



Risikomanagement von Naturgefahren in einem überregionalen Straßennetz am Beispiel der Landkreise Traunstein und Berchtesgadener Land

Thomas Zumbrunnen

Vollständiger Abdruck der von der Ingenieur fakultät Bau Geo Umwelt der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Prof. Dr. rer. nat. Michael Krautblatter
Prüfer der Dissertation: 1. Prof. Dr. rer. nat. Kuroschi Thuro
2. Prof. Dr. sc. nat. Christian Zangerl

Die Dissertation wurde am 13.07.2020 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Ingenieur fakultät Bau Geo Umwelt am 26.08.2020 angenommen.

Risikomanagement von Naturgefahren in einem überregionalen Straßennetz am Beispiel der Landkreise Traunstein und Berchtesgadener Land



Dissertation 2020

Thomas Zumbrunnen

Teile dieser Arbeit wurden in folgenden Artikeln veröffentlicht

- SELLMEIER, B., ZUMBRUNNEN, TH., KRAUTBLATTER, M. & THURO, K. (2013): Mid magnitude rockfalls: too big for protection measures - too small for acceleration anticipation? - Österreichische Gesellschaft für Geomechanik, Workshop Versagensprognose in der Geotechnik, 9. Oktober 2013.
- ZUMBRUNNEN, TH., KÖNIG, S. & THURO, K. (2013): Georisiken – Eine Herausforderung für den Straßenbaulastträger / Möglichkeiten zur Risikominimierung - Vereinigung der Straßenbau- und Verkehrsingenieure in Bayern e.V, Jahreszeitschrift, 1. November 2013, S. 30-35.
- ZUMBRUNNEN, TH., GEBAUER, B. & THURO, K. (2014): Ein Schutzkonzept gegen Naturgefahren am „Kleinen Deutschen Eck“ - Teilbauwerk: Die multifunktionale Schutzgalerie bei Baumgarten - Universität für Bodenkultur, Start it up Fachtagung -, April 2014, 5 p.
- ZUMBRUNNEN, TH. & THURO, K. (2014): Ein Schutzkonzept am „Kleinen Deutschen Eck“ - Die multifunktionale Schutzgalerie - Universität für Bodenkultur, Stand der Technik - Tagungsband, Schriftenreihe des Departments Nr.23, April 2014, S. 121-122
- SELLMEIER, B., ZUMBRUNNEN, TH., THURO & K., KRAUTBLATTER, M. (2014): Steinschlagereignisse mittlerer Magnitude: wie können wir eine Gefährdungs- und Prozessbeurteilung gewährleisten? Mid-Magnitude events: in how far can we provide a hazard- and process analysis? – Zeitschrift für Wildbach-, Lawinen- Erosions- und Steinschlagschutz, Journal for Torrent, Avalanche, Landslide and Rock Fall 78., 173: S. 228-245
- ZUMBRUNNEN, TH., THURO, K. & KRAUTBLATTER, M. (2014): A methodology for a risk analysis on midmagnitude rockfalls by using only the available state of data in a county, shown on the example of the area Berchtesgaden. - In: Lollino, G., Giordan, D., Crosta, G.B., Corominas, J., Azzam, R., Wasowski, J. & Sciarra, N. [eds.] (2014): Engineering geology for society and territory. Volume 2. Landslide processes. - 2177 p., 12th IAEG Congress, Torino, Italy, 15.-19. Sept. 2014, Cham, Heidelberg, New York, Dordrecht, London (Springer), S. 809-812
- ZUMBRUNNEN, TH., SCHARRER, K. & THURO, K. (2014): Extreme Niederschlagsereignisse und ihre Folgen an Gebirgsstraßen - am Beispiel des Landkreises Berchtesgadener Land. - Proceedings der Bodensee-tagung 17.-18.10.2015, Meersburg, 4 p
- ZUMBRUNNEN, TH., KÖNIG, S. & THURO, K. (2014): Erschließung von Verkehrsräumen im alpinen Bereich - Amt für Geoinformationswesen der Bundeswehr, Euskirchen -Jahresheft Geopolitik 2014, S. 12-19
- ZUMBRUNNEN, TH., GEBAUER, B., ETTTEL, B., & GOJ, K. (2017): Schutzgalerie gegen Naturgefahren an der B21 – Planung und Ausführung – DGGT Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V., Tunnelbau-Taschenbuch 2017, S.1-30
- ZUMBRUNNEN, TH., THURO, K. & KÖNIG, S. (2017): Dealing with rock fall hazards along federal and state roads in Bavaria - Geomechanics & Tunneling, Geomechnik & Tunnelbau 10/1, S. 34-46
- ZUMBRUNNEN, TH., & REHM, Ch. (2018): Straßensanierung im Steilhang – B21 Erneuerung der Stützbauwerke am Bodenbergl - Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bauen und Verkehr, bau intern, Quartalsheft 4-2018, S. 27-29
- ZUMBRUNNEN, TH., SCHMIDHAMMER, T. & GRAFENSTEIN, S. (2019): Pilotprojekt im Alpenraum – Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bauen und Verkehr, bau intern, Quartalsheft 4-2019, S. 34-37

Zusammenfassung

Die Straßen in den alpinen Bereichen der Landkreise Berchtesgadener Land und Traunstein zählen zu den am stärksten durch Naturgefahren betroffenen Strecken in Deutschland. Felsstürze, Rutschungen, Lawinen-, Steinschlag- und Murereignisse führen immer wieder zu Unfällen und Straßensperrungen. Naturschutzbelange, forstrechtliche, privatrechtliche, kommunale und wirtschaftliche Interessen sowie der Kostendruck bei den verantwortlichen Behörden stehen technischen Lösungen oft entgegen. Für die Baulasträger dieses in die Jahre gekommenen, in weiten Teilen stark geschädigten Straßennetzes (Brücken, Stützmauern, Entwässerung) bedeutet dies eine kaum lösbare Konfliktsituation. Der stetig zunehmende Verkehr, die erforderlichen betriebsbedingten, laufenden Unterhaltungsmaßnahmen und die immer dringlicher werdenden baulichen Sanierungsmaßnahmen schränken die ständige Verfügbarkeit der Straßen auch ohne naturgefahrbedingte Sperrungen stark ein. Die in den letzten Jahren steigende Zahl an Wetterextremen, verschärfen die Situation im Straßennetz zusätzlich.

In Europa gibt es derzeit keine einheitliche Vorgehensweise, wie mit gravitativen Naturgefahren an Straßen umzugehen ist. Die umfänglichste Strategie existiert in der Schweiz, wo sich in den letzten Jahren ein risikobasierter Lösungsansatz etabliert hat. Mit der Dokumentation - Risikokzept Naturgefahren Nationalstraßen - hat das Bundesamt für Straßen, die Basis gelegt, seine Straßen, die durch gravitative Naturgefahren gefährdet sind, nach einheitlichen und nachvollziehbaren Kriterien zu beurteilen und Maßnahmen zu deren Schutz nach Kostenwirksamkeitskriterien zu planen und zu sichern.

Diese Methode kann jedoch nicht auf Bayern übertragen werden, da hier viele der notwendigen Daten für die Erstellung einer derartigen Risikoanalyse fehlen. Ein lang andauernder Erhebungsprozess wäre die Folge. Des Weiteren unterscheiden sich die rechtlichen Rahmenbedingungen in beiden Ländern.

Diese Dissertation soll aufzeigen, dass trotz fehlender Daten sowie anderer rechtlicher Voraussetzungen, auch in Bayern die Möglichkeit besteht, einen risikobasierten Ansatz im Umgang mit Naturgefahren zu verfolgen. Dafür wurde in einem ersten Schritt eine neue Ereigniserfassung für Naturgefahren entwickelt und initiiert. Durch deren Auswertung konnten im Untersuchungsgebiet wichtige Erkenntnisse über Art, Häufigkeit und Schadensumfang von Ereignissen gewonnen werden. In einem zweiten Schritt fand eine Analyse bisher umgesetzter und geplanter Schutzprojekte im Untersuchungsgebiet statt. Diese hat gezeigt, wo, wann und welche Probleme bei der Planung und der Umsetzung von Schutzmaßnahmen aufgetreten sind. Es wurden weitere Problemfelder aufgefunden gemacht, die neben den Naturgefahren selbst, einen erheblichen Einfluss auf das bestehende Straßennetz haben. Auch diese Kriterien wurden bewertet, um sie in das Gesamtkonzept miteinbeziehen zu können.

Ferner wurde, basierend auf den Ergebnissen dieser Studien und den vorhandenen Daten anderer staatlicher Behörden (z.B. Gefahrenhinweiskarten), eine Methode entwickelt, um eine systematische Naturgefahrenanalyse am bestehenden Straßennetz durchzuführen. Diese ist in ihrer Tiefe und Qualität nicht mit der in der Schweiz angewandten Methode vergleichbar, zeigt aber, dass trotz der reduzierten Datengrundlage und anderen rechtlichen Voraussetzungen bereits jetzt ein risikobasierter Ansatz im Umgang mit Naturgefahren möglich ist. Ziel ist es / war es dabei, ein optimiertes Gesamtkonzept für den Umgang mit Naturgefahren in einem stark betroffenen Straßennetz zu entwickeln. Hierfür war auch eine Erfassung und Bewertung aller im Untersuchungsgebiet vorhandenen Sicherungsbauwerke gegen Naturgefahren erforderlich. Da diese Bauwerke bisher weder erfasst, noch deren Zustand bekannt war, wurde ein Verfahren entwickelt, um vorhandene und neu hinzukommenden Schutzbauwerke so zu erfassen, dass sie in einem Gesamtkonzept berücksichtigt werden können.

Die in dieser Arbeit aufgezeigten Methoden stellen nur einen ersten Schritt hin zu einem systematischen, risikobasierten Umgang mit Naturgefahren dar. Angesichts der Wichtigkeit eines funktionierenden Straßennetzes, der wachsenden Herausforderungen wie dem zunehmenden Verkehr und der klimatischen Veränderungen ist jedoch ein Gesamtkonzept unumgänglich.

ABSTRACT

The roads in the alpine areas of the Berchtesgadener Land and Traunstein districts are among the routes most at risk from natural hazards in Germany. Rockslides, landslides, avalanche, rockfall and debris flows lead to accidents and road closures. Nature conservation, forestry, private law, municipal and economic interests, as well as cost pressure on the responsible authorities, often conflict with technical solutions. For the responsible authorities of this aging, largely badly damaged road network (bridges, retaining walls, drainage) this means a conflict situation that can hardly be resolved. The constantly increasing traffic, the necessary operational, and ongoing maintenance as well as the increasingly urgent structural redevelopment measures severely affect the constant availability of the roads, even without closures due to natural hazards. The increasing number of extreme weather events in recent years has exacerbated the impact on the road network.

In Europe, currently no uniform procedure for dealing with gravitational natural hazards on roads exists. The most comprehensive strategy exists in Switzerland, where a risk-based solution has been established in recent years. With the documentation - Risk Concept for Natural Hazards on National Roads - the Federal Roads Office has laid the basis for assessing its roads that are at risk from gravitational natural hazards according to uniform and comprehensible criteria and for planning and implementing measures to protect them based on cost-effectiveness criteria.

However, this method can not be transferred to Bavaria, as it lacks much of the data necessary to carry out such a risk analysis. This would result in a long-term survey process. Furthermore, the legal framework differs fundamentally in both countries.

This dissertation aims to show that despite the lack of data and other legal requirements, there is also the possibility in Bavaria to take a risk-based approach towards dealing with natural hazards. In a first step, a new event recording scheme for natural hazards was developed and initiated. Through their evaluation, important insights into type, frequency and extent of damage were gained in the study area. In a second step, an analysis of previously planned and implemented protection measures in the study area took place. This has shown where, when and which problems occurred during the planning and implementation of protective measures. Further problem areas were identified which, in addition to the natural hazards themselves, have a significant impact on the existing road network. These criteria were also evaluated in order to be able to include them in the overall concept.

Furthermore, based on the results of these studies and the data available from other state authorities (e.g. hazard zonation), a method was developed to carry out a systematic natural hazard analysis on the existing road network. The depth and quality of this is not comparable to the method used in Switzerland, but it shows that despite the reduced data base and differing legal requirements a risk-based approach to dealing with natural hazards is already possible. The goal is / was to develop an optimized overall concept for dealing with natural hazards at a badly affected road network. For this purpose, it was also necessary to inventory and evaluate all of the existing safety structures against natural hazards in the study area. As these structures have not yet been inventoried and their condition was not known, a process was developed to survey existing and new protective structures so that they can be taken into account in an overall concept.

The methods demonstrated in this thesis are only a first step towards a systematic, risk-based approach to natural hazards. Given the importance of a functioning road network, the growing challenges, such as increasing traffic and climate change, an overall concept is essential.

Danksagung

Univ.-Prof. Dr. rer. nat Kurosch Thuro hat mir als Doktorvater 2011 die Möglichkeit zu dieser Dissertation an der Technischen Universität in München gegeben. Er hat die Arbeit bestmöglich gefördert und mich mit großem Engagement unterstützt. Er war für alle neuen Ideen offen und stand mir stets mit seinem riesigen Fachwissen zu Seite. Kurosch, Danke für Deine konstruktive Kritik, die wertvollen Anregungen und das Vertrauen das Du mir die ganzen Jahre geschenkt hast.

Dr. Bernhard Krummenacher hat mich zu dieser Arbeit animiert. Er war stets ein wertvoller Unterstützer dem ich viele Anregungen und Ideen verdanke. Bernhard, ich danke Dir für Deine Hilfe, Deine uneigennützig Unterstützung und dass Du mich immer animiert hast, den Weg bis zum Ende zu gehen.

Ltd. Baudirektor (a.D.) Sebald König, der mir die Möglichkeit gegeben hat mich beruflich mit den Naturgefahren und den alpinen Straßen in Berchtesgaden und Traunstein zu befassen. Hr. König, ich danke Ihnen, dass Sie mich bei meinem Wunsch mich weiterzubilden immer unterstützt haben.

Ltd. Baudirektor Christian Rehm hat mir vor allem in den letzten Wochen dieser Dissertation den Rücken freigehalten, so dass ich diese Arbeit zu Ende schreiben konnte. Zudem hat er mir erlaubt Bilder und Daten des Amtes zu nutzen. Hr. Rehm, vielen herzlichen Dank für Ihre Unterstützung und Ihr Verständnis.

Dr. Kilian Scharrer hat mit mir viele gemeinsame Projekte auf den Weg gebracht und neue Verfahren ausprobiert. Kilian, ich danke Dir für die vielen fachlichen Diskussionen, Deine stetige Hilfe bei Problem und Deine sofortige Hilfsbereitschaft, wenn es darauf ankam.

Dr. Tina Sellmeier hat mir immer unter die Arme gegriffen, wenn ich an der Uni etwas benötigt habe. Sie war mein Bindeglied zur Hochschule. Tina, ich danke Dir vielmals und hoffe ich kann mich mit interessanten Exkursionen revanchieren.

Allen meinen Mitarbeitern im Amt. Im Besonderen Hubert, Hansi, Eugen und Seppi. Ohne meine Mitarbeiter wäre ich in den letzten Jahren oft „untergegangen“. Danke Kollegen für eure Hilfe, euren enormen Einsatz und das Wissen, dass ich mich immer auf Euch verlassen kann.

Meinen Schwiegereltern, für die vielen Stunden, die sie mit den Kindern auf dem Bauernhof verbracht haben, damit ich diese Arbeit schreiben konnte. Erika und Franz, ich danke Euch für Eure Hilfe.

Meinen Eltern, die mich über all die Jahre unterstützt haben und mir den familiären Rückhalt und das Umfeld gegeben haben, in dem ich mich meiner Familie, der Arbeit, den Bergen und den Naturgefahren widmen konnte. Ohne Eure Unterstützung hätte ich diesen langen Weg nicht geschafft. Danke für alles!

Meiner Frau Marika und unseren Kindern Tobias, Alexandra und Philipp, ohne die das Alles keinen Sinn machen würde. Zumbrunnen-Family ich danke Euch!

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Problemstellung, Zielsetzung und Methodik | 9 |
| 1.1 | Einführung | 9 |
| 1.2 | Problematik | 10 |
| 1.3 | Zielsetzung Dissertation | 11 |
| 1.4 | Stand der Wissenschaft..... | 12 |
| 1.5 | Probleme und Verzögerung des Projektes..... | 13 |
| 1.6 | Methodik | 14 |
| 2 | Beschreibung des Objektgebietes..... | 16 |
| 2.1 | Allgemeines | 16 |
| 2.2 | Gemeinden, Bevölkerungsstärke, Tourismus und Wirtschaftskraft | 16 |
| 2.3 | Geologischer Rahmen | 19 |
| 2.4 | Überregionales Straßennetz (Bundes-, Staats- und Kreisstraßen)..... | 20 |
| 2.5 | Entstehung, Ausbau- und Straßenzustand | 21 |
| 2.6 | Auftretende Naturgefahren im Untersuchungsgebiet..... | 24 |
| 2.6.1 | Sturzprozesse | 25 |
| 2.6.2 | Hochwasser | 25 |
| 2.6.3 | Murgang | 26 |
| 2.6.4 | Lawine | 26 |
| 2.6.5 | Rutschungen..... | 26 |
| 3 | Vorstellung des Schweizer Konzeptes..... | 28 |
| 3.1 | Darstellung der Schweizer ASTRA Methodik (Risikokonzept Naturgefahren Nationalstraßen). | 28 |
| 4 | Methodik und Auswertung einer Ereigniserfassung..... | 32 |
| 4.1 | Aufbau und Initialisierung einer Ereigniserfassung Naturgefahrenereignisse..... | 32 |
| 4.2 | Auswertung der Ereigniserfassung: | 36 |
| 4.3 | Fazit Ereigniserfassung | 44 |
| 5 | Methodik für die Erfassung und Bewertung von Sicherungsbauwerken..... | 46 |
| 5.1 | Erfassung von Sicherungsbauwerken..... | 46 |
| 5.2 | Einteilung der Sicherungsbauwerke in verschiedene Bauwerksarten | 49 |
| 5.3 | Sicherungsbauwerke im Untersuchungsgebiet..... | 55 |
| 5.4 | Zustand der Sicherungsbauwerke im Untersuchungsgebiet | 56 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 6 | Erfassung, Aus- und Bewertung bestehender Datengrundlagen, sowie Entwicklung einer Methode zur Durchführung einer Naturgefahrenanalyse | 59 |
| 6.1 | Erfassung und Auswertung der Erkenntnisse des Straßenbetriebsdienstes | 67 |
| 6.2 | Auswertung der Gefahrenhinweiskarte des Bay. Landesamtes für Umwelt und Entwicklung eines Konzeptes für eine Gefahren- bzw. Risikoanalyse | 69 |
| 6.2.1 | Steinschlag / Blockschlag..... | 69 |
| 6.2.2 | Felssturz..... | 86 |
| 6.2.3 | Lawinen | 90 |
| 6.2.4 | Muren (Wildbachprozesse) | 93 |
| 6.2.5 | Tiefgreifende Rutschungen | 98 |
| 6.2.6 | Flachgründige Rutschungen / Hanganbrüche | 101 |
| 7 | Auswertung von Projekten zum Schutz vor Naturgefahren | 104 |
| 7.1 | Maßnahmenart und Streckensperrungen..... | 105 |
| 7.2 | Weitere wichtige Faktoren für die Ausführung von Projekten | 108 |
| 7.2.1 | Naturschutzrechtliche Belange | 108 |
| 7.2.2 | Forstrechtliche Belange..... | 113 |
| 7.2.3 | Wasserrechtliche Belange | 115 |
| 7.2.4 | Genehmigungsrechtliche Belange und Rechtsverfahren..... | 116 |
| 7.3 | Fazit Auswertung von Projekten gegen Naturgefahren..... | 118 |
| 8 | Kennwerte für eine Gesamtstrategie Straßennetz | 119 |
| 8.1 | Kennwert 1: Netzfunktion | 121 |
| 8.2 | Kennwert 2: Zustand Straße und Ingenieurbauwerke | 130 |
| 8.2.1 | Bestandszustand Straße | 130 |
| 8.2.2 | Bestandszustand Ingenieurbauwerke | 133 |
| 8.3 | Kennwert 3: Bestehende Sicherungsbauwerke | 137 |
| 8.4 | Kennwert 4: Naturschutzrechtliche Belange..... | 139 |
| 8.5 | Kennwert 5: Forstrechtliche Belange | 141 |
| 8.6 | Kennwert 6: Rechtliche Umsetzbarkeit..... | 142 |
| 8.7 | Kennwert 7: Wirtschaftliche Bedeutung..... | 144 |
| 9 | Neues Konzept zum Umgang mit Naturgefahren an übergeordneten Straßen (Bundes-, Staats-, und Kreisstraßen) in den südöstlichen Alpenlandkreisen BGL und TS | 146 |
| 9.1 | Ergebnisdarstellung..... | 147 |
| 9.2 | Beispiel 1: Abschnitt B 21 - Unterjettenberg / Bad Reichenhall | 150 |
| 10 | Diskussion / Fazit..... | 156 |
| 11 | Literaturverzeichnis:..... | 158 |

