	586,26	0,00-2,00 A, 2,00-5,00 Alm, 5,00-8,00 NT
734	8027-LEB-BG-317	4364728	5318843	594,15	10,2	583,95	0,00-1,60 A, 1,60-3,30 Alm, 3,30-4,80 Hochflutlehm + Anmoor, 4,80-9,20 NT, 9,20-10,20 OSM (Mergelsteine)
735	8027-LEB-BG-318	4364740	5318778	594,88	10,5	584,38	0,00-1,70 A, 1,70-4,30 Alm, 4,30-4,80 Hochflutlehm + Anmoor, 4,80-9,90 NT, 9,90-10,50 OSM (Mergelsteine)
736	8027-LEB-BG-319	4364750	5318817	590,71	3,4	587,31	0,00-0,55 A, 0,55-3,40 NT
737	8027-LEB-BG-320	4364745	5318832	590,72	3,0	587,72	0,00-0,55 A, 0,55-3,00 NT
738	8027-LEB-BG-321	4364763	5318817	590,73	5,5	585,23	0,00-0,55 A, 0,55-5,10 NT, 5,10-5,50 OSM (Mergelsteine)
739	8027-LEB-BG-322	4364761	5318832	590,73	3,0	587,73	0,00-0,55 A, 0,55-3,00 NT
740	8027-LEB-BG-323	4364689	5319358	591,25	10,0	581,25	0,00-2,40 A, 2,40-3,60 Alm, 3,60-4,80 Anmoor + Torf, 4,80-5,00 Bachschotter, 5,00-9,60 NT, 9,60-10,00 OSM (Tone)
741	8027-LEB-BG-324	4364647	5319313	590,90	8,0	582,90	0,00-1,50 A, 1,50-2,80 Alm, 2,80-4,20 Alm + Torf, 4,20-4,50 Bachschotter, 4,50-7,70 NT, 7,70-8,00 OSM (Tone)
742	8027-LEB-BG-325	4364401	5319104	592,44	6,7	585,74	0,00-3,70 A, 3,70-4,40 Torf, 4,40-4,70 Bachschotter, 4,70-6,30 NT, 6,30-6,70 OSM (Tone)
743	8027-LEB-BG-326	4364444	5319059	591,75	6,7	585,05	0,00-1,00 A, 1,00-3,60 Torf + Alm + Anmoor, 3,60-6,10 NT, 6,10-6,70 OSM (Tone)
744	8027-LEB-BG-327	4364408	5319003	590,27	7,5	582,77	0,00-0,30 Mu, 0,30-1,70 Torf + Alm, 1,70-1,90 Bachschotter, 1,90-3,80 NT, 3,80-7,10 OSM (Sand), 7,10-7,50 OSM (Tone)
745	8027-LEB-BG-328	4364365	5318923	590,26	4,0	586,26	0,00-1,70 A, 1,70-3,60 NT, 3,60-3,95 OSM (Tone), 3,95-4,00 OSM (Sand)
746	8027-LEB-BG-329	4364364	5318893	590,58	4,0	586,58	0,00-2,60 A, 2,60-3,50 NT, 3,50-3,90 OSM (Tone), 3,90-4,00 OSM (Sand)
747	8027-LEB-BG-330	4364374	5318876	590,61	4,0	586,61	0,00-2,00 A, 2,00-3,80 NT, 3,80-4,00 OSM (Sand)
748	8027-LEB-BG-331	4364379	5319218	591,85	4,4	587,45	0,00-1,70 A, 1,70-2,00, kiesiger Hochflutlehm, 2,00-3,00 Bachschotter, 3,00-3,90 NT, 3,90-4,20 OSM (Sand), 4,20-4,40 OSM (Tone)
749	8027-LEB-BG-332	4364456	5319257	589,67	5,0	584,67	0,00-2,40 A, 2,40-4,20 NT, 4,20-5,00 OSM (Tone)
750	8027-LEB-BG-333	4364408	5318590	592,73	6,3	586,43	0,00-2,30 A, 2,30-3,00 Bachschotter, 3,00-5,70 NT, 5,70-6,30 OSM (Tone)

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET [m u. GOK]	ET [m ü.NN]	Quartärbasis		Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:				[m u. GOK]	[m ü.NN]	
751	8027-LEB-BG-334	4364511	5319208	589,61	5,4	584,21	5,00	584,61	0,00-1,00 A, 1,00-2,50 Alm + Torf, 2,50-5,00 NT, 5,00-5,40 OSM (Tone)
752	8027-LEB-BG-335	4364540	5319242	591,62	4,7	586,92	nicht erreicht		0,00-4,70 A
753	8027-LEB-BG-336	4364618	5319237	592,12	5,0	587,12	nicht erreicht		0,00-5,00 A
754	8027-LEB-BG-337	4364595	5319423	589,76	5,3	584,46	5,10	584,66	0,00-2,00 A, 2,00-3,30 Alm, 3,30-3,60 Torf, 3,60-5,10 NT, 5,10-5,30 OSM (Tone)
755	8027-LEB-BG-338	4364658	5319425	589,83	7,3	582,53	7,10	582,73	0,00-0,40 A, 0,40-3,70 Alm + Torf + Hochflutlehm, 3,70-4,00 Bachschotter, 4,00-7,10 NT, 7,10-7,30 OSM (Tone)
756	8027-LEB-BG-339	4364503	5319343	590,11	4,6	585,51	4,00	586,11	0,00-2,30 A, 2,30-3,40 Alm, 3,40-3,50 Bachschotter, 3,50-4,00 NT, 4,00-4,30 OSM (Sande), 4,30-4,60 OSM (Tone)
757	8027-LEB-BG-340	4364548	5319322	589,75	5,4	584,35	4,70	585,05	0,00-1,60 A, 1,60-2,20 Alm, 2,20-2,70 Torf, 2,70-4,70 NT, 4,70-5,40 OSM (Schluffe)
758	8027-LEB-BG-341	4364595	5319256	592,32	9,0	583,32	8,80	583,52	0,00-5,60 A, 5,60-8,80 NT, 8,80-9,00 OSM (Tone)
759	8027-LEB-BG-342	4364632	5319171	591,94	9,0	582,94	8,30	583,64	0,00-2,40 A, 2,40-3,00 Alm, 3,00-3,80, Kiesiger Hochflutlehm mit Torflagen, 3,80-4,40 Bachschotter, 4,40-8,30 NT, 8,30-9,00 OSM (Tone)
760	8027-LEB-BG-343	4364383	5318770	591,64	5,5	586,14	5,10	586,54	0,00-1,00 Mu, 1,00-2,00 Alm, 2,00-2,20 Hochflutlehm, 2,20-5,10 NT, 5,10-5,50 OSM (Tone)
761	8027-LEB-BG-344	4364316	5318524	593,51	10,0	583,51	5,50	588,01	0,00-2,10 A, 2,10-2,70 Alm, 2,70-4,70 NT, 4,70-5,50 Aufarbeitungsstelle, 5,50-10,00 OSM (Sande)
762	8027-LEB-BG-345	4364650	5319465	588,15	6,0	582,15	5,60	582,55	0,00-0,10 A, 0,10-1,10 Alm, 1,10-1,50 Torf, 1,50-5,60 NT, 5,60-6,00 OSM (Schluffe)
763	8027-LEB-BG-346	4364571	5319404	587,55	4,7	582,85	2,50	585,05	0,00-1,00 A, 1,00-2,50 NT, 2,50-4,70 OSM (Schluffe bis Sande)
764	8027-LEB-BG-347	4364616	5319350	589,20	6,5	582,70	5,90	583,30	0,00-0,40 Mu, 0,40-2,20 Alm + Torf, 2,20-5,90 NT, 5,90-6,50 OSM (Tone)
765	8027-LEB-BG-348	4364552	5319363	588,60	6,0	582,60	4,50	584,10	0,00-1,30 A, 1,30-1,70 Torf, 1,70-4,50 NT, 4,50-6,00 OSM (Schluffe bis Tone)
766	8027-LEB-BG-349	4364565	5319340	589,45	7,0	582,45	4,70	584,75	0,00-2,80 A, 2,80-4,70 NT, 4,70-7,00 OSM (Tone)
767	8027-LEB-BG-350	4364618	5319259	591,00	10,0	581,00	7,50	583,50	0,00-1,30 A, 1,30-3,00 Alm mit Verfestigungen, 3,00-3,50 Torf, 3,50-7,50 NT, 7,50-10,00 OSM (Tone bis Schluffe)
768	8027-LEB-BG-351	4364547	5319276	590,00	12,0	578,00	4,60	585,40	0,00-1,60 A, 1,60-2,30 Hochflutlehm + Anmoor, 2,30-4,60 NT, 4,60-12,00 OSM (Tone bis Schluffe)
769	8027-LEB-BG-352	4364534	5319274	589,90	11,0	578,90	4,20	585,70	0,00-1,50 A, 1,50-2,40 Torf, 2,40-4,20 NT, 4,20-11,00 OSM (Schluffe bis Tone)
770	8027-LEB-BG-353	4364652	5319303	590,80	3,9	586,90	nicht erreicht		0,00-0,70 A, 0,70-3,20 Alm, 3,20-3,80 Torf, 3,80-3,90 NT
771	8027-LEB-BG-354	4364595	5319393	587,40	1,6	585,80	nicht erreicht		0,00-1,00 A, 1,00-1,50 Torf, 1,50-1,60 NT
772	8027-LEB-BG-355	4364540	5319354	589,40	2,9	586,50	nicht erreicht		0,00-1,70 A, 1,70-2,80 Torf, 2,80-2,90 NT
773	8027-LEB-BG-356	4364566	5319327	589,45	3,1	586,35	nicht erreicht		0,00-1,30 A, 1,30-2,10 Alm, 2,10-2,90 Torf, 2,90-3,10 NT
774	8027-LEB-BG-357	4364580	5319258	589,95	2,9	587,05	nicht erreicht		0,00-0,90 A, 0,90-2,20 Alm, 2,20-2,60 Torf, 2,60-2,90 NT
775	8027-LEB-BG-358	4364535	5319257	589,95	2,7	587,25	nicht erreicht		0,00-1,40 A, 1,40-2,20 Alm, 2,20-2,60 Torf, 2,60-2,70 NT
776	8027-LEB-BG-359	4364556	5319260	589,50	2,5	587,00	nicht erreicht		0,00-0,20 A, 0,20-2,00 Alm, 2,00-2,40 Torf, 2,40-2,50 NT
777	8027-LEB-BG-360	4364591	5319251	591,10	3,5	587,60	nicht erreicht		0,00-1,40 A, 1,40-2,80 Alm, 2,80-3,40 Torf, 3,40-3,50 NT
778	8027-LEB-BG-361	4364580	5319228	590,05	1,4	588,65	nicht erreicht		0,00-0,30 A, 0,30-1,30 Alm, 1,30-1,40 NT
779	8027-LEB-BG-362	4364495	5319227	589,90	2,7	587,20	nicht erreicht		0,00-0,50 A, 0,50-1,50 Alm, 1,50-2,60 Torf, 2,60-2,70 NT

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET		Quartärbasis		Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:		[m u. GOK]	[m ü.NN]	[m u. GOK]	[m ü.NN]	
780	8027-LEB-BG-363	4363076	5314435	625,49	5,0	620,49	4,10	621,39	0,00-0,50 A, 0,50-3,80 HT verwittert, 3,80-4,10 Aufarbeitungslage, 4,10-5,00 OSM (Schluflie bis Feinsande)
781	8027-LEB-BG-364	4363311	5314345	626,27	6,0	620,27	nicht erreicht	616,28	0,00-0,50 A, 0,50-1,10 Lol, 1,10-4,00 HT verwittert, 4,00-6,00 HT
782	8027-LEB-BG-365	4363416	5314244	617,88	4,0	613,88	1,60	616,28	0,00-0,90 A, 0,90-1,60 Aufarbeitungslage, 1,60-4,00 OSM (Schluflie)
783	8027-LEB-BG-366	4363439	5314164	619,17	5,0	614,17	2,60	616,57	0,00-1,10 A, 1,10-2,60 Aufarbeitungslage, 2,60-5,00 OSM (Schluflie)
784	8027-LEB-BG-367	4363508	5314747	607,37	6,0	601,37	2,00	605,37	0,00-0,90 A, 0,90-1,70 Hochflutlehm, 1,70-2,00 Bachschotter, 2,00-6,00 OSM (Tone bis Sande)
785	8027-LEB-BG-368	4363442	5314860	607,91	7,7	600,21	2,30	605,61	0,00-0,40 A, 0,40-0,70 Hochflutlehm, 0,70-2,30 Bachschotter, 2,30-7,70 OSM (Tone bis Sande)
786	8027-LEB-BG-369	4363241	5314898	622,95	7,0	615,95	1,00	621,95	0,00-0,50 A, 0,50-1,00, kiesige DS (Schotterlehm HT), 1,00-7,00 OSM (Tone bis Schluflie)
787	8027-LEB-BG-370	4363281	5314592	624,56	7,0	617,56	4,30	620,26	0,00-0,50 Mu, 0,50-1,90 Lol, 1,90-2,10, kiesige DS (Hochterrassen-Schotterlehm), 2,10-4,30 HT, 4,30-7,00 OSM (Tone)
788	8027-LEB-BG-371	4363180	5314636	627,15	6,0	621,15	5,40	621,75	0,00-0,30 Mu, 0,30-1,00 Lol, 1,00-5,40 HT, 5,40-6,00 OSM (Tone)
789	8027-LEB-BG-372	4363306	5313645	629,61	8,0	621,61	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-1,00 Lol, 1,00-2,00 HT verwittert, 2,00-8,00 HT
790	8027-LEB-BG-373	4363324	5313859	628,58	9,0	619,58	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-1,30 Lol, 1,30-2,20 HT verwittert (Schotterlehm), 2,20-9,00 HT
791	8027-LEB-BG-374	4363613	5313844	625,38	6,0	619,38	5,20	620,16	0,00-0,40 A, 0,40-1,00 Lol, 1,00-1,50 HT verwittert, 1,50-4,50 HT, 4,50-5,20 Aufarbeitungslage, 5,20-6,00 OSM (Schluflie bis Feinsande)
792	8027-LEB-BG-375	4363655	5313679	623,93	6,0	617,93	3,00	620,93	0,00-0,40 A, 0,40-3,00 HT, 3,00-6,00 OSM (Tone bis Schluflie)
793	8027-LEB-BG-376	4363647	5314067	625,12	7,5	617,62	6,00	619,12	0,00-0,30 A, 0,30-1,70 Lol, 1,70-6,00 HT, 6,00-7,50 OSM (Tone bis Schluflie)
794	8027-LEB-BG-377	4363811	5313959	617,05	6,0	611,05	1,90	615,15	0,00-0,50 A, 0,50-1,60 Hochflutlehm, 1,60-1,90 Bachschotter, 1,90-6,00 OSM (Tone bis Feinsande)
795	8027-LEB-BG-378	4363912	5313933	610,98	6,0	604,98	2,00	608,98	0,00-0,30 Mu, 0,30-1,20 Hochflutlehm, 1,20-1,50 Bachschotter, 1,50-2,00 Hochflutlehm, 2,00-6,00 OSM (Schluflie)
796	8027-LEB-BG-379	4366783	5318398	620,00	10,0	610,00	9,25	610,75	0,00-0,25 Mu, 0,25-1,90 Lol, 1,90-2,50 HT verwittert, 2,50-9,25 HT, 9,25-10,00 OSM (Tone)
797	8027-LEB-BG-380	4366767	5318384	620,00	10,0	610,00	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-1,40 Lol, 1,40-2,40 HT verwittert, 2,40-10,00 HT
798	8027-LEB-BG-381	4368470	5317717	629,00	2,6	626,45	nicht erreicht		0,00-0,10 Mu, 0,10-0,35 Flusssand, 0,35-1,10 Flusssand mit Kies, 1,10-2,55 HT verwittert
799	8027-LEB-BG-382	4368466	5317694	629,00	3,7	625,35	nicht erreicht		0,00-0,15 Mu, 0,15-0,90 Flusssand, kiesig, 0,90-3,45 HT verwittert, 3,45-3,65 HT
800	8027-LEB-BG-383	4368467	5317666	629,00	3,6	625,40	nicht erreicht		0,00-0,15 Mu, 0,15-0,90 Flusssand, kiesig, 0,90-3,30 HT verwittert, 3,30-3,60 HT
801	8027-LEB-BG-384	4368468	5317674	629,00	3,8	625,20	nicht erreicht		0,00-0,15 Mu, 0,15-0,85 Flusssand, kiesig, 0,85-2,95 HT verwittert, 2,95-3,80 HT

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET		Quartärbasis		Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:		[m u. GOK]	[m ü.NN]	[m u. GOK]	[m ü.NN]	
802	8027-LEB-BG-385	4368470	5317665	629,00	4,6	624,40	nicht erreicht		0,00-0,15 Mu, 0,15-0,80 Flusssand, kiesig, 0,80-3,10 HT verwittert, 3,10-4,60 HT
803	8027-LEB-BG-386	4368477	5317654	629,00	2,5	626,50	nicht erreicht		0,00-0,15 Mu, 0,15-0,70 Flusssand, 0,70-2,50 HT verwittert
804	8027-LEB-BG-387	4368453	5317642	629,00	2,7	626,35	nicht erreicht		0,00-0,15 Mu, 0,15-1,05 Flusssand, 1,05-2,65 HT verwittert
805	8027-LEB-BG-388	4368435	5317655	629,00	2,6	626,40	nicht erreicht		Vermutlich A: 0,00-0,10 Mu, 0,10-0,90 Flusssand, kiesig, 0,90-1,70 Flusssand, 1,70-2,60 Lol
806	8027-LEB-BG-389	4368419	5317653	629,00	2,9	626,15	nicht erreicht		Vermutlich A: 0,00-0,20 Mu, 0,20-0,95 Flusssand, kiesig, 0,95-2,10 Lol, kiesig, 2,10-2,85 Flusssand, kiesig
807	8027-LEB-BG-390	4368427	5317672	629,00	2,7	626,35	nicht erreicht		Vermutlich A: 0,00-0,15 Mu, 0,15-0,80 Flusssand, 0,80-1,40 Flusssand, kiesig, 1,40-2,45 Lol; Anstehendes: 2,45-2,65 HT verwittert
808	8027-LEB-BG-391	4368433	5317668	629,00	2,6	626,40	nicht erreicht		Vermutlich A: 0,00-0,10 Mu, 0,10-0,60 Kies, 0,60-1,40 Flusssand, kiesig, 1,40-2,60 Lol, kiesig
809	8027-LEB-BG-392	4368415	5317668	629,00	2,5	626,50	nicht erreicht		Vermutlich A: 0,00-0,20 Mu, 0,20-1,00 Flusssand, kiesig, 1,00-2,30 Lol, kiesig, 2,30-2,50 Flusssand, kiesig
810	8027-LEB-BG-393	4368447	5317726	629,00	2,5	626,50	nicht erreicht		Vermutlich A: 0,00-1,00 Flusssand, kiesig, 1,00-2,30 Lol, kiesig, 2,30-2,50 Lol, kiesig
811	8027-LEB-BG-394	4368564	5317850	629,00	7,0	622,00	nicht erreicht		0,00-0,10 Mu, 0,10-1,70 Lol, 1,70-7,00 HT verwittert
812	8027-LEB-BG-395	4368562	5317835	628,00	7,0	621,00	nicht erreicht		0,00-0,10 Mu, 0,10-1,90 Lol, 1,90-7,00 HT verwittert
813	8027-LEB-BG-396	4368529	5317849	628,00	6,5	621,50	nicht erreicht		0,00-0,05 Mu, 0,05-1,60 Lol, 1,60-6,50 HT verwittert
814	8027-LEB-BG-397	4368519	5317854	628,00	6,0	622,00	nicht erreicht		0,00-0,10 Mu, 0,10-1,50 Lol, 1,50-6,00 HT verwittert
815	8027-LEB-BG-398	4368526	5317807	629,00	6,6	622,40	nicht erreicht		0,00-0,10 Mu, 0,10-1,70 Lol, kiesig, 1,70-4,60 HT verwittert, 4,60-6,60 HT
816	8027-LEB-BG-399	4367543	5317859	631,00	6,8	624,20	nicht erreicht		0,00-0,30 A, 0,30-3,50 Lol, 3,50-6,80 HT verwittert
817	8027-LEB-BG-400	4367529	5317885	631,00	5,2	625,80	nicht erreicht		0,00-0,10 Mu, 0,10-3,30 Lol, kiesig, 3,30-5,20 HT verwittert
818	8027-LEB-BG-401	4367532	5317895	631,00	5,0	626,00	nicht erreicht		0,00-0,50 A (Kohlenstaub), 0,50-3,30 Lol, 3,30-5,00 HT verwittert
819	8027-LEB-BG-402	4364371	5318145	594,50	10,0	584,50	6,90	587,60	0,00-1,40 A, 1,40-2,10 Flusssand, 2,10-6,90 NT, 6,90-10,00 OSM (Sand)
820	8027-LEB-BG-403	4364396	5318130	594,85	11,5	583,35	8,10	586,75	0,00-0,80 A, 0,80-1,80 Hochflusssand, 1,80-8,10 NT, 8,10-11,50 OSM (Sand)
821	8027-LEB-BG-404	4364368	5318109	594,80	10,5	584,30	8,40	586,40	0,00-1,90 A, 1,90-8,40 NT, 8,40-10,50 OSM (Sand)
822	8027-LEB-BG-405	4364370	5318105	594,80	1,0	593,80	nicht erreicht		0,00-1,00 A
823	8027-LEB-BG-406	4363634	5318368	600,00	10,0	590,00	nicht erreicht		0,00-0,40 A, 0,40-1,60 Lol, 1,60-3,30 NT verwittert, 3,30-10,00 NT
824	8027-LEB-BG-407	4363638	5318326	600,00	1,7	598,30	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-1,40 Lol, 1,40-1,70 Lol, kiesig
825	8027-LEB-BG-408	4363636	5318322	600,00	10,0	590,00	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-1,50 Lol, 1,50-1,80 Lol, kiesig, 1,80-2,40 NT verwittert, 2,40-10,00 NT
826	8027-LEB-BG-409	4363667	5318350	600,00	10,0	590,00	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-1,30 Lol, 1,30-1,60 Lol, kiesig, 1,60-2,60 NT verwittert, 2,60-10,00 NT
827	8027-LEB-BG-410	4364953	5317681	597,00	7,0	590,00	nicht erreicht	588,10	0,00-0,90 A, 0,90-7,00 NT
828	8027-LEB-BG-411	4364970	5317652	597,00	10,0	587,00	8,90	588,10	0,00-0,70 A, 0,70-1,00 Mu, 1,00-1,15 Alm, 1,15-8,90 NT, 8,90-10,00 OSM (Tone)
829	8027-LEB-BG-412	4364936	5317635	597,00	7,0	590,00	nicht erreicht		0,00-0,30 A, 0,30-0,75 Mu, 0,75-0,90 Alm, 0,90-1,80 Bachschotter, 1,80-7,00 NT
830	8027-LEB-BG-413	4364067	5317178	601,96	6,0	595,96	nicht erreicht		0,00-6,00 A

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET		Quartärbasis		Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:		[m u. GOK]	[m ü.NN]	[m u. GOK]	[m ü.NN]	
831	8027-LEB-BG-414	4363713	5318408	598,98	10,0	588,98	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-2,00 NT schluffig, 2,00-10,00 NT
832	8027-LEB-BG-415	4363726	5318512	598,60	10,0	588,60	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-1,20 LoI, 1,20-1,70 LoI, kiesig, 1,70-2,20 NT schluffig verwittert, 2,20-10,00 NT
833	8027-LEB-BG-416	4363661	5318496	598,55	12,0	586,55	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-1,50 LoI, 1,50-2,30 NT verwittert, 2,30-12,00 NT
834	8027-LEB-BG-417	4368150	5318363	630,43	8,0	622,43	nicht erreicht		0,00-1,00 A, 1,00-3,40 LoI, kiesig, 3,40-6,30 HT verwittert, 6,30-8,00 HT
835	8027-LEB-BG-418	4368162	5318358	629,95	8,0	621,95	nicht erreicht		0,00-1,30 A, 1,30-3,10 LoI, 3,10-5,50 HT verwittert, 5,50-8,00 HT
836	8027-LEB-BG-419	4367977	5318254	629,47	8,0	621,47	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-3,60 LoI, 3,60-4,70 HT verwittert, 4,70-8,00 HT
837	8027-LEB-BG-420	4368010	5318298	629,43	8,0	621,43	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-3,00 LoI, 3,00-6,70 HT verwittert, 6,70-8,00 HT
838	8027-LEB-BG-421	4367637	5318361	629,53	8,0	621,53	nicht erreicht		0,00-0,35 Mu, 0,35-2,70 LoI, 2,70-4,60 HT verwittert, 4,60-8,00 HT
839	8027-LEB-BG-422	4367676	5318366	629,00	8,0	621,00	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-4,20 LoI, 4,20-6,50 HT verwittert, 6,50-8,00 HT
840	8027-LEB-BG-423	4367720	5318359	628,92	8,0	620,92	nicht erreicht		0,00-0,35 Mu, 0,35-2,70 LoI, 2,70-3,80 LoI, kiesig, 3,80-4,50 HT verwittert, 4,50-8,00 HT
841	8027-LEB-BG-424	4367723	5318459	629,00	3,0	626,00	nicht erreicht		0,00-0,35 Mu, 0,35-3,00 LoI
842	8027-LEB-BG-425	4367762	5318408	629,00	8,0	621,00	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-2,90 LoI, 2,90-5,00 HT verwittert, 5,00-8,00 HT
843	8027-LEB-BG-426	4367870	5318162	629,00	7,0	622,00	nicht erreicht		0,00-0,50 A, 0,50-2,80 LoI, kiesig, 2,80-6,80 HT verwittert, 6,80-7,00 HT
844	8027-LEB-BG-427	4367826	5318155	629,00	7,0	622,00	nicht erreicht		0,00-0,35 Mu, 0,35-4,00 LoI, 4,00-6,85 HT verwittert, 6,85-7,00 HT
845	8027-LEB-BG-428	4368560	5317940	627,00	7,0	620,00	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-1,85 LoI, 1,85-4,15 HT verwittert, 4,15-7,00 HT
846	8027-LEB-BG-429	4368575	5317970	627,00	7,0	620,00	nicht erreicht		0,00-0,25 Mu, 0,25-1,45 LoI, 1,45-2,20 HT verwittert, 2,20-7,00 HT
847	8027-LEB-BG-430	4368552	5318010	627,00	4,0	623,00	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-2,70 LoI, 2,70-4,00 HT verwittert
848	8027-LEB-BG-431	4368591	5318033	627,00	4,0	623,00	nicht erreicht		0,00-0,35 Mu, 0,35-2,00 LoI, 2,00-3,40 LoI, kiesig, 3,40-4,00 HT verwittert
849	8027-LEB-BG-432	4368332	5317760	630,47	7,0	623,47	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-2,50 LoI, 2,50-3,80 LoI, kiesig, 3,80-5,75 HT verwittert, 5,75-7,00 HT
850	8027-LEB-BG-433	4368317	5317758	630,50	7,0	623,50	nicht erreicht		0,00-0,35 Mu, 0,35-6,00 LoI, kiesig, 6,00-7,00 HT
851	8027-LEB-BG-434	4368338	5317762	630,28	4,0	626,28	nicht erreicht		0,00-0,60 A, 0,60-3,00 LoI, 3,00-4,00 LoI, kiesig
852	8027-LEB-BG-435	4368353	5317765	630,25	4,0	626,25	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-3,10 LoI, 3,10-4,00 LoI, kiesig
853	8027-LEB-BG-436	4367414	5318165	630,56	7,2	623,36	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-4,50 LoI, kiesig, 4,50-6,20 HT verwittert, 6,20-7,20 HT
854	8027-LEB-BG-437	4367442	5318159	630,46	7,0	623,46	nicht erreicht		vermutlich A: 0,00-0,30 Mu, 0,30-1,60 LoI, kiesig; Anstehendes: 1,60-3,10 LoI, 3,10-5,05 HT verwittert, 5,05-7,00 HT
855	8027-LEB-BG-438	4367458	5318170	630,75	7,0	623,75	nicht erreicht		vermutlich A: 0,00-0,30 Mu, 0,30-2,70 LoI, kiesig; Anstehendes: 2,70-3,40 LoI, 3,40-5,10 HT verwittert, 5,10-7,00 HT
856	8027-LEB-BG-439	4365031	5318301	594,00	10,0	584,00	nicht erreicht		0,00-2,90 A, 2,90-6,00 Alm, 6,00-10,00 NT
857	8027-LEB-BG-440	4365068	5318304	594,00	9,0	585,00	nicht erreicht		0,00-1,40 A, 1,40-5,50 Alm, 5,50-9,00 NT

