

Systematische Untersuchungen von Hangbewegungen im Nordbayerischen Raum

Systematical research on landslides in Northern Bavaria

Johannes Wiedenmann¹, Joachim Rohn², Michael Moser³

¹ Dipl.-Geol., Lehrstuhl für Angewandte Geologie, Universität Erlangen-Nürnberg, Schlossgarten 5, 91054 Erlangen, Deutschland; johannes.wiedenmann@gzn.uni-erlangen.de

² Prof. Dr., Lehrstuhl für Angewandte Geologie, Universität Erlangen-Nürnberg, Schlossgarten 5, 91054 Erlangen, Deutschland; rohn@geol.uni-erlangen.de

³ Prof. Dr., Lehrstuhl für Angewandte Geologie, Universität Erlangen-Nürnberg, Schlossgarten 5, 91054 Erlangen, Deutschland; moser@geol.uni-erlangen.de

Zusammenfassung

Im Rahmen des Projekts „Georisiken im Klimawandel, - Gefahrenhinweiskarte Jura“ werden als ein Teilgebiet potentiell, gefährdete Hangbereiche bestimmt. Zur flächenhaften Erkennung von etwaigen Instabilitäten dienen als Grundlage hochauflösende (ca. 1 m² genau) Laserscan- DGM Aufnahmen (Hillshade). Diese, am PC erkannten Bereiche, werden danach systematisch bei Geländebegehungen überprüft. Zur näheren Kennzeichnung der Gefährdung werden die geotechnischen Eigenschaften, Kinematik und Prozesse an instabilen Hangbereichen des Nordbayerischen Raumes untersucht.

Im etwa 890 km² großen Untersuchungsgebiet wurden insgesamt 436 Hangbewegungen kartiert. Besonders wurde, angefangen vom Feuerletten bis zum Malm, den geologischen Einheiten nachgegangen, die aus einer Wechsellagerung von Tonsteinen und kompetenteren Festgesteinen, wie Sandsteinen und Karbonatgesteinen bestehen. Spontane Hangbewegungen oder lang andauernde Kriechverformungen entstehen, wenn die Tonsteinböschungen versagen. Diese geologisch-geotechnische Konstellation ist für die verschiedensten Hanginstabilitäten verantwortlich. Nach der bisherigen Auswertung konnte unter anderem festgestellt werden, dass die meisten Rutschungen dem System Ornatenton/Malmformation zuzuordnen sind.

Schlüsselwörter: Hangbewegungen, Nordbayern, Laserscan-DGM, Hillshade

Abstract

In the framework of the project „Georisiken im Klimawandel - Gefahrenhinweiskarte Jura“ one task area is to identify landslides. Aim of the project is to be able to consider these risk areas in future infrastructure projects and to avoid probable damages in advance. As one basic dataset high resolution (circa 1 m² horizontal resolution) Laserscan- DEM exposures (hillshade) are used to recognise landslides. By illumination from different directions these maps suggest three-dimensional structures. In detail the surface was exactly measured and disturbing elements, like buildings or vegetation can be removed by arithmetical procedures. After recognition of the potential landslide areas at the computer, these areas were systematically investigated during field inspections. Geotechnical properties, kinematics and processes at instable slope areas in Northern Bavaria are analysed for further identification of risk.

Rock formations, beginning from the Feuerletten to Malm were investigated more detailed when they consist of intercalated clay-stone and hard-rock, like sandstone or carbonate rock. Spontaneous slope movements or permanent creeping deformation arise when slopes which consist of clay stones collapse. This geotechnical situation is responsible for various slope instabilities. After analysing 436 landslides in an about 890 km² big area it was determined for example that the most landslides occurred at the boundary Ornatenton/-Malmformation.

Keywords: Landslides, Northern Bavaria, Laserscan-DEM, Hillshade

1 Einleitung

Massenbewegungen umfassen Steinschlag, Felsstürze, Rutschungen und Erdfälle, die besonders in Gebieten mit ausgeprägtem Relief wie Mittel- und Hochgebirgen entstehen können. Ebenfalls hat die gegebene geologische Situation einen großen Einfluss auf das Auftreten von Massenbewegungen. Im Rahmen des Projekts „Georisiken im Klimawandel - Gefahrenhinweiskarte Jura“ dient das flächenhafte Erfassen der Georisiken dazu, Gefahrenbereiche einzuschät-