1 Problemstellung, Zielsetzung und Methodik

1.1 Einführung

Die überregionalen Straßen in den bayerischen Alpenlandkreisen sind die Lebensadern der Regionen. Wie sehr die Menschen dort von einem funktionierenden, übergeordneten Straßennetz abhängig sind, zeigt sich immer wieder in Extremsituationen, wie zuletzt im Katastrophenmonat Januar 2019. Aufgrund der starken Neuschneemengen wurde in fünf oberbayerischen Alpenlandkreisen der Katastrophenfall ausgerufen. In den betroffenen Ortschaften musste Schnee von den Dächern geräumt werden, Ortsteile mit Lebensmittel und medizinischer Hilfe versorgt oder sogar wegen Lawinengefahr evakuiert werden. Um all dies zu bewerkstelligen, wurden Helfer, Rettungskräfte und Hilfsgüter von außerhalb der betroffenen Gebiete benötigt. Diese mussten trotz des Ausnahmezustands schnell und sicher zu den Einsatzorten in den Gemeinden gebracht werden. Die zunehmende Lawinengefahr, die Schneebrüche an straßennahen Bäumen und die steigenden Unfallzahlen auf Grund der schlechten Straßenverhältnisse sorgten immer wieder für Straßensperren (Abb. 1) und machten es von Tag zu Tag schwieriger diese Versorgung zu gewährleisten.

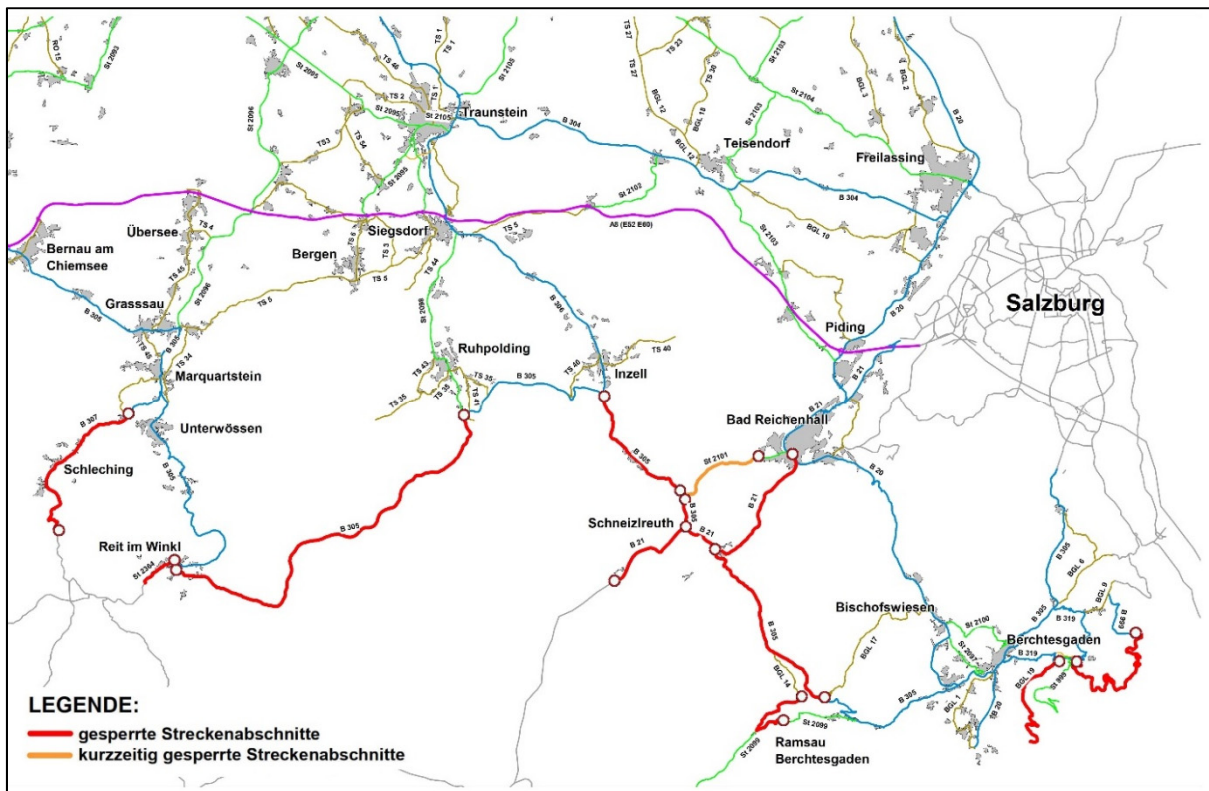


Abb. 1: Übersicht Straßensperren Katastrophenwinter Januar 2019 (STBA TS 2019)

Der anhaltende Schneefall, die schlechte Sicht und der Wind machten auch Hubschrauberflüge über längere Zeiträume unmöglich. Das oberste Ziel des Katastrophenschutzes und der verantwortlichen Straßenbauverwaltungen bestand in der Hochphase darin, einzelne Strecken befahrbar zu halten, um so wenigstens eine Erreichbarkeit der Gemeinden im Katastrophengebiet und dadurch eine Grundversorgung in der Fläche zu gewährleisten.

Diese im Katastrophenfall offensichtliche Strategie stellt einen im „Normalbetrieb“ oft unterschätzten Hauptpfeiler bei allen Zukunftsplanungen der Streckennetze und Betriebsdienste in den Alpenregionen dar. Diesem Punkt wird in Anbetracht der vielen anderen Schwierigkeiten und Anforderungen außerhalb von Extremsituationen oftmals wenig Beachtung geschenkt. Dies führt zu großen Konsequenzen im Ernstfall. Planungen für Katastrophenfälle sind in „normalen“ Zeiten schwer zu vermitteln, so dass diese meist vernachlässigt werden.

Naturschutzbelange, forstrechtliche, privatrechtliche, kommunale und wirtschaftliche Interessen sowie der Kostendruck bei den Baulastträgern stehen zudem den sichersten und technisch besten Lösungen entgegen. Für die Baulastträger dieses in die Jahre gekommenen, in weiten Teilen stark geschädigten Straßennetzes (Brücken, Stützmauern, Entwässerung), bedeutet dies eine kaum lösbare Konfliktsituation. Der stetig zunehmende Verkehr (BASt 2015), die erforderlichen betriebsbedingten, laufenden Unterhaltungsmaßnahmen und die immer dringlicher werdenden baulichen Sanierungsmaßnahmen schränken die ständige Verfügbarkeit der Straßen bereits in Zeiten außerhalb von Extremsituationen stark ein.

Hinzu kommt die in den letzten Jahren steigende Zahl an lokalen Wetterextremen (Perroud & Bader 2013, KLIWA 2017) mit punktuellen Folgen wie Steinschlag-, Lawinen-, Wildbach- oder Rutschereignissen, die die Situation im Straßennetz zusätzlich verschärfen.

Auch die starke Schädigung der Bergwälder (StMELF 2019) durch Windwürfe oder Borkenkäferbefall, verbunden mit einer Reduktion der Schutzwirkung des Waldes, erhöht die Gefahr eines zeitweisen Verlustes der Verfügbarkeit des Straßennetzes.

Auch ohne Berücksichtigung der steigenden Anforderungen bei der Umsetzung von Baumaßnahmen (z.B. im Bereich der Arbeitssicherheit), führen bereits die in bestimmten Teilen kollidierenden Interessen (Naturschutz, Forst, Wirtschaft, Tourismus - Bayerische Staatsregierung 2006) zu einem immer aufwändigeren und länger dauernden Planungs- und Bauprozess. Bei nüchterner Betrachtung der Gesamtsituation steht diese Zeit im Hinblick auf die Wichtigkeit des Straßennetzes und dem erforderlichen Sanierungs- und Ertüchtigungsrückstand nicht mehr zur Verfügung.

Um einen vollständigen Kollaps in Teilen des Alpenraumes zu vermeiden, wird dringend eine neue Gesamtstrategie benötigt (Alpenkonvention 2019), um das für die Region und seine Bewohner lebensnotwendige überregionale Streckennetz in den bayerischen Alpen funktionsfähig zu erhalten. Zudem bedarf es neuer Werkzeuge und Wege um die inzwischen absehbaren Veränderungen des Individualverkehrs (z.B. autonomes Fahren, etc.) in den Planungen der neuen Projekte mit zu berücksichtigen.

1.2 Problematik

Mit der Zunahme der Naturgefahrenereignisse im überregionalen Straßennetz hat sich gezeigt, dass eine lang praktizierte Vorgehensweise bei Naturgefahren in Bayern (Handle wenn etwas passiert ist / Repariere, wenn etwas zerstört ist) nicht weitergeführt werden kann. Es bedarf einer völlig neuen Strategie, um die Auswirkungen auf die Bevölkerung und die Wirtschaft in den betroffenen Regionen so gering wie möglich zu halten. Wirtschaftliche Folgen aber auch Gefahren für Leib und Leben durch diese Ereignisse müssen rechtzeitig erkannt und anschließend bestmöglich minimiert werden.

Die zunehmenden Bestrebungen und Aufwendungen der Nachbarländer, allen voran die Schweiz, (BAFU 2016) zeigen angesichts der sich rasch verschlechternden klimatischen Rahmenbedingungen welche Brisanz dieses Thema hier zwischenzeitlich besitzt.

In Bayern hat die konsequente Darstellung der Naturgefahren durch die vom bayerischem Landesamt für Umwelt herausgegebenen Gefahrenhinweiskarten (LfU 2013a u. b) die Rahmenbedingungen für eine Notwendigkeit zum Handeln deutlich verändert. Die grundsätzlich vorhandenen Gefahren sind seit Einführung der Gefahrenhinweiskarten für jeden einsehbar. Es ist somit die Pflicht der zuständigen bzw. verantwortlichen Baulastträger diese Erkenntnisse zu nutzen und neue Strategien beim Umgang für diese Gefahren zu entwickeln.

Während die Schweiz in der Erfassung und dem Umgang mit Naturgefahren auf einen nahezu 30-jährigen Erfahrungsschatz und wissenschaftliche Erkenntnisse zurückblicken kann (PLANAT 2018), muss in Bayern vieles erst noch erarbeitet werden. In manchen Bereichen kann sich Bayern die Erkenntnisse der Nachbarländer zu Nutze machen. Eine einfache Übertragung bzw. Übernahme dieser Vorgehensweise ist aus nachfolgenden Gründen leider nicht möglich:

1. Unterschiedliche rechtliche Gegebenheiten (Straßengesetze, Forstgesetze, Naturschutz)
2. Unterschiedlicher Verwaltungsaufbau und -ausstattung
3. Zur Verfügung stehende finanzielle Mittel (Straßenmaut)
4. Differierender Aufbau der Verantwortlichkeiten (private Schutzwaldverantwortlichkeit)
5. Geologische und topographische Unterschiede
6. Historisch unterschiedlich entstandenes und ausgebildetes Straßennetz (Straßenkategorien)
7. Unterschiedliche Einbindung in die Europäische Normenstruktur

Eine der wichtigsten Voraussetzungen für einen verantwortungsvollen Umgang mit Naturgefahren ist eine zeitnahe Reaktion. Somit muss ein Verfahren entwickelt werden, das schnell eingesetzt und im weiteren Verlauf immer weiter verbessert werden kann. Eine Systematik, die eine lange und aufwändige Grundlagenermittlung und Planungsstrategie voraussetzt, ist auf Grund der Dringlichkeit zu vermeiden. Um dies zu gewährleisten, müssen vorhandene Daten aus den unterschiedlichen Verwaltungen herangezogen werden. Sie müssen zusammengetragen, bewertet und nur ggf. um zusätzlich zwingend erforderliche Daten ergänzt werden.

Eine weitere Voraussetzung ist, dass sich das System in den vorhandenen Verwaltungsaufbau (Ausführende Organe) und die bestehenden rechtlichen Gesetzesgrundlagen und den technischen Normenbereich eingliedern lässt. Ein langwieriges Gesetzesänderungsverfahren sollte vermieden werden. Nur so kann sichergestellt werden, dass es zeitnah anwendbar ist.

1.3 Zielsetzung Dissertation

Ziel dieser Arbeit ist es zunächst in den alpinen Bereichen der Landkreise Berchtesgadener Land und Traunstein die Gefahren und Probleme im Umgang mit gravitativen Naturgefahren im überregionalen Straßennetz zu erfassen und zu untersuchen. Dafür sollen die in den verschiedenen Behörden vorhandenen Daten zusammengeführt, überprüft und auf ihre Bedeutung und Wichtigkeit für den Umgang mit gravitativen Naturgefahren im Straßennetz ausgewertet werden. Nicht vorhandene Daten, die für eine Gefahrenbetrachtung in diesem Zusammenhang dringend erforderlich sind (Ereigniserfassung, Erfassung der bestehenden Sicherungsbauwerke), müssen über geeignete Verfahren erhoben und in die Untersuchungen mit einbezogen werden. Für die auftretenden Naturgefahrenprozesse sind Methoden zu entwickeln, mit denen auf Basis der meist nur eingeschränkt vorhandenen Daten eine Gefahren- bzw. Risikountersuchung für das übergeordnete Straßennetz durchgeführt werden kann.

In einem nächsten Schritt werden abgeschlossene und laufende Projekte (Planungen, Baumaßnahmen, betriebliche Maßnahmen) untersucht und ausgewertet. Dadurch soll herausgefunden werden, welche Probleme bei einer Verwirklichung von Schutzmaßnahmen gegen Naturgefahren bisher aufgetreten sind und welche Folgen sie hatten.

Zudem ist zu untersuchen, auf welche anderen Felder des Betriebes oder der Straßenunterhaltung sich der Bau von Schutzmaßnahmen gegen Naturgefahren auswirkt oder wie sich die einzelnen Themenbereiche ggf. gegenseitig beeinflussen. Für die einzelnen Themenbereiche sind Kennwerte zu definieren und eine Methode für ihre Ermittlung zu entwickeln. Darüber hinaus soll mit den zur Verfügung stehenden Daten eine Gesamtstrategie zum Umgang mit den Georisiken und zur Aufrechterhaltung eines funktionierenden Streckennetzes erarbeitet werden.

Im dritten und letzten Schritt werden die Risikoanalyse der einzelnen Naturgefahrenprozesse für einzelne Streckenabschnitte dargestellt. Neben diesen Risikoanalysen werden die neu ermittelten Kennwerte herangezogen, um eine Gesamtstrategie im Umgang mit Naturgefahrenprozessen an überregionalen Straßen zu entwickeln. Die für das Untersuchungsgebiet erarbeiteten Lösungsansätze und Methoden werden zum Schluss an konkreten Einzelbeispielen im Netz untersucht und final umgesetzt.

1.4 Stand der Wissenschaft

Die Straßen sind zu den Lebensadern unserer modernen Gesellschaft geworden. Sie verbinden Städte und erschließen die Regionen. Der Verkehr auf unseren Straßen steigt stetig (BASt 2015). Zugleich nimmt die Bedrohung durch Extremwetterereignisse, vor allem in den Gebirgsregionen (Perroud & Bader 2013, KLIWA 2017) zu. Beim natürlichen Schutz unserer Straßen, den Schutzwäldern, nimmt die Schädigung (StMELF 2019) von Jahr zu Jahr zu.

Dem technischen oder organisatorischen Schutz unserer Straßen vor Naturgefahren wie Steinschlägen, Felsstürzen, Murgängen Rutschungen oder Lawinen kommt somit eine immer größer werdende Bedeutung zu. Nachbarländer wie die Schweiz und Österreich sind dabei Konzepte zu entwickeln, wie die Straßen dauerhaft funktionstüchtig gehalten werden und der Schutz vor Naturgefahren systematisch verbessert werden kann. Ein Meilenstein ist dabei das Risikokzept Naturgefahren auf den Nationalstraßen (ASTRA 2012).

In diesem Konzept werden die sich stetig verbessernden Möglichkeiten von Erkundungen und Naturgefahrensimulationen genutzt, um Risiken zu erkennen, zu bewerten und geeignete Schutzmaßnahmen zu ergreifen. Auch in Bayern haben viele Arbeiten für vertiefte Erkenntnisse bei der Prozessmodellierungen beigetragen: Im Bereich Steinschlag (Sellmeier 2015), im Bereich Murgangsimulationen (Dietrich 2020), im Bereich Lawinen (Feistl et al. 2014) oder im Bereich Rutschungen (Thuro et al. 2006). Im Hinblick auf die Erstellung eines Risikokzeptes wie in der Schweiz steht Bayern jedoch noch am Anfang.

Das mag zum einem an dem nicht so großen, betroffenen Bereich Bayerns liegen (Alpenbereich ca. 6 % der Fläche Bayerns) und zum anderen an den unterschiedlichen rechtlichen Rahmenbedingungen. Eine monetäre Abwägung (Nutzen/Kosten-Analyse) als bestimmendem Faktor scheint bis auf weiteres undenkbar. Stattdessen wird man versuchen müssen auch andere Kriterien in ein Naturgefahrenkonzept einzubinden um ein Risikokzept zu verwirklichen.