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET		Quartärbasis		Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:		[m u. GOK]	[m ü.NN]	[m u. GOK]	[m ü.NN]	
858	8027-LEB-BG-441	4365099	5318336	594,00	7,0	587,00	nicht erreicht		0,00-0,90 A, 0,90-2,80 Alm, 2,80-3,00 Torf, 3,00-3,20 Alm, 3,20-3,60 Torf, 3,60-7,00 NT
859	8027-LEB-BG-442	4365046	5318322	594,00	7,5	586,50	nicht erreicht		0,00-1,30 A, 1,30-4,40 Alm, 4,40-4,60 Torf, 4,60-4,80 Torf, kiesig, 4,80-7,50 NT
860	8027-LEB-BG-443	4365083	5318344	594,00	8,0	586,00	nicht erreicht		0,00-1,00 A, 1,00-5,00 Alm, 5,00-8,00 NT
861	8027-LEB-BG-444	4365105	5318321	594,00	7,5	586,50	nicht erreicht		0,00-4,80 A, 4,80-7,50 NT
862	8027-LEB-BG-445	4367770	5317960	631,49	4,0	627,49	nicht erreicht		0,00-0,60 A, 0,60-2,70 Lo, 2,70-4,00 Lo, kiesig
863	8027-LEB-BG-446	4367630	5317768	632,07	4,0	628,07	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-2,70 Lo, 2,70-4,00 Lo, kiesig
864	8027-LEB-BG-447	4367522	5317732	631,75	4,0	627,75	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-2,70 Lo, 2,70-4,00 Lo, kiesig
865	8027-LEB-BG-448	4367471	5317569	632,90	4,0	628,90	nicht erreicht		0,00-2,20 A, 2,20-3,10 Lo, 3,10-4,00 Lo, kiesig
866	8027-LEB-BG-449	4367445	5317536	633,70	4,0	629,70	nicht erreicht		0,00-2,50 A, 2,50-4,00 Lo, kiesig
867	8027-LEB-BG-450	4367580	5317504	633,13	4,0	629,13	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-4,00 Lo
868	8027-LEB-BG-451	4367922	5317693	632,14	4,0	628,14	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-2,70 Lo, 2,70-4,00 Lo, kiesig
869	8027-LEB-BG-452	4368846	5318210	628,39	4,0	624,39	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-2,50 Lo, 2,50-4,00 Lo, kiesig
870	8027-LEB-BG-453	4369253	5318432	627,34	4,0	623,34	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-2,70 Lo, 2,70-4,00 Lo, kiesig
871	8027-LEB-BG-454	4369650	5318668	626,22	4,0	622,22	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-2,40 Lo, 2,40-4,00 Lo, kiesig
872	8027-LEB-BG-455	4369908	5318817	624,10	4,0	620,10	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-2,40 Lo, 2,40-4,00 Lo, kiesig
873	8027-LEB-BG-456	4367621	5317938	631,50	8,0	623,50	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-3,50 Lo, 3,50-6,20 HT verwittert, 6,20-8,00 HT
874	8027-LEB-BG-457	4367609	5317910	631,60	8,0	623,60	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-2,80 Lo, 2,80-6,80 HT verwittert, 6,80-8,00 HT
875	8027-LEB-BG-458	4368384	5317926	629,82	10,3	619,52	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-2,20 Lo, 2,20-3,40 Lo, kiesig, 3,40-9,90 HT verwittert, 9,90-10,30 HT
876	8027-LEB-BG-459	4368342	5317887	629,92	8,0	621,92	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-2,80 Lo, 2,80-3,20 Lo, kiesig, 3,20-8,00 HT verwittert
877	8027-LEB-BG-460	4373174	5312976	649,78	9,0	640,78	2,50	647,28	0,00-2,50 A, 2,50-9,00 OSM (Schluffe)
878	8027-LEB-BG-461	4373160	5312967	649,92	9,0	640,92	2,70	647,22	0,00-2,70 A, 2,70-9,00 OSM (Schluffe)
879	8027-LEB-BG-462	4365373	5318608	595,00	7,0	588,00	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-4,30 Alm, 4,30-4,60 Torf, 4,60-7,00 NT
880	8027-LEB-BG-463	4365354	5318607	595,00	7,0	588,00	nicht erreicht		0,00-1,20 A, 1,20-4,20 Alm, 4,20-4,50 Torf, 4,50-7,00 NT
881	8027-LEB-BG-464	4365340	5318559	595,00	7,0	588,00	nicht erreicht		0,00-0,70 Mu, 0,70-4,20 Alm, 4,20-4,50 Torf, 4,50-7,00 NT
882	8027-LEB-BG-465	4365361	5318550	595,00	7,0	588,00	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-4,20 Alm, 4,20-4,50 Torf, 4,70-7,00 NT
883	8027-LEB-BG-466	4365387	5318594	595,00	7,0	588,00	nicht erreicht		0,00-0,90 Mu, 0,90-4,40 Alm, 4,40-4,70 Torf, 4,70-7,00 NT
884	8027-LEB-BG-467	4366126	5318646	598,88	10,0	588,88	7,50	591,38	0,00-2,10 A, 2,10-5,50 Alm, Fließerd., Auenmaterial & Schuttfacher, 5,50-5,90 Torf, 5,90-7,50 NT, 7,50-10,00 OSM (Sand bis Schluffe)
885	8027-LEB-BG-468	4372415	5312497	689,00	10,0	679,00	0,25	688,75	0,00-0,25 A, 0,25-5,30 OSM (Sand bis Schluffe), 5,30-5,90 OSM (Tone), 5,90-10,00 OSM (Sand bis Schluffe)
886	8027-LEB-BG-469	4372432	5312516	689,00	10,0	679,00	0,40	688,60	0,00-0,40 A, 0,40-10,00 OSM (Sand bis Schluffe)
887	8027-LEB-BG-470	4372848	5313402	660,80	10,0	650,80	3,70	657,10	0,00-0,30 Mu, 0,30-2,10 Fließerd., 2,10-3,70 HT-Günztl., 3,70-10,00 OSM (Tone bis Sande)
888	8027-LEB-BG-471	4372851	5313430	660,66	10,0	650,66	4,20	656,46	0,00-0,30 Mu, 0,30-2,20 Fließerd., 2,20-4,20 HT-Günztl., 4,20-10,00 OSM (Tone bis Sande)
889	8027-LEB-BG-472	4372882	5313474	659,65	10,0	649,65	6,60	653,05	0,00-0,30 Mu, 0,30-2,70 Lo, 2,70-4,20 Fließerd., 4,20-6,60 HT-Günztl., 6,60-10,00 OSM (Tone bis Sande)

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET [m u. GOK]	Quartärbasis [m u. GOK]	Quartärbasis [m ü.NN]	Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:					
890	8027-LEB-BG-473	4372869	5313509	659,66	10,0	5,60	654,06	0,00-0,30 Mu, 0,30-2,10 Lol, 2,10-5,60 HT-GünztaI, 5,60-10,00 OSM (Tone)
891	8027-LEB-BG-474	4372910	5313503	658,55	10,0	5,20	653,35	0,00-0,30 Mu, 0,30-3,60 Lol, 3,60-5,20 HT-GünztaI, 5,20-10,00 OSM (Tone bis Sande)
892	8027-LEB-BG-475	4372929	5313469	657,94	10,0	4,50	653,44	0,00-0,30 Mu, 0,30-1,70 Lol, 1,70-2,50 Fließgerden, 2,50-3,30 HT-GünztaI verwittert, 3,30-4,50 HT-GünztaI, 4,50-10,00 OSM (Tone bis Sande)
893	8027-LEB-BG-476	4372189	5317161	621,00	64,5	2,20	618,80	0,00-0,20 Mu, 0,20-0,60 Hochflutsand, 0,60-1,10 Bachschotter, 1,10-1,70 Hochflutsand, 1,70-2,20 Torf, kiesig, 2,20-5,80 OSM (Tone), 5,80-25,50 OSM Obere Sande, 25,50-45,70 OSM (Tone bis Schluffe), 45,70-54,50 OSM Mittlere Sande, 54,50-57,50 OSM (Tone bis Schluffe), 57,50-63,20 OSM Untere Sande, 63,20-64,50 OSM (Sande bis Schluffe)
894	8027-LEB-BG-477	4372336	5317729	617,50	25,0	3,80	613,70	0,00-0,20 Mu, 0,20-1,00 Hochflutsand, 1,00-1,80 Bachschotter, 1,80-3,80 NT-GünztaI, 3,80-14,80 OSM (Sande), 14,80-19,50 OSM (Sande bis Schluffe), 19,50-25,00 OSM (Tone)
895	8027-LEB-BG-478	4363475	5317020	603,54	8,0	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-2,00 Lol, kiesig, 2,00-2,60 NT verwittert, 2,60-8,00 NT
896	8027-LEB-BG-479	4363512	5317165	602,52	8,0	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-1,80 Lol, kiesig, 1,80-3,60 NT verwittert, 3,60-8,00 NT
897	8027-LEB-BG-480	4363579	5317171	602,79	8,0	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-0,85 Lol, 0,85-1,80 Lol kiesführend, 1,80-8,00 NT
898	8027-LEB-BG-481	4364855	5314458	611,58	10,0	7,90	603,68	0,00-0,70 A, 0,70-1,70 Hochflutsand, kiesig, 1,70-2,10 Hochflutsand, 2,10-7,90 NT, 7,90-10,00 OSM (Sandsteine)
899	8027-LEB-BG-482	4365742	5317601	597,00	3,0	nicht erreicht		0,00-1,50 Torf, 1,50-2,00 Alm, 2,00-3,00 NT
900	8027-LEB-BG-483	4365781	5317657	597,00	3,0	nicht erreicht		0,00-1,60 Torf, 1,60-3,00 NT
901	8027-LEB-BG-484	4365479	5310940	654,00	10,0	5,70	648,30	0,00-3,50 Fließgerden, 3,50-4,10 Konglomerat, 4,10-5,70 HT / NT(?)
902	8027-LEB-BG-485	4365458	5310967	652,00	12,0	1,10	650,90	0,00-1,10 Fließgerden, 1,10-12,00 OSM (Sande bis Schluffe)
903	8027-LEB-BG-486	4364894	5317656	597,00	8,0	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-8,00 NT
904	8027-LEB-BG-487	4367312	5318100	630,28	10,0	nicht erreicht		0,00-0,20 Beton, 0,20-1,20 A, 1,20-4,10 Lol, kiesig, 4,10-10,00 HT
905	8027-LEB-BG-488	4367328	5318126	630,24	10,0	nicht erreicht		0,00-0,30 Beton, 0,30-1,80 A, 1,80-4,30 Lol, kiesig, 4,30-10,00 HT
906	8027-LEB-BG-489	4368045	5318304	629,64	10,0	nicht erreicht		0,00-0,90 A, 0,90-2,30 Lol, 2,30-3,00 Lol, kiesig, 3,00-10,00 HT
907	8027-LEB-BG-490	4363660	5318128	601,00	12,0	nicht erreicht		0,00-0,20 Lol, 0,20-1,10 NT verwittert, 1,10-12,00 NT
908	8027-LEB-BG-491	4363640	5318152	601,00	12,0	nicht erreicht		0,00-0,20 Lol, 0,20-1,20 NT verwittert, 1,20-12,00 NT
909	8027-LEB-BG-492	4366063	5317463	598,11	7,5	4,50	593,61	0,00-0,20 Mu, 0,20-0,60 Hochflutsand, kiesig, 0,60-4,50 NT, 4,50-7,50 OSM (Sande bis Schluffe)
910	8027-LEB-BG-493	4371201	5313956	669,37	8,0	0,00	669,37	0,00-8,00 OSM (Sande)
911	8027-LEB-BG-494	4371380	5313921	670,09	8,0	0,10	669,99	0,00-0,10 Mu, 0,10-5,00 OSM (Sande), 5,00-8,00 OSM (Sande bis Schluffe)
912	8027-LEB-BG-495	4371287	5313957	668,50	12,0	0,00	668,50	0,00-7,10 OSM (Sande bis Schluffe), 7,10-12,00 OSM (Tone)
913	8027-LEB-BG-496	4372372	5312414	688,00	8,0	3,00	685,00	0,00-0,50 Lol, 0,50-3,00 Fließgerden, 3,00-8,00 OSM (Sande bis Schluffe)

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET [m u. GOK]	Quartärbasis [m ü.NN]	Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:				
914	8027-L-LEB-BG-497	4364448	5315873	611,00	8,0	603,00	0,00-0,30 Mu, 0,30-1,20 Bachschotter, 1,20-5,20 NT, 5,20-6,50 OSM (Sande), 6,50-8,00 OSM (Schluffe)
915	8027-L-LEB-BG-498	4364460	5315914	611,00	8,0	603,00	0,00-0,30 Mu, 0,30-0,90 Bachschotter, 0,90-5,40 NT, 5,40-8,00 OSM (Schluffe)
916	8027-L-LEB-BG-499	4364432	5315940	611,00	8,0	603,00	0,00-0,30 Mu, 0,30-1,20 Bachschotter, 1,20-5,40 NT, 5,40-8,00 OSM (Schluffe)
917	8027-L-LEB-BG-500	4368888	5315544	636,92	18,0	618,92	0,00-0,30 LoI, 0,30-2,50 LoI, kiesig, 2,50-3,80 HT verwittert, 3,80-11,80 HT, 11,80-18,00 OSM (Schluffe bis Sande)
918	8027-L-LEB-BG-501	4368849	5315487	637,43	18,0	619,43	0,00-0,20 LoI, 0,20-1,50 LoI, kiesig, 1,50-5,50 HT verwittert, 5,50-12,80 HT, 12,80-18,00 OSM (Schluffe bis Sande)
919	8027-L-LEB-BG-502	4368871	5315396	637,50	18,0	619,50	0,00-0,30 LoI, 0,30-2,50 LoI, kiesig, 2,50-4,20 HT verwittert, 4,20-11,70 HT, 11,70-18,00 OSM (Schluffe bis Sande)
920	8027-L-LEB-BG-503	4369060	5315464	639,63	17,1	622,53	0,00-2,70 LoI, kiesig, 2,70-5,00 HT verwittert, 5,00-13,70 HT, 13,70-17,10 OSM (Tone bis Schluffe)
921	8027-L-LEB-BG-504	4364290	5319225	596,10	10,0	586,10	0,00-8,30 A, 8,30-10,00 OSM (Sande)
922	8027-L-LEB-BG-505	4364461	5317562	595,81	8,0	587,81	0,00-2,30 A, 2,30-8,00 NT
923	8027-L-LEB-BG-506	4364454	5317585	595,69	12,0	583,69	0,00-1,10 A, 1,10-1,60 Bachschotter, 1,60-10,30 NT, 10,30-12,00 OSM (Schluffe)
924	8027-L-LEB-BG-507	4364470	5317605	595,34	8,0	587,34	0,00-2,40 Bachschotter, 2,40-8,00 NT
925	8027-L-LEB-BG-508	4363478	5319246	594,79	8,0	586,79	0,00-0,50 LoI, kiesig, 0,50-4,50 NT verwittert, 4,50-8,00 NT
926	8027-L-LEB-BG-509	4364074	5317250	599,80	19,5	580,30	0,00-1,40 A, 1,40-1,70 NT verwittert, 1,70-18,30 NT, 18,30-19,50 OSM (Schluffe)
927	8027-L-LEB-BG-510	4364116	5317278	599,58	13,0	586,58	0,00-1,00 A, 1,00-2,00 NT verwittert, 2,00-13,00 NT
928	8027-L-LEB-BG-511	4363530	5318820	599,00	1,8	597,20	0,00-0,60 Flusssand, 0,60-1,80 LoI
929	8027-L-LEB-BG-512	4363524	5318824	599,00	1,3	597,70	0,00-0,30 A, 0,30-0,40 Flusssand, 0,40-1,30 LoI
930	8027-L-LEB-BG-513	4363517	5318824	599,00	0,8	598,20	0,00-0,10 Mu, 0,10-0,40 Flusssand, 0,40-0,80 LoI
931	8027-L-LEB-BG-514	4363523	5318832	599,00	0,3	598,70	0,00-0,05 A, 0,05-0,30 Flusssand
932	8027-L-LEB-BG-515	4364717	5318235	597,00	8,0	589,00	0,00-1,70 A, 1,70-4,10 Alm, 4,10-4,30 Torf, 4,30-8,00 NT
933	8027-L-LEB-BG-516	4364732	5318247	596,57	8,0	588,57	0,00-4,10 A, 4,10-8,00 NT
934	8027-L-LEB-BG-517	4364745	5318235	598,54	8,0	590,54	0,00-1,80 A, 1,80-4,10 Alm, 4,10-4,25 Torf, 4,25-8,00 NT
935	8027-L-LEB-BG-518	4367532	5308867	650,59	32,0	618,59	0,00-0,30 Mu, 0,30-0,50 LoI, kiesig, 0,50-1,30 NT verwittert, 1,30-32,00 NT
936	8027-L-LEB-BG-519	4367608	5309203	636,08	25,5	610,58	0,00-1,50 A, 1,50-24,70 NT, 24,70-25,50 OSM (Tone)
937	8027-L-LEB-BG-520	4368412	5308943	635,28	20,5	614,78	0,00-17,00 NT, 17,00-20,50 OSM (Tone)
938	8027-L-LEB-BG-521	4368505	5308759	636,36	17,3	619,06	0,00-15,40 NT, 15,40-17,30 OSM (Schluffe)
939	8027-L-LEB-BG-522	4373270	5312832	650,00	5,0	645,00	0,00-0,40 Mu, 0,40-0,80 Hochflutlehm, 0,80-4,30 NT-Günztal, 4,30-5,00 OSM (Sande)
940	8027-L-LEB-BG-523	4373223	5312837	650,00	3,0	647,00	0,00-0,80 Mu, 0,80-2,30 NT-Günztal, 2,30-3,00 OSM (Tone)
941	8027-L-LEB-BG-524	4373232	5312867	650,00	4,0	646,00	0,00-0,90 Mu, 0,90-2,90 NT-Günztal, 2,90-4,00 OSM (Tone)
942	8027-L-LEB-BG-525	4373210	5312892	650,00	4,0	646,00	0,00-0,60 A, 0,60-1,60 Hochflutlehm, 1,60-3,30 NT-Günztal, 3,30-4,00 OSM (Tone)
943	8027-L-LEB-BG-526	4373257	5312896	650,00	4,0	646,00	0,00-1,60 A, 1,60-3,50 NT-Günztal, 3,50-4,00 OSM (Tone)
944	8027-L-LEB-BG-527	4373275	5312873	650,00	4,0	646,00	0,00-0,90 A, 0,90-2,00 Hochflutlehm teilweise mit Torf, 2,00-3,60 NT-Günztal, 3,60-4,00 OSM (Tone)
945	8027-L-LEB-BG-528	4373249	5312791	650,00	(?)	(?)	0,00-1,60 Hochflutlehm, Rest nicht lesbar

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET [m u. GOK]	ET [m ü.NN]	Quartärbasis		Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:				[m u. GOK]	[m ü.NN]	
946	8027-L-EB-BG-529	4373218	5312759	650,00	5,0	645,00	3,10	646,90	0,00-2,30 A, 2,30-3,10 NT-Günztal, 3,10-5,00 OSM (Tone bis Schluffe)
947	8027-L-EB-BG-530	4373199	5312859	650,00	5,0	645,00	2,70	647,30	0,00-2,70 A, 2,70-5,00 OSM (Tone bis Schluffe)
948	8027-L-EB-BG-531	4373220	5312901	650,00	5,0	645,00	3,10	646,90	0,00-2,30 A, 2,30-3,10 NT-Günztal, 3,10-5,00 OSM (Tone bis Schluffe)
949	8027-L-EB-BG-532	4368220	5308738	658,00	24,0	634,00	23,30	634,70	0,00-1,50 A, 1,50-23,30 NT, 23,30-24,00 OSM (Schluffe)
950	8027-L-EB-BG-533	4373319	5312372	655,00	3,0	652,00	nicht erreicht		0,00-0,50 A, 0,50-1,80 Hochflutlehm, kiesig, 1,80-3,00 NT-Günztal
951	8027-L-EB-BG-534	4373328	5312373	655,00	3,0	652,00	nicht erreicht		0,00-1,20 A, 1,20-3,00 NT-Günztal
952	8027-L-EB-BG-535	4373340	5312370	655,00	1,8	653,20	nicht erreicht		0,00-1,00 A, 1,00-1,80 Hochflutlehm, kiesig
953	8027-L-EB-BG-536	4373336	5312378	655,00	2,6	652,40	nicht erreicht		0,00-1,00 A, 1,00-2,00 Hochflutlehm, kiesig, 2,00-2,60 NT-Günztal
954	8027-L-EB-BG-537	4373345	5312360	655,00	2,5	652,50	nicht erreicht		0,00-0,50 Mu, 0,50-1,20 Hochflutlehm, kiesig, 1,20-2,50 NT-Günztal
955	8027-L-EB-BG-538	4373342	5312352	655,00	2,5	652,50	nicht erreicht		0,00-0,55 Mu, 0,55-1,20 Hochflutlehm, kiesig, 1,20-2,50 NT-Günztal
956	8027-L-EB-BG-539	4373332	5312354	655,00	3,9	651,10	nicht erreicht		0,00-1,00 A, 1,00-3,90 NT-Günztal
957	8027-L-EB-BG-540	4373328	5312359	655,00	2,7	652,30	nicht erreicht		0,00-1,00 A, 1,00-2,00 Bachschotter lehmig, 2,00-2,70 NT-Günztal
958	8027-L-EB-BG-541	4368986	5310127	650,00	22,5	627,50	21,60	628,40	0,00-3,30 A, 3,30-21,60 NT, 21,60-22,50 OSM (Schluffe bis Feinsande)
959	8027-L-EB-BG-542	4366592	5313672	619,20	15,0	604,20	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-1,20 Schwemmfächermaterial, kiesig, 1,20-15,00 NT
960	8027-L-EB-BG-543	4364377	5318605	592,68	5,4	587,28	5,30	587,38	0,00-2,10 A, 2,10-5,30 NT, 5,30-5,40 OSM (Sandsteine)
961	8027-L-EB-BG-544	4364375	5318647	592,72	5,4	587,32	5,30	587,42	0,00-2,10 A, 2,10-5,20 NT, 5,20-5,30 Aufarbeitungslage, 5,30-5,40 OSM (Sandsteine)
962	8027-L-EB-BG-545	4366370	5313320	621,00	13,2	607,80	nicht erreicht		0,00-8,20 A, 8,20-13,20 NT
963	8027-L-EB-BG-546	4365414	5318771	595,53	10,6	584,93	10,10	585,43	0,00-0,20 Mu, 0,20-5,20 Alm mit Torflagen, 5,20-10,10 NT, 10,10-10,60 OSM (Feinsande)
964	8027-L-EB-BG-547	4365474	5318768	595,44	10,3	585,14	10,10	585,34	0,00-0,20 Mu, 0,20-4,50 Alm mit Torflagen, 4,50-10,10 NT, 10,10-10,30 OSM (Schluffe)
965	8027-L-EB-BG-548	4365519	5318763	595,89	11,5	584,39	11,00	584,89	0,00-0,30 Mu, 0,30-5,00 Alm mit Torflagen, 5,00-11,00 NT, 11,00-11,50 OSM (Feinsande)
966	8027-L-EB-BG-549	4365556	5318754	595,72	11,5	584,22	10,90	584,82	0,00-0,30 Mu, 0,30-5,20 Alm mit Torflagen, 5,20-10,90 NT, 10,90-11,50 OSM (Feinsande)
967	8027-L-EB-BG-550	4365453	5318815	595,56	10,5	585,06	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-5,80 Alm mit Torflagen, 5,80-10,50 NT
968	8027-L-EB-BG-551	4365483	5318839	594,76	11,5	583,26	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-6,00 Alm mit Torflagen, 6,00-11,50 NT
969	8027-L-EB-BG-552	4373168	5312839	649,78	9,5	640,28	3,80	645,98	0,00-2,40 A, 2,40-3,80 Hochflutlehm bis -lehm, 3,80-9,50 OSM (Schluffe bis Sandsteine)
970	8027-L-EB-BG-553	4373156	5312855	650,01	5,7	644,31	2,70	647,31	0,00-2,00 A, 2,00-3,70 Hochflutlehm bis -lehm, 3,70-5,70 OSM (Schluffe bis Sandsteine)
971	8027-L-EB-BG-554	4372957	5312777	662,00	2,0	660,00	0,20	661,80	0,00-0,20 A, 0,20-2,00 OSM (Sandsteine)
972	8027-L-EB-BG-555	4372968	5312745	658,00	6,0	652,00	2,30	655,70	0,00-2,30 A, 2,30-6,00 OSM (Sandsteine)
973	8027-L-EB-BG-556	4372967	5313746	654,86	6,0	648,86	nicht erreicht		0,00-6,00 A

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET [m u. GOK]	ET [m ü.NN]	Quartärbasis		Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:				[m u. GOK]	[m ü.NN]	
974	8027-L-LEB-BG-557	4372936	5313738	655,34	6,0	649,34	5,70	649,64	0,00-4,40 A, 4,40-4,80 Löss, kiesig, 4,80-5,70 HT, 5,70-6,00 OSM (Schluffe)
975	8027-L-LEB-BG-558	4372953	5313734	655,21	8,0	647,21	5,50	649,71	0,00-5,00 A, 5,00-5,50 HT, 5,50-8,00 OSM (Schluffe bis Sande)
976	8027-L-LEB-BG-559	4372919	5313746	655,37	7,2	648,17	4,60	650,77	0,00-2,60 A, 2,60-4,00 Löss, kiesig, 4,00-4,60 HT, 4,60-7,20 OSM (Sande bis Schluffe)
977	8027-L-LEB-BG-560	4364725	5317544	598,00	5,0	593,00	nicht erreicht		0,00-2,40 A, 2,40-5,00 NT
978	8027-L-LEB-BG-561	4373456	5312968	651,00	5,0	646,00	3,20	647,80	0,00-0,20 Mu, 0,20-1,30 Hochflutlehm, 1,30-3,20 NT-Günztal, 3,20-5,00 OSM (Tone)
979	8027-L-LEB-BG-562	4373457	5312961	651,00	5,0	646,00	3,00	648,00	0,00-0,20 Mu, 0,20-1,30 Hochflutlehm, 1,30-3,00 NT-Günztal, 3,00-5,00 OSM (Schluffe)
980	8027-L-LEB-BG-563	4373461	5312976	651,00	8,0	643,00	3,00	648,00	0,00-0,80 A, 0,80-1,30 Hochflutlehm, 1,30-3,00 NT-Günztal, 3,00-8,00 OSM (Tone bis Sande)
981	8027-L-LEB-BG-564	4373466	5312965	651,00	6,5	644,50	2,60	648,40	0,00-0,40 Mu, 0,40-1,40 Hochflutlehm, 1,40-2,60 NT-Günztal, 2,60-6,50 OSM (Tone bis Sande)
982	8027-L-LEB-BG-565	4373468	5312972	651,00	6,5	644,50	3,40	647,60	0,00-0,30 Mu, 0,30-1,60 Hochflutlehm, 1,60-3,40 NT-Günztal, 3,40-6,50 OSM (Tone bis Schluffe)
983	8027-L-LEB-BG-566	4368827	5310170	649,00	24,0	625,00	21,80	627,20	0,00-0,30 Mu, 0,30-1,00 Lol, kiesig, 1,00-21,80 NT, 21,80-24,00 OSM (Tone)
984	8027-L-LEB-BG-567	4368478	5310008	649,00	25,0	624,00	23,80	625,20	0,00-0,30 Mu, 0,30-1,30 Lol, kiesig, 1,30-23,80 NT, 23,80-25,00 OSM (Tone)
985	8027-L-LEB-BG-568	4372645	5312210	664,25	3,9	660,35	2,20	662,05	0,00-0,60 A, 0,60-1,90 Lol(?), 1,90-2,20 HT-Günztal, 2,20-3,90 OSM (Schluffe)
986	8027-L-LEB-BG-569	4372642	5312214	664,15	3,8	660,35	3,20	660,95	0,00-0,60 A, 0,60-1,70 Lol(?), 1,70-2,30 HT-Günztal verwittert, 2,30-3,80 OSM (Schluffe)
987	8027-L-LEB-BG-570	4372647	5312206	664,85	8,0	656,85	3,40	661,45	0,00-1,20 A, 1,20-2,00 Lol(?), 2,00-3,40 HT-Günztal verwittert, 3,40-8,00 OSM (Tone bis Sande)
988	8027-L-LEB-BG-571	4365869	5319379	599,55	20,0	579,55	14,10	585,45	0,00-7,80 A, 7,80-11,30 Alm, 11,30-11,60 Bachschotter, 11,60-14,10 NT, 14,10-20,00 OSM (Schluffe bis Tone)
989	8027-L-LEB-BG-572	4365946	5319374	596,26	20,0	576,26	8,70	587,56	0,00-4,10 A, 4,10-6,00 Alm, 6,00-6,80 Torf, 6,80-8,70 NT, 8,70-20,00 OSM (Schluffe bis Sande)
990	8027-L-LEB-BG-573	4367455	5319364	626,03	15,0	611,03	6,60	619,43	0,00-0,20 Mu, 0,20-2,50 Lol, 2,50-3,20 Lol, kiesig, 3,20-6,60 HT, 6,60-15,00 OSM (Tone bis Sande)
991	8027-L-LEB-BG-574	4366033	5319356	594,36	5,0	589,36	3,60	590,76	0,00-0,50 Mu, 0,50-3,10 Alm, 3,10-3,60 Torf, 3,60-5,00 OSM (Tone bis Schluffe)
992	8027-L-LEB-BG-575	4366258	5319358	606,10	15,0	591,10	0,50	605,60	0,00-0,30 Mu, 0,30-0,50 Fließerdien, 0,50-15,00 OSM (Tone bis Sande)
993	8027-L-LEB-BG-576	4366394	5319422	615,16	15,0	600,16	2,50	612,66	0,00-1,00 Mu torfig, 1,00-2,50 Fließerdien, 2,50-15,00 OSM (Tone bis Sande)
994	8027-L-LEB-BG-577	4366343	5319314	610,82	10,0	600,82	4,60	606,22	0,00-0,30 Mu, 0,30-2,20 Lol, 2,20-4,00 Fließerdien, kiesig, 4,00-4,60 HT, 4,60-10,00 OSM (Tone)
995	8027-L-LEB-BG-578	4366438	5319363	610,00	10,0	600,00	0,50	609,50	0,00-0,50 Mu, 0,50-10,00 OSM (Schluffe bis Sande)
996	8027-L-LEB-BG-579	4366818	5319298	624,36	15,0	609,36	2,40	621,96	0,00-0,10 Mu, 0,10-2,40 Fließerdien, kiesig, 2,40-15,00 OSM (Tone bis Sande)
997	8027-L-LEB-BG-580	4367096	5319369	626,43	15,0	611,43	6,20	620,23	0,00-0,40 Mu, 0,40-2,00 Lol, 2,00-2,30 Lol, kiesig, 2,30-6,20 Fließerdien, kiesig(?), 6,20-15,00 OSM (Tone)