zen und räumlich abzugrenzen. So können diese Bereiche bereits in der Planungsphase von zukünftigen Bauprojekten berücksichtigt werden und wenn möglich diese Bereiche gemieden werden. Hangbewegungen stellen nicht nur im alpinen Raum eine Gefahr dar, sondern treten, wenn auch in geringerem Umfang im Fränkischen Jura auf und können auch dort zum Teil größere Schäden verursachen. Häufig handelt es sich jedoch nicht um neue Rutschungen, sondern ältere Hangbewegungen werden komplett oder teilweise reaktiviert. So konnten z.B. an Hangrutschungen am Über-



gang des Ornatentons zur Malmstufe wenige Kilometer südlich des Untersuchungsgebiets mehrere Aktivitätsphasen datiert werden (VON DER HEYDEN 2004). Wenn auch das Thema Geogefahren im Nordbayerischen Raum im Vergleich zum alpinen Bereich noch nicht so in das Bewusstsein gerückt wurde, so wird es auch dort in der Zukunft aufgrund des fortschreitenden Klimawandels mit einhergehender, Zunahme von extremen Niederschlagsereignissen an Bedeutung gewinnen.

2 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet umfasst den Landkreis Lichtenfels, sowie den nordöstlichen Teil des Landkreises Bamberg (s. Abb.1). Insgesamt erstreckt sich der, bezüglich Hangbewegungen kartierte Bereich über eine Fläche von rund 890 km² und befindet sich etwa auf einer Höhe zwischen 240 m ü. NN und 580 m ü. NN.

Das Arbeitsgebiet wird aus Gesteinen, beginnend mit den Lehrbergsschichten aus der Oberen Trias bis zum obersten Jura (Malm Epsilon) aufgebaut. Auf der Malmhochebene befinden sich relikthaft kreidezeitliche Michelberger Schichten. Zudem sind tertiäre Basaltgänge und quartäre Terrassen- und Lössablagerungen, Talfüllungen, sowie anthropogene Auffüllungen vorhanden. Da die Absolutfläche der anthropogenen Auffüllungen sehr gering ist, wird sie flächenmäßig im Untersuchungsgebiet nicht erfasst. (s. Tab.1 und Abb.1).

Tab. 1: Absoluter und prozentualer Anteil der geologischen Einheiten im Untersuchungsgebiet.

Tab. 1: Absolute and percental portion of geological units in research area.

Geologie	Fläche	
	in km ²	in %
Talfüllung	102,73	11,6
Terrassenablagerung	32,46	3,68
Löss	49,24	5,58
Basaltgang	0,08	0,01
Michelfelder Schichten	7,63	0,86
Malm Gamma bis Epsilon	295,75	33,5
Malm Alpha und Beta	24,48	2,77
Dogger Gamma bis Zeta	17,06	1,93
Dogger Beta	37,53	4,25
Dogger Alpha und Lias Zeta	74,76	8,47
Lias Epsilon	10,19	1,15
Lias Delta	38,60	4,37
Lias Beta und Gamma	15,01	1,70
Lias Alpha 3	4,07	0,46
Rhätolias	44,08	5,00
Feuerletten	38,85	4,40
Burgsandstein	84,41	9,57
Heldburgstufe	5,29	0,60
Blasensandstein, Coburger Sandstein	6,29	0,71
Lehrbergsschichten	0,19	0,02

3 Massenbewegungen

Im ca. 890 km² großen Untersuchungsgebiet wurden insgesamt 436 Hangbewegungen aufgenommen. Dies entspricht einer durchschnittlichen Dichte von knapp 5 Hangrutschungen pro 10 km². In Abb.1 und Tab.2 lässt sich erkennen, dass die Massenbewegungen im untersuchten Gebiet sehr ungleichmäßig verteilt sind. Sie konzentrieren sich vor allem auf wenige Bereiche mit bestimmten geologischen Konstellationen, wie z.B. auf den Feuerletten und den Grenzbereich Feuerletten/Rhätolias, oder den Übergang vom Ornatenton zum Malm Alpha/Beta. Im Gegensatz dazu sind Rutschungen in den Gebieten, die aus Gesteinen des Malm Gamma bis Malm Epsilon oder des Burgsandsteins aufgebaut werden und zusammen rund 43 % des Untersuchungsgebiets ausmachen sehr selten.

Tab. 2: Auflistung der Rutschungen bezüglich den geologischen Schichten, in denen sie sich ereignet haben.