Ein wichtiger Punkt wird dabei die größtmögliche Vermeidung von Eingriffen oder Beeinträchtigungen von naturschutzrechtlich hochwertig eingestuften Flächen sein. Ein entscheidendes Hilfsmittel könnten

hier neue Monitoringmethoden und -erkenntnisse werden. Die in allen Prozessbereichen inzwischen zur Verfügung stehenden Möglichkeiten (Zangerl et al. 2008) und die immer größeren Erkenntnisse der letzten Jahre (Sättele et al. 2016, Sellmeier 2015, Sellmeier et al. 2014) zeigen die Fortschritte auf diesem Gebiet.

Um die Erkenntnisse systematisch weiter zu entwickeln und die gewonnenen Erfahrungen in die Verwaltungen und Planungsbüros zu bringen, benötigt es jedoch dringend eines Gesamtkonzeptes zur Behandlung von Naturgefahren in Bayern. Nur so können neue Erkenntnisse genutzt und neue Methoden strukturiert vor Ort getestet werden. Diese Arbeit hat das Ziel, den Weg für den Einstieg in eine risikobasierte Naturgefahrenstrategie im Bereich der überregionalen Straßen zu erleichtern.

1.5 Probleme und Verzögerung des Projektes

Bei der Bearbeitung dieses Projektes sind Probleme aufgetreten, die zu einer deutlichen Verzögerung des ursprünglich vorgesehenen Zeitplanes geführt haben. Sie konnten kaum beeinflusst und somit zeitlich nicht kompensiert werden.

Erweiterung des Untersuchungsgebietes

Das ursprüngliche Untersuchungsgebiet des südlichen Landkreises Berchtesgadener Land wurde um 11 Gemeinden des südlichen Landkreises Traunstein auf 22 Gemeinden, auf eine Gesamtfläche von 1.170 km² und eine betroffene Straßenlänge von 377 km deutlich erweitert. Dies war erforderlich, um die Probleme und die Auswirkungen objektiver erfassen zu können. Die Aufnahme der Gemeinden im Landkreis Traunstein führte dazu, dass die Daten weniger durch „örtliche“ Besonderheiten beeinflusst sind. Des Weiteren führen Sperrungen im alpinen, überregionalen Straßennetz in den allermeisten Fällen zu großräumigen Umleitungen. Umfahungsstrecken zwischen 50 – 150 km sind hier normal. Umleitungen über ein untergeordnetes Straßennetz existieren auch für den regionalen Verkehr nicht. Um die auftretenden Auswirkungen zu erfassen und aussagekräftige Erkenntnisse zu gewinnen, war es somit wichtig, das Gebiet zu erweitern, um auch diese Umfahungsstrecken mit untersuchen zu können.

Daten im Untersuchungsgebiet

Im Untersuchungsgebiet beeinflussten zwei wichtige Faktoren den ursprünglichen Zeitplan der Arbeit:

a) Erfassung der Sicherungsbauwerke

Es war bekannt, dass vor allem in den Jahren zwischen 1980 – 2000 viele Schutzbauwerke von unterschiedlichen Behörden (Straßenbauamt, Forstverwaltung, Wasserwirtschaftsamt, örtlichen Kommunen) errichtet wurden. Verlässliche Zahlen waren aber zu Beginn der Arbeit in keiner Verwaltung vorhanden (OBB 2016). So existierten zu Anzahl, Lage, Art, Dimensionierung oder Zustand in nahezu keiner Verwaltung Pläne oder Daten. Eine Ersterfassung (Anzahl und Lage) konnte noch relativ zeitnah über Drohnenbefliegungen oder Luftbilddauswertungen erstellt werden, sodass diesbezüglich verlässliche Auswertungen möglich wurden. Die erfasste Anzahl von 8.584 Bauwerken (ohne temporäre konstruktive Bauwerke wie Holzböcke, etc.) im Gebiet des Staatlichen Bauamtes Traunstein führte bei der Einschätzung der Art, der Dimensionierung und deren Zustand aber zu erheblichen Problemen. Da diese Daten für ein Gesamtkonzept zum Umgang mit Naturgefahren jedoch eine zentrale Rolle spielen, musste erst die Erst-Zustandserfassung dieser Bauwerke abgewartet werden. Bei dieser Ersterfassung flossen viele im Zuge dieser Arbeit erstellten Daten (einzuteilende Bauwerksarten, etc.) bereits mit ein. Die Erfassung selbst musste

aber zu großen Teilen über das Staatliche Bauamt Traunstein veranlasst und durchgeführt werden (Gefahren für die Straßen bei Geländebegehungen, Arbeitsschutz-rechtliche Aspekte, etc.).

b) Verwirklichung von Schutzmaßnahmen

Zu Beginn dieser Arbeit 2011 konnte auf lediglich 15 Projekte zurückgegriffen werden, um Problemfelder im Zusammenhang mit Schutzmaßnahmen gegen Naturgefahren herauszuarbeiten. Bei diesen Projekten handelte es sich zudem um Schutzmaßnahmen zu unterschiedlichen Prozessarten. Auch die Maßnahmenarten waren sehr unterschiedlich (betriebliche Maßnahme – Felsberäumungen, bauliche Maßnahmen - Zaunbauwerke, Wälle, Stahlbauwerke, etc.).

Eine Abschätzung, ob es sich dabei um singuläre, also nur an dieser Stelle bzw. Maßnahme auftretende Probleme, handelt, war kaum möglich. Im Laufe des Bearbeitungszeitraumes wurden weitere 100 Projekt umgesetzt und für ca. 50 neue Projekte die Planungen aufgenommen. Aufgrund dieser zusätzlichen Erfahrungen und Daten, lag zum Ende der Arbeit eine sehr verlässliche Auswertungsgrundlage vor, die eine objektive Betrachtung gewährleistete. Durch die systematische Analyse dieser Maßnahmen konnten Problemfelder erkannt und Vorgehensweisen definiert werden, die bei zukünftigen Projekten und Maßnahmen berücksichtigt werden sollten.

Katastrophenwinter 2018/19

Das 2019 aufgetretene Katastrophenszenario führte zwar zu keiner grundsätzlichen Verzögerung dieser Dissertation, erforderte jedoch sehr spät in der Bearbeitung nochmals eine eingehende Überprüfung einiger Aussagen. Der Katastrophenwinter 2018/19 führte zu einem sehr großen Erkenntnisgewinn im Bereich Lawinen. Viele Lawinendokumentationen der Lawinenwarnzentrale resultierten aus Ereignissen, die sehr weit in der Vergangenheit lagen (historische Rekonstruktion aus Bildern und Aufzeichnungen) oder aus dem sehr außergewöhnlichen Lawinenwinter 1999 (Galtür). Für viele Lawinen im Lawinenkataster gab es sogar nach Einschätzung von Experten die Aussage, dass die in der Gefahrenhinweiskarte ausgewiesenen Lawinenbahnen, wegen des zwischenzeitlichen Waldaufwuchses in den Transit- und Anrissbereichen, ihre kartierte Größe nicht mehr erreichen bzw. teilweise überhaupt nicht mehr auftreten könnten. Der Katastrophenwinter widerlegte diese Thesen in vielen Bereichen. Die starken Neuschneemengen innerhalb kurzer Zeit brachten neue, bisher nicht bekannte Lawenstriche (-arten) hervor oder bestätigten ausgewiesene Lawinenbahnen. Zudem lieferte der Katastropheneinsatz selbst wichtige Erkenntnisse im Hinblick auf die Anforderungen der Sicherheitskräfte und der Bevölkerung an das vorhandene Straßennetz bei solchen Katastrophenszenarien.

1.6 Methodik

Um die Auswirkungen von gravitativen Naturgefahren und die daraus resultierenden Schutzmaßnahmen auf ein überregionales Straßennetz zu erfassen und zu bewerten, wurden bestehende Daten aus unterschiedlichen Verwaltungen der Landkreise Berchtesgadener Land und Traunstein zusammengetragen und bewertet. In erster Linie wurden dabei folgende Daten genutzt:

- Die Gefahrenhinweiskarten des bayerischen Landesamtes für Umwelt - LfU (inkl. vorhandener Simulationen und Berechnungen die für die Erstellung dieser Karten verwendet wurden).
- Die Daten aus der Straßendatenbank (BAYSIS 2020) – Streckenstationierung, Verkehrszahlen, etc.)
- Die Bauwerksdatenbank für Ingenieurbauwerke an Straßen (BMV 2013, ASB-Ing 2013, BAST 2020 – Brücken, Stützmauern, Tunnel, etc.)

Zur Überprüfung der Daten wurden in den zuständigen Betriebsdiensten, Befragungen und Datenerhebungen durchgeführt und den Auswertungen der Daten aus den Ämtern gegenübergestellt.

Neben der Auswertung der vorhandenen Daten und Projekte wurde eine systematische Erfassung von Naturgefahrenereignissen entworfen und beim Staatlichen Bauamt Traunstein installiert (2011 – 2019 ca. 1.000 Ereignisse). Für diese Erfassung wurde eine Methode entwickelt, ein Erfassungsprogramm entworfen und eine Naturgefahren Datenbank erstellt. Durch die daraus gewonnenen Daten können Ergebnisse und Auswertungen überprüft und validiert werden.

Weil im Untersuchungsgebiet bisher keine Gefahren- oder Risikobetrachtung von gravitativen Naturgefahren zur Verfügung stand, musste eine Methode entwickelt werden, mit der eine umfangreiche Risikoanalyse des Straßennetzes durchgeführt werden kann. Dafür wurde zuerst ein in der Schweiz etabliertes Verfahren analysiert und bezüglich der in Bayern vorhandenen Daten und rechtlichen Rahmenbedingungen bewertet. Da die meisten der für diese Methode benötigten Grundlagedaten im Untersuchungsgebiet fehlen und rechtlich unterschiedliche Rahmenbedingung vorliegen, konnte sie auf das Untersuchungsgebiet nicht übertragen werden. Es musste somit ein neues System entwickelt werden, um mit den vorhandenen Daten, Gefahrenbereiche im Straßennetz hinsichtlich der jeweiligen Naturgefahrenprozesse abgrenzen und bewerten zu können. Dafür wurde als Standardinstrument eine Risikomatrix gewählt, welche es ermöglicht, Daten mit unterschiedlicher Qualität und Tiefe in ein einheitliches Bewertungssystem zu überführen.

Bei den Naturgefahrenuntersuchungen wurde zudem festgestellt, dass die im Untersuchungsgebiet vorhanden Sicherungsbauwerke weder erfasst (größtenteils nicht bekannt) sind noch Aussagen zu deren Zustand gemacht werden können. Es bedurfte somit eines grundlegenden neuen Ansatzes zur Erfassung aller vorhandenen Sicherungsbauwerke im Untersuchungsgebiet, eines Konzeptes für deren Kategorisierung und einer Methodik für ihre zukünftige Einbindung in die Naturgefahrenbewertung.

Um ein Gesamtkonzept für den zukünftigen Umgang mit Naturgefahren an Straßen zu entwickeln, war zudem eine Analyse bisheriger Projekte unumgänglich. Um herauszufinden wo und warum es bei der Umsetzung von Schutzmaßnahmen im Untersuchungsgebiet immer wieder zu Problemen und Verzögerungen kommt, wurden 65 umgesetzte Projekte und 27 aktuell laufende Planungen, sowie die jährlich wiederkehrenden Unterhaltungsarbeiten im Bereich Georisiken des Staatlichen Bauamtes Traunstein (zwischen 2013 – 2019, ca. 150 Maßnahmen) mit einer Kostensumme von insgesamt ca. 127 Mio. € zusammengetragen und analysiert. Basierend auf den hieraus gewonnenen Erkenntnissen, wurden Problemfelder herausgearbeitet, die maßgeblichen Einfluss bei der Genehmigung und Realisierung von Maßnahmen zum Schutz der Straße vor Naturgefahren hatten. Für die verschiedenen Themenfelder wurden Kennwerte gebildet, die bei einem zukünftigen Gesamtkonzept Naturgefahren im Streckennetz berücksichtigt werden müssen, um die Erhaltung, Erneuerung und Funktionstüchtigkeit des überregionalen Streckennetzes dauerhaft und umfangreich sicherzustellen. Es wurde für jeden Kennwert ein Verfahren entwickelt mit dem eine Bewertung des Kennwertes erfolgen kann. Da auch hier Daten mit sehr unterschiedlicher Qualität vorlagen und ins Verhältnis gesetzt werden mussten, um ein einheitliches Bewertungssystem zu erhalten, wurde dabei nochmals auf das System der Bewertungsmatrix zurückgegriffen.

Zum Schluss der Arbeit wird mittels einer Darstellung der Kennwerte und der Risiken aus der Naturgefahrenanalyse anhand von Diagrammen ein Auswertungsmechanismus vorgestellt, der es erleichtert ein Gesamtkonzept für den strategischen Umgang mit Naturgefahren am bestehenden übergeordneten Straßennetz zu entwickeln.

2 Beschreibung des Objektgebietes

2.1 Allgemeines

Das Untersuchungsgebiet des Projektes umfasst die beiden südlich der Autobahn A8 gelegenen Bereiche der Landkreise Traunstein (Lkr. TS) und Berchtesgadener Land (Lkr. BGL).

Im Osten bzw. Süden grenzen die beiden Bereiche an die tourismusstarken österreichischen Bundesländer Salzburg mit den Bezirken Salzburg mit Umgebung (Flachgau), Hallein (Tennengau), Sankt Johann (Pongau), Zell am See (Pinzgau) und Tirol mit dem Bezirk Kitzbühl an. Den westlichen Abschluss des Untersuchungsgebietes bildet der Landkreis Rosenheim (Abb. 2).

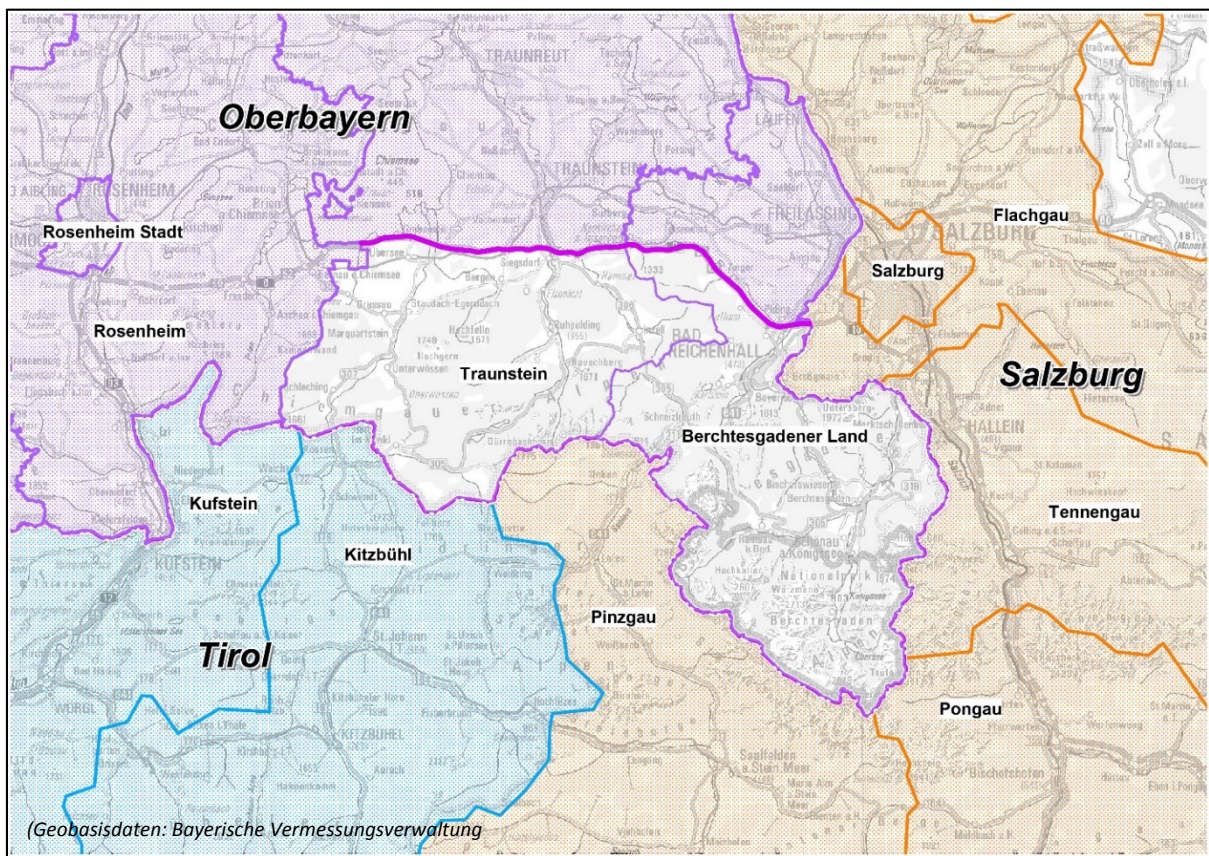


Abb. 2: Übersichtsplan mit den angrenzenden Landkreisen und Regionen des Projektgebietes (STBA TS 2019)

2.2 Gemeinden, Bevölkerungsstärke, Tourismus und Wirtschaftskraft

Zum Untersuchungsgebiet gehören elf Gemeinden des Landkreises TS, acht Gemeinden des Landkreises BGL, die Stadt Bad Reichenhall, sowie die gemeindefreien Gebiete der Landkreise (Abb. 3).

Die beiden Landkreise weisen zusammen eine Fläche von 2.374 km² (Lkr. TS: 1.534 km²; Lkr. BGL: 840 km²) auf. Zum Untersuchungsgebiet gehören durch die Gemeindeflächen 1.174,6 km² (= 49 % der Gesamtfläche der Landkreise) (Tab. 1). Die etwas größere Fläche des Untersuchungsgebietes mit 630,4 km² liegt im Landkreis Traunstein, die mit 544,2 km² ein wenig kleinere Fläche im Landkreis Berchtesgadener Land (Bayerisches Landesamt für Statistik 2019).