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET [m u. GOK]		Quartärbasis [m u. GOK]		Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:		[m u. GOK]	[m ü.NN]	[m u. GOK]	[m ü.NN]	
998	8027-LEB-BG-581	4367058	5319332	626,00	17,0	609,00	6,00	620,00	0,00-0,20 Mu, 0,20-2,60 LoI, 2,60-6,00 HT, 6,00-17,00 OSM (Schluflie bis Sande)
999	8027-LEB-BG-582	4367233	5319352	626,00	18,5	607,50	7,10	618,90	0,00-0,50 Mu, 0,50-3,60 LoI, 3,60-7,10 HT, 7,10-18,50 OSM (Tone bis Sande)
1000	8027-LEB-BG-583	4367370	5319360	625,71	15,0	610,71	5,50	620,21	0,00-0,10 Mu, 0,10-5,50 LoI, 5,50-15,00 OSM (Tone bis Sande)
1001	8027-LEB-BG-584	4365966	5319387	600,84	10,0	590,84	1,90	598,94	0,00-1,90 A, 1,90-10,00 OSM (Schluflie)
1002	8027-LEB-BG-585	4366461	5319396	610,83	9,0	601,83	1,20	609,63	0,00-1,20 A, 1,20-9,00 OSM (Schluflie)
1003	8027-LEB-BG-586	4366934	5319346	625,23	7,0	618,23	4,30	620,93	0,00-1,30 A, 1,30-2,00 Hochflutlehm, kiesig, 2,00-4,30 HT mit Tonlage (3,40-3,90), 4,30-7,00 OSM (Schluflie)
1004	8027-LEB-BG-587	4364556	5315162	609,05	8,0	601,05	nicht erreicht		0,00-8,00 NT
1005	8027-LEB-BG-588	4364560	5315151	608,79	9,0	599,79	8,10	600,69	0,00-1,50 A, 1,50-1,80 Hochflutlehm, kiesig, 1,80-8,10 NT, 8,10-9,00 OSM (Schluflie bis Sande)
1006	8027-LEB-BG-589	4364590	5315160	608,71	9,0	599,71	8,30	600,41	0,00-0,30 Mu, 0,30-1,70 Hochflutlehm, kiesig, 1,70-8,30 NT, 8,30-9,00 OSM (Schluflie)
1007	8027-LEB-BG-590	4366536	5312623	626,18	28,0	598,18	25,70	600,48	0,00-0,40 Mu, 0,40-1,00 LoI, kiesig, 1,00-25,70 NT, 25,70-28,00 OSM (Tone)
1008	8027-LEB-BG-591	4367673	5318587	628,00	4,0	624,00	nicht erreicht		0,00-1,80 A, 1,80-3,30 LoI, kiesig & Schotterlehm, 3,30-4,00 HT
1009	8027-LEB-BG-592	4367689	5318553	628,00	4,0	624,00	nicht erreicht		0,00-3,10 A, 3,10-3,70 LoI, kiesig & Schotterlehm, 3,70-4,00 HT
1010	8027-LEB-BG-593	4366554	5316046	608,00	8,0	600,00	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-0,70 LoI, kiesig, 0,70-8,00 NT
1011	8027-LEB-BG-594	4363380	5317803	601,00	12,5	588,50	nicht erreicht		0,00-1,20 Schacht, 1,20-12,50 NT
1012	8027-LEB-BG-595	4363846	5317987	601,00	15,0	586,00	nicht erreicht		0,00-2,00 A, 2,00-15,00 NT
1013	8027-LEB-BG-596	4368434	5312343	651,00	70,0	581,00	14,00	637,00	0,00-4,00 HT grau, 4,00-14,00 HT braun, 14,00-70,00 OSM (Tone bis Schluflie)
1014	8027-LEB-BG-597	4372063	5308316	760,00	75,0	685,00	18,00	742,00	0,00-2,00 Mu bis Verwitterungsdecke, kiesig, 2,00-18,00 Deckenschotter, 18,00-75,00 OSM (Tone bis Sande)
1015	8027-LEB-BG-598	4363431	5314450	623,00	55,0	568,00	10,00	613,00	0,00-2,00 A, 2,00-6,00 Schotterlehm (HT verwittert), 6,00-10,00 HT, 10,00-55,00 OSM (Tone bis Sande)
1016	8027-LEB-BG-599	4370902	5316437	637,00	40,0	597,00	8,00	629,00	0,00-2,00 A, 2,00-6,00 LoI, kiesig, 6,00-8,00 Schotterlehm (HT verwittert), 8,00-40,00 OSM (Tone bis Sande)
1017	8027-LEB-BG-600	4366263	5318294	600,00	37,0	563,00	6,00	594,00	0,00-2,00 Mu bis Fließgerän, 2,00-6,00 NT, 6,00-37,00 OSM (Tone bis Sande)
1018	8027-LEB-BG-601	4373331	5312824	653,00	85,0	568,00	4,00	649,00	0,00-4,00 A, 4,00-85,00 OSM (Tone bis Sande)
1019	8027-LEB-BG-602	4372705	5310588	703,00	42,0	661,00	2,00	701,00	0,00-2,00 A, 2,00-42,00 OSM (Tone bis Sande)
1020	8027-LEB-BG-603	4367712	5311598	638,00	2,0	636,00	nicht erreicht		0,00-1,00 A, 1,00-1,70 LoI, kiesig, 1,70-2,00 NT
1021	8027-LEB-BG-604	4367738	5311565	638,00	2,0	636,00	nicht erreicht		0,00-0,20 A, 0,20-2,00 LoI, kiesig
1022	8027-LEB-BG-605	4367756	5311544	638,00	2,0	636,00	nicht erreicht		0,00-0,30 A, 0,30-2,00 LoI, kiesig
1023	8027-LEB-BG-606	4367772	5311523	638,00	2,0	636,00	nicht erreicht		0,00-0,60 A, 0,60-2,00 LoI, kiesig
1024	8027-LEB-BG-607	4364694	5317543	597,93	3,0	594,93	nicht erreicht		0,00-2,50 A, 2,50-3,00 NT
1025	8027-LEB-BG-608	4364692	5317548	597,92	3,0	594,92	nicht erreicht		0,00-2,50 A, 2,50-3,00 NT
1026	8027-LEB-BG-609	4364708	5317540	597,48	2,5	594,98	nicht erreicht		0,00-2,00 A, 2,00-2,50 NT
1027	8027-LEB-BG-610	4364698	5317495	598,26	2,0	596,26	nicht erreicht		0,00-2,00 A
1028	8027-LEB-BG-611	4364694	5317516	598,26	2,0	596,26	nicht erreicht		0,00-2,00 A
1029	8027-LEB-BG-612	4364676	5317522	598,42	4,0	594,42	nicht erreicht		0,00-3,40 A, 3,40-4,00 NT
1030	8027-LEB-BG-613	4364708	5317478	600,24	3,0	597,24	nicht erreicht		0,00-2,60 A, 2,60-3,00 NT
1031	8027-LEB-BG-614	4364714	5317473	598,34	3,0	595,34	nicht erreicht		0,00-2,70 A, 2,70-3,00 NT

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET [m u. GOK]	ET [m ü.NN]	Quartärbasis		Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:				[m u. GOK]	[m ü.NN]	
1032	8027-LEB-BG-615	4364711	5317461	598,30	4,0	594,30	nicht erreicht	0,00-3,00 A, 3,00-4,00 NT	
1033	8027-LEB-BG-616	4364713	5317452	598,29	3,0	595,29	nicht erreicht	0,00-2,20 A, 2,20-3,00 NT	
1034	8027-LEB-BG-617	4364815	5317926	597,70	3,0	594,70	nicht erreicht	0,00-2,00 A, 2,00-3,00 Alm	
1035	8027-LEB-BG-618	4364805	5317945	597,60	3,0	594,60	nicht erreicht	0,00-2,40 A, 2,40-3,00 Alm	
1036	8027-LEB-BG-619	4364805	5317907	597,66	2,0	595,66	nicht erreicht	0,00-2,00 A	
1037	8027-LEB-BG-620	4364810	5317912	597,60	3,0	594,60	nicht erreicht	0,00-2,80 A, 2,80-3,00 Alm	
1038	8027-LEB-BG-621	4364690	5316946	599,41	3,0	596,41	nicht erreicht	0,00-3,00 A	
1039	8027-LEB-BG-622	4364686	5316966	599,32	3,0	596,32	nicht erreicht	0,00-2,20 A, 2,20-3,00 NT	
1040	8027-LEB-BG-623	4364682	5317040	599,10	2,5	596,60	nicht erreicht	0,00-2,50 A	
1041	8027-LEB-BG-624	4364688	5317072	599,20	3,0	596,20	nicht erreicht	0,00-2,00 A, 2,00-3,00 NT	
1042	8027-LEB-BG-625	4364693	5317098	599,17	3,0	596,17	nicht erreicht	0,00-2,00 A, 2,00-3,00 stark, kiesiger Sand der NT	
1043	8027-LEB-BG-626	4364707	5317066	599,43	3,0	596,43	nicht erreicht	0,00-2,30 A, 2,30-3,00 NT	
1044	8027-LEB-BG-627	4364699	5317045	599,15	3,0	596,15	nicht erreicht	0,00-2,00 A, 2,00-3,00 NT	
1045	8027-LEB-BG-628	4364720	5317065	599,50	3,0	596,50	nicht erreicht	0,00-2,00 A, 2,00-3,00 NT	
1046	8027-LEB-BG-629	4364721	5317063	599,39	3,0	596,39	nicht erreicht	0,00-2,30 A, 2,30-3,00 NT	
1047	8027-LEB-BG-630	4364726	5317079	599,46	2,0	597,46	nicht erreicht	0,00-1,40 A, 1,40-2,00 Kernverlust	
1048	8027-LEB-BG-631	4364726	5317094	599,47	3,0	596,47	nicht erreicht	0,00-2,20 A, 2,20-3,00 NT	
1049	8027-LEB-BG-632	4364731	5317079	599,49	3,0	596,49	nicht erreicht	0,00-2,10 A, 2,10-3,00 NT	
1050	8027-LEB-BG-633	4364731	5317053	599,44	3,0	596,44	nicht erreicht	0,00-2,30 A, 2,30-3,00 NT	
1051	8027-LEB-BG-634	4364820	5317104	599,46	3,0	596,46	nicht erreicht	0,00-2,10 A, 2,10-3,00 NT	
1052	8027-LEB-BG-635	4364821	5317098	599,62	3,0	596,62	nicht erreicht	0,00-1,80 A, 1,80-3,00 NT	
1053	8027-LEB-BG-636	4364817	5317106	599,49	3,0	596,49	nicht erreicht	0,00-2,10 A, 2,10-3,00 NT	
1054	8027-LEB-BG-637	4364817	5317110	599,52	1,7	597,82	nicht erreicht	0,00-1,70 A	
1055	8027-LEB-BG-638	4364819	5317055	599,24	2,0	597,24	nicht erreicht	0,00-1,30 A, 1,30-2,00 NT	
1056	8027-LEB-BG-639	4364817	5317046	599,38	2,0	597,38	nicht erreicht	0,00-2,00 A	
1057	8027-LEB-BG-640	4364813	5317051	599,43	2,0	597,43	nicht erreicht	0,00-1,60 A, 1,60-2,00 NT	
1058	8027-LEB-BG-641	4364810	5317041	599,43	2,0	597,43	nicht erreicht	0,00-2,00 A	
1059	8027-LEB-BG-642	4364659	5317038	599,10	3,0	596,10	nicht erreicht	0,00-2,00 A, 2,00-3,00 NT	
1060	8027-LEB-BG-643	4364648	5317035	599,16	3,0	596,16	nicht erreicht	0,00-1,80 A, 1,80-3,00 NT	
1061	8027-LEB-BG-644	4364630	5317020	599,12	3,0	596,12	nicht erreicht	0,00-2,00 A, 2,00-3,00 NT	
1062	8027-LEB-BG-645	4364626	5317013	599,09	3,0	596,09	nicht erreicht	0,00-2,00 A, 2,00-3,00 NT	
1063	8027-LEB-BG-646	4364614	5317016	599,17	3,0	596,17	nicht erreicht	0,00-2,00 A, 2,00-3,00 NT	
1064	8027-LEB-BG-647	4364623	5317029	599,31	3,0	596,31	nicht erreicht	0,00-1,60 A, 1,60-3,00 NT	
1065	8027-LEB-BG-648	4364635	5317041	599,38	3,0	596,38	nicht erreicht	0,00-2,20 A, 2,20-3,00 NT	
1066	8027-LEB-BG-649	4364645	5317049	599,35	3,0	596,35	nicht erreicht	0,00-3,00 A	
1067	8027-LEB-BG-650	4364660	5317052	599,17	3,0	596,17	nicht erreicht	0,00-1,50 A, 1,50-3,00 NT	
1068	8027-LEB-BG-651	4364669	5317051	599,19	3,0	596,19	nicht erreicht	0,00-2,30 A, 2,30-3,00 NT	
1069	8027-LEB-BG-652	4364673	5317008	599,00	1,9	597,10	nicht erreicht	0,00-1,90 A	
1070	8027-LEB-BG-653	4364675	5317024	599,15	4,0	595,15	nicht erreicht	0,00-2,00 A, 2,00-4,00 NT	
1071	8027-LEB-BG-654	4364664	5317028	599,06	4,0	595,06	nicht erreicht	0,00-2,70 A, 2,70-4,00 NT	
1072	8027-LEB-BG-655	4364666	5317009	599,10	1,4	597,70	nicht erreicht	0,00-1,40 A	
1073	8027-LEB-BG-656	4364670	5317017	598,99	1,5	597,49	nicht erreicht	0,00-1,50 A	
1074	8027-LEB-BG-657	4364661	5317012	599,20	4,0	595,20	nicht erreicht	0,00-2,00 A, 2,00-4,00 NT	
1075	8027-LEB-BG-658	4364775	5317691	598,15	3,0	595,15	nicht erreicht	0,00-3,00 A	
1076	8027-LEB-BG-659	4364775	5317694	598,19	2,0	596,19	nicht erreicht	0,00-2,00 A	

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET [m u. GOK]	ET [m ü.NN]	Quartärbasis [m u. GOK]	Quartärbasis [m ü.NN]	Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:						
1077	8027-LEB-BG-660	4364694	5317067	599,09	0,9	598,19	nicht erreicht		0,00-0,90 A
1078	8027-LEB-BG-661	4364694	5317067	599,09	0,9	598,19	nicht erreicht		0,00-0,90 A
1079	8027-LEB-BG-662	4364693	5317046	599,11	3,0	596,11	nicht erreicht		0,00-2,00 A, 2,00-3,00 NT
1080	8027-LEB-BG-663	4364757	5317258	599,30	3,0	596,30	nicht erreicht		0,00-3,00 A
1081	8027-LEB-BG-664	4364758	5317274	599,33	3,0	596,33	nicht erreicht		0,00-3,00 A
1082	8027-LEB-BG-665	4364754	5317254	599,35	3,0	596,35	nicht erreicht		0,00-3,00 A
1083	8027-LEB-BG-666	4364754	5317241	599,27	3,0	596,27	nicht erreicht		0,00-3,00 A
1084	8027-LEB-BG-667	4364718	5317446	598,30	11,0	587,30	nicht erreicht		0,00-3,00 A, 3,00-11,00 NT
1085	8027-LEB-BG-668	4364688	5317479	599,00	11,0	588,00	nicht erreicht		0,00-4,60 A, 4,60-11,00 NT
1086	8027-LEB-BG-669	4364672	5317528	599,00	11,0	588,00	nicht erreicht		0,00-2,50 A, 2,50-11,00 NT
1087	8027-LEB-BG-670	4364689	5317553	597,89	4,0	593,89	nicht erreicht		0,00-2,30 A, 2,30-4,00 NT
1088	8027-LEB-BG-671	4364694	5317546	597,91	4,0	593,91	nicht erreicht		0,00-2,40 A, 2,40-4,00 NT
1089	8027-LEB-BG-672	4364695	5317539	597,92	4,0	593,92	nicht erreicht		0,00-1,80 A, 1,80-4,00 NT
1090	8027-LEB-BG-673	4364693	5317543	597,85	4,0	593,85	nicht erreicht		0,00-2,50 A, 2,50-4,00 NT
1091	8027-LEB-BG-674	4364673	5317525	598,25	6,0	592,25	nicht erreicht		0,00-5,20 A, 5,20-6,00 NT
1092	8027-LEB-BG-675	4364676	5317520	598,40	3,0	595,40	nicht erreicht		0,00-3,00 A
1093	8027-LEB-BG-676	4364694	5317513	598,26	4,3	593,96	nicht erreicht		0,00-2,70 A, 2,70-4,30 NT
1094	8027-LEB-BG-677	4364715	5317459	598,27	4,0	594,27	nicht erreicht		0,00-1,50 A, 1,50-4,00 NT
1095	8027-LEB-BG-678	4364709	5317455	598,24	4,0	594,24	nicht erreicht		0,00-2,30 A, 2,30-4,00 NT
1096	8027-LEB-BG-679	4364806	5317930	597,56	3,0	594,56	nicht erreicht		0,00-0,90 A, 0,90-2,90 Alm, 2,90-3,00 Hochflutlehm, kiesig
1097	8027-LEB-BG-680	4364805	5317944	597,60	3,0	594,60	nicht erreicht		0,00-1,10 A, 1,10-2,80 Alm, 2,80-3,00 Hochflutlehm, kiesig
1098	8027-LEB-BG-681	4364805	5317950	597,65	3,0	594,65	nicht erreicht		0,00-1,10 A, 1,10-2,95 Alm, 2,95-3,00 Hochflutlehm, kiesig
1099	8027-LEB-BG-682	4364610	5317015	599,23	3,0	596,23	nicht erreicht		0,00-3,00 A
1100	8027-LEB-BG-683	4364613	5317011	599,10	3,0	596,10	nicht erreicht		0,00-1,00 A, 1,00-2,90 Alm, 2,90-3,00 Hochflutlehm, kiesig
1101	8027-LEB-BG-684	4364776	5317692	598,20	4,0	594,20	nicht erreicht		0,00-3,50 A, 3,50-4,00 NT
1102	8027-LEB-BG-685	4364686	5317479	598,39	6,5	591,89	nicht erreicht		0,00-6,00 A, 6,00-6,50 NT
1103	8027-LEB-BG-686	4364675	5317511	598,13	4,5	593,63	nicht erreicht		0,00-2,80 A, 2,80-4,50 NT
1104	8027-LEB-BG-687	4364714	5317463	598,25	0,1	598,15	nicht erreicht		0,00-0,10 A
1105	8027-LEB-BG-688	4364714	5317457	598,26	0,1	598,16	nicht erreicht		0,00-0,10 A
1106	8027-LEB-BG-689	4364699	5316942	599,00	3,0	596,00	nicht erreicht		0,00-3,00 A
1107	8027-LEB-BG-690	4364703	5316945	599,00	3,0	596,00	nicht erreicht		0,00-3,00 A
1108	8027-LEB-BG-691	4364700	5316952	599,00	4,5	594,50	nicht erreicht		0,00-2,50 A, 2,50-4,50 NT
1109	8027-LEB-BG-692	4364717	5316955	599,00	3,0	596,00	nicht erreicht		0,00-3,00 A
1110	8027-LEB-BG-693	4364695	5316956	599,00	3,0	596,00	nicht erreicht		0,00-2,40 A, 2,40-4,50 NT
1111	8027-LEB-BG-694	4364699	5316961	599,00	3,0	596,00	nicht erreicht		0,00-1,80 A, 1,80-3,00 NT
1112	8027-LEB-BG-695	4371069	5309454	735,00	5,0	730,00	4,40	730,60	0,00-0,05 Mu, 0,05-0,40 Hangschutt, 0,40-0,60 Verwitterungsdecke, 0,60-0,70 Deckenschotter-Konglomerat, 0,70-4,40 Deckenschotter unverfestigt, 4,40-5,00 OSM (Schlufluffe)
1113	8027-LEB-BG-696	4371051	5309475	734,23	1,8	732,43	nicht erreicht		0,00-0,05 Mu, 0,05-0,80 Hangschutt, 0,80-1,40 Verwitterungsdecke, 1,40-1,80 Deckenschotter unverfestigt
1114	8027-LEB-BG-697	4371034	5309485	734,48	4,0	730,48	3,40	731,08	0,00-0,10 Mu, 0,10-0,50 Hochflutlehm, 0,50-0,90 Verwitterungsdecke, 0,90-3,40 Deckenschotter unverfestigt, 3,40-4,00 OSM (Schlufluffe)
1115	8027-LEB-BG-698	4371051	5309315	752,28	2,5	749,78	nicht erreicht		0,00-0,70 Mu bis DS, 0,70-2,45 Verwitterungsdecke, 2,45-2,50 Deckenschotter unverfestigt

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET [m u. GOK]	ET [m ü.NN]	Quartärbasis		Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:				[m u. GOK]	[m ü.NN]	
1116	8027-LEB-BG-699	4371052	5309427	746,97	1,2	745,77	nicht erreicht		0,00-1,10 Mu, Hangschutt bis DS, 1,10-1,20 Deckenschotter unverfestigt
1117	8027-LEB-BG-700	4371050	5309088	759,00	11,0	748,00	nicht erreicht		0,00-0,50 Mu, 0,50-11,00 Verwitterungslehm, kiesig (geol. Orgell)
1118	8027-LEB-BG-701	4371025	5309252	753,97	10,0	743,97	nicht erreicht		0,00-0,50 Mu, 0,50-9,60 Verwitterungslehm, kiesig (geol. Orgell)
1119	8027-LEB-BG-702	4367964	5316166	636,73	22,2	614,53	19,70	617,03	0,00-1,00 A, 1,00-2,30 Lo, 2,30-4,00 Schotterlehm, 4,00-19,70 HT, 19,70-22,20 OSM (Sande)
1120	8027-LEB-BG-703	4367823	5316504	637,17	18,3	618,87	16,30	620,87	0,00-0,70 A, 0,70-3,80 Lo, 3,80-16,30 HT, 16,30-18,30 OSM (Sande)
1121	8027-LEB-BG-704	4367383	5316626	630,71	9,3	621,41	7,00	623,71	0,00-6,20 A, 6,20-7,00 HT, 7,00-9,30 OSM (Schluffe bis Sande)
1122	8027-LEB-BG-705	4367439	5316376	632,13	12,3	619,83	7,25	624,88	0,00-0,20 Mu, 0,20-0,70 Fließerd, 0,70-7,25 HT, 7,25-12,30 OSM (Schluffe bis Sande)
1123	8027-LEB-BG-706	4367241	5316730	620,77	31,0	589,77	1,00	619,77	0,00-1,00 Mu bis Fließerd, 1,00-31,00 OSM (Tone)
1124	8027-LEB-BG-707	4367390	5316153	627,71	46,5	581,21	2,50	625,21	0,00-0,20 Mu, 0,20-2,50 HT, 2,50-46,50 OSM (Tone bis Sande)
1125	8027-LEB-BG-708	4367700	5314770	641,46	18,7	622,81	18,20	623,26	0,00-0,35 Mu, 0,35-1,95 Schotterlehm, 1,95-18,20 HT, 18,20-18,65 OSM (Schluffsteine)
1126	8027-LEB-BG-709	4367849	5314926	641,83	20,2	621,63	20,10	621,73	0,00-0,30 Mu, 0,30-1,45 Lo, 1,45-2,50 Lo, kiesig, 2,50-3,70 Schotterlehm, 3,70-20,10 HT, 20,10-20,20 OSM (Schluffsteine)
1127	8027-LEB-BG-710	4367548	5314891	629,85	7,0	622,85	5,20	624,65	0,00-2,65 A, 2,65-5,20 HT, 5,20-7,00 OSM (Schluffe bis Sande)
1128	8027-LEB-BG-711	4373415	5311632	659,76	8,0	651,76	2,60	657,16	0,00-0,40 Mu, 0,40-1,00 Bachschotter, 1,00-2,60 NT-Günztal, 2,60-8,00 OSM (Schluffe bis Sande)
1129	8027-LEB-BG-712	4373430	5311523	660,94	7,0	653,94	2,70	658,24	0,00-0,20 Mu, 0,20-1,00 Bachschotter, 1,00-2,70 NT-Günztal, 2,70-7,00 OSM (Sande)
1130	8027-LEB-BG-713	4373448	5311433	661,89	7,0	654,89	2,80	659,09	0,00-0,30 Mu, 0,30-1,10 Bachschotter, 1,10-2,80 NT-Günztal, 2,80-7,00 OSM (Schluffe)
1131	8027-LEB-BG-714	4373501	5311249	663,19	8,0	655,19	2,95	660,24	0,00-0,20 Mu, 0,20-0,70 Bachschotter, 0,70-2,95 NT-Günztal, 2,95-8,00 OSM (Schluffe)
1132	8027-LEB-BG-715	4371462	5312911	707,97	3,5	704,47	nicht erreicht		0,00-1,00 A, 1,00-3,50 Schmelzwasserschotter(?)
1133	8027-LEB-BG-716	4371495	5312967	703,98	3,5	700,48	1,50	702,48	0,00-1,00 A, 1,00-1,50 Schmelzwasserschotter(?), 1,50-3,50 OSM (Tone bis Schluffe)
1134	8027-LEB-BG-717	4371497	5313113	700,44	3,5	696,94	0,95	699,49	0,00-0,95 A, 0,95-3,50 OSM (Schluffe bis Sande)
1135	8027-LEB-BG-718	4371523	5313211	695,00	3,5	691,50	1,60	693,40	0,00-1,00 A, 1,00-1,60 Fließerd, 1,60-3,50 OSM (Schluffe)
1136	8027-LEB-BG-719	4371632	5313134	685,55	3,5	682,05	2,30	683,25	0,00-0,50 A, 0,50-2,30 Fließerd, 2,30-3,50 OSM (Schluffe)
1137	8027-LEB-BG-720	4371592	5313024	690,97	3,5	687,47	2,90	688,07	0,00-1,00 A, 1,00-2,90 Fließerd, 2,90-3,50 OSM (Sande)
1138	8027-LEB-BG-721	4367967	5311752	653,84	8,0	645,84	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-2,00 Lo, kiesig, 2,00-3,60 HT, 3,60-4,30 stark schluffige, sandige, tonige Kiese (Bachsedimente aus dem Fraugehau?)
1139	8027-LEB-BG-722	4367918	5311714	652,16	11,0	641,16	nicht erreicht		0,00-0,25 Mu, 0,25-0,60 Lo, kiesig, 0,60-3,50 stark schluffige, sandige, tonige Kiese (Bachsedimente aus dem Fraugehau?), 3,50-11,00 HT
1140	8027-LEB-BG-723	4373356	5309223	681,00	10,0	671,00	5,30	675,70	0,00-1,00 A, 1,00-2,30 Bachschotter schluffig, 2,30-5,30 NT-Günztal, 5,30-10,00 OSM (Schluffsteine)
1141	8027-LEB-BG-724	4368557	5311150	655,60	7,0	648,60	4,40	651,20	0,00-4,40 A, 4,40-7,00 OSM (Sande bis Schluffsteine)
1142	8027-LEB-BG-725	4368534	5311127	657,00	7,0	650,00	6,10	650,90	0,00-0,20 Mu, 0,20-1,20 Lo, 1,20-6,10 HT, 6,10-7,00 OSM (Sande bis Schluffsteine)