Tab. 2: Listing of the landslides according to the geological layers in which they occurred

Geologie	Anzahl Hangbewegungen	
	absolut	in %
Auffüllung	1	0,23
Talfüllung	0	0,00
Terrassenablagerung	0	0,00
Löss	0	0,00
Basaltgang	0	0,00
Michelfelder Schichten	0	0,00
Malm Epsilon	0	0,00
Malm Gamma und Malm Delta	3	0,69
Malm Alpha und Beta, Malm Gamma	1	0,23
Malm Alpha und Beta	3	0,69
Malm Alpha und Beta, Dogger Gamma bis Zeta	151	34,63
Dogger Gamma bis Zeta	5	1,15
Dogger Beta	7	1,61
Dogger Beta, Dogger Alpha	35	8,03
Dogger Alpha und Lias Zeta	42	9,63
Dogger Alpha und Lias Zeta, Lias Epsilon	5	1,15
Lias Epsilon	1	0,23
Lias Delta, Lias Epsilon	8	1,83
Lias Delta	15	3,44
Lias Beta bis Lias Epsilon	1	0,23
Lias Beta, Lias Gamma	1	0,23
Lias Alpha 3	0	0,00
Rhätolias	25	5,73
Rhätolias, Feuerletten	75	17,20
Feuerletten	49	11,24
Burgsandstein	7	1,61
Heldburgstufe	0	0,00
Blasensandstein, Coburger Sandstein und Lehrbergsschichten	1	0,23