Tab. 1: Übersicht Gemeindegrößen des Projektgebietes (südlicher Landkreis Traunstein / Berchtesgadener Land)

| Gemeinden Lkr. TS | | in [km ²] | Gemeinden Lkr. BGL | | in [km ²] |
|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------|
| 1 | Bergen | 36,9 | 1 | Bad Reichenhall, GKSt | 39,4 |
| 2 | Grassau, M | 35,8 | 2 | Bayerisch Gmain | 11,4 |
| 3 | Inzell | 45,4 | 3 | Berchtesgaden, M | 35,6 |
| 4 | Marquartstein | 13,4 | 4 | Bischofswiesen | 34,5 |
| 5 | Reit im Winkl | 71,0 | 5 | Marktschellenberg, M | 17,7 |
| 6 | Ruhpolding | 147,8 | 6 | Piding | 17,6 |
| 7 | Schlechting | 45,2 | 7 | Ramsau b. Berchtesgaden | 129,2 |
| 8 | Siegsdorf | 57,0 | 8 | Schneizreuth | 97,6 |
| 9 | Staudach-Egerndach | 19,3 | 9 | Schönau a. Königssee | 131,7 |
| 10 | Übersee | 30,5 | 10 | Gemeindefreie Geb. BGL | 29,6 |
| 11 | Unterwössen | 41,3 | | | |
| 12 | Gemeindefreie Geb. TS | 86,8 | | | |
| Gesamt Lkr. Traunstein: | | 630,40 | Gesamt Lkr. Berchtesgadener Land: | | 544,21 |

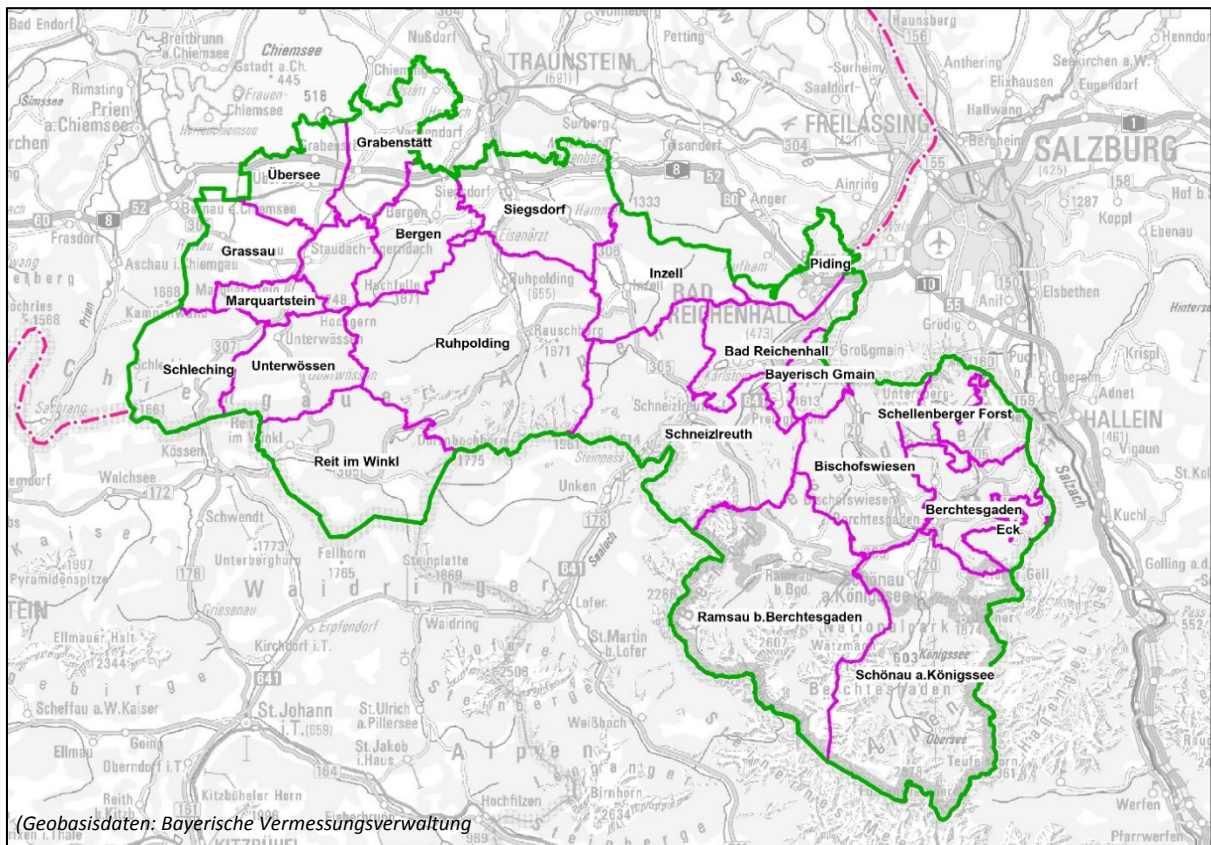


Abb. 3: Übersicht der Gemeinden des Projektgebietes (südlicher LK Traunstein und Berchtesgadener Land, STBA TS 2019)

Im Untersuchungsgebiet leben über 100.000 Menschen. Einer der wichtigsten Wirtschaftsfaktoren der Kommunen ist der Tourismus. Mit über 4,68 Mio. Gästeübernachtungen in den Beherbergungsbetrieben erreichten sie 2018 nahezu ebenso viele Übernachtungen wie Nürnberg und Regensburg zusammen (= 4.71 Mio. Übernachtungen). Die Kommunen weisen zusammen eine Finanzkraft (Tab. 2) von über 58 Mio. € auf (Bayerisches Landesamt für Statistik 2019).

Tab. 2: Übersicht Grunddaten der Gemeinden (Einwohner, Übernachtungszahlen, Finanzstärke) 2018

| Kommunen im Untersuchungsgebiet | | Einwohnerzahlen | Gästeankünfte in Beherbergungsbetrieben | | Gästeübernachtungen in Beherbergungsbetrieben | | Finanzkraft (Gemeinden) |
|---------------------------------|-------------------------|-----------------|---|-------------|---|-------------|-------------------------|
| | | Anzahl | Anzahl | [% d. Lkr.] | Anzahl | [% d. Lkr.] | EUR |
| 1 | Bad Reichenhall | 18.182 | 8.696 | 17 % | 620.192 | 13 % | 10.931.147 |
| 2 | Bayerisch Gmain | 3.102 | 1.552 | 3 % | 208.197 | 4 % | 1.784.862 |
| 3 | Berchtesgaden | 7.816 | 3.821 | 8 % | 611.544 | 13 % | 4.320.176 |
| 4 | Bischofswiesen | 7.415 | 3.631 | 7 % | 200.792 | 4 % | 4.206.722 |
| 5 | Marktschellenberg | 1.789 | 918 | 2 % | 29.196 | 1 % | 999.172 |
| 6 | Piding | 5.448 | 2.631 | 5 % | 60.647 | 1 % | 2.887.564 |
| 7 | Ramsau b. Berchtesgaden | 1.732 | 900 | 2 % | 249.054 | 5 % | 939.795 |
| 8 | Schneizlreuth | 1.313 | 661 | 1 % | 22.321 | 0 % | 816.189 |
| 9 | Schönau a. Königssee | 5.578 | 2.706 | 5 % | 733.100 | 16 % | 3.153.938 |
| 10 | Gemeindefreie Geb. BGL | | | | | | |
| 11 | Bergen | 4.923 | 2.394 | 5 % | 46.732 | 1 % | 2.712.534 |
| 12 | Grassau, | 6.878 | 3.385 | 7 % | 100.466 | 2 % | 3.757.140 |
| 13 | Inzell | 4.829 | 2.393 | 5 % | 521.092 | 11 % | 2.491.221 |
| 14 | Marquartstein | 3.275 | 1.557 | 3 % | 102.544 | 2 % | 1.840.521 |
| 15 | Reit im Winkl | 2.321 | 1.168 | 2 % | 430.544 | 9 % | 1.428.176 |
| 16 | Ruhpolding | 7.081 | 3.449 | 7 % | 409.445 | 9 % | 3.647.768 |
| 17 | Schleching | 1.808 | 886 | 2 % | 31.562 | 1 % | 1.007.907 |
| 18 | Siegsdorf | 8.378 | 4.163 | 8 % | 100.523 | 2 % | 5.905.663 |
| 19 | Staudach-Egerndach | 1.164 | 586 | 1 % | 25.000 | 1 % | 605.569 |
| 20 | Übersee | 5.039 | 2.475 | 5 % | 129.628 | 3 % | 2.716.134 |
| 21 | Unterwössen | 3.577 | 1.745 | 4 % | 72.567 | 2 % | 2.026.200 |
| 22 | Gemeindefreie Geb. TS | | | | | | |
| | | 101.648 | 49.717 | 100% | 4.705.146 | 100 % | 58.178.398 |

Nur sechs dieser Gemeinden sind über Nebenlinien mittels einer Bahnstrecke zu erreichen. Alle anderen Gemeinden sind wirtschaftlich als auch touristisch auf ein funktionierendes Straßennetz angewiesen. Auch der öffentliche Personennahverkehr (inkl. Schülertransport, etc.) findet im Untersuchungsgebiet nahezu ausschließlich über das bestehende Straßennetz statt. Änderungen sind nicht geplant.

2.3 Geologischer Rahmen

Geologischer Rahmen im südlichen Landkreis Traunstein und Berchtesgadener Land

Die Gesteine im Untersuchungsgebiet lassen sich im Grunde in fünf tektonische Einheiten einteilen, die Molasse (Vorlandmolasse), das Helvetikum und das Ultrahelvetikum, sowie die Sedimente des Rhenodanubischer Flysch auf den vom Süden her die nördlichen Kalkalpen (das Kalkalpin) überschoben wurde (Abb. 4).

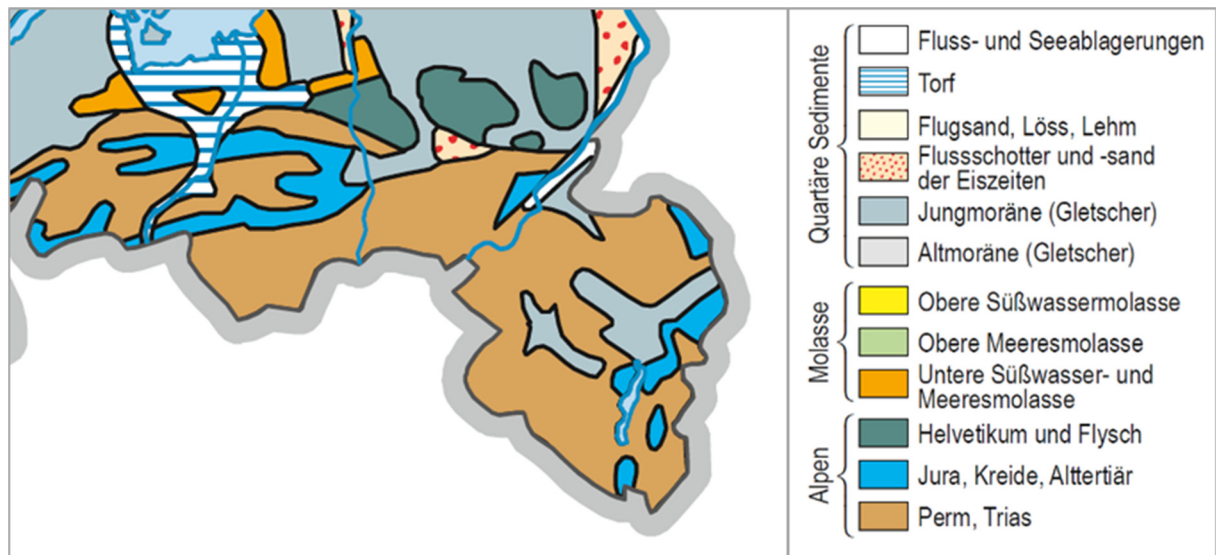


Abb. 4: Geologische Übersicht – Bayerisches Landesamt für Umwelt (LFU 2016)

Die Molasse bzw. Vorlandmolasse besteht überwiegend aus quartären Lockergesteinsablagerungen wie Kiesen und Sanden (die teilweise zu Konglomeraten wie Nagelfluh verbacken sind), sowie Lehmen und Tonen.

In den nördlichen Gemeinden des Untersuchungsgebietes steht das Helvetikum und das Ultrahelvetikum an. Die Sedimente des Helvetikums sind dabei hauptsächlich mergelig und kalkig zusammengesetzt, die Gesteine des Ultrahelvetikums bestehen überwiegend aus Tonen und Mergeln.

An das Helvetikum schließen südlich die Sedimente des Rhenodanubischen Flyschs an. Er kann in die vorwiegend durch Mergeln, Kalk-Mergel-Wechselfolgen und in die von Sandsteinen dominierte Gesteinsgruppen unterteilt werden.

Von Süden her wurden die Nördlichen Kalkalpen tektonisch über den Rhenodanubischen Flysch geschoben und können im Norden in die Lechtal-Decke und das Tirolikum der Staufen-Höllengebirgsdecke unterteilt werden.

Im nördlichen Bereich des Tirolikums kommen dabei überwiegend Wettersteinkalk, Raibler Schichten und Hauptdolomit vor, in denen Sedimentgesteine, Kalke und Dolomite überwiegen.

Im Süden folgen die tirolischen Gebirgsstöcke von Reiter-Alm, Lattengebirge und Untersberg sowie die Kernzone der Berchtesgadener Alpen.

Dazwischen befindet sich im Bereich der Saalach und im Raum Ramsau, Schönau, Berchtesgaden bis Markt Schellenberg ein Bereich, der als sog. „Hallstattmelange“ bezeichnet wird. Dieses Mischgestein besteht überwiegend aus dem tiefreichenden, Salz führenden Haselgebirge. Neben dem Salz kommen darin auch Tone, Tonmergel, Anhydrit und Gips vor.

In dieser „Melange“ stecken immer wieder Einzelkomponenten aus Hallstätter Kalken und Dolomiten. Die beschriebenen Festgesteine werden im Untersuchungsgebiet großflächig von quartärem Lockergestein überlagert. Es handelt es sich dabei um sandige Kiese, Sande und Schluffe. Besonders große quartäre Ablagerungen finden sich im Reichenhaller Becken.

Das Lockergestein, in Verbindung mit Hang- und Verwitterungsschutt bilden die Grundlage weiter Teile des entstandenen Landschaftsreliefs. Lokal haben sich Hang- und Verwitterungsschutt mit Schwemm- und Murkegel vermischt und bestimmen so die Mächtigkeit der jeweiligen Lockergesteinsschichten.

Detaillierte Informationen zum geologischen Aufbau im Untersuchungsgebiet finden sich in der digitalen Geologischen Karte Bayern (1:25.000, BAYERN ATLAS) und in den Erläuterungen zur geologischen Karte (Risch 1993).

2.4 Überregionales Straßennetz (Bundes-, Staats- und Kreisstraßen)

Sieben Bundesstraßen, acht Staatsstraßen und 17 Kreisstraßen bilden das überregionale Streckennetz im Untersuchungsgebiet (Abb. 5). Sie erschließen und verbinden die Städte, Märkte und Gemeinden dieser Alpenregion untereinander und mit den umliegenden Städten und Regionen. Zudem sind sie wichtige Durchgangsrouten und Verbindungsstrecken im transeuropäischen Straßennetz (TEN). Die gesamte Länge des überregionalen Streckennetzes beträgt 377 km (BAYSIS 2019).

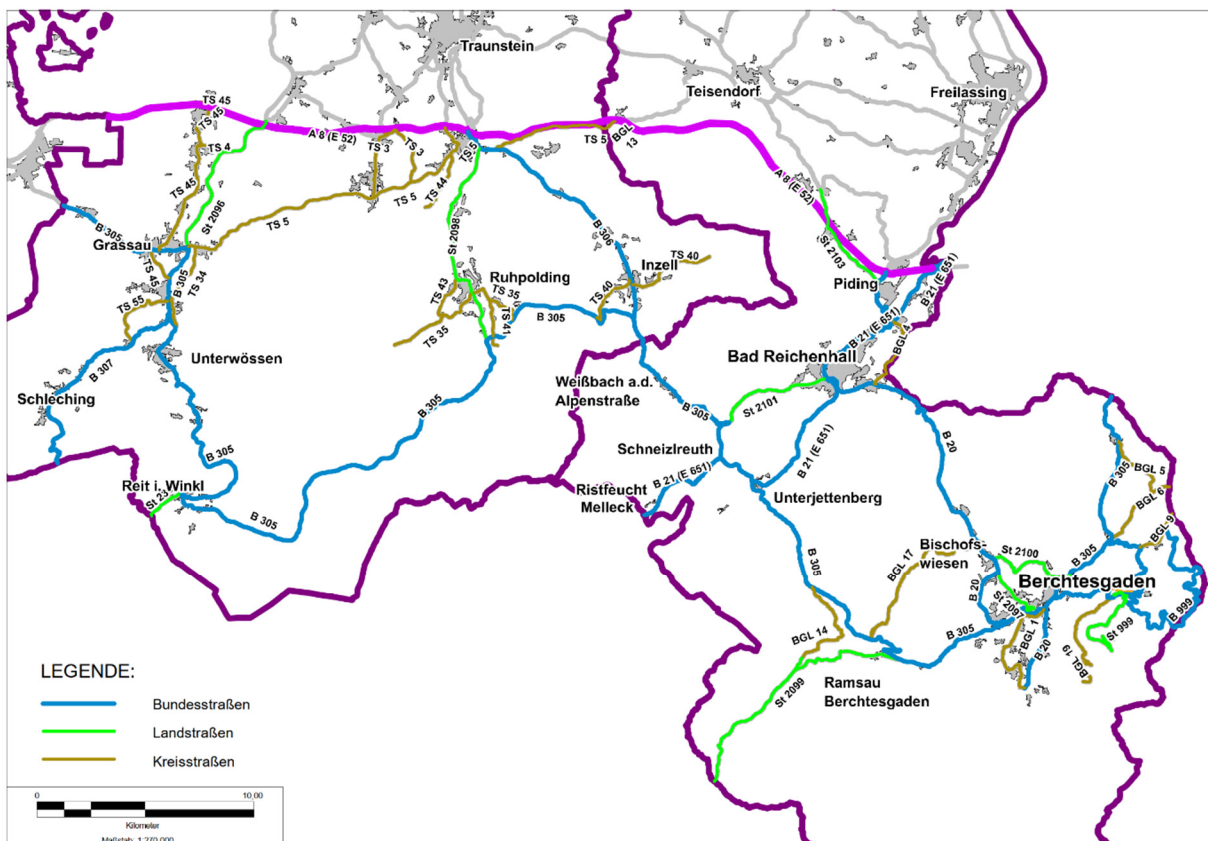


Abb. 5: Überregionales Straßennetz im Untersuchungsgebiet (BAYSIS 2019)

Auf den 14 überregionalen Straßen die in das Gebiet hinein bzw. hinausführen, findet ein durchschnittlicher täglicher KFZ-Verkehr (DTV) von ca. 116.000 KFZ/24 h (Verkehrsmengenkarte Staatliches

Bauamt Traunstein - DTV 2015) statt. Ca. 5 % des Fahrzeugaufkommens ist dabei dem Schwerverkehr zuzurechnen (BASt 2015).

Das zentrale Funktionsnetz des Untersuchungsgebietes bilden vor allem folgende vier Bundesstraßen:

B 20: Die B20 startet in der Gemeinde Schönau am Königssee und führt über Bad Reichenhall und Piding (wo sie die Autobahn A8 kreuzt) in den nördlichen Landkreis des Berchtesgadener Landes. Von dort führt sie über den Landkreis Altötting nach Niederbayern und in die Oberpfalz und endet an der tschechischen Grenze bei Furth im Wald. Zwischen Piding und Bad Reichenhall ist sie mit einem DTV von 26.281 Kfz/24h die am stärksten belastete Straße im Untersuchungsgebiet. Sie ist die zentrale Verbindungsstraße in den inneren Landkreis des Berchtesgadener Landes und die östlichste der drei Nord/Süd-Verbindungen im Untersuchungsgebiet.

B 21: Die B21 beginnt am Grenzübergang nach Melleck (Gde. Schneizlreuth) und führt über Bad Reichenhall zur Autobahn A8 (Grenze zu Österreich/Walserberg). Sie ist Teil des sogenannten Kleinen Deutschen Ecks – also der direkten Verbindung zwischen den Autobahnen A1(Ö-West-autobahn) und A10(Ö-Tauernautobahn) in Salzburg und der A12(Ö Inntal Autobahn) in Tirol Richtung Innsbruck und Brenner.