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET		Quartärbasis		Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:		[m u. GOK]	[m ü.NN]	[m u. GOK]	[m ü.NN]	
1143	8027-LEB-BG-726	4368515	5311102	656,60	4,0	652,60	1,00	655,60	0,00-0,15 Mu, 0,15-0,50 Lol, 0,50-1,00 Fließgerden, 1,00-4,00 OSM (Tone bis Schluffe)
1144	8027-LEB-BG-727	4368607	5311163	649,80	7,0	642,80	5,50	644,30	0,00-0,70 Mu, 0,70-5,50 HT, 5,50-7,00 OSM (Schluffe bis Schluffsteine)
1145	8027-LEB-BG-728	4375557	5318140	624,14	5,0	619,14	0,90	623,24	0,00-0,20 Mu, 0,20-0,90 Hochflutlehm, kiesig, 0,90-5,00 OSM (Schluffe)
1146	8027-LEB-BG-729	4375544	5317855	624,18	5,0	619,18	1,30	622,88	0,00-0,30 Mu, 0,30-0,90 Hochflutlehm, 0,90-1,30 NT-Günztal, 1,30-5,00 OSM (Schluffe)
1147	8027-LEB-BG-730	4366577	5312431	627,00	27,5	599,50	25,50	601,50	0,00-0,30 Mu, 0,30-1,20 Hochflutlehm, kiesig, 1,20-25,50 NT, 25,50-27,50 OSM (Tone)
1148	8027-LEB-BG-731	4366627	5312444	627,00	29,0	598,00	25,90	601,10	0,00-0,30 Mu, 0,30-1,40 Lol, kiesig, 1,40-25,90 NT, 25,90-29,00 OSM (Tone)
1149	8027-LEB-BG-732	4366339	5314619	613,00	20,5	592,50	16,50	596,50	0,00-0,20 Mu, 0,20-16,50 NT, 16,50-20,50 OSM (Schluffe)
1150	8027-LEB-BG-733	4373537	5313161	650,18	6,0	644,18	4,80	645,38	0,00-0,80 A, 0,80-4,80 NT-Günztal, 4,80-6,00 OSM (Schluffe)
1151	8027-LEB-BG-734	4367852	5309900	632,75	17,6	615,15	16,90	615,85	0,00-16,90 NT, 16,90-17,60 OSM (Schluffe)
1152	8027-LEB-BG-735	4367008	5310601	637,18	30,0	607,18	29,40	607,78	0,00-0,20 Mu, 0,20-1,80 Lol, kiesig, 1,80-29,40 NT, 29,40-30,00 OSM (Tone)
1153	8027-LEB-BG-736	4366870	5311297	633,89	29,0	604,89	28,10	605,79	0,00-0,20 Mu, 0,20-1,90 Lol, kiesig, 1,90-28,10 NT, 28,10-29,00 OSM (Schluffe)
1154	8027-LEB-BG-737	4367991	5310056	648,00	34,0	614,00	27,00	621,00	0,00-0,70 Mu, 0,70-27,00 NT, 27,00-34,00 OSM (Tonsteine)
1155	8027-LEB-BG-738	4368111	5310127	648,00	28,0	620,00	25,50	622,50	0,00-0,30 Mu, 0,30-2,00 Lol, 2,00-25,50 NT, 25,50-28,00 OSM (Tonsteine)
1156	8027-LEB-BG-739	4368088	5310000	648,00	28,0	620,00	26,50	621,50	0,00-5,00 A, 5,00-26,50 NT, 26,50-28,00 OSM (Tone)
1157	8027-LEB-BG-740	4366643	5312343	627,30	28,0	599,30	25,70	601,60	0,00-0,40 Mu, 0,40-1,00 Lol, kiesig, 1,00-25,70 NT, 25,70-28,00 OSM (Tone)
1158	8027-LEB-BG-741	4366694	5312361	627,50	29,0	598,50	25,50	602,00	0,00-0,50 Mu, 0,50-1,20 Lol, kiesig, 1,20-25,50 NT, 25,50-29,00 OSM (Tone)
1159	8027-LEB-BG-742	4366641	5312548	626,18	30,0	596,18	27,00	599,18	0,00-0,30 Mu, 0,30-1,00 Lol, kiesig, 1,00-2,00 Flusssand, kiesig, 2,00-27,00 NT, 27,00-30,00 OSM (Tone bis Schluffe)
1160	8027-LEB-BG-743	4368592	5311431	660,00	6,5	653,50	4,90	655,10	0,00-2,70 Lol, kiesig bis "Schofterlehm" (HT verwittert), 2,70-4,90 HT, 4,90-6,50 OSM (Schluffe bis Sande)
1161	8027-LEB-BG-744	4368655	5311429	662,00	7,0	655,00	3,20	658,80	0,00-2,00 Lol, kiesig bis "Schofterlehm" (HT verwittert), 2,00-3,20 HT, 3,20-7,00 OSM (Tone bis Sande)
1162	8027-LEB-BG-745	4368717	5311427	664,00	7,0	657,00	4,40	659,60	0,00-2,00 Lol, kiesig bis "Schofterlehm" (HT verwittert), 2,00-4,40 HT, 4,40-7,00 OSM (Tone bis Sande)
1163	8027-LEB-BG-746	4368589	5311352	660,00	7,0	653,00	5,00	655,00	0,00-0,20 Mu, 0,20-2,20 Lol, kiesig bis "Schofterlehm" (HT verwittert), 2,20-5,00 HT, 5,00-7,00 OSM (Schluffe)
1164	8027-LEB-BG-747	4368620	5311315	660,00	6,8	653,20	4,50	655,50	0,00-0,20 Mu, 0,20-1,00 Hochflutlehm, kiesig, 1,00-2,50 Hochflusand, kiesig, 2,20-4,50 HT, 4,50-6,80 OSM (Schluffe bis Tone)
1165	8027-LEB-BG-748	4368645	5311264	660,00	7,0	653,00	6,00	654,00	0,00-0,70 Hochflutlehm, kiesig, 0,70-4,70 Bachschotter, 4,70-6,00 HT, 6,00-7,00 OSM (Schluffe)
1166	8027-LEB-BG-749	4368860	5311350	672,00	8,0	664,00	4,60	667,40	0,00-0,20 Mu, 0,20-4,60 Lol, 4,60-8,00 OSM (Tone bis Schluffe)
1167	8027-LEB-BG-750	4368740	5311305	664,00	8,0	656,00	4,40	659,60	0,00-0,25 Mu, 0,25-4,40 Lol, 4,40-8,00 OSM (Schluffe)
1168	8027-LEB-BG-751	4368444	5319216	622,17	16,0	606,17	10,00	612,17	0,00-3,80 Lehm (Lol), 3,80-10,00 HT, 10,00-16,00 OSM (Tone)

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET		Quartärbasis		Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:		[m u. GOK]	[m ü.NN]	[m u. GOK]	[m ü.NN]	
1169	8027-LEB-BG-752	4368419	5318965	624,16	20,0	604,16	10,20	613,96	0,00-3,80 Lehm (Lol), 3,80-10,20 HT, 10,20-20,00 OSM (Tone)
1170	8027-LEB-BG-753	4368472	5318721	626,10	16,0	610,10	9,80	616,30	0,00-3,90 Lehm (Lol), 3,90-9,80 HT, 9,80-16,00 OSM (Tone)
1171	8027-LEB-BG-754	4368520	5318470	625,08	16,0	609,08	9,00	616,08	0,00-3,00 Lehm (Lol), 3,00-9,00 HT, 9,00-16,00 OSM (Tone)
1172	8027-LEB-BG-755	4368577	5318248	626,01	20,0	606,01	11,00	615,01	0,00-2,80 Lehm (Lol), 2,80-11,00 HT, 11,00-20,00 OSM (Tone)
1173	8027-LEB-BG-756	4368602	5317974	625,97	20,0	605,97	11,10	614,87	0,00-2,00 Lehm (Lol), 2,00-11,10 HT, 11,00-20,00 OSM (Tone)
1174	8027-LEB-BG-757	4368639	5317760	629,86	18,0	611,86	12,90	616,96	0,00-12,90 HT, 12,90-18,00 OSM (Tone)
1175	8027-LEB-BG-758	4368610	5317559	630,87	20,0	610,87	14,00	616,87	0,00-14,00 HT, 14,00-20,00 OSM (Tone)
1176	8027-LEB-BG-759	4368561	5317348	631,75	20,0	611,75	17,60	614,15	0,00-2,30 Lehm (Lol), 2,30-6,20 "Schotterlehm" (HT verwittert), 6,20-17,60 HT, 17,60-20,00 OSM (Tone)
1177	8027-LEB-BG-760	4368577	5317105	633,67	20,0	613,67	17,20	616,47	0,00-2,90 Lehm (Lol), 2,90-7,00 "Schotterlehm" (HT verwittert), 7,00-17,20 HT, 17,20-20,00 OSM (Tone)
1178	8027-LEB-BG-761	4368617	5316852	633,79	20,0	613,79	16,20	617,59	0,00-3,00 Lehm (Lol), 3,00-8,20 "Schotterlehm" (HT verwittert), 8,20-16,20 HT, 16,20-20,00 OSM (Tone)
1179	8027-LEB-BG-762	4368616	5316647	634,89	20,0	614,89	16,30	618,59	0,00-3,00 Lehm (Lol), 3,00-8,20 "Schotterlehm" (HT verwittert), 8,20-16,30 HT, 16,30-20,00 OSM (Tone)
1180	8027-LEB-BG-763	4368561	5316423	635,95	20,0	615,95	18,90	617,05	0,00-2,10 Lehm (Lol), 2,10-11,70 "Schotterlehm" (HT verwittert), 11,70-18,90 HT, 18,90-20,00 OSM (Tone)
1181	8027-LEB-BG-764	4368527	5316159	637,63	24,0	613,63	19,90	617,73	0,00-2,80 Lehm (Lol), 2,80-19,90 HT, 19,90-24,00 OSM (Tone)
1182	8027-LEB-BG-765	4368500	5315920	638,60	24,0	614,60	19,90	618,70	0,00-1,90 Lehm (Lol), 1,90-19,90 HT, 19,90-24,00 OSM (Tone)
1183	8027-LEB-BG-766	4368575	5315614	639,39	20,0	619,39	15,80	623,59	0,00-3,00 Lehm (Lol), 3,00-6,80 "Schotterlehm" (HT verwittert), 6,80-15,80 HT, 15,80-20,00 OSM (Tone)
1184	8027-LEB-BG-767	4368591	5315314	640,50	24,0	616,50	16,40	624,10	0,00-2,00 Lehm (Lol), 2,00-16,40 HT, 16,40-24,00 OSM (Tone)
1185	8027-LEB-BG-768	4368583	5315058	641,56	24,0	617,56	16,80	624,76	0,00-3,10 Lehm (Lol), 3,10-16,80 HT, 16,80-24,00 OSM (Tone)
1186	8027-LEB-BG-769	4368559	5314853	643,37	24,0	619,37	17,30	626,07	0,00-2,90 Lehm (Lol), 2,90-6,40 "Schotterlehm" (HT verwittert), 6,40-17,30 HT, 17,30-24,00 OSM (Tone)
1187	8027-LEB-BG-770	4368538	5314592	644,34	24,0	620,34	18,00	626,34	0,00-2,40 Lehm (Lol), 2,40-5,70 "Schotterlehm" (HT verwittert), 5,70-18,00 HT, 18,00-24,00 OSM (Tone)
1188	8027-LEB-BG-771	4368507	5314316	646,19	20,0	626,19	15,70	630,49	0,00-3,20 Lehm (Lol), 3,20-5,90 "Schotterlehm" (HT verwittert), 5,90-15,70 HT, 15,70-20,00 OSM (Tone)
1189	8027-LEB-BG-772	4368436	5314002	646,99	23,0	623,99	15,70	631,29	0,00-1,90 Lehm (Lol), 1,90-5,30 "Schotterlehm" (HT verwittert), 5,30-15,70 HT, 15,70-23,00 OSM (Tone)
1190	8027-LEB-BG-773	4368417	5313759	648,98	23,0	625,98	16,90	632,08	0,00-2,40 Lehm (Lol), 2,40-16,90 HT, 16,90-23,00 OSM (Tone)
1191	8027-LEB-BG-774	4368378	5313562	651,05	23,0	628,05	17,00	634,05	0,00-2,90 Lehm (Lol), 2,90-16,60 HT, 16,60-23,00 OSM (Tone)
1192	8027-LEB-BG-775	4368327	5313304	651,01	19,0	632,01	17,00	634,01	0,00-2,10 Lehm (Lol), 2,10-17,00 HT, 17,00-19,00 OSM (Tone)
1193	8027-LEB-BG-776	4368346	5313056	652,02	19,0	633,02	15,70	636,32	0,00-2,00 Lehm (Lol), 2,00-15,70 HT, 15,70-19,00 OSM (Tone)
1194	8027-LEB-BG-777	4368430	5312745	651,89	20,0	631,89	15,90	635,99	0,00-3,00 Lehm (Lol), 3,00-15,90 HT, 15,90-20,00 OSM (Tone)
1195	8027-LEB-BG-778	4368401	5312386	651,14	24,0	627,14	16,80	634,34	0,00-4,10 Lehm (Lol), 4,10-16,80 "Schotterlehm" (HT verwittert), 16,80-24,00 OSM (Tone)
1196	8027-LEB-BG-779	4368494	5312162	653,08	19,0	634,08	16,70	636,38	0,00-3,10 Lehm (Lol), 3,10-16,70 HT, 16,70-19,00 OSM (Tone)
1197	8027-LEB-BG-780	4368549	5311890	659,71	20,0	639,71	nicht erreicht		0,00-2,00 Lehm (Lol), 2,00-20,00 HT
1198	8027-LEB-BG-781	4368613	5311642	659,03	20,0	639,03	nicht erreicht		0,00-2,90 Lehm (Lol), 2,90-7,00 quartäre Tone, 7,00-20,00 HT
1199	8027-LEB-BG-782	4368708	5311442	661,96	16,0	645,96	nicht erreicht		0,00-1,80 Lehm (Lol), 1,80-16,00 quartäre Tone mit sandiger Lage
1200	8027-LEB-BG-783	4368798	5311223	666,13	20,0	646,13	nicht erreicht		0,00-4,10 Lehm (Lol), 4,10-9,50 quartärer Ton, 9,50-20,00 quartärer Sand

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET		Quartärbasis		Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:		[m u. GOK]	[m ü.NN]	[m u. GOK]	[m ü.NN]	
1201	8027-L-EB-BG-784	4368917	5311052	669,19	20,0	649,19	8,00	661,19	0,00-8,00 Lehm (Lol), 8,00-20,00 OSM (Tone bis Sande)
1202	8027-L-EB-BG-785	4369086	5310893	658,90	16,0	642,90	4,70	654,20	0,00-4,70 Lehm (Lol + Fließerden), 4,70-16,00 OSM (Tone)
1203	8027-L-EB-BG-786	4369208	5310762	650,27	16,0	634,27	2,10	648,17	0,00-2,10 NT, 2,10-16,00 OSM (Tone)
1204	8027-L-EB-BG-787	4369359	5310698	652,16	20,0	632,16	2,20	649,96	0,00-2,20 Lehm (Lol), 2,20-20,00 OSM (Tone bis Sande)
1205	8027-L-EB-BG-788	4369370	5310655	652,20	16,0	636,20	9,20	643,00	0,00-3,10 Lehm (Lol), 3,10-9,20 NT, 9,20-16,00 OSM (Tone bis Schluffe)
1206	8027-L-EB-BG-789	4369410	5310357	651,21	20,0	631,21	nicht erreicht		0,00-2,50 Lehm (Lol), 2,50-20,00 NT
1207	8027-L-EB-BG-790	4369425	5310173	650,41	20,0	630,41	nicht erreicht		0,00-2,40 Lehm (Lol), 2,40-20,00 NT
1208	8027-L-EB-BG-791	4369425	5310030	650,30	20,0	630,30	nicht erreicht		0,00-1,90 Lehm (Lol), 1,90-20,00 NT
1209	8027-L-EB-BG-792	4369466	5309791	650,24	32,0	618,24	11,50	638,74	0,00-2,00 Lehm (Lol), 2,00-11,50 NT, 11,50-32,00 OSM (Sandsteine, Tone bis Schluffe)
1210	8027-L-EB-BG-793	4369492	5309538	654,29	32,0	622,29	nicht erreicht		0,00-2,70 Lehm (Lol), 2,70-32,00 NT
1211	8027-L-EB-BG-794	4369537	5309293	655,34	32,0	623,34	26,80	628,54	0,00-2,10 Lehm (Lol), 2,10-26,80 NT, 26,80-32,00 OSM (Tone)
1212	8027-L-EB-BG-795	4369571	5309111	657,43	33,0	624,43	nicht erreicht		0,00-3,10 Lehm (Lol), 3,10-33,00 NT
1213	8027-L-EB-BG-796	4369616	5308873	660,42	29,0	631,42	nicht erreicht		0,00-2,60 Lehm (Lol), 2,60-29,00 NT
1214	8027-L-EB-BG-797	4369667	5308652	661,31	20,0	641,31	nicht erreicht		0,00-2,50 Lehm (Lol), 2,50-20,00 NT
1215	8027-L-EB-BG-798	4369743	5308375	664,51	20,0	644,51	nicht erreicht		0,00-2,20 Lehm (Lol), 2,20-20,00 NT
1216	8027-L-EB-BG-799	4371019	5319171	614,03	21,0	593,03	6,20	607,83	0,00-1,20 Lehm (Lol), 1,20-6,20 HT, 6,20-21,00 OSM (Tone bis Sande)
1217	8027-L-EB-BG-800	4371026	5318862	615,75	21,0	594,75	3,90	611,85	0,00-3,90 HT, 3,90-21,00 OSM (Tone bis Sande)
1218	8027-L-EB-BG-801	4371031	5318621	617,03	21,0	596,03	6,00	611,03	0,00-6,00 HT, 6,00-21,00 OSM (Tone bis Sande)
1219	8027-L-EB-BG-802	4371006	5318386	618,12	26,0	592,12	6,20	611,92	0,00-6,20 Sand (Flussand) 6,20-26,00 OSM (Tone)
1220	8027-L-EB-BG-803	4370993	5318177	619,21	16,0	603,21	6,10	613,11	0,00-6,10 Sand (Flussand) 6,10-16,00 OSM (Tone)
1221	8027-L-EB-BG-804	4371036	5317921	620,26	17,0	603,26	8,00	612,26	0,00-8,00 HT, 8,00-17,00 OSM (Tone)
1222	8027-L-EB-BG-805	4371034	5317677	621,23	18,0	603,23	2,60	618,63	0,00-2,60 HT, 2,60-18,00 OSM (Tone bis Sande)
1223	8027-L-EB-BG-806	4371001	5317466	622,33	18,0	604,33	4,10	618,23	0,00-4,10 HT, 4,10-18,00 OSM (Tone)
1224	8027-L-EB-BG-807	4370945	5317236	623,24	18,0	605,24	3,80	619,44	0,00-3,80 Lehm (Löss-, Aue- bis Verwitterungslehm), 3,80-18,00 OSM (Tone bis Schluffe)
1225	8027-L-EB-BG-808	4370929	5316989	624,46	18,0	606,46	2,90	621,56	0,00-2,90 Lehm (Löss-, Aue- bis Verwitterungslehm), 2,90-18,00 OSM (Tone bis Sande)
1226	8027-L-EB-BG-809	4370866	5316793	625,43	18,0	607,43	3,00	622,43	0,00-3,00 Lehm (Löss-, Aue- bis Verwitterungslehm), 3,00-18,00 OSM (Tone bis Sande)
1227	8027-L-EB-BG-810	4370887	5316629	629,56	18,0	611,56	2,00	627,56	0,00-2,00 Lehm (Löss- bis Verwitterungslehm), 2,00-18,00 OSM (Tone bis Schluffe)
1228	8027-L-EB-BG-811	4370942	5316393	639,75	18,0	621,75	3,30	636,45	0,00-3,30 Lehm (Löss- bis Verwitterungslehm), 3,30-18,00 OSM (Tone bis Schluffe)
1229	8027-L-EB-BG-812	4370979	5316141	644,52	18,0	626,52	3,00	641,52	0,00-3,00 Lehm (Löss- bis Verwitterungslehm), 3,00-18,00 OSM (Tone bis Schluffe)
1230	8027-L-EB-BG-813	4370982	5315894	642,90	18,0	624,90	2,40	640,50	0,00-2,40 Lehm (Löss- bis Verwitterungslehm), 2,40-18,00 OSM (Tone bis Schluffe)
1231	8027-L-EB-BG-814	4370971	5315645	644,66	18,0	626,66	4,30	640,36	0,00-4,30 Lehm (Löss- bis Verwitterungslehm), 4,30-18,00 OSM (Tone bis Schluffe)
1232	8027-L-EB-BG-815	4370999	5315413	652,77	18,0	634,77	4,40	648,37	0,00-4,40 Lehm (Löss- bis Verwitterungslehm), 4,40-18,00 OSM (Tone bis Schluffe)

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET		Quartärbasis		Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:		[m u. GOK]	[m ü.NN]	[m u. GOK]	[m ü.NN]	
1233	8027-LEB-BG-816	4370997	5315191	658,00	18,0	640,00	5,20	652,80	0,00-5,20 Lehm (Löss- bis Verwitterungslehm), 5,20-18,00 OSM (Tone bis Sande)
1234	8027-LEB-BG-817	4371145	5314995	662,68	18,0	644,68	3,50	659,18	0,00-3,50 Lehm (Löss- bis Verwitterungslehm), 3,50-18,00 OSM (Tone bis Schluffe)
1235	8027-LEB-BG-818	4371289	5314766	657,37	18,0	639,37	3,20	654,17	0,00-3,20 Lehm (Löss- bis Verwitterungslehm), 3,20-18,00 OSM (Tone bis Schluffe)
1236	8027-LEB-BG-819	4371406	5314541	660,36	18,0	642,36	2,80	657,56	0,00-2,80 Lehm (Löss- bis Verwitterungslehm), 2,80-18,00 OSM (Tone bis Schluffe)
1237	8027-LEB-BG-820	4371565	5314325	662,22	18,0	644,22	3,00	659,22	0,00-3,00 Lehm (Löss- bis Verwitterungslehm), 3,00-18,00 OSM (Tone bis Schluffe)
1238	8027-LEB-BG-821	4371646	5314133	674,20	18,0	656,20	4,90	669,30	0,00-4,90 Lehm (Löss- bis Verwitterungslehm), 4,90-18,00 OSM (Tone bis Sande)
1239	8027-LEB-BG-822	4371757	5313923	681,42	18,0	663,42	4,70	676,72	0,00-4,70 Lehm (Löss- bis Verwitterungslehm), 4,70-18,00 OSM (Tone bis Sande)
1240	8027-LEB-BG-823	4371714	5313660	681,47	20,0	661,47	3,80	677,67	0,00-3,80 Lehm (Löss- bis Verwitterungslehm), 3,80-20,00 OSM (Tone bis Sande)
1241	8027-LEB-BG-824	4371753	5313433	672,66	18,0	654,66	3,20	669,46	0,00-3,20 Lehm (Löss- bis Verwitterungslehm), 3,20-18,00 OSM (Tone bis Sande)
1242	8027-LEB-BG-825	4371792	5313201	672,47	18,0	654,47	3,10	669,37	0,00-3,10 Lehm (Löss- bis Verwitterungslehm), 3,10-18,00 OSM (Tone bis Sande)
1243	8027-LEB-BG-826	4371820	5312949	670,61	20,0	650,61	3,80	666,81	0,00-3,80 Lehm (Löss- bis Verwitterungslehm), 3,80-20,00 OSM (Tone bis Schluffe)
1244	8027-LEB-BG-827	4371848	5312696	669,49	21,0	648,49	3,00	666,49	0,00-3,00 Lehm (Löss- bis Verwitterungslehm), 3,00-21,00 OSM (Tone bis Schluffe)
1245	8027-LEB-BG-828	4371798	5312491	674,24	18,0	656,24	4,70	669,54	0,00-4,70 Lehm (Löss- bis Verwitterungslehm), 4,70-18,00 OSM (Tone bis Schluffe)
1246	8027-LEB-BG-829	4371729	5312259	687,43	18,0	669,43	3,10	684,33	0,00-3,10 Lehm (Löss- bis Verwitterungslehm), 3,10-18,00 OSM (Tone bis Schluffe)
1247	8027-LEB-BG-830	4371677	5312032	695,54	18,0	677,54	2,50	693,04	0,00-2,50 Lehm (Löss- bis Verwitterungslehm), 2,50-18,00 OSM (Tone bis Sande)
1248	8027-LEB-BG-831	4371687	5311815	697,68	21,0	676,68	2,30	695,38	0,00-2,30 Lehm (Löss- bis Verwitterungslehm), 2,30-21,00 OSM (Tone bis Schluffe)
1249	8027-LEB-BG-832	4371708	5311563	704,58	18,0	686,58	1,80	702,78	0,00-1,80 Lehm (Löss- bis Verwitterungslehm), 1,80-18,00 OSM (Tone bis Sande)
1250	8027-LEB-BG-833	4371766	5311335	715,85	18,0	697,85	3,90	711,95	0,00-3,90 Lehm (Löss- bis Verwitterungslehm), 3,90-18,00 OSM (Tone bis Schluffe)
1251	8027-LEB-BG-834	4371898	5311142	729,97	18,0	711,97	3,00	726,97	0,00-3,00 Lehm (Löss- bis Verwitterungslehm), 3,00-18,00 OSM (Tone bis Schluffe)
1252	8027-LEB-BG-835	4372020	5310946	740,08	18,0	722,08	3,90	736,18	0,00-3,90 Lehm (Löss- bis Verwitterungslehm), 3,90-18,00 OSM (Tone bis Schluffe)
1253	8027-LEB-BG-836	4372153	5310735	740,06	25,0	715,06	3,90	736,16	0,00-3,90 Lehm (Löss- bis Verwitterungslehm), 3,90-25,00 OSM (Tone bis Schluffe)
1254	8027-LEB-BG-837	4372156	5310509	735,05	21,0	714,05	2,40	732,65	0,00-2,40 Lehm (Löss- bis Verwitterungslehm), 2,40-21,00 OSM (Tone bis Schluffe)
1255	8027-LEB-BG-838	4365678	5314672	611,32	18,0	593,32	15,30	596,02	0,00-15,30 NT, 15,30-18,00 OSM (Tone)