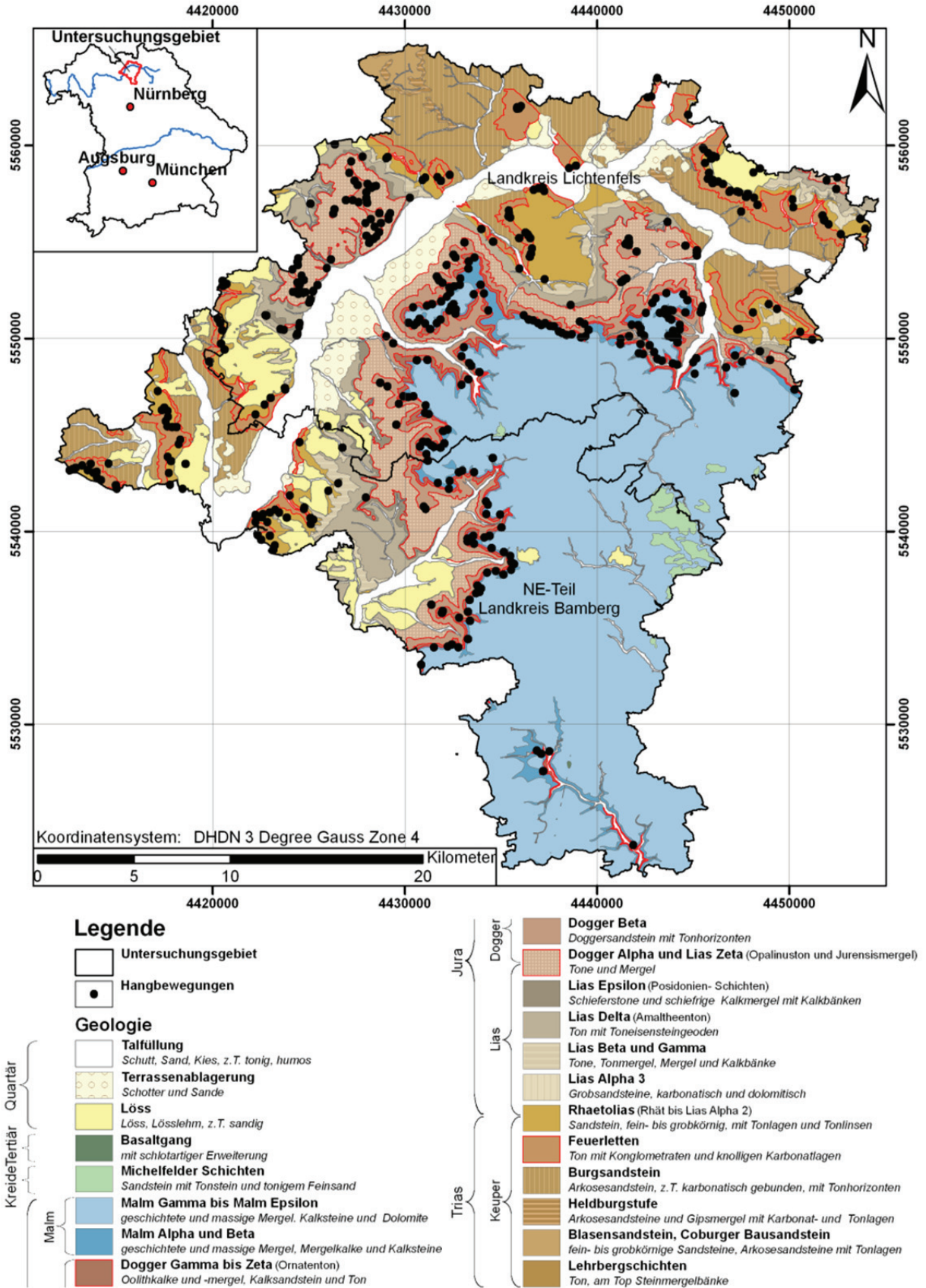


Abb. 1: Verteilung der geologischen Schichten im Untersuchungsgebiet, sowie die Lage der kartierten Hangbewegungen (als schwarzer Punkt markiert). Der Feuerletten, Dogger Alpha/ Lias Zeta und Ornatenton sind als Haupttrutschhorizonte durch rote Umrandungen hervorgehoben.

Fig. 1: Distribution of the geological layers in the research area and the position of the landslides (marked as black points). Feuerletten, Dogger Alpha/ Lias Zeta and Ornatenton, which are the main sliding layers, are distinguished by red borders.



Zur näheren Charakterisierung von Hangbewegungen können verschiedene Parameter einer Rutschung in ein Verhältnis zueinander gesetzt werden (HAMMER 1985). Beispielsweise lässt sich feststellen, dass Hangbewegungen, die sich in unterschiedlichen geologischen Schichten ereignet haben, zum Teil große Unterschiede im Verhältnis der maximalen Länge zur maximalen Breite der Rutschmasse (L_d/W_d) aufweisen. In Abb.2 ist die prozentuale Verteilung dieses Ver-

hältnisses bezüglich den geologischen Schichten, die an den Hangbewegungen beteiligt sind, graphisch dargestellt. Die flächenmäßige Abgrenzung der geologischen Schichten wurde aus den geologischen Karten GK25 übernommen und gegebenenfalls durch eigene Beobachtungen im Gelände und durch Vergleich mit dem Hillshade angepasst. Falls sich Rutschkörper über mehrere geologische Schichten erstrecken, wurden diese zu einer Einheit zusammengefasst.