B 305: Die B 305 wird auch als Deutsche Queralpenstraße bezeichnet. Sie führt von Lindau am Bodensee bis zur Landesgrenze nach Österreich bei Marktschellenberg im Berchtesgadener Land. Sie ist die Zentrale Ost/West-Verbindung im Untersuchungsgebiet und Haupterschließungsstraße für elf Tourismusgemeinden im Untersuchungsgebiet.

B 306: Die Bundesstraße 306 ist Teil der zweiten, zentralen Nord-/Süd-Verbindung im Untersuchungsgebiet. Sie führt von der großen Kreisstadt Traunstein kommend über die A8 (bei Siegsdorf) ins Untersuchungsgebiet, wo sie in Inzell in die B305 einmündet.

Neben diesen vier Bundesstraßen sind es vor allem noch

- die B 307 zwischen der Landesgrenze in Schleching und Marquartstein,
- die St 2096 zwischen A8 und Grassau,
- die St 2098 zwischen Siegsdorf und Ruhpolding und
- die St 2101 zwischen Weißbach und Bad Reichenhall,

welche durch eine Verbindung der Haupttrouten die flächige Erschließung des Untersuchungsgebietes sicherstellen. Alle weiteren Bundes-, Staats- und Kreisstraßen sind oftmals Stichstraßen, die einzelne Gemeinden oder Gemeindeteile mit dem oben aufgeführten Hauptnetz verbinden.

Die meisten Straßen sind geprägt durch teilweise starke Gefälle- bzw. Steigungsstrecken (bis zu 24 % an der B 318) und bewegen sich dabei zwischen ca. 500 m und 1.600 m ü. NN.

2.5 Entstehung, Ausbau- und Straßenzustand

Entscheidend dafür wie stark Verkehrswege im alpinen Bereich Naturgefahren ausgesetzt sind, ist die Trassenwahl. Sie wurde früher wie heute nur teilweise durch geologische, topographische, technische und wirtschaftliche Überlegungen bestimmt. Während früher oft ideologische, politische oder militärische Überlegungen eine zentrale Rolle spielten, sind es heutzutage touristische oder naturschutzrechtliche Vorgaben, die einen Straßenverlauf bestimmen. Dies hat zur Folge, dass Straßen nicht immer dort und immer so entstehen, wie es verkehrs- oder sicherheitstechnisch am besten wäre. Vor

allem bei der Errichtung der Bundesstraßen wurden in der NS-Zeit Schwerpunkte gesetzt, die bereits beim Bau für große Probleme sorgten und inzwischen im täglichen Betrieb der Strecken zu einer großen Herausforderung wurden.

Beispiel: Bau der Deutschen Alpenstraße 1933 – 1939

Während der NS-Diktatur von 1933 bis 1939 hatte der Bau von Bergstraßen im Untersuchungsgebiet Hochkonjunktur. Die Idee zum Bau einer Deutschen Alpenstraße entstand zwar bereits im Ersten Weltkrieg, aber erst die Nationalsozialisten nahmen dieses publikumswirksame Projekt in Angriff. Ziel war es, eine touristische Straße durch die Bayerischen Alpen (vom Bodensee bis zum Königssee) mit modernsten Bauverfahren und Bauwerken sowie durch schwierigstes Gelände zu errichten (Abb. 6).

Im ersten Teil der Strecke, von Lindau bis zum Tegernsee, wurden dabei noch vorhandene Wege und Straßen genutzt und ausgebaut. Der zweite Teil der geplanten Strecke im Bereich des Chiemgaus, über die 1470 m hohe Kampenwand, kam über das Planungsstadium nicht hinaus. Realisiert wurde jedoch der dritte und letzte Teil dieser Deutschen Alpenstraße. Er führt von Reit im Winkel über Ruhpolding, Inzell, Unterjettenberg, und Ramsau nach Berchtesgaden mit Abzweigungen auf den Obersalzberg, die Rossfeldpanoramastraße (1.600 m ü. NN) und die Straße zum Kehlstein (1837 m ü. NN) als Abschluss dieses Mammutprojektes (Abb. 7 u. 8).

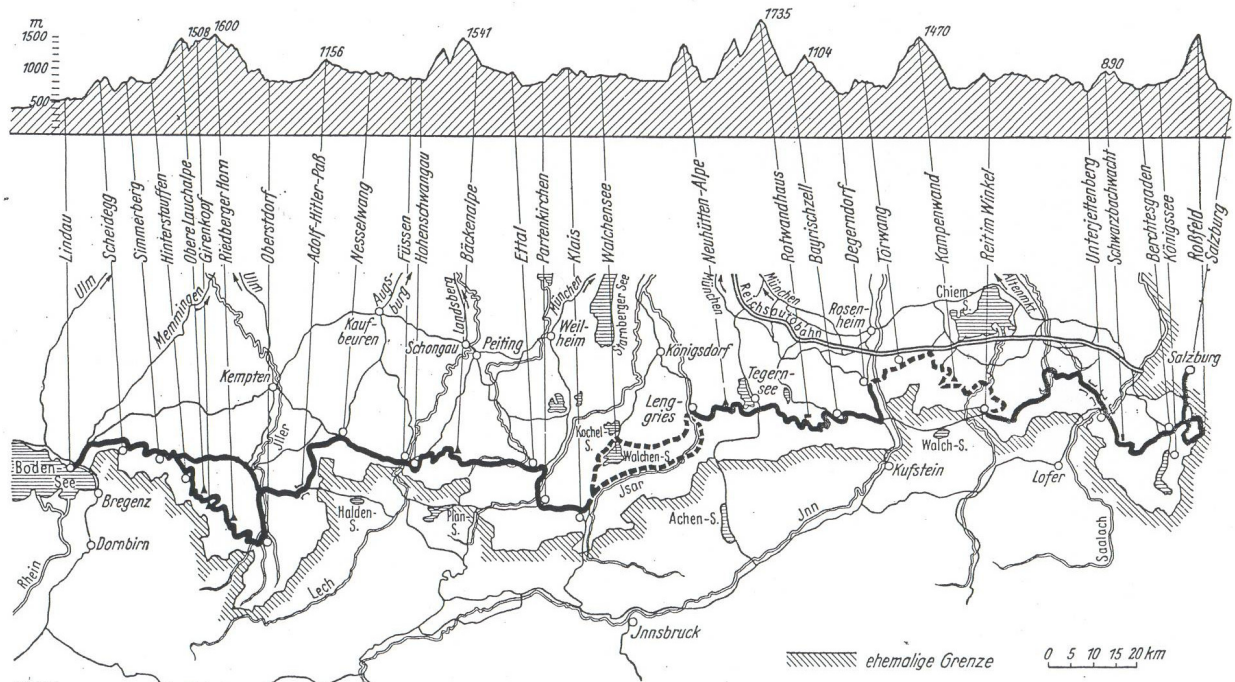


Abb. 6: Lageplan und Längsschnitt der geplanten deutschen Alpenstraße (Anonymus, VDI – Zeitschrift Sept. 1939)

Anders als im ersten Teil der Strecke konnte man in diesem Abschnitt nur sehr bedingt auf bestehende Straßen zurückgreifen. Mit einem unvorstellbaren personellen und materiellen Aufwand (Abb. 9-12) wurden zwischen 1933 -1939 diese Straßen gebaut. Dabei wurden steile, steinschlag- und lawinengefährdete Hangflanken mit großen Felsböschungen (bis 50 m Höhe) oder riesigen Stützmauern durchschnitten. Rutschungsbereiche wurden überfahren oder mit Schutzmauern gesichert, Talquerschnitte und Wildbäche mit oder ohne Bauwerke überquert. Was technisch möglich war wurde ausgereizt.



Abb. 7: Bau der Kehlsteinstraße



Abb. 8: Fertiggestellter Abschnitt der Deutschen Alpenstraße (StBA TS-Bildarchiv)

Gefahren bzw. Risiken aus der Geologie oder der Topographie des Geländes wurden vielfach ausgeblendet. Geld für den Bau oder die spätere Unterhaltung der Bauwerke schien keine Rolle zu spielen. Wichtig waren die Bauzeit und die Außenwirkung bzw. der Eindruck einer technischen Überlegenheit der Straße und deren Erbauer gegenüber den Vorgaben der Natur.

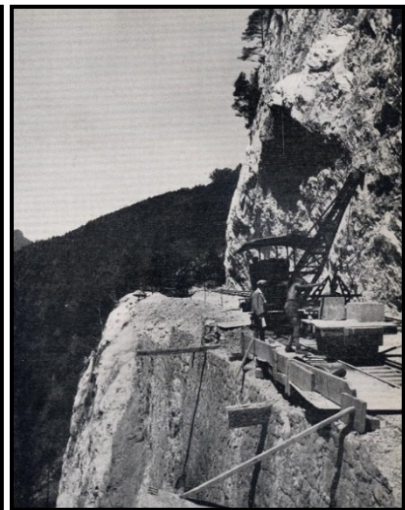


Abb. 9 - 12: Bau der Deutschen Alpenstraße B 305 und der Rossfeldpanoramastraße 1933 -1939 (StBA TS-Bildarchiv).

Durch diese Straßenbaumaßnahmen wurde das Untersuchungsgebiet erstmalig voll erschlossen. Während sich der Verkehr von maximal einigen hundert Fahrzeugen kurz nach Fertigstellung der Straße auf bis zu ca. 20.000 KFZ/24h bis heute vervielfachte (Abb. 13 u. 14), hat sich die Lage, der Ausbauzustand der Straßen und der Bauwerksbestand kaum verändert. Trassierung, Straßenquerschnitt, Bauwerke und Entwässerungseinrichtungen entsprechen noch heute großteils dem Stand von 1939. Die Straßen sind die Lebensadern der Region. Sie erschließen die Ortschaften entlang der Strecken, sind touristische Anziehungspunkte und Transitrouten im Europäischen Straßennetz. Durch die hohen umwelttechnischen Vorschriften und Auflagen sind Änderungen der Trassen nahezu unmöglich geworden.

Wenn man bedenkt, dass für die meisten der grundlegenden Bauwerksbestandteile eine Lebensdauer zwischen 60-80 Jahre (z.B. Entwässerungen) bzw. 80-100 Jahre (z.B. Betonbauwerke wie Brücken und Stützmauern) anzusetzen ist, kann man erahnen welcher Sanierungsbedarf in den nächsten Jahren zu erwarten ist.



Abb. 13: Verkehrssituation 1939



Abb. 14: Verkehrssituation 1997 (StBA TS - Bildarchiv)

Durch die Inkaufnahme von Georisiken zum Zeitpunkt des Baus der Straßen, dem enormen Erhaltungsrückstand, sowie durch die stark gestiegenen Anforderungen (Zunahme des Verkehrs, natur- und wasserschutzrechtliche Auflagen, usw.), kommt in den nächsten Jahren eine große Zahl an Problemen und Herausforderungen auf die verantwortlichen Straßenbaulasträger zu.

Bei Umfahrestrecken zwischen 50 und 150 km, die bei Streckensperrungen keine Seltenheit sind, muss ein Konzept gefunden werden, das es ermöglicht die unterschiedlichen Anforderungen abzuwägen und verträgliche Lösungen zu finden, um die Sicherheit und die Funktion der Straßen auch weiterhin zu gewährleisten. Ein zentraler Punkt wird dabei der Umgang mit den Naturgefahren im Streckennetz sein.

2.6 Auftretende Naturgefahren im Untersuchungsgebiet

Viele der genannten Strecken sind von Naturgefahren bedroht. Diese Gefahren können in verschiedene Prozessarten unterteilt werden. Eine der umfangreichsten und zielführendsten Aufgliederung befindet sich im schweizerischem Leitfaden – Risikokonzept für Naturgefahren (PLANAT & BAFU 2009). In Teil B Anwendung des Risikokonzeptes (PLANAT 2009) werden zehn Prozessarten unterschieden und charakterisiert. Es sind die Prozesse Sturz, Hochwasser, Murgang, Lawine, spontane Rutschung /

Hangmuren, permanente Rutschung, Erdbeben, Sturm, Hagel und Hitzewelle. Die erstgenannten sechs Prozesse werden dabei als gravitative Naturgefahren bezeichnet. Sie nehmen in der Schweiz bei der Gefahren- und Risikobetrachtung von Straßen eine zentrale Rolle ein. Da der Leitfaden der schweizerischen Eidgenossenschaft international das zentrale Werk für eine Behandlung von Naturgefahren darstellt und für viele internationale Untersuchungen als Basis verwendet wird, wird auch für diese Arbeit bei der Charakterisierung der maßgebenden Prozesse grundsätzlich darauf zurückgegriffen. Da in manchen Prozessen jedoch von der Größendefinition dieses Leitfadens abgewichen und stattdessen die Größendefinitionen des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (LfU) verwendet wird, werden die in dieser Arbeit betrachteten Prozessarten und ihre Definition im Folgenden noch einmal aufgeführt und die geänderten Größendefinitionen benannt.

2.6.1 Sturzprozesse

Bei Sturzprozessen handelt es sich um schnelle Massenbewegungen, bei denen das durch Trennflächen (Schicht-, Schieferungs-, Kluft- oder Bruchflächen) aus dem Gebirgsverband ausgebrochene Material der Schwerkraft folgend (häufig in der Luft) talwärts stürzt. Diese Sturzprozesse werden entsprechend der Bruchformen in folgende Kategorien eingeteilt:

Stein- und Blockschlag:

Von Steinschlag wird bei Stürzen von Steinen mit einem Durchmesser kleiner als 50 cm gesprochen. Ein Blockschlag bezeichnet Stürze von Blöcken mit einem Durchmesser grösser als 50 cm. Die Sturzeschwindigkeiten liegen beim Stein- und Blockschlag im Bereich von 5 bis 30 m/s (Lateltin et al. 1997).

Felssturz:

Bei einem Felssturz löst sich ein mehr oder weniger fragmentiertes, größeres Gesteinspaket aus einem Felsverband und stürzt ab. Das Volumen liegt in der Regel zwischen 100 und 100'000 m³ pro Ereignis. Die Transportgeschwindigkeiten liegen meist zwischen 10 und 40 m/s (Lateltin et al. 1997).

Im Rahmen dieser Arbeit werden abweichend zu oben gemachten Angaben die Größendefinitionen des LfU für Steinschlag (<1m³), Blockschlag (1m³-10m³) und für Felsstürze (>10m³) verwendet (LfU 2013a u. 2018).

Sturzprozesse können in drei Teilbereiche gegliedert werden: Ausbruchgebiet, Transit- und Ablagerungsgebiet. Sie haben durch ihre hohen Geschwindigkeiten eine hohe Zerstörungskraft. So kann bereits ein Steinschlag mit einem kleineren Stein für eine Person tödlich sein. Größere Steine und Blöcke haben auf ihrer Sturzbahn generell eine hohe Zerstörungskraft, die erst beim Ausrollen kurz vor dem Stillstand abnimmt. Bei Felsstürzen führen die großen Massen zu Überschüttungen und zu Zerstörungen und Geländeänderungen auf größeren Flächen (PLANAT 2008, Winkler et al. 2009).

2.6.2 Hochwasser

Als Hochwasser wird der Zustand in einem Gewässer bezeichnet, bei dem der Wasserstand oder der Abfluss einen bestimmten (Schwellen-) Wert erreicht oder überschreitet (PLANAT 2008).

Hinsichtlich der Auswirkungen wird Hochwasser in die Kategorien Überschwemmung, Ufererosion und Übermuring unterteilt, wobei der Prozess «Übermuring» separat unter dem Punkt Murgang behandelt wird.

Der Prozess Überschwemmung kann hinsichtlich seiner Charakteristik weiter unterschieden werden in (Loat & Petrascheck 1997):

Statische Überschwemmung:

Das Wasser fließt sehr langsam und der Anstieg des Wassers außerhalb des Gerinnes verläuft meist auch sehr langsam. Der maßgebende Schadensparameter ist die maximale Überschwemmungstiefe. Für das Ausmaß der Schäden ist die Anstiegsgeschwindigkeit des Wassers, die Mächtigkeit der Feststoffablagerungen und die Überschwemmungsdauer maßgebend.

Dynamische Überschwemmung:

Der Prozess ist durch hohe Fließgeschwindigkeiten gekennzeichnet. Er tritt entlang von geneigtem Gelände auf. Die Gefährdung erfolgt vor allem durch den Strömungsdruck. Durch seine Wucht kann eine dynamische Überschwemmung Menschen und Material mit sich reißen und Bauwerke zerstören. Durch Ufer- und Tiefenerosion können entlang von Gewässern Verkehrswege, Gebäude, Infrastruktur und Brücken unterspült werden und einstürzen. Die maßgebenden Schadensparameter sind die mittlere Fließgeschwindigkeit und die Wassertiefe. Nach Abfluß des Wassers bleiben ggf. grobkörnige Ablagerungen zurück. Der Prozess ist weniger auf das Gerinne beschränkt und kann sehr große Flächen betreffen (Winkler et al. 2009, PLANAT 2008).

2.6.3 Murgang

Ein Murgang ist ein breiartiges, oft schnell fließendes Gemenge aus Wasser und Feststoffen (Sand, Kies, Steine, Blöcke, Holz) mit einem hohen Feststoffanteil von circa 30 bis 60 %. Murgänge treten in sehr steilen Wildbachgerinnen mit einer Neigung von mindestens 25 bis 30 % auf. Sie können das Gerinne verlassen und sich dabei seitlich ausbreiten.

Ein Murgang kann große Geschiebe- und Geröllmassen (Blöcke von mehreren m³ Volumen, Baumstämme, Autos, usw.) umlagern und besitzt dadurch ein erhebliches Zerstörungspotential. Sie können neben Gebäuden, Verkehrsachsen und Infrastruktur auch Personen gefährden (Romang & Bründl 2009, PLANAT 2008).

2.6.4 Lawine

Eine Schneelawine ist die schnelle Massenbewegung von abgelagertem Schnee mit einem Volumen von mehr als 100 m³ und einer Länge von mehr als 50 Metern (SLF 2008). Lawinen können hinsichtlich ihrer Bewegung in Fließlawinen und Staublawinen unterteilt werden. Treffen Lawinen auf ein Hindernis können durch die auftretenden starken Druckkräfte Gebäude und Infrastruktur zerstört werden. Durch den Transport von Bäumen und Steinen kann sich die zerstörerische Wirkung von Lawinen noch erhöhen.

Neben Schneelawinen kann auch Eis (z.B. von Hängegletscher) als Lawine zu Tal gehen. Eislawinen können ihrerseits Lawinen auslösen und stürzen dann als kombinierte Eis-/ Schneelawinen herab (Bründl & Romang 2009).

2.6.5 Rutschungen

Rutschungen können sich an mäßig bis steil geneigten Hängen vor allem zwischen 10° und 40° ereignen. Für die Beurteilung der Rutschungen wurde (Lateltin et al.1997) eine Studie an die Arbeitsgruppe Geologie und Naturgefahren der Schweizerischen Fachgruppe für Ingenieurgeologie (SFIG), in Auftrag gegeben. Diese Studie zeigt eine Möglichkeit, die komplexen Rutschprozesse differenziert zu beurteilen (SFIG 2004, BAFU 2016a).