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET		Quartärbasis		Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:		[m u. GOK]	[m ü.NN]	[m u. GOK]	[m ü.NN]	
1256	8027-LVB-BG-839	4365837	5314728	611,18	18,0	593,18	15,20	595,98	0,00-15,20 NT, 15,20-18,00 OSM (Tone)
1257	8027-LVB-BG-840	4365990	5314798	610,13	18,0	592,13	14,20	595,93	0,00-2,10 Lehm (Lol), 2,10-4,20 NT, 4,20-18,00 OSM (Tone bis Schluffe)
1258	8027-LVB-BG-841	4366183	5314860	610,03	18,0	592,03	14,30	595,73	0,00-2,00 Lehm (Lol), 2,00-14,30 NT, 14,30-18,00 OSM (Tone)
1259	8027-LVB-BG-842	4366349	5314943	610,10	18,0	592,10	14,10	596,00	0,00-2,00 Lehm (Lol), 2,00-14,10 NT, 14,10-18,00 OSM (Tone)
1260	8027-LVB-BG-843	4366542	5315015	610,20	18,0	592,20	14,20	596,00	0,00-14,20 NT, 14,20-18,00 OSM (Tone)
1261	8027-LVB-BG-844	4366749	5315109	611,18	18,0	593,18	14,10	597,08	0,00-1,90 Lehm (Lol), 1,90-14,10 NT, 14,10-18,00 OSM (Tone)
1262	8027-LVB-BG-845	4366981	5315223	612,32	18,0	594,32	13,20	599,12	0,00-6,00 Lehm (Lol + Fließgerden), 6,00-13,20 NT, 13,20-18,00 OSM (Tone bis Schluffe)
1263	8027-LVB-BG-846	4367172	5315320	613,54	18,0	595,54	10,20	603,34	0,00-10,20 NT, 10,20-18,00 OSM (Tone)
1264	8027-LVB-BG-847	4367413	5315376	624,92	18,0	606,92	7,20	617,72	0,00-7,20 HT, 7,20-18,00 OSM (Tone)
1265	8027-LVB-BG-848	4367634	5315402	638,32	34,0	604,32	7,20	631,12	0,00-7,20 HT, 7,20-34,00 OSM (Tone bis Schluffe)
1266	8027-LVB-BG-849	4367851	5315384	641,30	28,0	613,30	22,50	618,80	0,00-1,40 Lehm (Lol), 1,40-22,50 HT, 22,50-28,00 OSM (Tone)
1267	8027-LVB-BG-850	4368044	5315365	641,48	28,0	613,48	20,90	620,58	0,00-3,10 Lehm (Lol), 3,10-20,90 HT, 20,90-28,00 OSM (Tone)
1268	8027-LVB-BG-851	4368298	5315352	641,48	28,0	613,48	25,80	615,68	0,00-3,00 Lehm (Lol), 3,00-25,80 HT, 25,80-28,00 OSM (Tone bis Schluffe)
1269	8027-LVB-BG-852	4368542	5315315	640,57	25,0	615,57	19,60	620,97	0,00-2,00 Lehm (Lol), 2,00-19,60 HT, 19,60-25,00 OSM (Tone)
1270	8027-LVB-BG-853	4368861	5315328	638,64	25,0	613,64	12,60	626,04	0,00-12,60 HT, 12,60-25,00 OSM (Tone)
1271	8027-LVB-BG-854	4369012	5315305	640,57	20,0	620,57	18,60	621,97	0,00-18,60 HT, 18,60-20,00 OSM (Tone)
1272	8027-LVB-BG-855	4369261	5315291	641,48	20,0	621,48	17,20	624,28	0,00-2,90 Lehm (Lol), 2,90-17,20 HT, 17,20-20,00 OSM (Tone)
1273	8027-LVB-BG-856	4369533	5315289	640,49	20,0	620,49	14,90	625,59	0,00-3,50 Lehm (Lol), 3,50-14,90 HT, 14,90-20,00 OSM (Tone)
1274	8027-LVB-BG-857	4369790	5315270	639,50	21,0	618,50	6,10	633,40	0,00-6,10 Lehm (Loss- bis Verwitterungslehm), 6,10-21,00 OSM (Tone bis Schluffe)
1275	8027-LVB-BG-858	4370049	5315270	639,45	21,0	618,45	2,70	636,75	0,00-2,70 Lehm (Loss- bis Verwitterungslehm), 2,70-21,00 OSM (Tone bis Schluffe)
1276	8027-LVB-BG-859	4370239	5315320	640,31	21,0	619,31	4,00	636,31	0,00-4,00 Lehm (Loss- bis Verwitterungslehm), 4,00-21,00 OSM (Tone bis Schluffe)
1277	8027-LVB-BG-860	4370617	5315360	647,88	20,0	627,88	5,00	642,88	0,00-5,00 Lehm (Loss- bis Verwitterungslehm), 5,00-20,00 OSM (Tone bis Schluffe)
1278	8027-LVB-BG-861	4370837	5315415	647,03	18,0	629,03	5,20	641,83	0,00-5,20 Lehm (Loss- bis Verwitterungslehm), 5,20-18,00 OSM (Tone bis Schluffe)
1279	8027-LVB-BG-862	4370961	5315436	649,00	18,0	631,00	3,90	645,10	0,00-3,90 Lehm (Loss- bis Verwitterungslehm), 3,90-18,00 OSM (Tone bis Schluffe)
1280	8027-LVB-BG-863	4365228	5315839	605,01	11,6	593,41	10,10	594,91	0,00-0,40 Mu, 0,40-10,10 NT, 10,10-11,60 OSM (Sande)
1281	8027-LVB-BG-864	4365116	5315933	603,00	3,0	600,00	nicht erreicht		0,00-3,00 NT
1282	8027-LVB-BG-865	4364565	5316029	604,00	9,0	595,00	7,00	597,00	0,00-7,00 NT, 7,00-8,64 OSM (Tone)
1283	8027-LVB-BG-866	4364312	5318666	592,68	5,4	587,28	5,30	587,38	0,00-2,10 A, 2,10-5,30 NT, 5,30-5,40 OSM (Mergelsteine)
1284	8027-LVB-BG-867	4364653	5316869	600,00	13,5	586,50	nicht erreicht		0,00-13,50 NT
1285	8027-LVB-BG-868	4364525	5316242	603,00	6,4	596,60	nicht erreicht		0,00-6,40 NT
1286	8027-LVB-BG-869	4364483	5316136	603,00	6,2	596,80	nicht erreicht		0,00-6,20 NT
1287	8027-LVB-BG-870	4364358	5316616	601,00	12,5	588,50	12,50	588,50	0,00-0,50 Mu, 0,50-10,00 NT, 10,00-12,50 OSM (Tone)
1288	8027-LVB-BG-871	4364439	5316601	601,00	10,6	590,40	10,30	590,70	0,00-3,20 A, 3,20-10,30 NT, 10,30-10,60 OSM (Schluffe)
1289	8027-LVB-BG-872	4365258	5317058	599,80	13,0	586,80	10,90	588,90	0,00-1,30 A, 1,30-10,90 NT, 10,90-13,00 OSM (Tone)
1290	8027-LVB-BG-873	4365154	5317119	599,92	6,3	593,62	Angaben fehlen	(?)	0,00-2,00 NT, 2,00-6,30 Angaben fehlen
1291	8027-LVB-BG-874	4365173	5317221	599,90	10,0	589,90	8,00	591,90	0,00-8,00 NT, 8,00-10,00 OSM (Schluffe)

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET		Quartärbasis		Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:		[m u. GOK]	[m ü.NN]	[m u. GOK]	[m ü.NN]	
1292	8027-LEB-BG-875	4372270	5309970	748,00	81,0	667,00	7,00	741,00	0,00-0,20 Mu, 0,20-7,00 Deckenschotter-Konglomerat, 7,00-81,00 OSM (Tone bis Schluffe)
1293	8027-LEB-BG-876	4373097	5309239	694,00	78,0	616,00	0,30	693,70	0,00-0,30 Mu, 0,30-78,00 OSM (Tone bis Sande)
1294	8027-LEB-BG-877	4366166	5308639	666,00	85,0	581,00	22,00	644,00	0,00-2,00 Lol, kiesig, 2,00-21,00 HT/Zeller-Hochterrasse, 21,00-22,00 Aufarbeitungslage, 22,00-85,00 OSM (Tone)
1295	8027-LEB-BG-878	4371672	5314024	680,00	5,2	674,80	3,10	676,90	0,00-0,20 Mu, 0,20-3,10 Deck- bis Verwitterungslehm, 3,10-5,20 OSM (Tone bis Sande)
1296	8027-LEB-BG-879	4371682	5314018	680,00	5,7	674,30	3,70	676,30	0,00-0,20 Mu, 0,20-3,70 Deck- bis Verwitterungslehm, 3,70-5,70 OSM (Tone bis Sande)
1297	8027-LEB-BG-880	4371685	5314032	674,38	1,0	673,38	0,40	673,98	0,00-0,10 A, 0,10-0,40 Deck- bis Verwitterungslehm, 0,40-1,00 OSM (Tone bis Schluffe)
1298	8027-LEB-BG-881	4372945	5313360	653,00	5,0	648,00	3,20	649,80	0,00-0,80 A, 0,80-3,20 Ton (Moorboden bis Beckenablagung), 3,20-4,20 OSM (Tone bis Schluffe) verwittert, 4,20-5,00 OSM (Ton- bis Schluffesteine)
1299	8027-LEB-BG-882	4372977	5313364	650,00	5,0	645,00	1,50	648,50	0,00-1,50 A, 1,50-2,50 OSM (Tone bis Schluffe) verwittert, 2,50-5,00 OSM (Ton- bis Schluffesteine)
1300	8027-LEB-BG-883	4372961	5313372	650,00	5,0	645,00	0,50	649,50	0,00-0,50 A, 0,50-1,90 OSM (Tone bis Schluffe) verwittert, 1,90-5,00 OSM (Ton- bis Schluffesteine)
1301	8027-LEB-BG-884	4369767	5315778	637,00	35,0	602,00	1,00	636,00	0,00-1,00 Deck- bis Verwitterungslehm, 1,00-35,00 OSM (Tone bis Sande)
1302	8027-LEB-BG-885	4371640	5318958	634,00	30,0	604,00	0,00	634,00	0,00-30,00 OSM (Schluffe bis Sande)
1303	8027-LEB-BG-886	4371565	5319125	630,00	36,0	594,00	0,00	630,00	0,00-36,00 OSM (Mergel)
1304	8027-LEB-BG-887	4371525	5319153	627,00	30,0	597,00	0,00	627,00	0,00-30,00 OSM (Schluffe bis Sande)
1305	8027-LEB-BG-888	4371482	5319250	624,00	30,0	594,00	0,00	624,00	0,00-30,00 OSM (Schluffe bis Sande)
1306	8027-LEB-BG-889	4371451	5319311	622,00	30,0	592,00	2,00	620,00	0,00-2,00 Fließerdien, kiesig, 2,00-30,00 OSM (Schluffe bis Sande)
1307	8027-LEB-BG-890	4371661	5318880	630,00	20,0	610,00	0,00	630,00	0,00-20,00 OSM (Schluffe bis Sande)
1308	8027-LEB-BG-891	4371735	5318811	630,00	20,0	610,00	0,00	630,00	0,00-20,00 OSM (Schluffe bis Sande)
1309	8027-LEB-BG-892	4371781	5318666	634,00	32,0	602,00	0,00	634,00	0,00-32,00 OSM (Schluffe bis Sande)
1310	8027-LEB-BG-893	4371852	5318553	632,00	32,0	600,00	0,00	632,00	0,00-32,00 OSM (Schluffe bis Sande)
1311	8027-LEB-BG-894	4371984	5318313	623,00	24,0	599,00	0,00	623,00	0,00-24,00 OSM (Mergel)
1312	8027-LEB-BG-895	4372021	5318275	622,00	20,0	602,00	0,00	622,00	0,00-20,00 OSM (Mergel)
1313	8027-LEB-BG-896	4372091	5318207	620,00	24,0	596,00	0,00	620,00	0,00-24,00 OSM (Mergel)
1314	8027-LEB-BG-897	4372202	5318111	619,00	16,0	603,00	3,00	616,00	0,00-3,00 Decklehm, 3,00-16,00 OSM (Mergel)
1315	8027-LEB-BG-898	4372247	5318105	618,00	10,0	608,00	(?)		0,00-(?) NT-Günztal, (?) 10,00 OSM
1316	8027-LEB-BG-899	4372266	5317939	618,00	10,0	608,00	(?)		0,00-(?) NT-Günztal, (?) 10,00 OSM (Schluffe bis Sande)
1317	8027-LEB-BG-900	4372300	5317750	618,00	16,0	602,00	15,00	603,00	0,00-15,00 NT-Günztal, 15,00-16,00 OSM (Mergel)
1318	8027-LEB-BG-901	4372377	5317643	619,00	16,0	603,00	15,00	604,00	0,00-15,00 NT-Günztal, 15,00-16,00 OSM (Sande)
1319	8027-LEB-BG-902	4372433	5317572	619,00	15,0	604,00	5,50	613,50	0,00-5,50 NT-Günztal, 5,50-15,00 OSM (Sande)
1320	8027-LEB-BG-903	4372441	5317484	620,00	18,0	602,00	6,50	613,50	0,00-6,50 NT-Günztal, 6,50-18,00 OSM (Schluffe bis Sande)
1321	8027-LEB-BG-904	4372435	5317298	622,00	15,0	607,00	4,50	617,50	0,00-4,50 NT-Günztal, 4,50-15,00 OSM
1322	8027-LEB-BG-905	4372456	5317227	622,00	(?)		(?)		Profil gestört, jedoch mehrere Meter Schotter vorhanden
1323	8027-LEB-BG-906	4372443	5317040	623,00	18,0	605,00	7,50	615,50	0,00-7,50 NT-Günztal, 7,50-18,00 OSM
1324	8027-LEB-BG-907	4372446	5316933	624,00	18,0	606,00	7,00	617,00	0,00-7,00 NT-Günztal, 7,00-18,00 OSM (Tone bis Sande)
1325	8027-LEB-BG-908	4372478	5316736	625,00	16,0	609,00	6,00	619,00	0,00-6,00 NT-Günztal, 6,00-16,00 OSM (Schluffe bis Sande)

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET		Quartärbasis		Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:		[m u. GOK]	[m ü.NN]	[m u. GOK]	[m ü.NN]	
1326	8027-LEB-BG-909	4372456	5316569	626,00	16,0	610,00	7,00	619,00	0,00-7,00 NT-Günztal, 7,00-16,00 OSM
1327	8027-LEB-BG-910	4372443	5316510	627,00	(?)		7,00	620,00	Profil gestört, ca. 6-7m Kies, darunter OSM
1328	8027-LEB-BG-911	4372463	5316412	627,00	15,0	612,00	6,00	621,00	0,00-6,00 NT-Günztal, 6,00-15,00 OSM
1329	8027-LEB-BG-912	4372473	5316299	628,00	15,0	613,00	7,00	621,00	0,00-2,00 Hochflutlehm, 2,00-7,00 NT-Günztal, 7,00-15,00 OSM
1330	8027-LEB-BG-913	4372482	5316192	628,00	15,0	613,00	8,00	620,00	0,00-8,00 NT-Günztal, 8,00-15,00 OSM (Sande)
1331	8027-LEB-BG-914	4372465	5316060	629,00	15,0	614,00	7,00	622,00	0,00-7,00 NT-Günztal, 7,00-15,00 OSM
1332	8027-LEB-BG-915	4372482	5316001	630,00	(?)		(?)		Profil gestört, wenig Kies, darunter OSM
1333	8027-LEB-BG-916	4372503	5315920	631,00	(?)		5,00	626,00	Profil gestört, wenige Meter Kies (-5 m) über OSM
1334	8027-LEB-BG-917	4372533	5315754	631,00	(?)		(?)		Profil nicht mehr vorhanden
1335	8027-LEB-BG-918	4372550	5315603	632,00	15,0	617,00	6,00	626,00	0,00-6,00 NT-Günztal, 6,00-15,00 OSM (Sande)
1336	8027-LEB-BG-919	4372610	5315424	633,00	(?)		(?)		Profil gestört, mehrere Meter Kies, darunter OSM
1337	8027-LEB-BG-920	4372704	5315320	634,00	(?)		(?)		Profil gestört, mehrere Meter Kies über Moräne(?)
1338	8027-LEB-BG-921	4372702	5315196	634,00	15,0	619,00	6,00	628,00	0,00-6,00 NT-Günztal, 6,00-15,00 OSM
1339	8027-LEB-BG-922	4372708	5315063	635,00	8,0	627,00	6,00	629,00	0,00-6,00 NT-Günztal, 6,00-8,00 OSM (Schluffe bis Sande)
1340	8027-LEB-BG-923	4372725	5314966	636,00	15,0	621,00	6,50	629,50	0,00-6,50 NT-Günztal, 6,50-15,00 OSM (Schluffe bis Sande)
1341	8027-LEB-BG-924	4372723	5314864	637,00	(?)		(?)		Profil gestört, mehrere Meter Kies, darunter OSM
1342	8027-LEB-BG-925	4372747	5314768	638,00	12,0	626,00	4,50	633,50	0,00-4,50 NT-Günztal, 4,50-12,00 OSM (Schluffe bis Sande)
1343	8027-LEB-BG-926	4372783	5314688	638,40	(?)		(?)		Profil gestört, mehrere Meter Kies, darunter OSM
1344	8027-LEB-BG-927	4372826	5314564	639,00	16,0	623,00	5,40	633,60	0,00-5,50 NT-Günztal, 5,50-16,00 OSM (Schluffe bis Sande)
1345	8027-LEB-BG-928	4372932	5314502	640,00	12,0	628,00	8,00	632,00	0,00-8,00 NT-Günztal, 8,00-12,00 OSM
1346	8027-LEB-BG-929	4373020	5314425	641,00	15,0	626,00	nicht erreicht		0,00-8,00 NT-Günztal (stark sandiger Kies bis Sand-Kies-Gemisch), 8,00-15,00 NT-Günztal (vorwiegend Feinkies bis, kiesiger Mittel- bis Grobsand)
1347	8027-LEB-BG-930	4373142	5314270	642,00	16,0	626,00	5,00	637,00	0,00-5,00 NT-Günztal, 5,00-16,00 OSM (Schluffe bis Sande)
1348	8027-LEB-BG-931	4373180	5314159	643,00	8,0	635,00	6,00	637,00	0,00-6,00 NT-Günztal (stark sandige Kiese bis stark, kiesige Sande), 6,00-8,00 OSM
1349	8027-LEB-BG-932	4373261	5314118	643,00	15,0	628,00	5,00	638,00	0,00-5,00 NT-Günztal, 5,00-15,00 OSM
1350	8027-LEB-BG-933	4373325	5314055	644,00	(?)		(?)		Profil gestört, mehrere Meter Kies, darunter OSM
1351	8027-LEB-BG-934	4373383	5313995	644,00	12,0	632,00	5,00	639,00	0,00-5,00 NT-Günztal, 5,00-12,00 OSM
1352	8027-LEB-BG-935	4373460	5313931	645,00	(?)		(?)		Profil gestört, mehrere Meter Kies, darunter OSM
1353	8027-LEB-BG-936	4373528	5313854	645,00	(?)		(?)		Profil gestört, mehrere Meter Kies, darunter OSM
1354	8027-LEB-BG-937	4373588	5313778	646,00	16,0	630,00	5,00	641,00	0,00-5,00 NT-Günztal, 5,00-16,00 OSM
1355	8027-LEB-BG-938	4373646	5313688	647,00	16,0	631,00	5,00	642,00	0,00-5,00 NT-Günztal, 5,00-16,00 OSM
1356	8027-LEB-BG-939	4373710	5313597	648,00	15,0	633,00	3,00	645,00	0,00-3,00 NT-Günztal, 3,00-15,00 OSM (Schluffe bis Sande)
1357	8027-LEB-BG-940	4373612	5313562	649,00	15,0	634,00	2,00	647,00	0,00-2,00 Fließerden, kiesig 2,00-15,00 OSM (Schluffe bis Sande)
1358	8027-LEB-BG-941			651,00	24,0	627,00	1,00	650,00	0,00-1,00 Fließerden, kiesig 1,00-24,00 OSM (Schluffe bis Sande)
1359	8027-LEB-BG-942	4373915	5313426	654,00	24,0	630,00	1,50	652,50	0,00-1,50 Fließerden, kiesig 1,50-24,00 OSM
1360	8027-LEB-BG-943	4373989	5313348	654,00	20,0	634,00	0,00	654,00	0,00-20,00 OSM
1361	8027-LEB-BG-944	4374124	5313294	655,00	30,0	625,00	3,00	652,00	0,00-3,00 Fließerden, kiesig 3,00-30,00 OSM
1362	8027-LEB-BG-945	4365667	5318651	597,00	9,1	587,90	nicht erreicht		0,00-1,80 A, 1,80-3,80 Alm mit Torf, 3,80-4,00 Bachschotter, 4,00-9,10 NT
1363	8027-LEB-BG-946	4365863	5317569	599,00	7,0	592,00	6,90	592,10	0,00-0,85 A, 0,85-6,90 NT, 6,90-7,00 Sand (Sande der OSM?)

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET		Quartärbasis		Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:		[m u. GOK]	[m ü.NN]	[m u. GOK]	[m ü.NN]	
1364	8027-LEB-BG-947	4363339	5317652	601,00	19,0	582,00	17,50	583,50	0,00-1,20 A, 1,20-2,40 Lol, kiesig, 2,40-17,00 NT, 17,00-17,50 Aufarbeitungszone, 17,50-19,00 OSM (Schluflie)
1365	8027-LEB-BG-948	4363363	5317802	602,00	16,6	585,40	nicht erreicht		0,00-1,10 Schacht, 1,10-16,50 NT
1366	8027-LEB-BG-949	4363377	5317918	600,00	18,0	582,00	nicht erreicht		0,00-2,00 A, 2,00-18,00 NT
1367	8027-LEB-BG-950	4364206	5318213	600,00	10,0	590,00	nicht erreicht		0,00-2,90 A, 2,90-10,00 NT
1368	8027-LEB-BG-951	4363368	5318174	600,00	18,0	582,00	17,80	582,20	0,00-1,70 A, 1,70-17,80 NT, 17,80-18,00 OSM (Schluflie)
1369	8027-LEB-BG-952	4368692	5312392	655,00	7,0	648,00	nicht erreicht		0,00-0,50 Mu, 0,50-5,10 Lol, 5,10-5,50 Seeton, 5,50-5,60 Feinsand mit hohem org. Anteil, 5,60-7,00 Schotterlehm HT
1370	8027-LEB-BG-953	4369428	5313128	692,00	3,0	689,00	2,50	689,50	0,00-0,50 Mu, 0,50-2,10 Fließerden, 2,10-2,50 Fließerden, kiesig, 2,50-3,00 OSM (Sande)
1371	8027-LEB-BG-954	4369400	5313128	700,00	4,0	696,00	0,90	699,10	0,00-0,40 Mu, 0,40-0,90 Fließerden, kiesig, 0,90-4,00 OSM (Tone bis Sande)
1372	8027-LEB-BG-955	4369124	5314304	646,00	6,0	640,00	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-3,00 Lol, 3,00-5,50 Lol bis Fließerden, 5,50-6,00 Fließerden bzw. Schotterlehm
1373	8027-LEB-BG-956	4373184	5308260	703,00	3,0	700,00	2,10	700,90	0,00-0,40 Mu, 0,40-1,20 Lol, 1,20-2,10 Fließerden/Restschotter, 2,10-2,70 OSM (Schluflie)
1374	8027-LEB-BG-957	4373770	5308197	699,00	4,0	695,00	3,70	695,30	0,00-0,40 Mu, 0,40-3,70 Fließerden/Restschotter, 3,70-3,90 OSM (Tone)
1375	8027-LEB-BG-958	4371656	5314600	674,00	4,0	670,00	2,00	672,00	0,00-0,40 Mu, 0,40-2,00 Fließerden/Restschotter, 2,00-4,00 OSM (Tone bis Sande)
1376	8027-LEB-BG-959	4369652	5313776	670,00	3,0	667,00	0,90	669,10	0,00-0,40 Mu, 0,40-0,90 Fließerden, 0,90-3,00 OSM (Tone bis Schluffe)
1377	8027-LEB-BG-960	4370384	5313260	672,00	3,0	669,00	0,50	671,50	0,00-0,50 Mu, 0,50-3,00 OSM (Tone bis Sande)
1378	8027-LEB-BG-961	4368632	5313220	651,00	6,0	645,00	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-5,10 Lol bis Fließerden, 5,10-6,00 Fließerden oder Schotterlehm HT
1379	8027-LEB-BG-962	4372920	5310160	690,00	7,0	683,00	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-4,80 Fließerden, 4,80-6,80 Kernverlust, 6,80-7,00 Fließerden
1380	8027-LEB-BG-963	4373144	5310556	682,00	6,0	676,00	5,70	676,30	0,00-0,40 Mu, 0,40-1,70 Lol bis Fließerden, 1,70-1,85 Kernverlust, 1,85-5,70 Fließerden/Restschotter, 5,70-6,00 OSM (Schluflie)
1381	8027-LEB-BG-964	4371060	5314192	682,00	3,0	679,00	1,20	680,80	0,00-0,30 Mu, 0,30-1,20 Lol bis Fließerden, 1,20-3,00 OSM (Tone bis Sande)
1382	8027-LEB-BG-965	4372764	5313892	652,00	6,0	646,00	4,30	647,70	0,00-0,50 Mu, 0,50-1,00 Lol bis Fließerden, 1,00-3,00 Kernverlust, 3,00-4,30 Schotterlehm/Restschotter, 4,30-6,00 OSM (Tone)
1383	8027-LEB-BG-966	4364468	5313208	637,00	3,0	634,00	1,60	635,40	0,00-0,50 Mu, 0,50-1,60 Fließerden, 1,60-3,00 OSM (Schluflie)
1384	8027-LEB-BG-967	4364404	5312452	628,00	2,9	625,10	1,37	626,63	0,00-0,50 Mu, 0,50-0,77 Anmoor, 0,77-1,37 Fließerden, 1,37-2,90 OSM (Tone bis Sande)
1385	8027-LEB-BG-968	4364512	5312492	629,00	2,2	626,80	nicht erreicht		0,00-0,50 Mu, 0,50-0,90 Lol, 0,90-2,20 Fließerden, kiesig
1386	8027-LEB-BG-969	4364328	5312540	632,00	4,0	628,00	2,80	629,20	0,00-0,50 Mu, 0,50-4,00 OSM (Tone bis Sande)
1387	8027-LEB-BG-970	4364648	5313156	634,00	3,0	631,00	0,40	633,60	0,00-0,40 Mu, 0,40-3,00 OSM (Schluflie)
1388	8027-LEB-BG-971	4364444	5311508	665,00	3,0	662,00	0,47	664,53	0,00-0,47 Mu, 0,47-2,70 OSM (Tone bis Sande)
1389	8027-LEB-BG-972	4364432	5311452	675,00	2,7	672,30	0,50	674,50	0,00-0,50 Mu, 0,50-3,00 OSM (Sande)
1390	8027-LEB-BG-973	4364352	5311364	650,00	3,0	647,00	1,60	648,40	0,00-0,30 Mu, 0,30-1,60 Fließerden, 1,60-3,00 OSM (Schluflie)
1391	8027-LEB-BG-974	4364364	5311392	650,00	3,0	647,00	1,90	648,10	0,00-0,40 Mu, 0,40-1,90 Fließerden, 1,90-3,00 OSM (Schluflie)