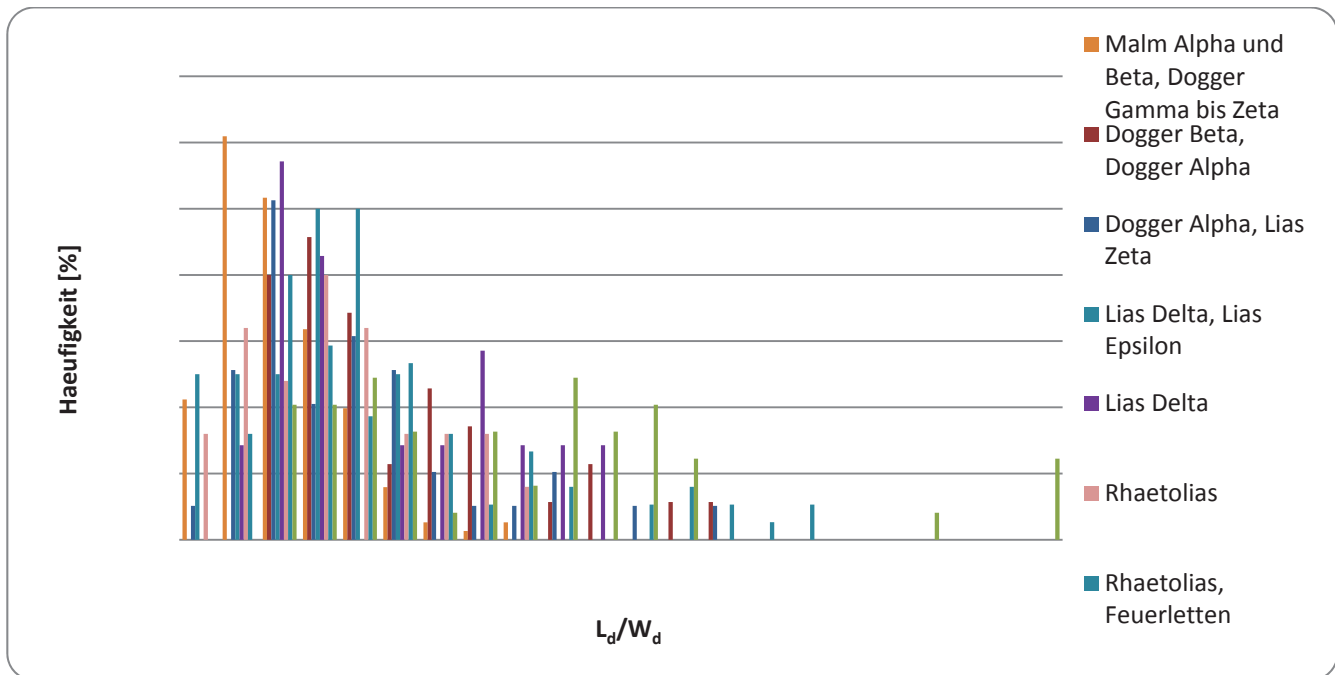


Abb. 2: Längen/Breiten-Verhältnis (L_d/W_d) der häufigsten kartierten Rutschmassen.

Fig. 2: Length/width ratio of the displaced masses.

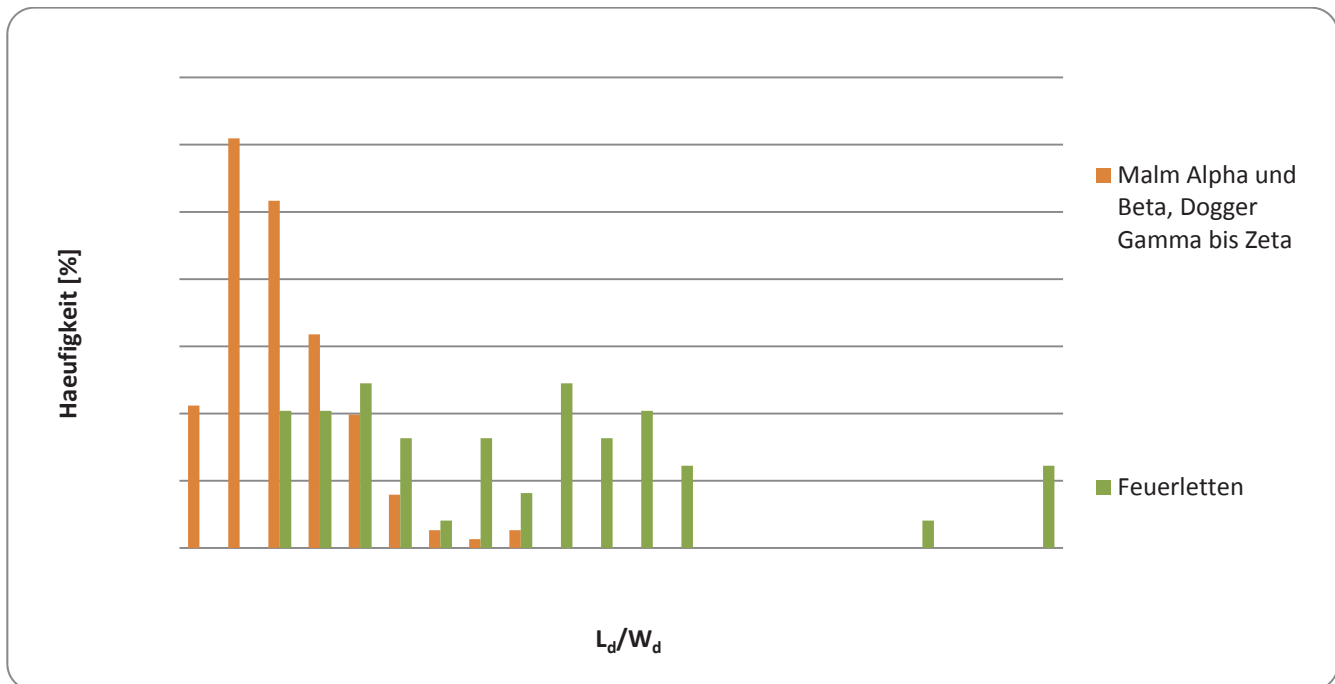


Abb. 3: Längen/Breiten-Verhältnis (L_d/W_d) der kartierten Rutschmassen, die sich im Feuerletten und am Übergang des Ornatenton zum Malm Alpha/Beta ereignet haben.