Spontane Rutschungen:

Bei spontanen Rutschungen handelt es sich um plötzlich und schnell abgleitende Massen. Es sind Lockergesteinsmassen, die infolge eines plötzlichen Verlustes der Scherfestigkeit unter Ausbildung einer Bruchfläche (=Gleitfläche) schnell abgleiten. Meist sind es flach- bis mittelgründige Translations-

oder Rotationsrutschungen. Bei einem hohen Wasseranteil können daraus auch Hangmuren entstehen. An der übersteilen Stirn einer permanenten Rutschung bilden sich oft weitere spontane Rutschungen, die auch als „Sekundärrutschungen“ bezeichnet werden können. Bei spontanen Rutschungen bilden sich stets neue Bruchflächen (Krummenacher & Tobler 2009).

Hangmuren oder Hanganbrüchen:

Bei Hangmuren handelt es sich um ein relativ rasch abfließendes Gemisch aus Lockergestein (meist nur der Boden) und Wasser (Krummenacher & Tobler 2009).

Permanente Rutschungen:

Permanente Rutschungen sind meist tiefgründige Rotations- oder Translationsrutschungen, die sich kontinuierlich und gleichmäßig über lange Zeiträume hangabwärts bewegen. Die Bewegungen erfolgen meist längs, entlang mehr oder weniger deutlich ausgebildeter, bestehender Gleitflächen (Krummenacher & Franciosi 2009).

Hangkriechen:

Bei Hangkriechen handelt es sich um langsame über längere Zeiträume anhaltende Verformungen im Lockergestein oder Fels. Dabei finden bruchlose, kontinuierliche Verformungen auf zahlreichen Kleinsttrennflächen statt.

Innerhalb von permanenten Rutschkörpern bilden sich meist Bereiche mit mehr oder weniger ausgeprägtem Hangkriechen (Krummenacher & Franciosi 2009) .

3 Vorstellung des Schweizer Konzeptes

In Europa gibt es derzeit keine einheitliche Vorgehensweise wie mit gravitativen Naturgefahren an Straßen oder sonstiger Infrastruktur umgegangen wird. Die umfanglichste Strategie existiert wohl in der Schweiz. Hier hat sich in den letzten Jahren beim Umgang mit gravitativen Naturgefahren ein risikobasierter Lösungsansatz etabliert. Dabei wird ein allgemeingültiger methodischer Ansatz gewählt, der den Ablauf bei der Beurteilung von Sicherheitsproblemen strukturiert.

3.1 Darstellung der Schweizer ASTRA Methodik (Risikokzept Naturgefahren Nationalstraßen).

In der Schweiz hat der bewusste Umgang mit Naturgefahren eine lange Tradition. Nachdem der schweizer Bundesrat 2003 die Strategie „Sicherheit vor Naturgefahren“ zur Kenntnis genommen hatte, beschloss er 2005 einen Aktionsplan zur Förderung der Strategieumsetzung. Dies leitete in der Schweiz den Wandel von der reinen Gefahrenabwehr hin zu einer umfassenden Risikokultur und zum Integralen Risikomanagement ein. In der Folge hat sich dieser Risikoansatz bei Behörden, Politik und Bevölkerung Schritt für Schritt etabliert. Um ihn in der Praxis konsequent umzusetzen, wurde 2016 der Bericht „Umgang mit Naturgefahren in der Schweiz“ (BAFU 2016) erarbeitet. Er bietet eine umfassende und breit abgestützte Standortbestimmung, indem er die aus Sicht aller Akteure notwendigen Maßnahmen aufzeigt. 2018 formuliert die PLANAT (Nationale Plattform Naturgefahren PLANAT, Bern) zur Umsetzung der Strategie Ziele und hält fest, welche Akteure angesprochen sind. Mit Herausgabe der „Strategie 2018 - Umgang mit Risiken aus Naturgefahren“ (PLANAT 2018) richtet sie sich an alle, die mit ihrer Tätigkeit und ihren Entscheiden den Umgang mit den Risiken aus Naturgefahren beeinflussen. Sie wurde vom Bundesrat am 4. Juli 2018 zur Kenntnis genommen.

Im Zusammenhang mit dem 2005 beschlossenen Aktionsplan des schweizer Bundesrates wurden vom Bundesamt für Straßen (ASTRA) in Zusammenarbeit mit dem BAFU, der PLANAT, der Kantone sowie der Hochschulen verschiedene Projekte für den risikobasierten, gesamtschweizerischen, netzbezogenen Umgang mit Naturgefahren gestartet (PLANAT 2008). Der Nutzen dieser Projekte soll im einheitlichen und zielgerichteten Umgang mit Risiken und in der Transparenz der verwendeten Mittel liegen.

Mit der Umsetzung des Teilprojektes 3: „Erarbeitung einer Methodik für das Management von gravitativen Naturgefahren“ hat das ASTRA die Basis gelegt, um die Nationalstraßen in der Schweiz die durch gravitative Naturgefahren (Lawinen, Sturz, Hochwasser, Rutschungen und Absenkungen) gefährdet sind, nach einheitlichen und nachvollziehbaren Kriterien zu beurteilen und Maßnahmen zum Schutz vor diesen Naturgefahren nach Kosten-Wirksamkeitskriterien planen zu können (ASTRA 89001, Naturgefahren auf den Nationalstraßen: Risikokzept - 6 Ausgabe 2012)

Risikokzept – Naturgefahren auf Nationalstraßen

In ihrem Risikokzept formuliert das ASTRA folgende Ziele, die mit der Anwendung der Methodik erreicht werden sollen:

- Das Streckennetz der Nationalstraßen soll bezüglich der Gefährdung durch gravitative Naturgefahren nach einer einheitlichen Methodik hinsichtlich Art, Intensität und Wahrscheinlichkeit beurteilt werden.

- Die durch die einheitliche Beurteilung entstehenden Folgen (Schäden) für Straßenbenutzer und -betreiber und die daraus abgeleiteten Risiken können in quantitativer Art bestimmt und verglichen werden.
- Die Resultate können in das unternehmensweite Risikomanagement der ASTRA eingebunden und dort mit anderen Risiken verglichen werden.
- Aus dem Vergleich der bestehenden Risiken mit den Überprüfungskriterien kann der Handlungsbedarf abgeleitet werden.
- Es ist möglich, Prioritäten für die Maßnahmenplanung zu setzen.
- Es können die nach Kosten-Nutzenüberlegungen optimale Maßnahme oder Maßnahmenkombination evaluiert werden.
- Kosteneffiziente Maßnahmen können priorisiert und ausgeführt werden.

Das der Methodik zu Grunde liegende Risikokonzept (Abb. 15) besteht aus den Teilen

1. Risikoanalyse – Was kann passieren?
Sie setzt sich aus der Gefahren-, Expositions- und Konsequenzenanalyse zusammen.
2. Risikobewertung – Was darf passieren?
3. Maßnahmenplanung – Was ist zu tun?

Risikoanalyse

Der erste Schritt der Risikoanalyse ist die Gefahrenanalyse. Durch sie werden die auftretenden Naturgefahren entlang der Straßen hinsichtlich Wahrscheinlichkeit und Ausmaß beurteilt. Die Basis der angewendeten Methodik bilden dabei

- die Auswertung historischer Ereignisse,
- die Auswertung statistischer Daten,
- die Aufnahme von stummen Zeugen im Gelände,
- die Beurteilung der Disposition im Gelände
- die Beurteilung der bestehenden Schutzmaßnahmen, und
- die Beurteilung des Schutzwaldes.

Ausgehend von den für jede Prozessquelle festgelegten Szenarien der Gefahrenentstehung werden im Anschluss die Wirkungsräume unter Berücksichtigung der speziellen Verhältnisse entlang der Nationalstraßen ausgeschieden und in Form von Intensitätskarten dargestellt. Zudem werden die für die Beurteilung der entstehenden Schäden relevanten Parameter erhoben.

Durch die strikte Anwendung der Methodik wird sichergestellt, dass die Wahl der für die Gefährdung maßgebenden Szenarien nach einheitlichen und nachvollziehbaren Kriterien erfolgt.

Zweiter Schritt der Risikoanalyse ist eine Expositionsanalyse. In ihr werden zum einen Schadensbilder definiert. Im Bereich der Straße sind dies z.B. Direkttreffer, Auffahrunfall, Verschüttung, Verfügbarkeit, Sperrung nach Ereignis und die vorsorgliche Sperrung. Zum anderen werden die Arten der durch Naturgefahren betroffenen Objekte und ihre Schadensart bestimmt. Betroffene Objekte sind zum einen Personen (z.B. Verkehrsteilnehmer) die sich im Ereignisfall in einem Gefahrenbereich befinden, zum anderen die Straße inkl. ihrer Ingenieurbauwerke, Nebenanlagen und der Straßenausstattung. Schadensarten können der Tod von Personen, die Räumungs- und Wiederherstellungskosten oder die Kosten sein, die durch eine Umfahrung des Ereignisbereiches entstehen. Durch diesen Schritt wird festgelegt, welche Straßenbereiche ein Prozess betrifft und welche Auswirkungen er auf das Schadensbild hat.

Im dritten und letztem Schritt, der Folge- oder Konsequenzenanalyse, werden die durch Naturgefahren verursachten Schäden und Risiken quantifiziert. Es wird unterschieden in:

- Personenrisiken, die durch Direkttreffer oder Auffahren auf ein Hindernis auf den Nationalstraßen verursacht werden.
- Personenrisiken, die durch Direkttreffer auf Nebenanlagen wie Rastplätze, Werkhöfe u. a. verursacht werden.
- Sachrisiken, die durch die Räumungs- und Wiederherstellungsarbeiten nach einem Naturgefahrenereignis entstehen.
- Verfügbarkeitsrisiken, die entstehen, wenn ein Streckenabschnitt infolge eines Naturgefahrenereignis vorsorglich oder nachträglich gesperrt werden muss. Für die betroffenen Fahrzeuge entstehen längere Umfahrungenwege, die mit einem Staukostenansatz eines Verkehrsmodells in Wert gesetzt werden. Alle Risiken werden quantitativ berechnet und zum Vergleich in einen Geldwert umgesetzt.

Risikoberechnung

Die Risikoberechnung erfolgt im Anschluss pro Prozessquelle, Wiederkehrperiode (Szenario) und Schadensbild nach der allgemein gültigen Formel:

$$\text{Risiko } R = \text{Schadenausmaß } S \times \text{Schadenwahrscheinlichkeit } p_s$$

Das Risiko R wird als (statistischer) Schadenerwartungswert pro Jahr oder Schadenerwartungswert pro Ereignis ausgedrückt.

Das Schadenausmaß S wird bestimmt durch:

- Die Anzahl an Personen und die Anzahl und der Werte von Objekten, die einem gefährlichen Ereignis zum Zeitpunkt seines tatsächlichen Eintrittes ausgesetzt sind,
- Die physikalische Wirkung (=Intensität) dieses Ereignisses.
- Die Schadenempfindlichkeit der betroffenen Personen, Objekte oder eines Systems gegenüber diesem Ereignis.

Die Schadenwahrscheinlichkeit p_s wird bestimmt durch:

- Die Wahrscheinlichkeit eines gefährlichen Ereignisses.
- Die Wahrscheinlichkeit, dass sich Personen oder Werte im gefährdeten Raum aufhalten.

Risikobewertung und Maßnahmenplanung

In der Risikobewertung wird überprüft, ob die ermittelten Risiken für den Straßenbaulastträger (im Falle der Schweizer Nationalstraßen den Anlagenbetreiber – Maut!) und die Gesellschaft tragbar sind oder nicht. Es werden folgende drei Überprüfungskriterien festgelegt:

Kriterium 1: das Individuelle Todesfallrisiko

Für individuelle Todesfallrisiken (z. B. Pendler, der einen bestimmten Streckenabschnitt viermal täglich befährt) wird – abgeleitet aus der allgemeinen Todesfallwahrscheinlichkeit einer Person – ein Grenzwert von 10^{-5} festgelegt. Dieses Überprüfungskriterium bildet eine Rahmenbedingung, die es erlauben soll, Streckenabschnitte mit erhöhten individuellen Todesfallrisiken zu erkennen.

Kriterium 2: Risiko auf dem Streckenabschnitt $> \text{CHF } 100 / \text{m} \cdot \text{Jahr}$

Kriterium 3: Risiko des Prozessraums oder der Nebenanlagen $> \text{CHF } 10'000 / \text{m} \cdot \text{Jahr}$

Das Kriterium 2 und 3 stellen Kollektivrisiken dar. Die Bewertung dieser kollektiven Risiken erfolgt mit Hilfe des Kosten-Nutzen-Ansatzes, sofern nicht wichtigere, volkswirtschaftliche und / oder

politische Faktoren berücksichtigt werden müssen. Maßnahmen zur Reduktion der kollektiven Risiken können so lange ergriffen werden, als der Kosten-Wirksamkeits-Quotient ≥ 1 ist. Dieser Wert stellt einen Grenzwert dar. Die Methodik legt fest, wie die jährlichen Kosten und der Nutzen (= durch eine Maßnahme reduziertes Risiko) berechnet werden. Um Personen- mit Sachrisiken zu vergleichen und zu monetarisieren wird der Betrag der Grenzkosten (PLANAT) verwendet.

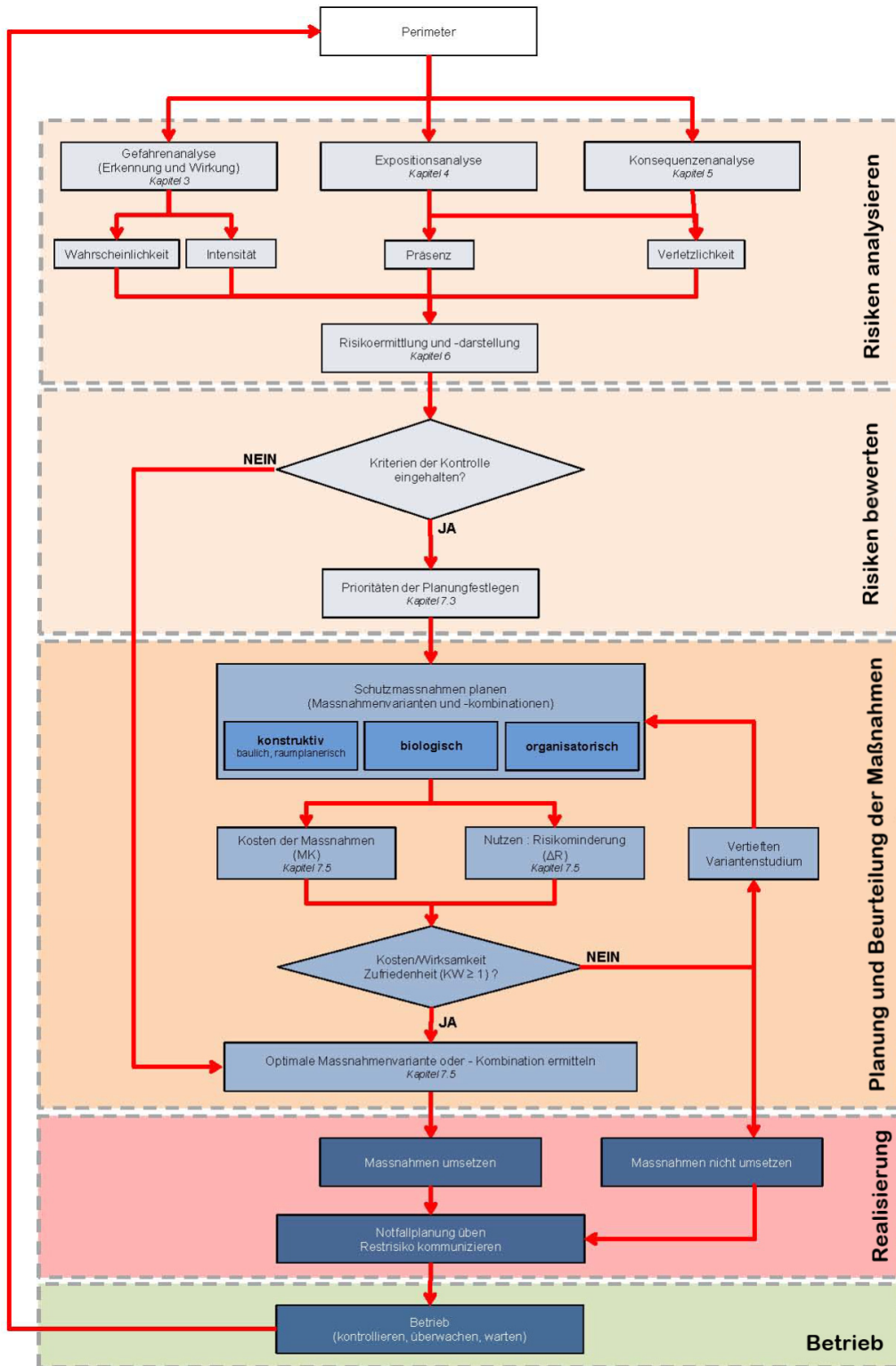


Abb. 15: Schema der Sicherheitsplanung für Naturgefahren (angepasst nach - PLANAT 2008)

4 Methodik und Auswertung einer Ereigniserfassung

Wie sich aus der Analyse des Konzeptes der Schweiz herausgestellt hat, ist einer der wichtigsten Bausteine für die Gefahrenbeurteilung und eine spätere Kalibrierung und Validierung von Naturgefahrensimulationen eine umfassende Ereigniserfassung. Um schnell Ergebnisse zu erzielen wurde im ersten Jahr der Ereigniserfassung versucht, diese (wie in der Schweiz) mittels Papierbögen von den Straßenmeistereien im Untersuchungsgebiet erfassen zu lassen. Dieser Ansatz stellte sich sehr bald als nicht zielführend heraus. Zum einen wurde die Umständlichkeit eines Papierbogens von den Streckenwarten beanstandet, was dazu führte, dass sie kaum ausgefüllt wurden. Zum anderen kam es trotz einer starken Systematisierung der Erfassungsdaten, zu einer großen Streuung in der Quantität und Qualität der erfassten Ereignisse. Die Datenqualität schwankte erheblich in Abhängigkeit vom jeweiligen Erfasser.

Bei Nachkontrollen von erfassten Ereignissen wurde festgestellt, dass die Aufnahmen oft zu ungenau, subjektiv und fehlerhaft waren. So fielen Abschätzungen der Ereignisgrößen sehr unterschiedlich aus. Kleinere Ereignisse wurden mit dieser Methode oftmals gar nicht erfasst oder an der falschen Stelle verortet. Erstellte Ereignisbilder konnten im Nachhinein des Öfteren nicht mehr eindeutig zugeordnet werden. Eine Nutzung der gewonnenen Daten stellte sich somit als außerordentlich schwierig heraus.