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET [m u. GOK]	ET [m ü.NN]	Quartärbasis		Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:				[m u. GOK]	[m ü.NN]	
1392	8027-LEB-BG-975	4364116	5310632	659,00	1,8	657,17	0,53	658,47	0,00-0,53 Mu, 0,53-1,80 OSM (Sande)
1393	8027-LEB-BG-976	4363992	5312000	632,00	2,8	629,20	0,40	631,60	0,00-0,40 Mu, 0,40-2,80 OSM (Tone bis Sande)
1394	8027-LEB-BG-977	4364384	5312260	619,00	3,0	616,00	0,46	618,54	0,00-0,46 Mu, 0,46-3,00 OSM (Tone bis Sande)
1395	8027-LEB-BG-978	4364140	5309916	675,00	2,5	672,50	2,50	672,50	0,00-0,50 Mu, 0,50-2,50 Fließerd., 2,50-3,00 OSM (Schluffe)
1396	8027-LEB-BG-979	4374506	5308876	715,00	1,0	714,00	0,25	714,75	0,00-0,25 Mu, 0,25-1,00 OSM (Schluffe)
1397	8027-LEB-BG-980	4374378	5309064	710,00	3,0	707,00	1,70	708,30	0,00-0,20 Mu, 0,20-1,70 Fließerd.,, kiesig, 1,70-3,00 OSM (Schluffe)
1398	8027-LEB-BG-981	4372802	5315854	645,00	3,0	642,00	0,65	644,35	0,00-0,40 Mu, 0,40-0,65 Fließerd.,, kiesig, 0,65-3,00 OSM (Schluffe)
1399	8027-LEB-BG-982	4375128	5316640	666,00	3,0	663,00	0,40	665,60	0,00-0,40 Mu, 0,40-3,00 OSM (Schluffe bis Sande)
1400	8027-LEB-BG-983	4375181	5318718	639,00	5,7	633,30	4,60	634,40	0,00-0,10 Mu, 0,10-1,90 Fließerd.,, kiesig/Schotterlehm, 1,90-3,40 Bohrkernverlust, 3,40-4,60 Schotter, 4,60-5,70 OSM (Schluffe bis Sande)
1401	8027-LEB-BG-984	4374846	5317949	650,00	2,6	647,45	0,10	649,90	0,00-0,10 Mu, 0,10-2,55 OSM (Schluffe)
1402	8027-LEB-BG-985	4373578	5318527	641,00	1,0	640,00	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-1,00 Fließerd.,, kiesig
1403	8027-LEB-BG-986	4374447	5313474	682,00	5,0	677,00	2,30	679,70	0,00-0,40 Mu, 0,40-1,00 Fließerd.,, kiesig, 1,00-1,40 Bohrkernverlust, 1,40-2,30 Fließerd.,, kiesig, 2,30-5,00 OSM (Schluffe bis Sande)
1404	8027-LEB-BG-987	4374426	5313376	680,00	1,0	679,00	nicht erreicht		0,00-0,50 Mu, 0,50-1,00 Fließerd.,, kiesig
1405	8027-LEB-BG-988	4374405	5313193	680,00	8,0	672,00	6,90	673,10	0,00-0,60 Mu, 0,60-1,80 Schotter, 1,80-6,90 Fließerd.,, kiesig, 6,90-8,00 OSM (Sande)
1406	8027-LEB-BG-989	4373548	5318506	642,00	8,0	634,00	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-4,00 Fließerd.,, kiesig, 4,00-8,00 Schotter
1407	8027-LEB-BG-990	4372822	5312778	660,00	8,3	651,70	0,90	659,10	0,00-0,90 A, 0,90-8,30 OSM (Schluffe bis Sande)
1408	8027-LEB-BG-991	4372880	5312813	660,00	8,3	651,70	1,50	658,50	0,00-1,50 A, 1,50-8,30 OSM (Tone bis Schluffe)
1409	8027-LEB-BG-992	4372906	5312800	660,00	8,3	651,70	0,50	659,50	0,00-0,50 A, 0,50-8,30 OSM (Tone bis Schluffe)
1410	8027-LEB-BG-993	4372879	5312713	660,00	8,3	651,70	3,00	657,00	0,00-0,50 A, 0,50-3,00 Fließerd., 3,00-8,30 OSM (Tone)
1411	8027-LEB-BG-994	4372851	5312723	660,00	8,3	651,70	0,50	659,50	0,00-0,50 A, 0,50-8,30 OSM (Tone bis Schluffe)
1412	8027-LEB-BG-995	4372948	5312650	659,53	8,0	651,53	4,40	655,13	0,00-2,70 A, 2,70-4,40 Fließerd., 4,40-8,00 OSM (Schluffe bis Sande)
1413	8027-LEB-BG-996	4372971	5312816	660,00	1,9	658,10	0,70	659,30	0,00-0,70 Fließerd., 0,70-1,90 OSM (Schluffe)
1414	8027-LEB-BG-997	4372974	5312824	660,00	1,7	658,30	0,50	659,50	0,00-0,50 Fließerd., 0,50-1,70 OSM (Schluffe)
1415	8027-LEB-BG-998	4364172	5317263	603,07	10,0	593,07	nicht erreicht		0,00-1,35 A, 1,35-10,00 NT
1416	8027-LEB-BG-999	4364261	5317258	597,70	8,0	589,70	nicht erreicht		0,00-1,80 A, 1,80-8,00 NT
1417	8027-LEB-BG-1000	4364311	5317278	597,34	13,2	584,14	12,30	585,04	0,00-1,30 A, 1,30-12,30 NT, 12,30-13,20 OSM (Mergel)
1418	8027-LEB-BG-1001	4364280	5317249	596,86	8,0	588,86	nicht erreicht		0,00-1,20 A, 1,20-8,00 NT
1419	8027-LEB-BG-1002	4364256	5317245	597,07	8,0	589,07	nicht erreicht		0,00-2,10 A, 2,10-8,00 NT
1420	8027-LEB-BG-1003	4364225	5317253	597,73	8,0	589,73	nicht erreicht		0,00-1,60 A, 1,60-8,00 NT
1421	8027-LEB-BG-1004	4364219	5317271	598,23	8,0	590,23	nicht erreicht		0,00-1,80 A, 1,80-2,05 Lo.,, kiesig, 2,05-8,00 NT
1422	8027-LEB-BG-1005	4372102	5319236	640,00	4,5	635,50	0,30	639,70	0,00-0,10 Mu, 0,10-0,30 Fließerd.,, kiesig, 0,30-4,50 OSM (Tone bis Sande)
1423	8027-LEB-BG-1006	4371858	5317198	650,00	2,8	647,20	0,20	649,80	0,00-0,20 Mu, 0,20-2,80 OSM (Sande)
1424	8027-LEB-BG-1007	4371795	5317765	665,00	0,8	664,25	0,10	664,90	0,00-0,10 Mu, 0,10-0,75 OSM (Schluffe bis Sande)
1425	8027-LEB-BG-1008	4363497	5312761	630,00	3,8	626,25	3,50	626,50	0,00-0,20 Mu, 0,20-2,20 Schotterlehm, 2,20-2,70 Kernverlust, 2,70-3,30 Schotterlehm, 3,30-3,50 Aufarbeitungs-lage, 3,50-3,75 OSM (Tone bis Schluffe)

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET		Quartärbasis		Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:		[m u. GOK]	[m ü.NN]	[m u. GOK]	[m ü.NN]	
1426	8027-LEB-BG-1009	4363556	5312604	631,00	1,3	629,70	nicht erreicht		0,00-1,30 Schotterlehm / Fließerdien / A(?)
1427	8027-LEB-BG-1010	4363830	5312677	631,00	4,0	627,00	3,20	627,80	0,00-0,20 Mu, 0,20-1,00 Löl, 1,00-3,00 Kernverlust, 3,00-3,20 Fließerdien, 3,20-4,00 OSM (Sande bis Schluffe)
1428	8028-LEB-BG-001	4376363	5317720	626,53	10,0	616,53	8,10	618,43	nicht lesbar, 8,10-10,00 OSM (Sande)
1429	8028-LEB-BG-002	4376400	5317699	626,55	10,0	616,55	4,60	621,95	0,00-2,70 A, 2,70-4,60 Kies, 4,60-10,00 OSM (Schluffe bis Sande)
1430	8028-LEB-BG-003	4376556	5309626	760,00	5,0	755,00	1,50	758,50	0,00-0,15 A, 0,15-1,50 Mindelmoräne (Kiese), 1,50-5,00 OSM (Tone bis Schluffe)
1431	8028-LEB-BG-004	4376568	5309636	760,00	8,0	752,00	1,70	758,30	0,00-0,15 A, 0,15-1,70 Mindelmoräne (Kiese), 1,70-8,00 OSM (Tone bis Schluffe)
1432	8028-LEB-BG-005	4376574	5309643	760,00	10,0	750,00	3,40	756,60	0,00-0,10 Mu, 0,10-2,20 Mindelmoräne (Kiese) durchwurzeit, 2,20-3,40 Aufarbeitungslage, 3,40-10,00 OSM (Tone bis Schluffe)
1433	8028-LEB-BG-006	4376852	5308560	771,50	4,0	767,50	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-3,75 Verwitterungslehm, kiesig (verwitterte Mindelmoräne?), 3,75-3,90 schluffige bis stark schluffige., kiesige Sande (Mindelmoräne?), 3,90-4,00 Deckenschotter verfestigt (Konglomerat)
1434	8028-LEB-BG-007	4376849	5308461	776,00	5,9	770,15	nicht erreicht		0,00-0,35 Mu, 0,35-1,90 Verwitterungslehm, kiesig (verwitterte Mindelmoräne?), 1,90-4,90 stark schluffiges Sand-Kies-Gemisch (Mindelmoräne oder Deckenschotter verwittert?), 4,90-5,80 Deckenschotter unverfestigt, 5,80-5,85 Deckenschotter verfestigt (Konglomerat)
1435	8028-LEB-BG-008	4376860	5308610	762,39	4,0	758,39	3,70	758,69	0,00-0,40 Mu, 0,40-2,00 Fließerdien bis Hangschutt, 2,00-3,40 Deckenschotter unverfestigt, 3,40-3,70 Aufarbeitungslage (Ottobener Schotter?), 3,70-4,00 OSM (Schluffe)
1436	8028-LEB-BG-009	4375839	5318270	625,01	9,0	616,01	6,50	618,51	0,00-3,80 A, 3,80-4,00 alter Mu, 4,00-4,80 Hochflutlehm, 4,80-6,50 NT-Günztal, 6,50-9,00 OSM (Schluffe)
1437	8028-LEB-BG-010	4375930	5318200	625,59	9,0	616,59	6,50	619,09	0,00-4,40 A, 4,40-4,50 alter Mu, 4,50-4,70 Hochflutlehm, 4,70-6,50 NT-Günztal, 6,50-9,00 OSM (Schluffe)
1438	8028-LEB-BG-011	4375841	5318317	621,15	7,0	614,15	2,20	618,95	0,00-0,20 Mu, 0,20-0,75 Hochflutlehm, kiesig, 0,75-1,50 NT-Günztal, 1,50-2,20 Aufarbeitungslage, 2,20-7,00 OSM (Schluffe)
1439	8028-LEB-BG-012	4375822	5318257	621,70	7,0	614,70	2,50	619,20	0,00-0,20 Mu, 0,20-0,75 Hochflutlehm, kiesig, 0,75-2,50 Aufarbeitungslage, 2,20-7,00 OSM (Schluffe)
1440	8028-LEB-BG-013	4375867	5317892	624,10	5,0	619,10	0,80	623,30	0,00-0,20 Mu, 0,20-0,80 Hochflutlehm, kiesig, 0,80-5,00 OSM (Schluffe)
1441	8028-LEB-BG-014	4375942	5318127	624,48	5,0	619,48	0,70	623,78	0,00-0,20 Mu, 0,20-0,70 Hochflutlehm, kiesig, 0,70-5,00 OSM (Schluffe)
1442	8028-LEB-BG-015	4375857	5318217	621,78	5,0	616,78	3,50	618,28	0,00-0,30 Mu, 0,30-0,70 Hochflutlehm, kiesig, 0,70-3,50 NT-Günztal, 3,50-5,00 OSM (Schluffe)
1443	8028-LEB-BG-016	4375687	5318007	622,83	5,0	617,83	2,80	620,03	0,00-0,30 Mu, 0,30-0,60 Hochflutlehm, 0,60-2,80 NT-Günztal, 2,80-5,00 OSM (Schluffe)
1444	8028-LEB-BG-017	4375911	5318254	622,12	7,0	615,12	5,70	616,42	0,00-0,20 Mu, 0,20-1,00 Hochflutlehm, kiesig, 1,00-5,70 NT-Günztal, 5,70-7,00 OSM (Schluffe)
1445	8028-LEB-BG-018	4375881	5318341	621,40	6,0	615,40	4,50	616,90	0,00-0,20 Mu, 0,20-1,50 Hochflutlehm, kiesig, 1,50-4,50 NT-Günztal, 4,50-6,00 OSM (Schluffe)

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET		Quartärbasis		Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:		[m u. GOK]	[m ü.NN]	[m u. GOK]	[m ü.NN]	
1446	8028-LEB-BG-019	4375844	5318226	621,83	5,0	616,83	3,50	618,33	0,00-0,20 Mu, 0,20-0,70 Hochflutlehm, 0,70-3,50 NT-Günztal, 3,50-5,00 OSM (Schluffe)
1447	8028-LEB-BG-020	4375743	5318288	624,05	5,0	619,05	1,50	622,55	0,00-0,30 Mu, 0,30-1,50 Hochflutlehm, kiesig, 1,50-5,00 OSM (Schluffe)
1448	8028-LEB-BG-021	4375676	5318021	622,93	5,0	617,93	2,70	620,23	0,00-0,20 Mu, 0,20-1,00 Hochflutlehm, 1,00-2,70 NT-Günztal, 2,70-5,00 OSM (Schluffe)
1449	8028-LEB-BG-022	4377806	5316543	639,08	6,1	632,98	nicht erreicht		0,00-0,70 A, 0,70-1,90 Bachschotter, 1,90-6,10 NT-Günztal
1450	8028-LEB-BG-023	4377680	5316453	639,50	6,1	633,40	nicht erreicht		0,00-0,20 A, 0,20-1,50 Bachschotter, 1,50-6,10 NT-Günztal
1451	8028-LEB-BG-024	4377598	5316396	645,88	3,2	642,68	3,00	642,88	0,00-0,70 A, 0,70-1,50 Lol, 1,50-2,90 Fließgerden, 2,90-3,20 OSM (Ton- bis Schluffsteine)
1452	8028-LEB-BG-025	4377506	5316222	654,75	5,0	649,75	4,00	650,75	0,00-0,40 A, 0,40-4,00 HT-Günztal verwittert, 4,00-4,70 OSM (Sande), 4,70-5,00 OSM (Ton- bis Schluffsteine)
1453	8028-LEB-BG-026	4376032	5319059	618,40	4,5	613,90	nicht erreicht		0,00-0,70 A, 0,70-1,20 Lol, kiesig bis NT-Günztal verwittert, 1,20-4,50 NT-Günztal
1454	8028-LEB-BG-027	4376276	5319019	620,60	3,5	617,10	nicht erreicht		0,00-0,90 Lol, kiesig bis NT-Günztal verwittert, 0,90-3,50 NT-Günztal
1455	8028-LEB-BG-028	4375913	5318892	619,42	3,0	616,42	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-1,60 Hochflutlehm, kiesig, 1,60-2,50 Hochflutlehm, 2,50-3,00 Bachschotter
1456	8028-LEB-BG-029	4376088	5318928	619,77	4,0	615,77	nicht erreicht		0,00-0,75 Hochflutlehm, 0,75-2,50 Lol, kiesig bis NT-Günztal verwittert, 2,50-4,00 NT-Günztal angewittert
1457	8028-LEB-BG-030	4376316	5318770	620,91	3,5	617,41	nicht erreicht		0,00-0,80 A, 0,80-3,50 NT-Günztal
1458	8028-LEB-BG-031	4376220	5318731	620,84	4,5	616,34	nicht erreicht		0,00-1,00 A, 1,00-2,20 Hochflutlehm bis -sand, 2,20-4,50 NT-Günztal
1459	8028-LEB-BG-032	4376011	5318706	620,58	4,0	616,58	nicht erreicht		0,00-0,60 A, 0,60-1,20 Hochflutlehm, kiesig, 1,20-2,50 Bachschotter, 2,50-4,00 NT-Günztal
1460	8028-LEB-BG-033	4376211	5318631	621,44	4,5	616,94	nicht erreicht		0,00-0,40 A, 0,40-1,00 Lol, kiesig bis NT-Günztal verwittert, 1,00-4,50 NT-Günztal
1461	8028-LEB-BG-034	4376535	5318615	623,84	4,5	619,34	nicht erreicht		0,00-0,80 A, 0,80-4,50 NT-Günztal
1462	8028-LEB-BG-035	4375845	5318474	623,80	3,5	620,30	nicht erreicht		0,00-1,10 A, 1,10-3,50 Fließgerden, kiesig
1463	8028-LEB-BG-036	4376326	5318327	629,12	3,5	625,62	0,70	628,42	0,00-0,30 A, 0,30-0,70 Deck- bis Verwitterungslehm, 0,70-3,50 OSM (Ton- bis Schluffsteine)
1464	8028-LEB-BG-037	4376222	5318874	619,94	4,0	615,94	nicht erreicht		0,00-0,90 A, 0,90-4,00 Lol, kiesig bis NT-Günztal verwittert
1465	8028-LEB-BG-038	4376122	5318836	620,15	4,0	616,15	nicht erreicht		0,00-0,80 A, 0,80-2,80 Bachschotter stark lehmig, 2,80-4,00 NT-Günztal
1466	8028-LEB-BG-039	4375888	5318614	620,40	4,0	616,40	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-1,00 Hochflutlehm, kiesig, 1,00-2,60 Bachschotter, stark schluffig, 2,60-4,00 NT-Günztal
1467	8028-LEB-BG-040	4376036	5318526	621,93	4,0	617,93	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-1,50 Hochflutlehm, kiesig, 1,50-2,50 Bachschotter, stark schluffig, 2,50-4,00 NT-Günztal
1468	8028-LEB-BG-041	4376255	5318516	623,30	4,0	619,30	nicht erreicht		0,00-0,30 A, 0,30-0,70 Lol, kiesig bis NT-Günztal verwittert, 0,70-4,00 NT-Günztal
1469	8028-LEB-BG-042	4376345	5318677	621,78	4,0	617,78	nicht erreicht		0,00-0,75 A, 0,75-4,00 NT-Günztal
1470	8028-LEB-BG-043	4375838	5318413	624,15	4,0	620,15	2,30	621,85	0,00-0,10 A, 0,10-2,30 Fließgerden, 2,30-3,60 OSM (Sande), 3,60-4,00 OSM (Ton- bis Schluffsteine)
1471	8028-LEB-BG-044	4376309	5318420	625,70	5,0	620,70	2,05	623,65	0,00-0,70 A, 0,70-2,05 Lol, 2,05-3,20 OSM (Sande), 3,20-5,00 OSM (Tone bis Schluffsteine)

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET		Quartärbasis		Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:		[m u. GOK]	[m ü.NN]	[m u. GOK]	[m ü.NN]	
1472	8028-LEB-BG-045	4376465	5318341	628,73	4,0	624,73	2,50	626,23	0,00-0,70 A, 0,70-2,50 Fließerden, kiesig, 2,50-4,00 OSM (Tone bis Schluffe)
1473	8028-LEB-BG-046	4376423	5318436	624,61	4,0	620,61	nicht erreicht		0,00-3,40 A, 3,40-4,00 NT-Günztal
1474	8028-LEB-BG-047	4375826	5318425	625,00	4,0	621,00	2,80	622,20	0,00-1,00 A, 1,00-2,80 Deck- bis Verwitterungslehm, 2,80-4,00 OSM (Schluffe bis Sande)
1475	8028-LEB-BG-048	4375826	5318438	625,00	4,0	621,00	2,80	622,20	0,00-1,00 A, 1,00-2,80 Deck- bis Verwitterungslehm, 2,80-4,00 OSM (Tone bis Sande)
1476	8028-LEB-BG-049	4375929	5318517	621,40	5,0	616,40	nicht erreicht		0,00-0,80 A, 0,80-2,70 Hochflutlehm, 2,70-5,00 NT-Günztal
1477	8028-LEB-BG-050	4375902	5318493	621,43	5,0	616,43	nicht erreicht		0,00-0,40 A, 0,40-2,60 Hochflutlehm, 2,60-5,00 NT-Günztal
1478	8028-LEB-BG-051	4375988	5311943	745,00	8,0	737,00	6,00	739,00	0,00-0,75 Mu, 0,75-5,60 Fließerden,, kiesig, 5,60-5,80 Bohrkernverlust, 5,80-6,00 Fließerden,, kiesig, 6,00-8,00 OSM (Schluffe bis Sande)
1479	8028-LEB-BG-052	4376394	5311317	752,00	1,0	751,00	0,45	751,55	0,00-0,45 Mu, 0,45-1,00 OSM (Schluffe bis Sande)
1480	8028-LEB-BG-053	4376609	5311278	752,00	7,0	745,00	nicht erreicht		0,00-0,35 Mu, 0,35-1,60 Fließerden,, kiesig, 1,60-7,00 Fließerden/Schotterlehm
1481	8028-LEB-BG-054	4376988	5316739	651,00	4,0	647,00	3,00	648,00	0,00-0,45 Mu, 0,45-3,00 Fließerden,, kiesig, 3,00-4,00 OSM (Schluffe)
1482	8028-LEB-BG-055	4376862	5316403	650,00	3,0	647,00	0,50	649,50	0,00-0,50 A, 0,50-3,00 OSM (Schluffe bis Sande)
1483	8028-LEB-BG-056	4375705	5316955	650,00	5,7	644,30	4,80	645,20	0,00-0,30 Mu, 0,30-1,00 Schotterlehm, 1,00-2,35 Bohrkernverlust, 2,35-4,50 Schotterlehm, 4,50-4,80 Aufarbeitungslage, 4,80-5,70 OSM (Schluffe)
1484	8028-LEB-BG-057	4376530	5317800	635,00	2,6	632,40	1,60	633,40	0,00-0,60 Mu, 0,60-1,60 Schotterlehm, 1,60-2,60 OSM (Schluffe)
1485	8127-LEB-BG-001	4373087	5306149	783,00	12,0	771,00	nicht erreicht		0,00-0,70 A, 0,70-1,00 Deckenschotter verwittert, 1,00-12,00 Deckenschotter teilweise verfestigt
1486	8127-LEB-BG-002	4373138	5306124	779,00	7,7	771,30	nicht erreicht		0,00-0,80 A, 0,80-7,70 Deckenschotter teilweise verfestigt
1487	8127-LEB-BG-003	4373135	5306123	779,00	12,0	767,00	nicht erreicht		0,00-0,80 A, 0,80-3,00 Deckenschotter teilweise verfestigt, 3,00-9,20 Deckenschotter verfestigt, 9,20-12,00 Deckenschotter teilweise verfestigt
1488	8127-LEB-BG-004	4373132	5306113	779,00	10,0	769,00	nicht erreicht		0,00-2,50 A, 2,50-3,20 LoI, kiesig, 3,20-5,20 Deckenschotter verwittert, 5,20-10,00 Deckenschotter teilweise verfestigt
1489	8127-LEB-BG-005	4369790	5307655	652,66	5,0	647,66	3,70	648,96	0,00-3,70 NT, 3,70-5,00 OSM (Tone)
1490	8127-LEB-BG-006	4369718	5307658	653,52	6,5	647,02	5,40	648,12	0,00-5,40 NT, 5,40-6,50 OSM (Tone)
1491	8127-LEB-BG-007	4369731	5307641	652,46	5,6	646,86	3,70	648,76	0,00-3,70 NT, 3,70-4,20 OSM (Sande), 4,20-5,60 OSM (Tone)
1492	8127-LEB-BG-008	4365840	5307730	677,81	8,0	669,81	3,20	674,61	0,00-0,50 Mu, 0,50-3,20 stark sandiger, stark, kiesiger Schluff (Fließerden?, Kies stark verwittert?), 3,20-8,00 OSM (Sande bis Schluffe)
1493	8127-LEB-BG-009	4365850	5307697	675,06	8,8	666,26	4,65	670,41	0,00-0,25 Mu, 0,25-3,20 stark, kiesiger, sandiger Schluff (Fließerden), 3,20-4,65 Kies (HT?, NT?, Periglazialschotter?), 4,65-8,80 OSM (Sande bis Schluffe)
1494	8127-LEB-BG-010	4369807	5307615	672,40	24,0	648,40	22,80	649,60	0,00-0,20 Mu, 0,20-1,40 LoI, kiesig, 1,40-22,80 NT, 22,80-24,00 OSM (Tone)
1495	8127-LEB-BG-011	4369762	5307720	670,21	23,0	647,21	21,90	648,31	0,00-0,20 Mu, 0,20-1,20 LoI, kiesig, 1,20-21,90 NT, 21,90-23,00 OSM (Tone)

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET		Quartärbasis		Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:		[m u. GOK]	[m ü.NN]	[m u. GOK]	[m ü.NN]	
1496	8127-LEB-BG-011	4364820	5306243	706,30	4,7	701,60	1,90	704,40	0,00-1,90 Deckenschotter-Konglomerat mit deutl. Kristallinanteil (4-5 % ohne Quarz) mit geol. Orgeln, 1,90-2,60 Aufarbeitungslage / Otobauer Schotter ("stark sandiger Kies, altpleistozäne Aufarbeitungslage, schwach kalkig"), 2,60-4,30 Aufarbeitungslage / Otobauer Schotter ("sandig, lehmiger Kies, Tertiärmaterial"), 4,30-4,70 OSM (Mergel)
1497	8127-LEB-BG-012	4369660	5307688	660,82	14,0	646,82	12,90	647,92	0,00-11,90 NT, 11,90-12,90 Aufarbeitungslage (NT und Schluffe der OSM), 12,90-14,00 OSM (Tone)
1498	8127-LEB-BG-013	4373097	5306134	785,10	8,0	777,10	nicht erreicht		0,00-1,20 A, 1,20-2,40 Deckenschotter verwittert, 2,40-8,00 Deckenschotter schluffig
1499	8127-LEB-BG-014	4367543	5305806	692,00	50,0	642,00	44,00	648,00	0,00-2,00 Lol, 2,00-21,00 HT mit Konglomeratbänken, 21,00-44,00 HT, 44,00-50,00 OSM (Schluffsteine)
1500	8127-LEB-BG-015	4367563	5305981	691,00	3,0	688,00	nicht erreicht		0,00-0,50 A, 0,50-1,00 Lol, 1,00-3,00 Lol, kiesig
1501	8127-LEB-BG-016	4367554	5305981	691,00	3,0	688,00	nicht erreicht		0,00-0,50 A, 0,50-3,00 Lol, kiesig
1502	8127-LEB-BG-017	4367544	5305989	691,00	3,0	688,00	nicht erreicht		0,00-1,00 A, 1,00-3,00 Lol, kiesig
1503	8127-LEB-BG-018	4367552	5306000	691,00	3,0	688,00	nicht erreicht		0,00-2,50 A, 2,50-3,00 Lol, kiesig
1504	8127-LEB-BG-019	4367567	5306006	691,00	3,0	688,00	nicht erreicht		0,00-1,00 A, 1,00-3,00 Lol, kiesig
1505	8127-LEB-BG-020	4367569	5306017	691,00	3,0	688,00	nicht erreicht		0,00-1,00 A, 1,00-3,00 Lol, kiesig
1506	8127-LEB-BG-021	4368942	5306195	687,00	2,6	684,40	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-1,55 Lol, kiesig, 1,55-2,60 NT
1507	8127-LEB-BG-022	4368957	5306004	690,00	3,1	686,90	nicht erreicht		0,00-0,25 Mu, 0,25-1,10 Lol, kiesig, 1,10-3,10 NT
1508	8127-LEB-BG-023	4369128	5305656	677,00	4,6	672,40	nicht erreicht		0,00-0,50 Mu, 0,50-0,75 Torf, 0,75-2,60 Lol, kiesig, 2,60-4,60 NT
1509	8127-LEB-BG-024	4369577	5305070	686,00	2,7	683,35	nicht erreicht		0,00-0,35 Mu, 0,35-1,55 Lol, kiesig, 1,55-2,65 NT
1510	8127-LEB-BG-025	4369620	5305109	686,00	2,6	683,40	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-1,45 Lol, kiesig, 1,45-2,60 NT
1511	8127-LEB-BG-026	4370083	5304789	710,00	0,7	709,35	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-0,55 Lol, kiesig, 0,55-0,65 NT
1512	8127-LEB-BG-027	4370579	5304536	722,00	4,1	717,95	nicht erreicht		0,00-0,25 Mu, 0,25-1,35 Lol, kiesig, 1,35-4,05 NT
1513	8127-LEB-BG-028	4369512	5306367	678,00	2,0	676,00	nicht erreicht		0,00-0,70 A, 0,70-2,00 Lol, kiesig
1514	8127-LEB-BG-029	4369512	5306319	678,00	2,0	676,00	nicht erreicht		0,00-1,10 A, 1,10-2,00 Lol, kiesig
1515	8127-LEB-BG-030	4369520	5306268	678,00	2,0	676,00	nicht erreicht		0,00-1,20 A, 1,20-2,00 Lol, kiesig
1516	8127-LEB-BG-031	4369524	5306219	678,00	2,0	676,00	nicht erreicht		0,00-1,20 A, 1,20-2,00 Lol, kiesig
1517	8127-LEB-BG-032	4366552	5307281	690,38	3,8	686,58	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-1,70 Fließgerden, 1,70-2,30 sandig-kiesiger Schluff (Hochflutland?), 2,30-3,70 Sand-Kies-Gemisch (Schmelzwasserschotter), 3,70-3,80 Fein- bis Mittelsand, einz. Gerölle (Schmelzwassersand)
1518	8127-LEB-BG-033	4365639	5307306	699,12	2,5	696,62	nicht erreicht		0,00-0,15 Mu, 0,15-0,90 Sand-Kies-Gemisch (Schmelzwasserschotter), 0,90-1,20 Schluff-Kies-Gemisch (Schmelzwasserschotter), 1,20-1,80 Sand-Kies-Gemisch (Schmelzwasserschotter), 1,80-2,50 Sand-Kies-Gemisch (Schmelzwasserschotter, im Gutachten Nagelfluh)
1519	8127-LEB-BG-034	4365587	5307327	712,59	9,0	703,64	nicht erreicht		0,00-0,15 Mu, 0,15-2,35 Verwitterungslehm, kiesig, 2,35-8,90 Deckenschotter angewittert, 8,90-8,95 Deckenschotter "frisch" (Nagelfluh)
1520	8127-LEB-BG-035	4365667	5307252	686,56	3,9	682,66	3,40	683,16	0,00-0,15 Mu, 0,15-2,25 Fließgerden, 2,25-3,40 Sand-Kies-Gemisch (Schmelzwasserschotter), 3,40-3,60 OSM (Sand), 3,60-3,90 OSM (Schluffe)