Fig. 3: Length/width ratio (L_d/W_d) of the displaced masses, which occurred in Feuerletten and at the border between Ornatenton and Malm Alpha/Beta.

Zur Verdeutlichung wurden die Ergebnisse mit den größten Unterschieden im Längen/Breiten- Verhältnis in Abb.3 nochmals separat dargestellt. Auffällig dabei ist, dass sich bei dieser Verteilung das Maximum der Werte (Modalwert) für Rutschungen am Übergang vom Ornatenton zum Malm Alpha/Beta bei 0,4 befindet. Ein Großteil ihrer Rutschmassen ist somit mehr als doppelt so breit wie lang. Im Gegensatz dazu weisen die meisten Massenbewegungen im Feuerletten ein deutlich höheres Längen/Breiten-Verhältnis auf. Ihr Median erreicht einen Wert von fast 1,6 und sie sind folglich erkennbar länger als breit. Als weiterer Aspekt ist die unterschiedliche Streuung besonders auffällig. So ist das Längen/Breiten- Verhältnis der Hangbewegungen am Übergang vom Ornatenton zum Malm Alpha/Beta auf einen relativ schmalen Bereich begrenzt, wohingegen dieses Verhältnis in den Massenbewegungen im Feuerletten weiter gestreut ist. Als ein möglicher Grund für diese Ursache können die unterschiedlichen Rutschungstypen gesehen werden. Die Hangbewegungen im Feuerletten wurden überwiegend als translative Massenbewegungen eingestuft. Im Gegensatz dazu wurde ein Großteil der Hangrutschungen am Übergang vom Ornatenton zum Malm Alpha/Beta als kombinierte Rutschungen beschrieben. Einen weiteren Einfluss könnte die unterschiedliche Hangneigung der beteiligten geologischen Schichten haben. Der Ornatenton, als Gleithorizont ist als verhältnismäßig schmale Stufe mit einer geringen Variation der Hangneigung im Untersuchungsgebiet ausgebildet. Dem gegenüber ist der Feuerletten auf einem deutlich breiteren Hangabschnitt mit größeren Unterschieden in der Hangneigung vorhanden.

Als ein weiterer Gesichtspunkt kann beispielsweise die durchschnittliche Hangneigung der Massenbewegungen in Bezug zu den anstehenden geologischen Schichten gebracht

werden, in denen sich die Hangrutschungen befinden. Dabei fällt auf, dass Hangbewegungen, je nach Geologie teilweise zum Entstehen einen unterschiedlichen Neigungswinkel benötigen. In Abb.4 sind für einen ersten Eindruck alle Rutschungen mit ausreichender Datengrundlage unter diesem Aspekt abgebildet worden. Analog zu Abb.2 wurden geologische Schichten ebenfalls zu einer Einheit zusammengefasst, falls sich die entsprechenden Rutschkörper über mehrere geologische Schichten erstrecken.

Der Übersicht halber wurden in Abb.5 die Hangneigungen für die Rutschungen im Feuerletten und am Übergang des Ornatenton zum Malm Alpha/Beta nochmals gesondert zusammengefügt, da sich in diesen Schichten am häufigsten Massenbewegungen ereignet haben.

Hangbewegungen, die am Übergang Ornatenton und Malm Alpha/Beta entstanden sind, besitzen durchschnittlich einen größeren Hangneigungswinkel, als Rutschungen im Feuerletten. Der Median befindet sich bei den untersuchten Rutschungen im Feuerletten bei 13°. Für die kartierten Rutschungen, die den Ornatenton und Malm Alpha/Beta umfassen, wurde ein Medianwert von 18° ermittelt.