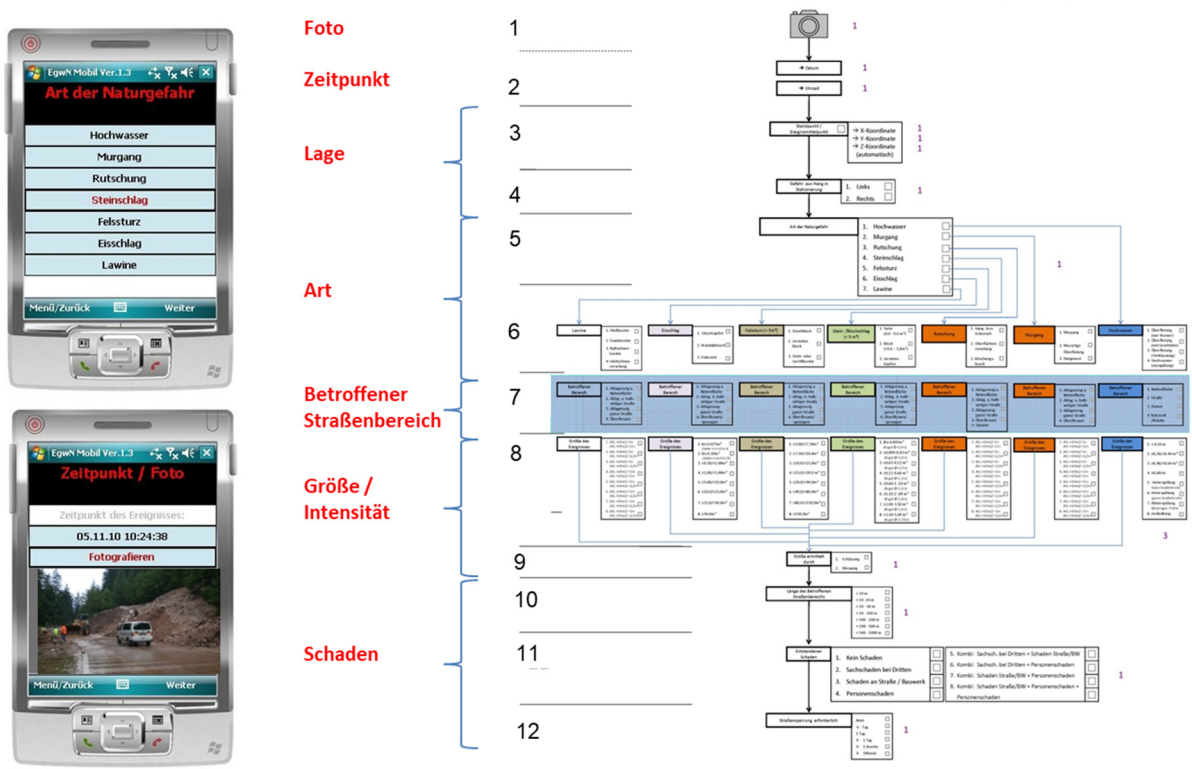
Auf Grund dieser negativen Erfahrungen wurde beschlossen, die Ereigniserfassung im Untersuchungsgebiet vor Ort vollständig umzustellen, zu erleichtern und zweizuteilen. Hauptziel war es zum einen, die Ereignisse umfangreicher und mit einem festen und somit auswertbaren Basissatz zu erfassen und zu objektiveren (Stufe 1). Zum anderen soll dann auf Basis der Daten dieser Ersterfassung in einem zweiten Schritt entschieden werden, ob eine detaillierte Erfassung (Stufe 2) durch einen Fachmann erforderlich ist. Zur Umsetzung dieser Systematik musste ein Programm für die örtliche Erfassung mittels GPS-Gerät und eine Datenbank erstellt werden. Für den zweiten Schritt musste ein Auswertungs- und Visualisierungsprogramm entwickelt werden. Dieses Tool sollte es einem Fachmann ermöglichen, schnell eine Entscheidung zu treffen, ob eine detaillierte Erfassung des Ereignisses erforderlich ist.

Diese Methodik zur Aufnahme von Naturgefahrenereignissen wurde nach einer einjährigen Testphase fest im Staatlichen Bauamt eingeführt.

4.1 Aufbau und Initialisierung einer Ereigniserfassung Naturgefahrenereignisse

Ersterfassung der Ereignisse mittels GPS-Gerät vor Ort:

Für die Ersterfassung vor Ort wurde von mir für ein Trimble Juno Hand-GPS-Gerät ein Erfassungsprogramm entwickelt, mit dem ein Ersterfasser über sieben Hauptparameter und zwölf Basisdaten ein Ereignis innerhalb von drei Minuten aufnehmen kann (Abb. 16: Programmablaufplan Erfassungsprogramm). Die Erstaufnahme wurde dabei so vereinfacht, dass der Streckwart bei seiner Hauptarbeit (der Straßensicherung nach einem Ereignis) nur möglichst kurz behindert wird. Vor allem fehleranfällige oder zeitaufwändige Datenaufnahmen (z.B. Ermittlung der Streckenstation, Eintrittsort, oder Erfassungsdatum) wurden dafür automatisiert. Um eine Ereignisaufnahme so zeitsparend wie möglich zu gestalten, sollte auch eine evtl. Nachbearbeitung der Ereigniserfassung in über 95% der Fälle unnötig sein. Realisiert wurde dies über ein systematisiertes Abfrageprogramm mit festgelegten Auswahlmöglichkeiten (Drop-Down-Menü) zu jeder Ereignisart, zum Umfang und zur Größe.



Ziel: Aufnahmedauer pro Ereignis 3 – 5 Minuten

| Hauptparameter | zugehörige Basisdaten |
|--------------------------------|--|
| 1. Foto | 1. Charakteristisches Foto des Ereignisses |
| 2. Zeitpunkt: | 2. Datum und Zeitpunkt der Aufnahme (wird automatisch über das Gerät generiert) |
| 3. Lage: | 3. GPS Koordinaten (werden automatisch über das Gerät generiert) 4. Straßenseite von der das Ereignisses kommt (Stations-Richtung) |
| 4. Art: | 5. Sieben Kategorien der Hauptprozessarten (Steinschlag, Felssturz, Eisschlag, Hochwasser, Murgang, Lawine, Rutschung) 6. Untergruppen der Kategorien der Prozessarten (z.B. Staublawine, Fließlawine, Nassschneelawine) |
| 5. Betroffener Straßenbereich: | 7. Durch das Ereignis betroffener Straßenbereich (z.B. Übersprungen, ganze Fahrbahn, halbseitige Fahrbahn, Nebenflächen) |
| 6. Größe/Intensität: | 8. Größe des Ereignisses in Abhängigkeit der Prozessart (jeweils acht Größenkategorien, z.B. Steinschlag: Kugel Ø 30 cm) 9. Art der Ereignisgrößenfeststellung (Schätzung/Aufmaß) |
| 7. Schäden: | 10. Länge des betroffenen Schadensbereiches (acht Längenkategorien; von <10 cm bis >1000 m) 11. Art des entstandenen Schadens (acht Schadenskategorien; z.B. kein Schaden, Sach- oder Personenschaden, Kombischäden) 12. Dauer der ereignisbasierten Straßensperrung |

Abb. 16: Beispiel Display-Ansicht und Programmablaufplan für die Ereigniserfassung mit dem Trimble Handheld

Bei der Erfassung der Basisdaten wurde zudem darauf geachtet, dass der Erfasser die Ereignisse möglichst in dem Tool findet, indem er sie aus seinem Kenntnisstand verorten würde. So werden Blockschläge größer als 5 m³ z.B. unter Felsstürzen geführt, da sie in der Praxis immer als Felssturz bezeichnet werden. Die Trennung erfolgt erst in der Erfassung der Datenbank und bei einer Auswertung der Ereignisse.

Eine ursprünglich vorgesehene Versendung der Daten vor Ort (per SMS) wurde aus Sicherheitsgründen (Datenschutz) eingestellt. Für eine Optimierung der Entscheidungsprozesse ist diese Funktion aber zu empfehlen.

Ereignisgrößenerfassung bei Fließ- und Rutschprozessen:

Ein Hauptkriterium bei der Ereigniserfassung ist die Erfassung der Ereignisgröße (Punkt 8). Bei der Prozessart Sturz konnte die Größeneinordnung durch die Angabe eines Kugeldurchmessers für die Aufnehmenden erleichtert werden. Bei den Fließprozessen Lawine und Murgang war eine genauere Definition und somit die Erstellung eines Schaubildes zur leichteren Eingruppierung erforderlich (Abb. 17).

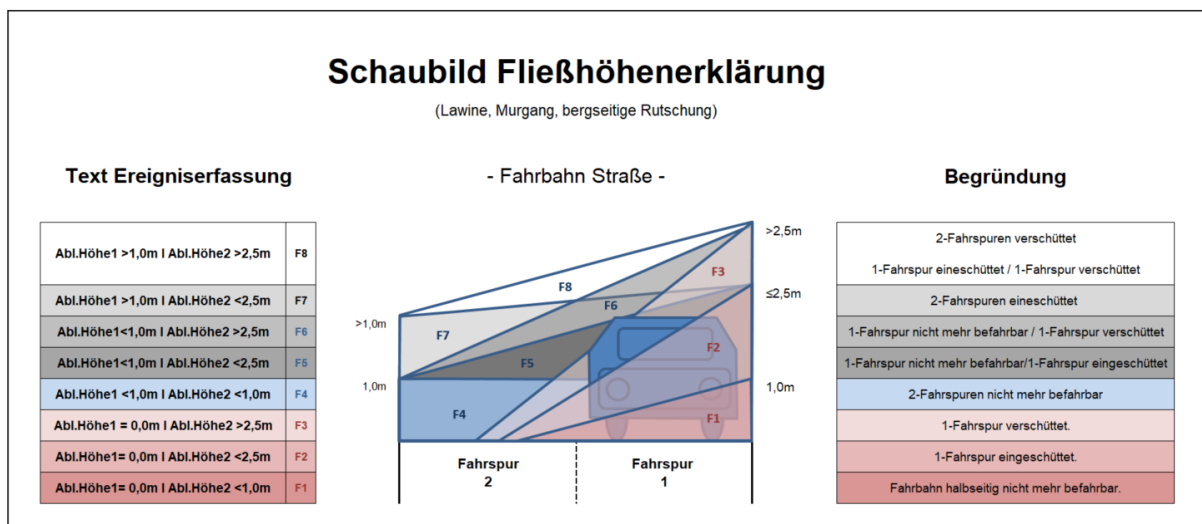


Abb. 17: Programmablaufplan für die Ereigniserfassung mit dem Trimble Handheld

Anhand des entwickelten Schaubildes gelang es, die Eingaben zur Ereignisgröße zu vereinheitlichen und zu objektivieren. Dadurch wurden die Ereignisgrößen im Datensatz vergleichbarer.

Visualisierung, Speicherung und Entscheidungsfindung, Detailerfassung:

Neben dem Erfassungsmodul wird ein Visualisierungs- und Kontrollprogramm benötigt, mit dem ein Prüfer (z.B. Geologe im Amt) die Möglichkeit hat, die Lage des Ereignisses in einer Karte oder einem Luftbild verortet zu sehen, sowie das Foto und die ausgewählten Basisparameter übersichtlich nebeneinander vergleichen zu können (Abb. 18 - kleines Bild). Zusätzlich muss automatisiert über das Programm eine Umrechnung der erfassten Koordinaten auf die Stationierung des Straßennetzes erfolgen. Nur durch diese Umrechnung können im Anschluss alle Ereignisse in eine bestehende Straßendatenbank übernommen werden, in der sie dann für alle Planer, Betriebsdienstmitarbeiter und Straßenmeistereien abrufbar sind.

Neben der Einzelprüfung eines neu erfassten Ereignisses wurde zudem eine Visualisierung aller erfassten Ereignisse mit der Unterscheidungsmöglichkeit in Ereignisart und Größe realisiert. Mit dieser Funktion können die Ereignisse schnell und übersichtlich in einer Karte oder einem Luftbild dargestellt

werden. Dadurch können Häufungen von Ereignissen an einem Ereignisort und somit Zusammenhänge schnell erkannt werden.

Im Visualisierungs- und Kontrollprogramm werden alle noch nicht geprüften und im Anschluss für die Aufnahme in die Datenbank vorgesehenen Ereignisse erstmalig in einer separaten Einheit (Liste) aufgeführt (Abb. 19 - großes Bild). Auch diese Darstellung hilft bei der schnelleren Abgleichung mit früheren Ereignissen und trägt nebenbei zur Datensicherheit bei. All die nachträglich eingeführten Entscheidungshilfen sollen dem Prüfer im Amt die Entscheidung für die Veranlassung einer Detailerfassung erleichtern. Aber auch akute Gefahrenherde können durch die verschiedenen Darstellungen schneller und sicherer erkannt werden.

Die nachfolgende Abbildung zeigt die Bedienoberfläche des Visualisierungs- und Kontrollprogramms mit einer Einzelereignisdarstellung (kleines Bild) und der Übersicht aller Ereignisse in diesem Bereich.

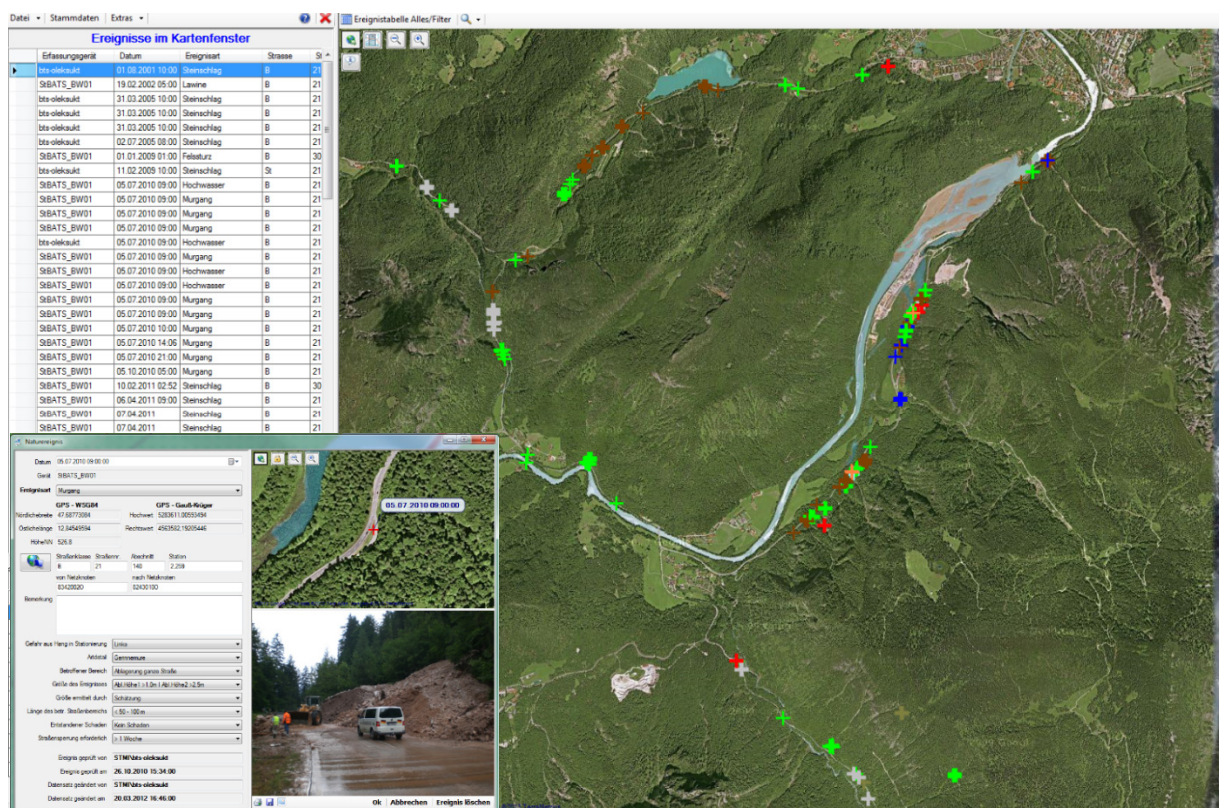


Abb. 18 u. 19: Großes Bild: Bedienoberfläche des Visualisierungs- und Kontrollprogramms Ereigniserfassung. Kleines Bild (links unten): Einzelereignisdarstellung Großes Bild: Übersicht aller Ereignisse in diesem Bereich.

Durch das Kontrollprogramm wird sichergestellt, dass nach einer Prüfung und Freigabe eines Ereignisses durch einen Geologen oder Ingenieur (ggf. mit Kommentierung) ein ersterfasster Datensatz in die zentrale Ereignisdatenbank übernommen wird. Dies ist von wesentlicher Bedeutung, da der Datensatz mit Übernahme in die SQL-Datenbank allen Mitarbeitern des Staatlichen Bauamtes für weitere Auswertungen, Planungen und Entscheidungsfindungen zur Verfügung steht. Sowohl die Aufnahme als auch die Prüfung oder ggf. eine Änderung werden dokumentiert und sind rekonstruierbar.

Organisation der Datenübermittlung, Speicherung und Auswertung der Ereigniserfassung:

Neben der technischen Realisierung der Ereigniserfassung spielt die Organisation eine wichtige Rolle. Entscheidend dafür, ob eine Ereigniserfassung funktioniert, sind die Mitarbeiter, von denen sie durchgeführt wird, und eine klare Strukturierung und Verantwortungszuweisung. Vor allem bei der Erstaufnahme und der Handhabung des Gerätes ist es hilfreich, die Zahl der an der Erstaufnahme beteiligten Personen zu begrenzen. Des Weiteren sind die restlichen Mitarbeiter dafür zu sensibilisieren, Ereignisse an diese „Erfasser“ zu melden. Zudem ist die zeitliche Komponente entscheidend: Wann werden Ereignisse gemeldet und wie schnell werden sie im Anschluss geprüft. Da eine Sofortmeldung per SMS leider nicht realisiert werden konnte (Datenschutz), ist es zwingend erforderlich, dass die Daten spätestens täglich am Dienstenende in den Meistereien ausgespielt und weitergeleitet wurden. Eine direkte Weiterleitung aller Daten aus dem Handheld von der Straßenmeisterei vor Ort zum Prüfer im Amt, mit einer gleichzeitigen Rekonfigurierung des Erfassungsgerätes (z.B. Löschung der Altdaten), musste daher durch ein weiteres Programm sichergestellt werden. Der genaue Ablauf der Ereigniserfassung wie er im Zuge dieser Dissertation durchgeführt wurde ist in Abb. 20 dargestellt.