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET		Quartärbasis		Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:		[m u. GOK]	[m ü.NN]	[m u. GOK]	[m ü.NN]	
1521	8127-LEB-BG-036	4365704	5307326	687,91	5,9	682,01	5,30	682,61	0,00-0,30 Mu, 0,30-3,10 Fließerden, 3,10-5,30 Schmelzwasserschotter, 5,30-5,90 OSM (Schluffe bis Sande)
1522	8127-LEB-BG-037	4369520	5304339	688,00	57,5	630,50	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-41,25 NT, 42,15-45,00 Ton-Schluff-Lage in NT, 45,00-57,50 NT (z.T. eher bindig: Geschiebelehne?)
1523	8127-LEB-BG-038	4367675	5306089	690,40	5,0	685,40	nicht erreicht		0,00-0,15 Mu, 0,15-2,10 Lo, kiesig, 2,10-4,50 HT verwittert ("Rotlage"), 4,50-5,00 HT
1524	8127-LEB-BG-039	4367706	5306106	690,57	5,0	685,57	nicht erreicht		0,00-0,15 Mu, 0,15-2,00 Lo, kiesig, 2,00-2,60 HT verwittert ("Rotlage"), 2,60-5,00 HT
1525	8127-LEB-BG-040	4367682	5306084	690,77	6,0	684,77	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-1,80 Lo, kiesig, 1,80-4,00 HT verwittert ("Rotlage"), 4,00-6,00 HT
1526	8127-LEB-BG-041	4367710	5306090	690,62	5,0	685,62	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-1,65 Lo, kiesig, 1,65-2,70 HT verwittert ("Rotlage"), 2,70-5,00 HT
1527	8127-LEB-BG-042	4369236	5305001	690,00	64,0	626,00	62,00	628,00	0,00-62,00 NT, 62,00-64,00 OSM (Sande)
1528	8127-LEB-BG-043	4370263	5303453	718,38	96,0	622,38	95,10	623,28	0,00-0,40 Mu, 0,40-95,10 NT, 95,10-96,00 OSM (Schluffsteine)
1529	8127-LEB-BG-044	4369851	5304069	689,43	67,0	622,43	66,40	623,03	0,00-0,80 Mu, 0,80-2,15 Hochflutlehm, kiesig, 2,15-66,40 NT, 66,40-67,00 OSM (Schluffsteine)
1530	8127-LEB-BG-045	4369463	5303567	691,08	73,0	618,08	70,00	621,08	0,00-0,20 Mu, 0,20-1,20 Hochflutlehm, kiesig, 1,20-70,00 NT, 70,00-73,00 OSM (Schluffe)
1531	8127-LEB-BG-046	4369807	5308161	668,46	33,0	635,46	nicht erreicht		0,00-2,90 Lehm (Lo), 2,90-33,00 NT
1532	8127-LEB-BG-047	4369923	5307935	671,52	32,0	639,52	nicht erreicht		0,00-2,60 Lehm (Lo), 2,60-32,00 NT
1533	8127-LEB-BG-048	4370008	5307721	674,52	29,0	645,52	nicht erreicht		0,00-2,90 Lehm (Lo), 2,90-29,00 NT
1534	8127-LEB-BG-049	4370024	5307481	677,52	16,0	661,52	nicht erreicht		0,00-2,50 Lehm (Lo), 2,50-16,00 NT
1535	8127-LEB-BG-050	4370069	5307254	681,53	36,0	645,53	nicht erreicht		0,00-36,00 NT
1536	8127-LEB-BG-051	4370135	5307019	684,39	32,0	652,39	nicht erreicht		0,00-2,00 Lehm (Lo), 2,00-32,00 NT
1537	8127-LEB-BG-052	4370177	5306793	687,87	22,0	665,87	nicht erreicht		0,00-2,20 Lehm (Lo), 2,20-22,00 NT
1538	8127-LEB-BG-053	4370235	5306597	691,75	28,0	663,75	nicht erreicht		0,00-2,20 Lehm (Lo), 2,20-28,00 NT
1539	8127-LEB-BG-054	4370299	5306363	694,81	36,0	658,81	nicht erreicht		0,00-2,00 Lehm (Lo), 2,00-36,00 NT
1540	8127-LEB-BG-055	4370351	5306133	697,88	28,0	669,88	nicht erreicht		0,00-28,00 NT
1541	8127-LEB-BG-056	4370388	5305883	701,69	30,0	671,69	nicht erreicht		0,00-2,00 Lehm (Lo), 2,00-30,00 NT
1542	8127-LEB-BG-057	4370452	5305664	704,82	28,0	676,82	nicht erreicht		0,00-2,00 Lehm (Lo), 2,00-28,00 NT
1543	8127-LEB-BG-058	4370547	5305442	710,41	30,0	680,41	nicht erreicht		0,00-2,70 Lehm (Lo), 2,70-30,00 NT
1544	8127-LEB-BG-059	4370621	5305226	712,86	18,0	694,86	nicht erreicht		0,00-2,20 Lehm (Lo), 2,20-18,00 NT
1545	8127-LEB-BG-060	4370737	5305005	717,22	30,0	687,22	4,90	712,32	0,00-2,10 Lehm (Lo), 2,10-4,90 NT, 4,90-30,00 OSM
1546	8127-LEB-BG-061	4370827	5304804	720,01	24,0	696,01	nicht erreicht		0,00-2,00 Lehm (Lo), 2,00-24,00 NT
1547	8127-LEB-BG-062	4370909	5304607	721,92	20,0	701,92	nicht erreicht		0,00-1,80 Lehm (Lo), 1,80-20,00 NT
1548	8127-LEB-BG-063	4371023	5304406	724,85	18,0	706,85	nicht erreicht		0,00-1,80 Lehm (Lo), 1,80-18,00 NT
1549	8127-LEB-BG-064	4367065	5305139	724,00	65,0	659,00	32,00	692,00	0,00-2,00 Deck- bis Verwitterungslehm, 2,00-11,00 Deckenschotter angewittert, 11,00-32,00 Deckenschotter, z.T. Konglomerat, z.T. Hohlräume, 32,00-65,00 OSM (Tone)
1550	8127-LEB-BG-065	4370073	5308089	669,13	8,0	661,13	nicht erreicht		0,00-0,50 Mu, 0,50-1,30 stark, kiesige Schluffe (Lo), kiesig, NT verwittert oder Fließerden), 1,30-8,00 NT
1551	8127-LEB-BG-066	4370031	5308072	669,06	8,0	661,06	nicht erreicht		0,00-0,50 Mu, 0,50-1,40 stark, kiesige Schluffe (Lo), kiesig, NT verwittert oder Fließerden), 1,40-8,00 NT
1552	8127-LEB-BG-067	4369344	5304254	724,00	93,5	630,50	91,50	632,50	0,00-0,15 Mu, 0,15-91,50 NT-Moranenwall (Kies), 91,50-93,50 OSM (Sandsteine)

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET		Quartärbasis		Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:		[m u. GOK]	[m ü.NN]	[m u. GOK]	[m ü.NN]	
1553	8127-LEB-BG-068	4367240	5305870	686,00	45,0	641,00	nicht erreicht		0,00-0,50 Mu, 0,50-4,00 LoI, kiesig & HT verwittert, 4,00-45,00 HT
1554	8127-LEB-BG-069	4367241	5305073	727,46	18,0	709,46	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-14,60 stark schluffige, sandige Kiese bis stark sandige,, kiesige Schluffe (Fleiserdn? / Geschiebemergel?), 14,60-18,00 Deckenschotter (stark schluffige, sandige Kiese)
1555	8127-LEB-BG-070	4367351	5305184	708,39	12,6	695,79	12,40	695,99	0,00-0,10 Mu, 0,10-12,40 sandige, schwach, kiesige, schwach steinige Schluffe (Fleiserdn), 12,40-12,60 OSM (Schluffe)
1556	8127-LEB-BG-071	4367183	5305045	731,33	7,5	723,83	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-2,20 LoI, kiesig & Deckenschotter verwittert, 2,20-3,30 Deckenschotter, 3,30-7,50 Deckenschotter-Konglomerat
1557	8127-LEB-BG-072	4367182	5305044	731,33	2,5	728,83	nicht erreicht		Deckenschotter verwittert bis 2,10 (Schlagzahlen < 5)
1558	8127-LEB-BG-073	4367215	5305041	729,14	7,5	721,64	nicht erreicht		Deckenschotter verwittert bis 6,90 (Schlagzahlen < 5, meist nur 1)
1559	8127-LEB-BG-074	4367260	5305042	728,43	4,2	724,23	nicht erreicht		Deckenschotter verwittert bis 4,00 (Schlagzahlen < 5 ab 3,70 < 10)
1560	8127-LEB-BG-075	4367259	5305066	727,04	3,6	723,44	nicht erreicht		Deckenschotter verwittert bis 3,40 (Schlagzahlen < 10)
1561	8127-LEB-BG-076	4367240	5305072	727,48	32,1	695,38	nicht erreicht		Deckenschotter verwittert bis 31,00 (Schlagzahlen < 5)
1562	8127-LEB-BG-077	4367242	5305074	727,36	6,4	720,96	nicht erreicht		Deckenschotter verwittert mindestens bis 6,40 (Schlagzahlen < 10)
1563	8127-LEB-BG-078	4367210	5305082	727,48	2,4	725,08	nicht erreicht		Deckenschotter verwittert bis 2,30 (Schlagzahlen < 10)
1564	8127-LEB-BG-079	4367211	5305080	727,48	5,2	722,28	nicht erreicht		Deckenschotter verwittert bis 4,90 (Schlagzahlen < 10)
1565	8127-LEB-BG-080	4367210	5305102	727,21	3,8	723,41	nicht erreicht		Deckenschotter verwittert bis 3,70 (Schlagzahlen < 10)
1566	8127-LEB-BG-081	4367210	5305100	727,23	2,5	724,73	nicht erreicht		Deckenschotter verwittert bis 1,20 (Schlagzahlen < 10)
1567	8127-LEB-BG-082	4367421	5305942	689,97	15,0	674,97	nicht erreicht		0,00-0,20 A, 0,20-7,00 LoI, kiesig & HT verwittert, 7,00-15,00 HT
1568	8127-LEB-BG-083	4369281	5308252	662,45	30,0	632,45	29,00	633,45	0,00-0,20 A, 0,20-1,00 LoI, kiesig & NT verwittert, 1,00-4,00 Schluff-Kies-Gemisch (NT sehr stark schluffig), 4,00-29,00 NT (stark schluffig), (18,00-21,00 "Blöcke & Nagelfluh"), 29,00-30,00 OSM (Tone)
1569	8127-LEB-BG-084	4369130	5308198	662,68	31,5	631,18	30,30	632,38	0,00-0,20 Mu, 0,20-1,00 LoI, kiesig, 1,00-30,30 NT (z.T. stark schluffig), 30,30-31,50 OSM (Tone)
1570	8127-LEB-BG-085	4368779	5306400	684,49	66,0	618,49	64,90	619,59	0,00-0,60 A, 0,60-1,25 LoI stark, kiesig, 1,25-2,80 NT stark schluffig, 2,80-64,90 NT (z.T. stark schluffig), 64,90-66,00 OSM (Tone bis Schluffe)
1571	8127-LEB-BG-087	4369848	5307941	680,00	2,0	678,00	nicht erreicht		0,00-2,00 A mit Ziegelbruch
1572	8127-LEB-BG-088	4369823	5307936	680,00	5,0	675,00	nicht erreicht		0,00-1,90 A mit Ziegelbruch, 1,90-5,00 Fleiserdn (sandig-schluffiges OSM-Material mit eindeutig kalkalpinen Geröllen (Fein- bis Mittelkies)), kalkhaltig

Anlage 6: Verzeichnis der recherchierten und ausgewerteten Schurfe (nur temporär vorhanden) für Baugrunduntersuchungen

Abkürzungen innerhalb des Verzeichnisses:

A = Auffüllung

Mu = Mutterboden

DS = Deckschichten

Lol = Lösslehm

NT = wärmzeitliche Niederterrassenschotter

HT = risszeitliche Niederterrassenschotter

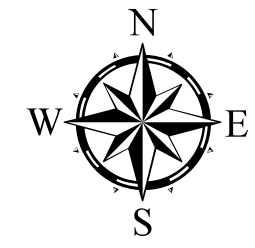
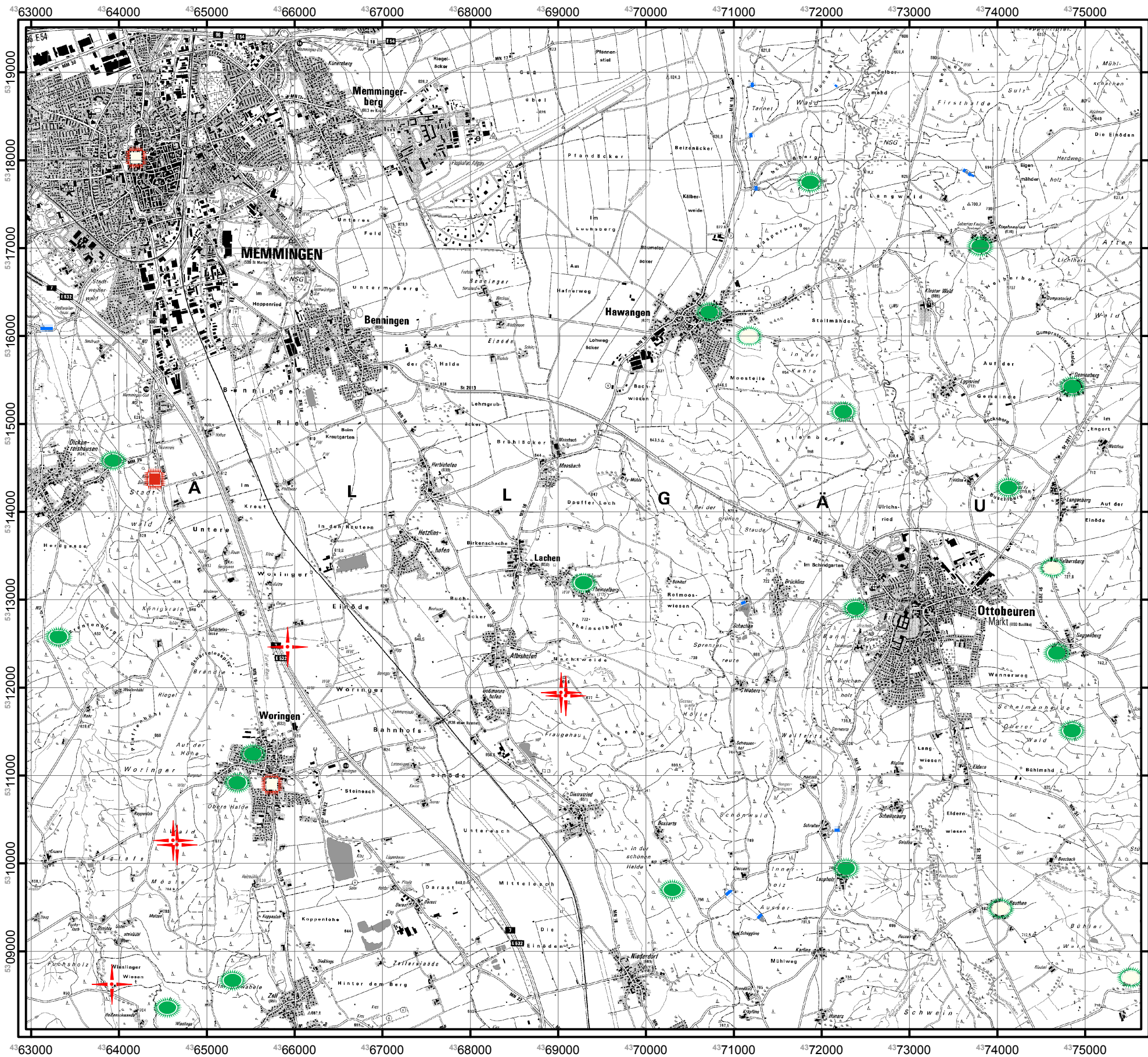
Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET		Quartärbasis [m u. GOK]	[m ü.NN]	Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:		[m u. GOK]	[m ü.NN]			
1	7926-LEB-AG-001	4362227	5319888	590,10	4,0	586,10	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-1,20 Lol, 1,20-4,00 NT
2	7926-LEB-AG-002	4362188	5319912	590,10	3,8	586,30	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-0,90 Lol, 0,90-3,80 NT
3	7927-LEB-AG-001	4364315	5320590	584,70	2,5	582,20	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-2,00 Alm + Torf, 2,00-2,50 NT
4	7927-LEB-AG-002	4364287	5320562	584,25	2,1	582,15	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-1,30 Alm, 1,30-1,60 Torf, 1,60-2,10 NT
5	7927-LEB-AG-003	4364257	5320569	584,25	2,1	582,15	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-1,30 Alm, 1,30-1,60 Torf, 1,60-2,10 NT
6	7927-LEB-AG-004	4364181	5320538	582,41	1,1	581,31	nicht erreicht		0,00-0,35 Mu, 0,35-0,60 Alm, 0,6-1,10 NT
7	7927-LEB-AG-005	4364193	5320513	582,41	1,1	581,31	nicht erreicht		0,00-0,35 Mu, 0,35-0,60 Alm, 0,6-1,10 NT
8	7927-LEB-AG-006	4364177	5320516	582,44	1,1	581,34	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-0,60 Alm, 0,60-1,10 NT
9	7927-LEB-AG-007	4364124	5320515	582,50	1,1	581,40	nicht erreicht		0,00-0,35 Mu, 0,35-0,60 Alm + Torf, 0,60-1,10 NT
10	7927-LEB-AG-008	4364147	5320485	582,50	1,1	581,40	nicht erreicht		0,00-0,35 Mu, 0,35-0,60 Alm + Torf, 0,60-1,10 NT
11	8026-LEB-AG-001	4362493	5316750	600,00	6,0	594,00	1,40	598,60	0,00-1,40 A, 1,40-3,00 OSM (Schluffe), 3,00-6,00 OSM (Schluffsteine)
12	8027-LEB-AG-001	4364608	5318519	592,75	1,4	591,40	nicht erreicht		0,00-0,70 A, 0,70-1,35 Alm z.T. mit Schilffresten
13	8027-LEB-AG-002	4364615	5318514	592,95	1,5	591,45	nicht erreicht		0,00-0,80 A, 0,80-1,50 Alm z.T. mit Schilffresten
14	8027-LEB-AG-003	4365870	5316001	604,96	2,5	602,46	nicht erreicht		0,00-1,00 A, 1,00-1,05 Hochflutlehm kiesführend, 1,05-1,40 NT verwittert, 1,40-2,50 NT
15	8027-LEB-AG-004	4365929	5315729	605,73	2,5	603,23	nicht erreicht		0,00-0,50 A, 0,50-0,90 Bachschotter, 0,90-2,50 NT
16	8027-LEB-AG-005	4366074	5315072	606,95	1,8	605,15	nicht erreicht		0,00-0,20 Torf, 0,20-1,80 NT
17	8027-LEB-AG-006	4366223	5315047	608,82	1,7	607,12	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-0,50 Fließerdem/NT verwittert, 0,50-1,70 NT
18	8027-LEB-AG-007	4366298	5314924	610,06	2,0	608,06	nicht erreicht		0,00-0,50 Mu, 0,50-0,90 Fließerdem/NT verwittert, 0,90-2,00 NT
19	8027-LEB-AG-008	4366663	5315040	609,87	2,0	607,87	nicht erreicht		0,00-0,50 Mu, 0,50-1,30 Fließerdem/NT verwittert, 1,30-2,00 NT
20	8027-LEB-AG-009	4366886	5315111	612,42	3,0	609,42	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-1,50 Fließerdem/NT verwittert, 1,50-3,00 NT
21	8027-LEB-AG-010	4367079	5315174	611,41	2,6	608,81	nicht erreicht		0,00-0,70 Mu, 0,70-1,40 Fließerdem/NT verwittert, 1,40-2,60 NT
22	8027-LEB-AG-011	4367439	5315420	621,60	2,5	619,10	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-1,00 Fließerdem/A(?), 1,00-2,50 NT/Fließerdem/A(?)
23	8027-LEB-AG-012	4367491	5315478	626,87	2,6	624,27	1,30	625,57	0,00-0,20 Mu, 0,20-1,30 HT, 1,30-2,60 OSM (Sandel)
24	8027-LEB-AG-013	4366810	5310050	640,00	1,0	639,00	nicht erreicht		0,00-0,35 Mu, 0,35-0,70 NT verwittert, 0,70-1,00 NT
25	8027-LEB-AG-014	4369415	5317845	627,00	1,2	625,80	nicht erreicht		0,00-1,20 Lol auf HT
26	8027-LEB-AG-015	4364098	5311346	645,00	1,0	644,00	nicht erreicht		0,00-1,00 Lol auf OSM
27	8027-LEB-AG-016	4364980	5311392	688,00	0,7	687,35	nicht erreicht		0,00-0,40 Lol, 0,40-0,65 Deckenschotter verwittert
28	8027-LEB-AG-017	4364758	5318854	594,26	2,0	592,26	nicht erreicht		0,00-1,30 A, 1,30-2,00 Alm
29	8027-LEB-AG-018	4364773	5318849	594,25	3,3	590,95	nicht erreicht		0,00-1,00 A, 1,00-3,30 Alm
30	8027-LEB-AG-019	4364775	5318835	594,25	1,2	593,05	nicht erreicht		0,00-0,70 A, 0,70-1,20 Alm
31	8027-LEB-AG-020	4364775	5318816	594,30	1,2	593,10	nicht erreicht		0,00-0,80 A, 0,80-1,20 Alm
32	8027-LEB-AG-021	4364772	5318799	594,30	1,5	592,80	nicht erreicht		0,00-0,80 A, 0,80-1,50 Alm
33	8027-LEB-AG-022	4364768	5318771	594,77	1,8	592,97	nicht erreicht		0,00-1,00 A, 1,00-1,80 Alm
34	8027-LEB-AG-023	4364763	5318790	594,55	0,8	593,75	nicht erreicht		0,00-0,40 A, 0,40-0,80 Alm
35	8027-LEB-AG-024	4364744	5318789	594,60	1,2	593,40	nicht erreicht		0,00-0,60 A, 0,60-1,20 Alm
36	8027-LEB-AG-025	4364745	5318802	594,98	1,0	593,98	nicht erreicht		0,00-1,00 A
37	8027-LEB-AG-026	4366917	5315489	610,00	2,9	607,10	nicht erreicht		0,00-0,60 Mu, 0,60-1,30 Lol, 1,30-1,90 NT verwittert, 1,90-2,90 NT
38	8027-LEB-AG-027	4366831	5315475	609,00	4,3	604,70	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-1,90 Lol, 1,90-2,80 NT verwittert, 2,80-3,40 NT
39	8027-LEB-AG-028	4365404	5318772	595,53	5,6	589,93	nicht erreicht		0,00-0,90 A, 0,90-5,30 Alm mit Torflagen, 5,30-5,60 NT
40	8027-LEB-AG-029	4365407	5318777	595,53	2,6	592,93	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-2,60 Alm mit Torflagen
41	8027-LEB-AG-030	4365419	5318794	595,53	1,8	593,73	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-1,80 Alm mit Torflagen
42	8027-LEB-AG-031	4365465	5318771	595,44	5,4	590,04	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-5,20 Alm mit Torflagen, 5,20-5,40 NT

Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET		Quartärbasis [m u. GOK]	[m ü.NN]	Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:		[m u. GOK]	[m ü.NN]			
43	8027-LEB-AG-032	4365471	5318771	595,44	2,5	592,94	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-2,50 Alm
44	8027-LEB-AG-033	4365462	5318825	595,00	5,4	589,60	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-5,10 Alm mit Torflagen, 5,10-5,40 NT
45	8027-LEB-AG-034	4365467	5318826	595,00	2,9	592,10	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-2,90 Alm mit Torflagen
46	8027-LEB-AG-035	4372926	5313732	655,02	4,6	650,42	4,20	650,82	0,00-1,20 A, 1,20-1,40 Mu, 1,40-2,40 Lol, kiesig, 2,40-3,20 HT, 3,20-4,20 Löss, 4,20-4,60 OSM (Tone bis Schluffe)
47	8027-LEB-AG-036	4372948	5313716	655,29	4,6	650,69	nicht erreicht		0,00-2,40 A, 2,40-3,40 Lol, kiesig, 3,40-4,60 HT
48	8027-LEB-AG-037	4372923	5313713	655,38	4,5	650,88	3,20	652,18	0,00-1,00 A, 1,00-2,30 HT, 2,30-3,20 Löss, 3,20-4,50 OSM (Sande bis Schluffe)
49	8027-LEB-AG-038	4372938	5313697	655,33	4,6	650,73	nicht erreicht		0,00-1,40 A, 1,40-2,30 Lol, kiesig, 2,30-3,30 HT, 3,30-4,20 Löss, 4,20-4,60 HT
50	8027-LEB-AG-039	4372956	5313672	654,74	4,7	650,04	nicht erreicht		0,00-2,60 A, 2,60-3,80 Lol, kiesig, 3,80-4,70 HT
51	8027-LEB-AG-040	4372933	5313667	655,72	4,8	650,92	3,80	651,92	0,00-3,40 A, 3,40-3,80 Lol, kiesig, 3,80-4,80 OSM (Sande)
52	8027-LEB-AG-041	4371097	5311017	746,00	3,0	743,00	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-1,00 Lol, 1,00-2,30 Deckenschotter verwittert, 2,30-3,00 Deckenschotter-Konglomerat
53	8027-LEB-AG-042	4371073	5310978	746,00	3,3	742,70	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-0,60 Lol, kiesig, 0,60-2,90 Deckenschotter verwittert, 2,90-3,30 Deckenschotter-Konglomerat
54	8027-LEB-AG-043	4365080	5316108	603,43	3,0	600,43	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-1,10 Bachschotter, 1,10-3,00 NT
55	8027-LEB-AG-044	4365111	5316114	603,36	2,5	600,86	nicht erreicht		0,00-0,35 Mu, 0,35-1,20 Bachschotter, 1,20-2,50 NT
56	8027-LEB-AG-045	4365088	5316142	603,27	2,5	600,77	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-1,20 Bachschotter, 1,20-2,50 NT
57	8027-LEB-AG-046	4365044	5316136	603,32	2,5	600,82	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-0,80 Bachschotter, 0,80-2,50 NT
58	8027-LEB-AG-047	4366049	5317457	598,00	2,0	596,00	nicht erreicht		0,00-0,10 Mu, 0,10-1,60 Bachschotter, Hochflutlehme, Alm bis Torf, 1,60-2,00 NT
59	8027-LEB-AG-048	4364687	5316668	600,00	2,4	597,60	nicht erreicht		0,00-0,60 A, 0,60-2,40 NT
60	8027-LEB-AG-049	4364669	5316656	600,00	2,8	597,20	nicht erreicht		0,00-1,00 A, 1,00-2,30 Torf, 2,30-2,80 NT
61	8027-LEB-AG-050	4364672	5316689	600,00	2,0	598,00	nicht erreicht		0,00-0,70 A, 0,70-2,00 NT
62	8027-LEB-AG-051	4364970	5316233	603,25	3,0	600,25	nicht erreicht		0,00-1,20 A, 1,20-3,00 NT
63	8027-LEB-AG-052	4364972	5316212	603,12	2,8	600,32	nicht erreicht		0,00-0,90 A, 0,90-2,80 NT
64	8027-LEB-AG-053	4364952	5316219	603,22	2,4	600,82	nicht erreicht		0,00-1,10 A, 1,10-2,40 NT
65	8027-LEB-AG-054	4364612	5316842	599,05	3,6	595,45	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-0,70 Bachschotter, 0,70-3,60 NT
66	8027-LEB-AG-055	4364644	5316848	598,88	3,5	595,38	nicht erreicht		0,00-0,25 Mu, 0,25-1,10 Bachschotter, 1,10-3,50 NT
67	8027-LEB-AG-056	4364655	5316799	599,11	3,4	595,71	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-0,80 Bachschotter, 0,80-3,40 NT
68	8027-LEB-AG-057	4364620	5316795	599,33	3,7	595,63	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-0,80 Bachschotter, 0,80-3,70 NT
69	8027-LEB-AG-058	4365708	5310169	635,00	3,8	631,20	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-3,30 Bachschotter, 3,30-3,80 NT
70	8027-LEB-AG-059	4365668	5310213	635,00	3,9	631,10	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-3,00 Bachschotter, 3,00-3,90 NT
71	8027-LEB-AG-060	4365581	5310207	635,00	4,3	630,70	nicht erreicht		0,00-0,50 Mu, 0,50-3,40 Bachschotter, 3,40-4,30 NT
72	8027-LEB-AG-061	4371644	5312950	685,00	2,5	682,50	nicht vorhanden		0,00-1,00 A, 1,00-1,10 alter Mu, 1,10-2,00 Hochflutlehm, kiesig (alte Ablagerungen des Schinderbacheins), 2,00-2,50 OSM (Schluffe)
73	8027-LEB-AG-062	4371798	5313132	673,00	3,0	670,00	2,90	670,10	0,00-0,20 Mu, 0,20-0,50 Fliebersen, 0,50-2,90 Hochflutlehm bis -sand, kiesig (alte Ablagerungen des Schinderbacheins), 2,90-3,00 OSM (Sande)
74	8027-LEB-AG-063	4371817	5313162	672,00	2,8	669,20	1,60	670,40	0,00-0,30 Mu, 0,30-1,60 Hochflutlehm mit Holzresten, 1,60-2,80 OSM (Sande)
75	8027-LEB-AG-064	4371956	5313342	666,00	2,5	663,50	2,00	664,00	0,00-0,25 Mu, 0,25-2,00 Hochflutlehm mit Holzresten, 2,00-2,50 OSM (Sande)