4 Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Hangbewegungen bevorzugt an Hängen entstehen, die aus bankigen bis massigen Festgesteinen mit zum Teil gut ausgebildeter Schichtung und Kluftflächen aufgebaut werden und auf veränderlich festen Gesteinen aufliegen. Diese, meist tonig/schluffigen oder mergeligen Schichten dienen dabei als Gleithorizont für die Festgesteinskörper. Diesem System „Hart auf Weich“ können beispielsweise im Untersuchungsgebiet Hangbewegungen am Übergang der Rhätoliassandsteine

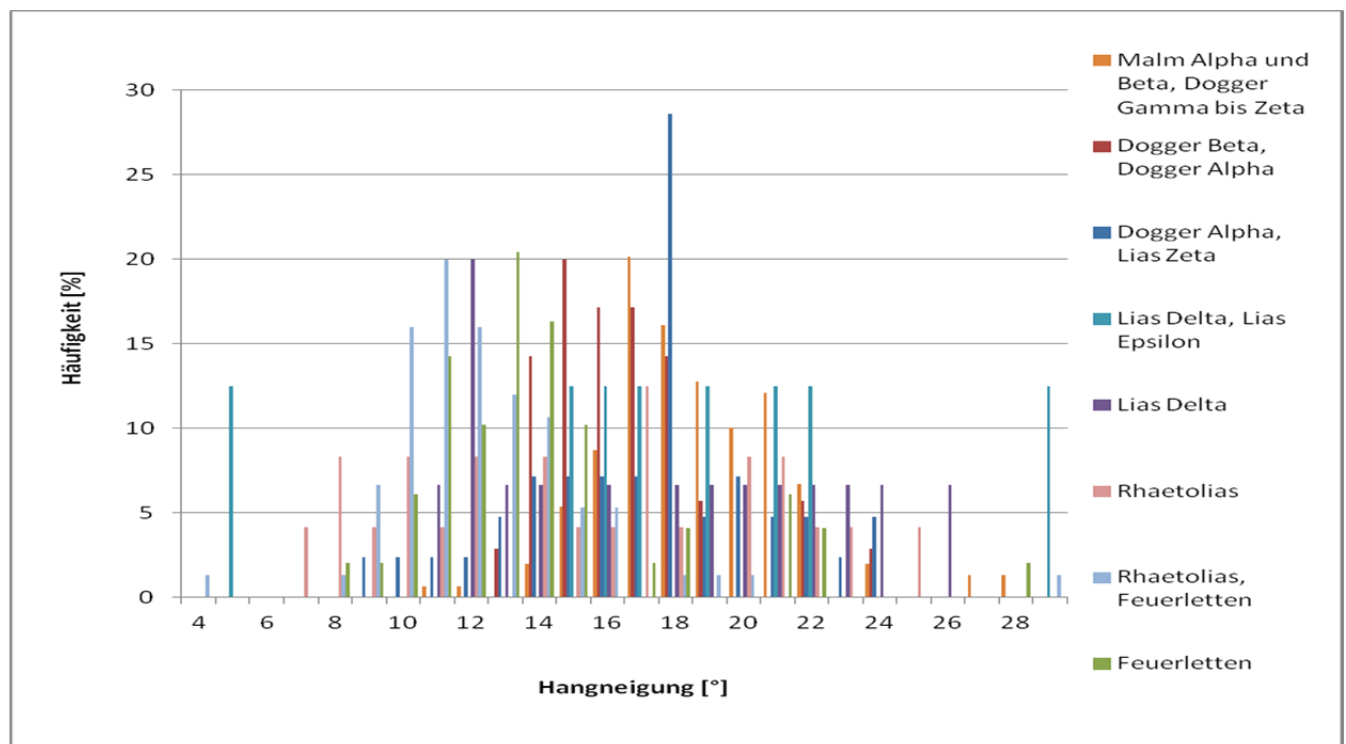


Abb. 4: Hangneigung der häufigsten kartierten Hangbewegungen.

Fig. 4: Mean slope angle of the mapped landslides.