Nr.	Geokart-Nr.	Koordinaten		GOK [m ü.NN]	ET		Quartärbasis [m u. GOK]	[m ü.NN]	Geologisch-stratigraphische Interpretation
		R:	H:		[m u. GOK]	[m ü.NN]			
76	8027-LEB-AG-065	4372152	5313439	658,00	2,6	655,40	1,90	656,10	0,00-0,20 Mu, 0,20-0,60 Fließerden, 0,60-1,90 Hochflutlehm mit Holzresten, z.T. kiesig (alte Ablagerungen des Schinderbachelns), 1,90-2,60 OSM (Sande)
77	8027-LEB-AG-066	4372550	5312190	670,00	2,8	667,20	2,20	667,80	0,00-0,20 Mu, 0,20-2,20 Deck- bis Verwitterungslehm/Fließerden, 2,20-2,80 OSM (Schluffe, Sande bis Sandsteine)
78	8027-LEB-AG-067	4372580	5312265	666,00	3,1	662,90	2,80	663,20	0,00-0,20 Mu, 0,20-2,80 Fließerden, kiesig, z.T. mit Holzresten, 2,80-3,10 OSM (Schluffe, Sande bis Sandsteine)
79	8027-LEB-AG-068	4372585	5312255	666,00	1,2	664,85	nicht erreicht		0,00-0,20 Mu, 0,20-1,00 Fließerden, kiesig, 1,00-1,15 Deck- bis Verwitterungslehm
80	8027-LEB-AG-069	4370008	5308447	665,00	2,6	662,40	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-1,60 Lol, kiesig & NT verwittert, 1,60-2,60 NT
81	8027-LEB-AG-070	4370028	5308382	666,00	2,7	663,30	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-1,80 Lol, kiesig & NT verwittert, 1,80-2,70 NT
82	8027-LEB-AG-185	4372909	5312738	660,00	5,6	654,40	0,90		0,00-0,90 A, 0,90-5,60 OSM (Tone bis Sande)
83	8027-LEB-AG-186	4372897	5312704	660,00	6,3	653,70	0,50		0,00-0,50 Gebäudefundament, 0,50-6,30 OSM (Tone bis Sande)
84	8127-LEB-AG-001	4370829	5307499	694,81	1,5	693,31	nicht vorhanden		0,00-0,10 Mu, 0,10-1,50 OSM (Sande bis Schluffe)
85	8127-LEB-AG-002	4370489	5307112	685,00	2,5	682,50	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-0,90 Lol, kiesig & NT verwittert, 0,90-2,50 NT
86	8127-LEB-AG-003	4370573	5307157	685,00	2,5	682,50	nicht erreicht		0,00-0,30 Mu, 0,30-1,00 Lol, kiesig & NT verwittert, 1,00-2,50 NT
87	8127-LEB-AG-004	4370218	5308077	670,92	4,0	666,92	nicht erreicht		0,00-0,60 Mu, 0,60-1,20 stark schluffiger Kies (Loi, kiesig, NT verwittert oder Fließerden), 1,40-8,00 NT
88	8127-LEB-AG-005	4370303	5308118	672,08	4,0	668,08	nicht erreicht		0,00-0,60 Mu, 0,60-1,10 U (Loi), 1,10-4,00 NT
89	8127-LEB-AG-006	4370425	5308173	681,24	3,8	677,44	0,20	681,04	0,00-0,20 Mu, 0,20-3,80 OSM (Schluffe bis Sande)
90	8127-LEB-AG-007	4370452	5308073	678,84	4,2	674,64	2,20	676,64	0,00-0,60 Mu, 0,60-2,20 Fließerden, kiesig, 2,20-4,20 OSM (Sande)
91	8127-LEB-AG-008	4370508	5308104	684,53	4,0	680,53	2,00	682,53	0,00-0,50 Mu, 0,50-2,00 Fließerden, kiesig oder HT verwittert, 2,00-4,00 OSM (Schluffe bis Sande)
92	8127-LEB-AG-009	4370506	5307957	688,07	4,3	683,77	nicht erreicht		0,00-0,40 Mu, 0,40-4,30 Fließerden, kiesig oder HT verwittert
93	8127-LEB-AG-010	4370444	5307922	681,19	4,0	677,19	1,90	679,29	0,00-0,20 Mu, 0,20-0,80 HT verwittert, 0,80-1,90 HT, 1,90-4,00 OSM (Schluffe bis Sande)

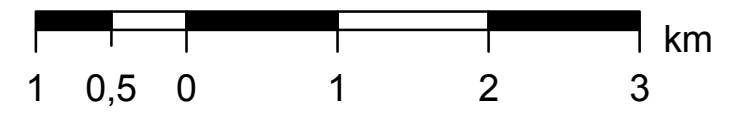
**Anlage 7: Karte mit morphologisch markanten archäologischen
Strukturen**

Karte der morphologisch auffallenden, archäologischen Strukturen zum Blatt Nr. 8027 Memmingen



Legende

-  Burgstall (mittelalterlich)/Schwedenschanze (morphologisch nicht erkennbar)
-  Burgstall (mittelalterlich)/Schwedenschanze (morphologisch erkennbar)
-  Grabhügel
-  Burgus (spätromerzeitlicher Wachturm) / morphologisch nicht erkennbar
-  Burgus (spätromerzeitlicher Wachturm) / morphologisch erkennbar
-  Wasserdämme

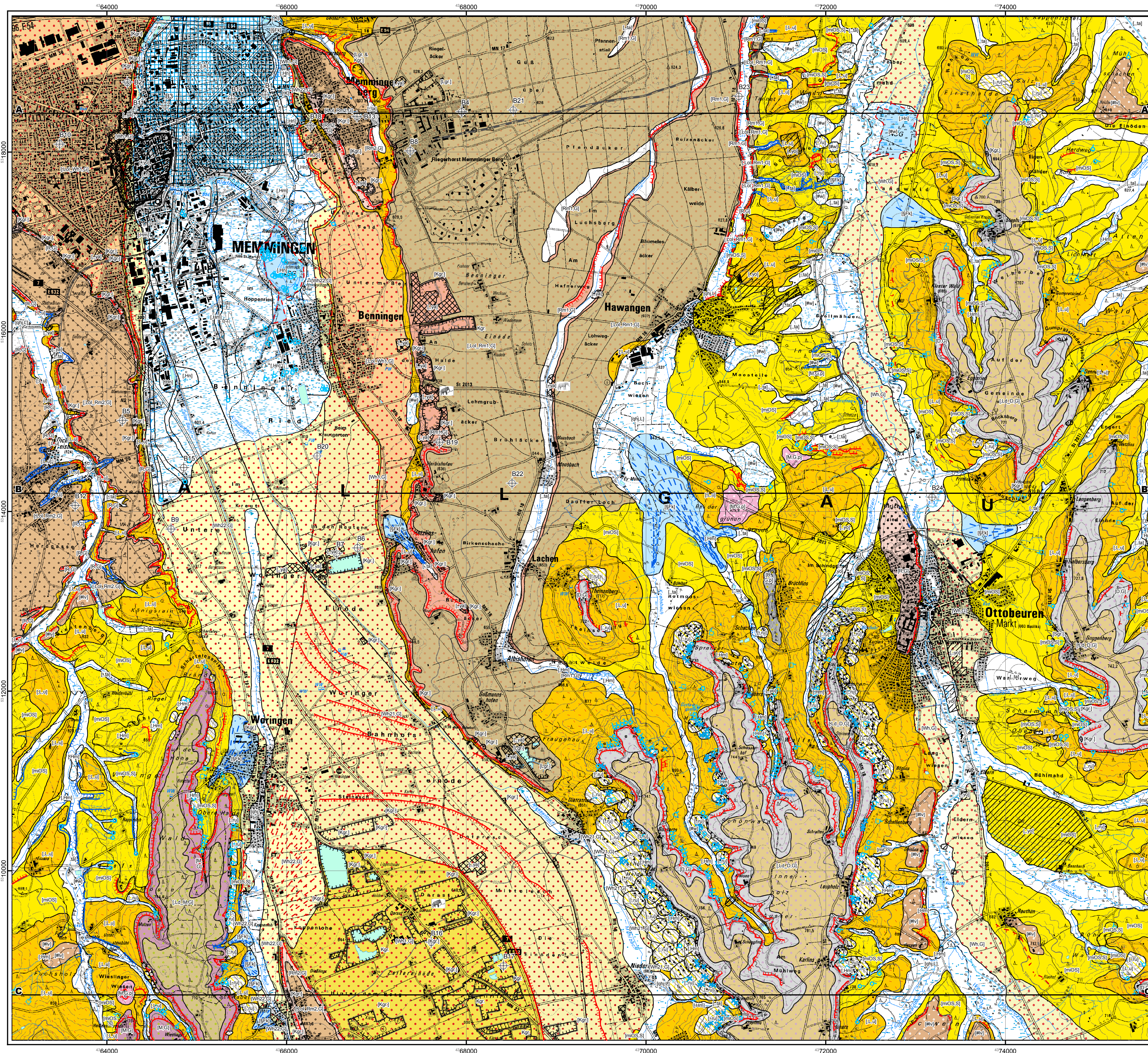
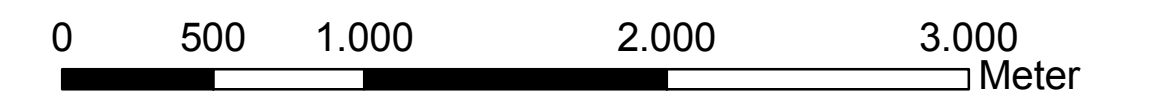
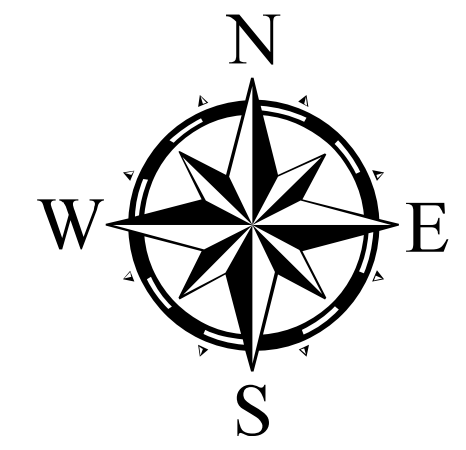


Anlage 7
zur Dissertation von B. Lempe (2012)

Geologische Karte 1 : 25 000 Blatt Nr. 8027 Memmingen

Lempe 2012

Geländeaufnahme in den Jahren 2008-2011, unter Verwendung der Diplomkartierungen von U. Bellmann, Z. Chen & L. Fixl



Legende

- ⊕ Bohrung
- ⊙ Quelle
- ⊙ Quelle, gefasst
- ⊙ Bachschwinde, historisch
- # Kalktuff
- x Konglomeratsturzblock
- ☉ Fossil-Fundpunkt, Quartär (historischer Fund, genaue Fundlage unbekannt)
- ☉ Fossil-Fundpunkt, Tertiär (historischer Fund, genaue Fundlage unbekannt)

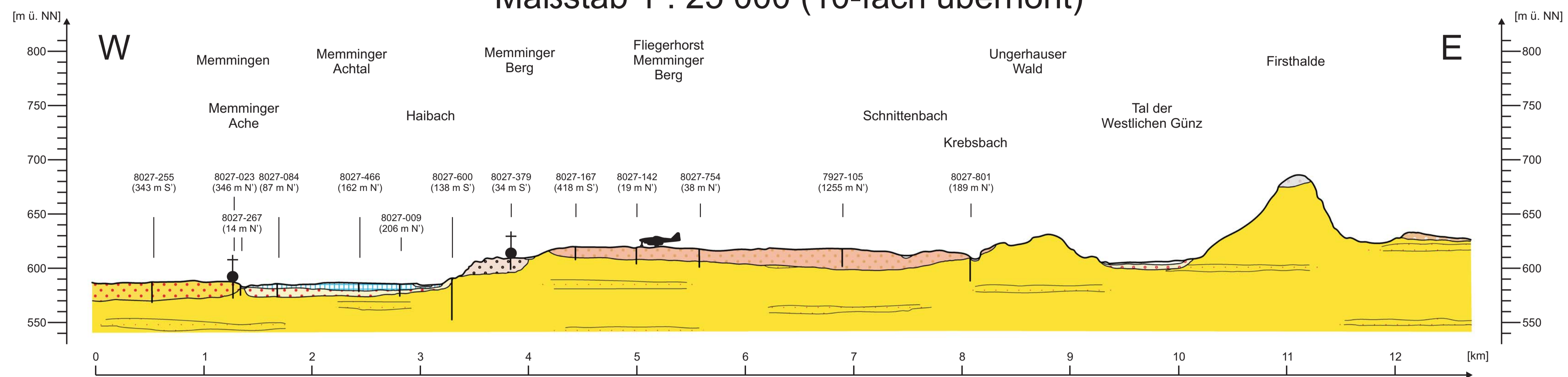
- ▨ künstlich verändertes Gelände „yo
- ▨ künstliche Ablagerungen „ya
- ▨ Hangbewegungsfläche „ru
- ▨ Talfüllung, polygenetisch (Lehm oder Sand, z.T. kiesig) „ta
- ▨ Vernässungszone, z.T. auch Anmoor #w
- ▨ Anmoor, z.T. auch Vernässungszone, heutzutage großflächig degeneriert, ehemalige Ausdehnung rekonstruiert „hm
- ▨ Niedermoor, rezente Verbreitung „hn
- ▨ Niedermoor, heutzutage großflächig degeneriert, ehemalige Ausdehnung rekonstruiert „hn
- ▨ Auenlehm, holozän, z.T. auch kiesführend qhj,L
- ▨ Sinterkalk (Kalktuff, Kalktuffsand oder Alm), heutzutage großflächig verschwunden, ehemalige Ausdehnung rekonstruiert „k
- ▨ Bachablagern „f
- ▨ Fächer oder Kegel, spät- bis postglazial §Fk
- ▨ Lehm, z. T. kiesführend, umgelagert (Fließerde, Hang- oder Schwemtlehm) „Lu
- ▨ Schmelzwasser- oder Flussschotter, hochwürzeitlich (Niederterrasse im Tal der Westlichen Günz sowie im Schmuttertäl) „Wh,G
- ▨ Fächer oder Kegel, hochwürzeitlich (Niederterrasse 22 - Memminger Feld) „Wh22,G
- ▨ Schmelzwasserschotter, hochwürzeitlich (Niederterrasse 22 - Memminger Feld) „Wh22,G
- ▨ Schmelzwasserschotter, hochwürzeitlich, fast rein erosive Struktur auf der Oberfläche des Steinheimer Feldes (Niederterrasse 1 - Trompetental von Ziegelberg) „Wh21,G
- ▨ Lösslehm über Schmelzwasserschotter, hochwürzeitlich, in Hanglagen in Fließerden übergehend (Niederterrasse 1 - Steinheimer Feld) „LoL_Wh1,G
- ▨ Schmelzwasserschotter, hochwürzeitlich (Niederterrasse 1 oder Vorstoßschotter - Steinheimer Feld) „Wh1,G
- ▨ Restschotter (lehmig verwittert, risszeitlich) #iv
- ▨ Schmelz- oder Flussschotter, risszeitlich (vermutet), lehmig verwittert (Hochterrasse im Westlichen Günztal und Schmuttertäl) „R,G bis #iv
- ▨ Lösslehm über Schmelzwasserschotter, haupttrisszeitlich, in Hanglagen in Fließerden übergehend (Obere Hochterrasse 2 - Hiltzenhofener Feld, Zeller Hochterrasse und Hochterrasse von Memminger Berg) „LoL_Rm2,G
- ▨ Schmelzwasserschotter, haupttrisszeitlich (Obere Hochterrasse 2 - Hiltzenhofener Feld, Zeller Hochterrasse und Hochterrasse von Memminger Berg) „Rm2,G
- ▨ Lösslehm über Schmelzwasserschotter, haupttrisszeitlich, in Hanglagen in Fließerden übergehend (Obere Hochterrasse 1 - Hawanger Feld) „LoL_Rm1,G
- ▨ Schmelzwasserschotter, haupttrisszeitlich (Obere Hochterrasse 1 - Hawanger Feld) „Rm1,G
- ▨ Flussschotter, periglazial, mindelzeitlich (vermutet) „M,G,p
- ▨ Decklehm über Fluss- oder Schmelzwasserschotter, mindelzeitlich (vermutet) und jünger (Grönbacher Feld) „Ld_M,G
- ▨ Schmelzwasserschotter, mindelzeitlich (vermutet) (i.w.S.) (Jüngerer Deckenschotter oder Vorstoßschotter / Grönbacher Feld) „M,G
- ▨ Decklehm über Fluss- oder Schmelzwasserschotter, donauzeitlich (vermutet) und jünger (Böhener Feld, Stephansrieder und Guggenberger Schotter) „Ld_D,G
- ▨ Schmelzwasser- oder Flussschotter, donauzeitlich (vermutet) (Höherer Älterer Deckenschotter - Böhener Feld, Stephansrieder und Guggenberger Schotter) „D,G
- ▨ Flussschotter, periglazial, biberzeitlich (vermutet) (Ottobeurer Schotter), momentan nicht aufgeschlossen „B,G,p
- ▨ OSM, Obere Serie, Sand (soweit nachweisbar) „miOS,S
- ▨ OSM, Obere Serie „miOS

- Profilverlauf
- geologische Grenze
- Abrisskante, scharf
- Abbaukante
- Terrassenkante oder Erosionskante (rezent/subrezent), scharf
- Terrassenkante oder Erosionskante (rezent/subrezent), undeutlich
- Terrassenkante oder Erosionskante (fossil), scharf
- Terrassenkante oder Erosionskante (fossil), undeutlich

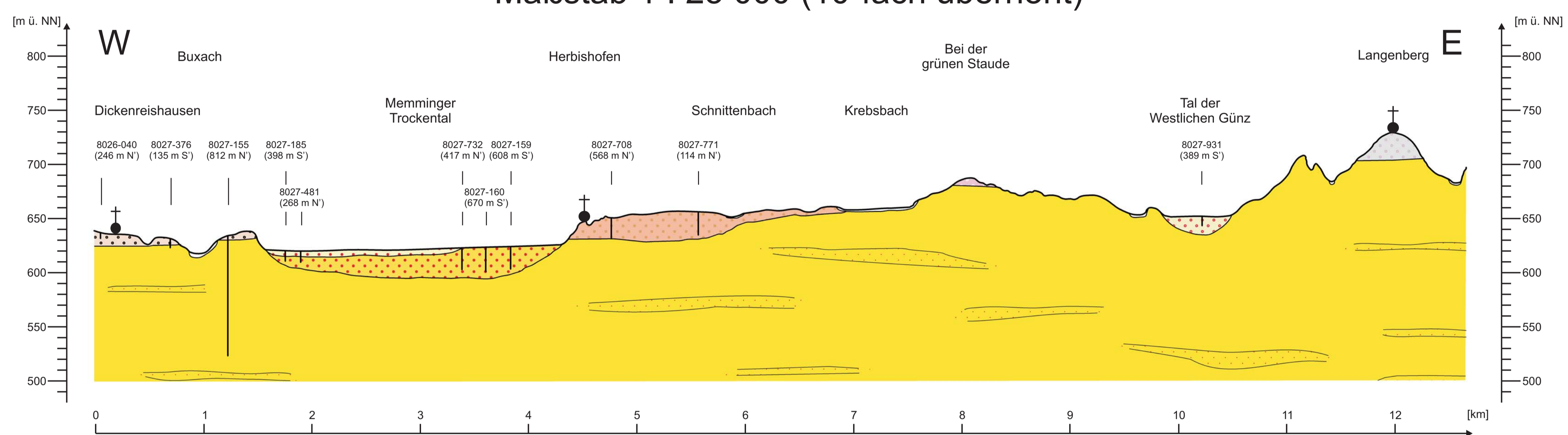
Profiltafel GK25 Blatt Nr. 8027 Memmingen

Beilage 2
zur Dissertation von B. Lempe (2012)

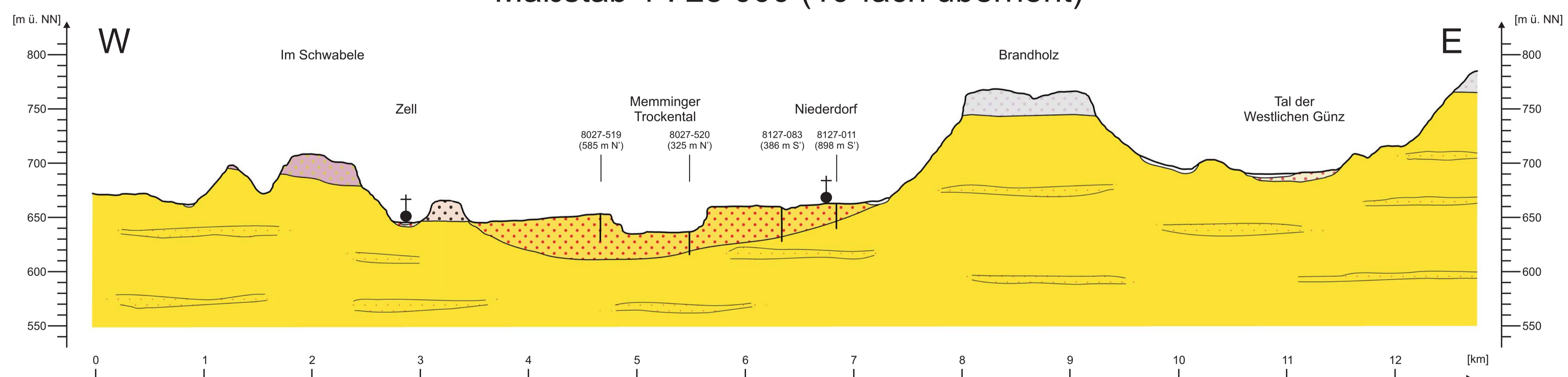
Geologisches W-E-Profil A - A' Maßstab 1 : 25 000 (10-fach überhöht)



Geologisches W-E-Profil B - B' Maßstab 1 : 25 000 (10-fach überhöht)



Geologisches W-E-Profil C - C' Maßstab 1 : 25 000 (10-fach überhöht)

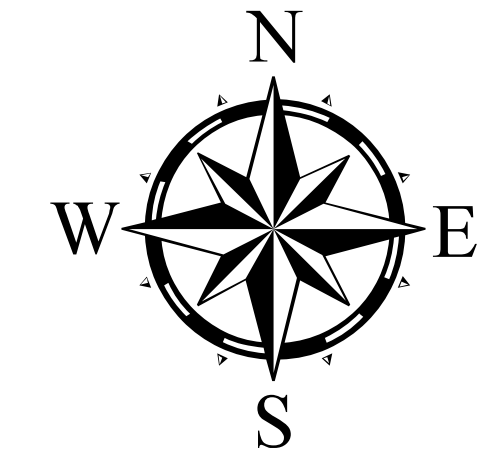
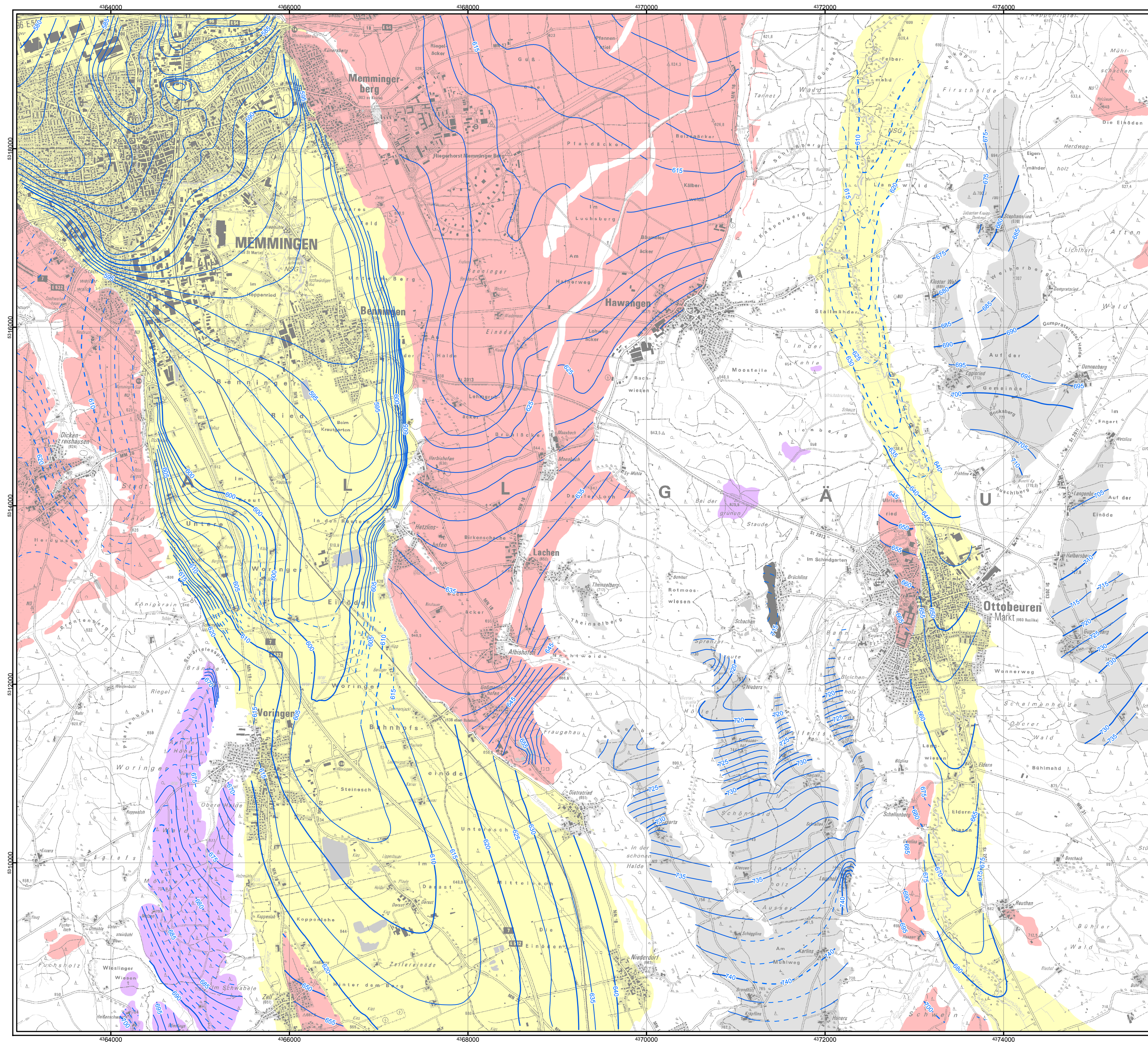


- holozäne Talbildungen (Talfüllung, polygenetisch (Lehm oder Sand, z.T. kiesig) „ta“, Bach- und Flußablagerungen „f“, Fächer §FK)
- Sinterkalk (Kalktuff, Kalktuffsand oder Alm, mit Torfzwischenlagen) „K“
- Schmelzwasser- oder Flussschotter, hochwürmkaltzeitlich (Niederterrasse im Tal der Westlichen Günz mit Auelehmdecke) Wh,G
- Schmelzwasserschotter, hochwürmkaltzeitlich (Niederterrasse 22 - Memminger Feld) Wh22,G
- Schmelzwasserschotter, hochwürmkaltzeitlich (Niederterrasse 1 - Steinheimer Feld mit Lösslehmdecke) Wh1,G
- lehmig verwittert (Restschotter, risskaltzeitlich) #lv
- Schmelzwasserschotter, haupttrisskaltzeitlich (Obere Hochterrasse 2 - Hitzenhofener Feld, Hochterrasse von Memminger Berg und Zeller Hochterrasse mit Lösslehmdecke) Rm2,G
- Schmelzwasserschotter, haupttrisskaltzeitlich (Obere Hochterrasse 1 - Hawanger Feld mit Lösslehmdecke) Rm1,G
- Flussschotter, periglazial, mindelkaltzeitlich (vermutet) (i.w.S.) M,G,p
- Schmelzwasserschotter, mindelkaltzeitlich (vermutet) (i.w.S.) (Jüngere Deckenschotter - Grönenbacher Feld mit Decklehm) M,G
- Schmelzwasserschotter, donaukaltzeitlich (vermutet) (Böhener Feld, Stephansrieder und Guggenberger Schotter mit Decklehm) D,G
- OSM, Obere Serie miOS (mit Sandlinsen)

Die Mächtigkeiten von holozänen Deckschichten mussten i.d.R. trotz der 10-fachen Überhöhung noch übertrieben dargestellt werden. Schmelzwasserschotter mit Lösslehmdecken wurden zusammengefasst, da die Mächtigkeit der Löslehmschichten maximal bei 1 bis 2 m liegt.

Quartärbasiskarte GK25 Blatt Nr. 8027 Memmingen

Beilage 3
zur Dissertation von B. Lempe (2012)



Legende

- Quartärbasishöhen
- - - Quartärbasishöhen, vermutet

Verbreitung der pleistozänen Schmelzwasserschotter

- Würm
- Riss
- Mindel
- Donau
- Biber