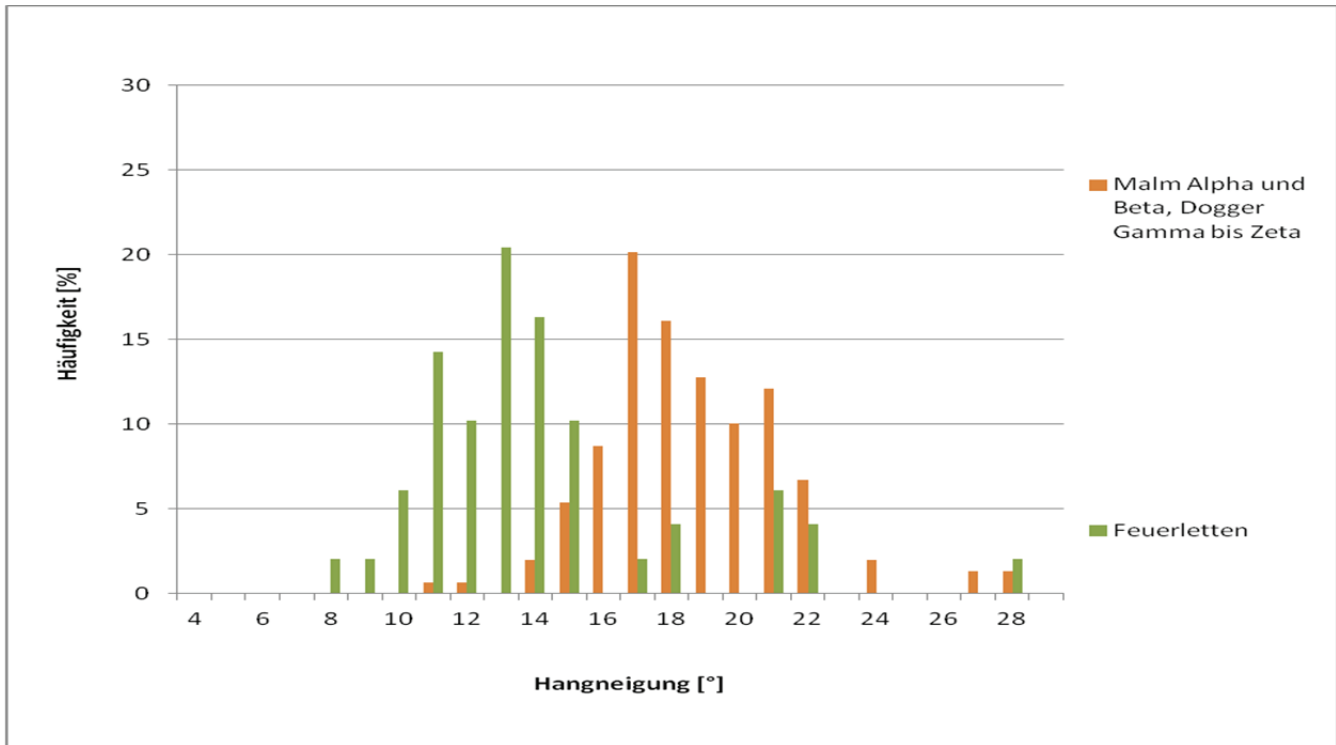


Abb. 5: Hangneigung der kartierten Rutschmassen, die sich im Feuerletten und am Übergang des Ornatenton zum Malm Alpha/Beta ereignet haben.

Fig. 5: Slope angle of the landslides, which occurred in Feuerletten and at the border between Ornatenton and Malm Alpha/Beta.

zum Feuerletten oder an der Grenze Ornatenton zum Malm Alpha/Beta zugewiesen werden. Daneben sind im Untersuchungsgebiet Hangrutschungen in veränderlich festen Gesteinen, wie im Feuerletten, oder im Dogger Alpha und Lias Zeta ebenfalls sehr häufig.

Im Gegensatz dazu konnten Hangbewegungen in Festgesteinen, wie beispielsweise im Burgsandstein sehr selten beobachtet werden.

Auch weisen die kartierten Massenbewegungen zum Teil markante Unterschiede in den charakteristischen Parametern auf, anhand derer sie genauer untersucht werden können. So kann teilweise bereits bei der Betrachtung der Hillshades anhand ihrer Ausbildung bestimmt werden, in welchem geologischen Umfeld die Hangbewegungen entstanden sind.

Danksagung

Vielen Dank den Mitarbeitern des Bayerischen Landesamts für Umwelt (LfU), in deren Zusammenarbeit die Daten im Rahmen des EU-Projekts „Georisiken im Klimawandel – Gefahrenhinweiskarte Jura“ ermittelt werden konnten und die die grundlegenden Daten zur Verfügung gestellt haben.

Literatur

- HAMMER, H. (1985): Systematische ingenieurgeologische Untersuchung von Hangrutschungen im Nordbayerischen Deckgebirge. – 103 S., Nürnberg (Eigenverlag LGA)
- HEYDEN, D. VON DER (2004): Rutschungen an den Malmkalkschichtstufen der nordwestlichen Frankenalb. – 137 S., Stuttgart (WiKu-Verlag)
- MARSAL, D. (1979): Statistische Methoden für Erdwissenschaftler. – 192 S., Stuttgart (E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller))

<http://www.lfu.bayern.de/geologie/massenbewegungen/georisk/index.htm>