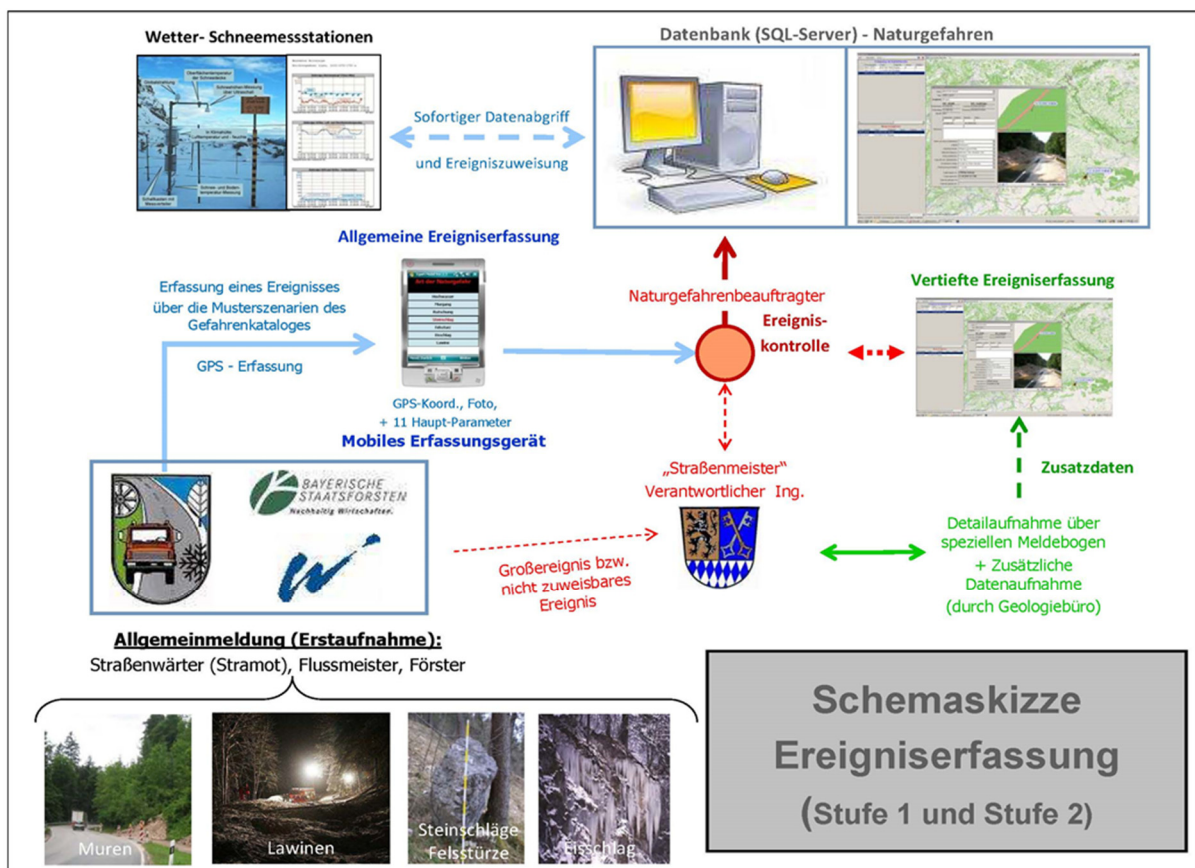


Abb. 20: Organisationsschema der Naturgefahren-Ereigniserfassung im Rahmen dieser Dissertation

Eine Verknüpfung der Ereignisse mit Wetterdaten aus den örtlich zur Verfügung stehenden Wetter und Glättemeldeanlagen ist derzeit angedacht aber noch nicht endgültig realisiert.

4.2 Auswertung der Ereigniserfassung:

Zwischen 2010 und 2019 wurden in den sieben definierten Hauptprozessarten 958 Naturgefahrenereignisse erfasst, wobei der Steinschlag mit ca. 85% aller erfassten Ereignisse den größten Anteil ausmachte.

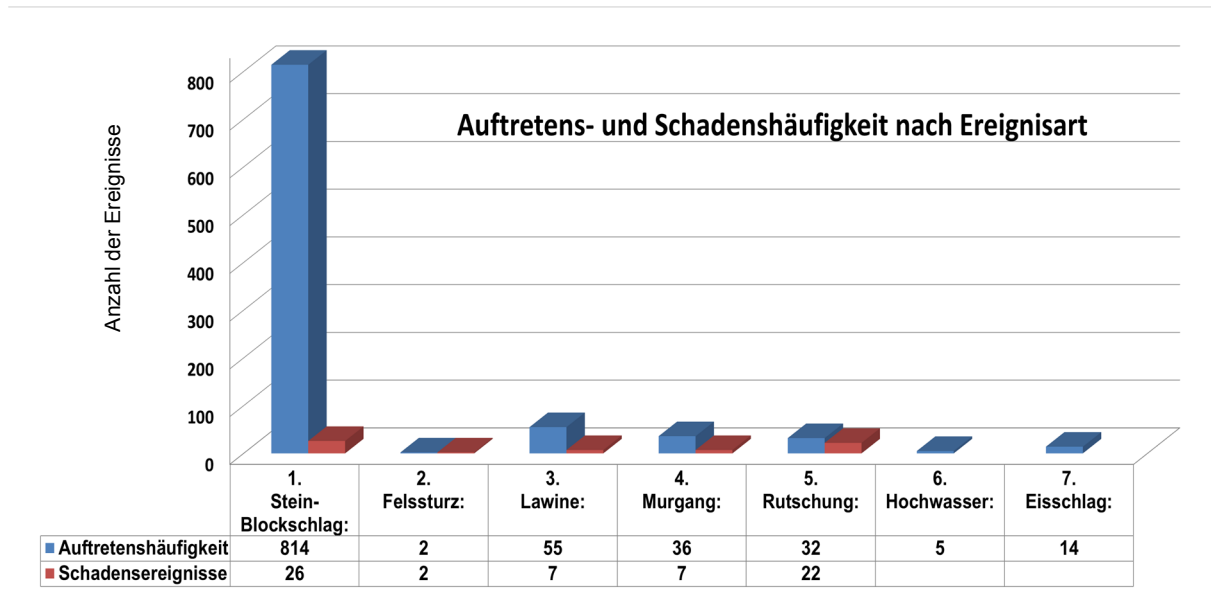


Abb. 21: Auswertung Ereigniserfassung mit zahlenmäßiger Darstellung der Schadensereignisse

Von diesen 958 Ereignissen zogen 6,7% (64) einen Schaden an der Infrastruktur (Straße, Ing.-Bauwerk) oder einen Schaden bei Dritten (Verkehrsteilnehmer) nach sich (Abb. 21, Tab. 3).

Tab. 3: Auswertung Ereigniserfassung mit zahlenmäßiger Darstellung der Schadensereignisse

| | Anzahl der Ereignisse | | 958 | % | Anzahl Schadensereignisse | |
|-----------------|-----------------------|-----|-----|-------|---------------------------|-------|
| 1. Steinschlag: | 811 | 811 | 811 | 84,7% | 24 | 3,0% |
| 2. Felssturz: | 5 | 5 | 5 | 0,5% | 3 | 60,0% |
| 3. Lawine: | 55 | 55 | 55 | 5,7% | 7 | 12,7% |
| 4. Murgang: | 36 | 36 | 36 | 3,8% | 7 | 19,4% |
| 5. Rutschung: | 32 | 32 | 32 | 3,3% | 22 | 68,8% |
| 6. Hochwasser: | 5 | 5 | 5 | 0,5% | <i>nicht ausgewertet</i> | |
| 7. Eisschlag: | 14 | 14 | 14 | 1,5% | <i>nicht ausgewertet</i> | |
| Gesamt: | 958 | 958 | 958 | 100 % | 63 | 6,6% |

Trotz der Häufigkeit der aufgetretenen Steinschläge (ca. 85% der Ereignisse) führten nur 3 % hiervon zu Schäden. Zu schweren Schäden, z.B. an der Straße, kam es dadurch nicht. Anders stellt sich die Situation bei Lawinen und Murgangereignissen dar. Ereignisse bei diesen Prozessarten hatten bei ca. 10 – 20% einen Schaden zur Folge. Noch gravierendere Folgen zogen Felssturz- und Rutschereignisse nach sich. Bei Felsstürzen hatten alle und bei den Rutschungen ca. 70 % der Ereignisse einen größeren Schaden am Straßenkörper zur Folge.

Prozessart Sturz - Stein-/Blockschlag

Der Prozess Stein-/Blockschlag stellt wie der Abb. 21 zu entnehmen ist, mit 814 festgestellten Ereignissen die größte Anzahl (85%) der dokumentierten Naturgefahrenereignisse dar. Von diesen verursachten in den Jahren 2010-2019 aber nur ca. 3% einen Schaden. Dies liegt wohl zum einen an der Größe der Sturzmassen (ca. 88% der Ereignisse $<0,12 \text{ m}^3$) und der kurzen Dauer eines Ereignisses, und zum anderen an der Möglichkeit, einem auftretenden Ereignis ggf. noch ausweichen zu können.

| Stein-Blockschlag Ereignisgröße | Anzahl d. Ereignisse | |
|--|----------------------|-------|
| | 811 | 100% |
| bis $0,005 \text{ m}^3$ (Kugel $D=0,3\text{m}$) | 590 | 72,7% |
| $>0,005\text{m}^3 - 0,03\text{m}^3$ (Kugel $D=0,5\text{m}$) | 122 | 15,0% |
| $>0,03\text{m}^3 - 0,12\text{m}^3$ (Kugel $D=0,7\text{m}$) | 37 | 4,6% |
| $>0,12\text{m}^3 - 0,60\text{m}^3$ (Kugel $D=1,0\text{m}$) | 24 | 3,0% |
| $>0,60\text{m}^3 - 1,10\text{m}^3$ (Kugel $D=1,2\text{m}$) | 9 | 1,1% |
| $>1,10\text{m}^3 - 2,00\text{m}^3$ (Kugel $D=1,4\text{m}$) | 9 | 1,1% |
| $>2,00\text{m}^3 - 3,50\text{m}^3$ (Kugel $D=1,6\text{m}$) | 10 | 1,2% |
| $>3,50\text{m}^3 - 5,00\text{m}^3$ (Kugel $D=1,75\text{m}$) | 8 | 0,9% |
| Anzahl d. Ereignisse $\varnothing > 1,2\text{m}$: | 27 | 3% |



Tab. 4: Auswertung Stein- und Blockschlagereignisse

Abb. 21 Ereignis eines Blockschlages an der B 305.

Es darf bei der prozentual geringen Anzahl an Schadensfolgen jedoch nicht übersehen werden, dass fünf dieser dokumentierten Schadensereignisse sogenannte „Volltreffer“, also Ereignisse, die ein fahrendes KFZ getroffen haben, waren. Alle diese Ereignisse hatten Personenschäden zur Folge. Ein Ereignis führte zu einem Ausweichmanöver eines Motorradfahrers, das in einem Sturz mit Todesfolge endete. Die Steinschlagereignisse sind somit trotz ihrer prozentual geringen Anzahl an Schadensfolgen die einzigen Ereignisse, die im Untersuchungsgebiet schwere Personenschäden verursachten. Nicht nur aus diesem Grund muss dieser Kategorie bei einem Konzept zur Behandlung von Naturgefahren an Straßen hohe Beachtung geschenkt werden.

Zu den Steinschlagereignissen der Tab. 4 kommen nach der Definition unter Punkt 2.6 eigentlich noch die Ereignisse aus den ersten beiden Größenkategorien der Tab. 5 Felsstürze hinzu. Sie werden in der Ereignisdokumentation aus Verständlichkeitsüberlegungen für die Ersterfasser (unter Punkt 4.1. ausgeführt) als Felsstürze bezeichnet, im Nachgang aber wieder bei den Steinschlagereignissen verortet.

Prozessart Sturz - Felssturz

Anders als bei den Stein- und Blockschlägen, waren die Felsstürze mit lediglich zwei Ereignissen (Abb. 22) die zahlenmäßig kleinste Ereignisart. Allerdings hatte hier jedes Ereignis einen größeren Schaden zur Folge. Auch bei den drei hier verorteten Ereignissen unter 10 m^3 hatten zwei davon größere Schäden zur Folge. Des Weiteren muss erwähnt werden, dass es im Erfassungszeitraum zu 16 Einzelfels-sprengungen und acht Einzelfelssicherungen gekommen ist. Wäre hier nicht akut gehandelt worden, würden mehr Fälle in der Ereigniserfassung erscheinen.

| Felssturz Ereignisgröße | Anzahl d. Ereignisse | |
|------------------------------|----------------------|--------|
| | 5 | 100,0% |
| >5,00 m³ - 7,50 m³ | 0 | 0,0% |
| >7,50 m³ - 10,0 m³ | 3 | 60,0% |
| >10,0 m³ - 15,0 m³ | 0 | 0,0% |
| >15,0 m³ - 20,0 m³ | 2 | 40,0% |
| >20,0 m³ - 40,0 m³ | 0 | 0,0% |
| >40,0 m³ - 80,0 m³ | 0 | 0,0% |
| >80,0 m³ - 150,0 m³ | 0 | 0,0% |
| >150,0 m³ | 0 | 0,0% |
| Anzahl d. Ereignisse > 10m³: | 2 | 40% |



Tab. 5: Auswertung Felssturzereignisse 2010-2019

Abb. 22: Ereignisfoto eines Felssturzes an der Kehlsteinstraße.

Ein weiterer wichtiger Aspekt sind Straßensperrungen, die aufgrund der Ereignisse aufgetreten sind. Vergleicht man die Sperrdauern (Tab. 6 u. 7), die Ereignisse des Steinschlages und Felssturzes nach sich zogen, miteinander, so führte nur ca. 1 % der Stein- und Blockschläge zu Straßensperrung länger als einen ½-Tag, während es nach den Felssturzereignissen zu einer insgesamt 64 Tage dauernden Sperrung von Straßen kam.

| Steinschlag | 811 | |
|----------------------|-----|-------|
| nein | 780 | 96,2% |
| 1/2-Tag | 20 | 2,5% |
| 1 Tag | 3 | 0,4% |
| 2 Tage | 2 | 0,2% |
| > 2 Tage / < 1 Woche | 1 | 0,1% |
| > 1 Woche | 4 | 0,5% |
| | 10 | 1,2% |

| Felssturz | 5 | |
|----------------------|---|-------|
| nein | 0 | 0,0% |
| 1/2-Tag | 2 | 40,0% |
| 1 Tag | 1 | 20,0% |
| 2 Tage | 1 | 20,0% |
| > 2 Tage / < 1 Woche | 0 | 0,0% |
| > 1 Woche | 1 | 20,0% |
| | 3 | 60,0% |

Tab. 6 u. 7: Auswertung Sperrungen nach Steinschlag und Felssturzereignissen zwischen 2010-2019

Prozessart Sturz - Eisschlag

Die Prozessart Eisschlag wurde nicht ausgewertet. Bei der Prüfung wurde erkannt, dass unter diesem Punkt häufig die vorsorgliche Beräumung von Eiswänden und Eiszapfen als Ereignis dokumentiert wurde. In anderen Fällen gab es nur ein kleines Ereignis, dokumentiert wurde jedoch häufig die darauffolgende Gesamtberäumung. Eine nachträgliche Differenzierung war so nicht möglich. Daher existieren für diese Prozessart keine gesicherten Werte.

In den letzten zehn Jahren hat sich gezeigt, dass es nur in absoluten Ausnahmefällen zu selbstausgelösten Eisschlagereignissen kommt. Da sich diese Ereignisse nahezu immer durch entsprechende Wetteränderungen (Fön, Regen, Wärmeeinbruch) ankündigen, ist es erforderlich, für die gefährdeten Bereiche ein Konzept zu erarbeiten mit dem auf solche Situationen reagiert werden kann (Abb. 23 u. 24). Die Stellen, an denen immer wieder diese Probleme auftreten, wurden unter anderem durch die Ereigniserfassung ermittelt.



Abb. 23 u. 24: Eissturzdokumentation an der B305 zwischen Weißbach und Schneizlreuth im Winter 2014/15

Prozessart Lawine

Die 45 dokumentierten Lawinenbahnen im Untersuchungsgebiet führen zusammen mit größeren Gleitschneerutschungen an Böschungen immer wieder zu einer Verschüttung von Straßen. In den letzten zehn Jahren wurden insgesamt 55 Lawinenereignisse dokumentiert (Tab. 8). Vor allem im Winter 2018/2019 kamen zu den bekannten 45 Lawinenstrichen neue Lawinenstriche hinzu (Abb. 25). Auch in bereits verbauten Lawinenbahnen kam es in diesem Winter aufgrund der enormen Neuschneemengen, die in sehr kurzer Zeit fielen, öfter zu einem Überspringen oder Durchlaufen der Verbaufelder und somit zu einer Verschüttung der Straße.

| Lawine Ereignisgröße | Anzahl d. Ereignisse | |
|---|----------------------|-------|
| | 55 | 100% |
| Abl.Höhe1 = 0,0m Abl.Höhe2 <1,0m | 7 | 12,7% |
| Abl.Höhe1 = 0,0m Abl.Höhe2 <2,5m | 17 | 30,9% |
| Abl.Höhe1 = 0,0m Abl.Höhe2 >2,5m | 1 | 1,8% |
| Abl.Höhe1 <1,0m Abl.Höhe2 <1,0m | 1 | 1,8% |
| Abl.Höhe1 <1,0m Abl.Höhe2 <2,5m | 9 | 16,4% |
| Abl.Höhe1 <1,0m Abl.Höhe2 >2,5m | 2 | 3,6% |
| Abl.Höhe1 >1,0m Abl.Höhe2 <2,5m | 7 | 12,7% |
| Abl.Höhe1 >1,0m Abl.Höhe2 >2,5m | 11 | 20,0% |
| Anzahl der Ereignisse ab 1m Überschüttung: | 29 | 53% |



Tab. 8: Auswertung Lawinenereignisse 2010-2019

Abb. 25: Lawinenabgang an der B305 – Weitsee (2019)

Bei über 50 % der erfassten Ereignisse wurde die Fahrbahn auf die gesamte Breite über einen Meter hoch verschüttet. Hier wäre im Falle einer Ver- bzw. Einschüttung eines Fahrzeuges eine Selbstrettung nur noch bedingt möglich. Drei dieser erfassten, großen Lawinen ereigneten sich auf nicht vorsorglich gesperrten Strecken. Ein Personenschaden aufgrund dieser Ereignisse ist jedoch nicht eingetreten. Sie führten aber zu aufwändigen Suchaktionen der Bergwacht, weil eine Verschüttung nicht ausgeschlossen werden konnte.

Das Auftreten aller erfassten Lawinenereignisse in den letzten 10 Jahren beschränkte sich nahezu auf drei Winter. Sieben Lawinenereignisse zogen Schäden vor allem an der Straßenausstattung nach sich. Nur bei zwei Lawinenereignissen kam es zu Schäden Dritter (Ver- bzw. Einschüttung der Fahrzeuge). Bei beiden Ereignissen gelang die Selbstrettung.

Hauptproblempunkt bei allen Lawineneignissen war die vorsorgliche Streckensperrung und die anschließende Aufhebung. Vor allem bei starken Schneewachszunahmen in kurzer Zeit und großer Windverfrachtung ist die Gefahrenbeurteilung der Lawenstriche schwierig. Eine Sperrung durch die Landratsämter auf Empfehlungen der örtlichen Lawinenkommissionen ist mit erheblichen Unsicherheiten verbunden (siehe Ereignisse auf nicht vorsorglich gesperrten Strecken). Aber auch vorsorgliche Sperrungen können große Probleme und Schäden verursachen, die mit der Ereigniskartierung nicht erfasst werden. Im Winter 2018/19 führten die vorsorglichen Sperrungen langer Straßenzüge (oft wegen einzelner Lawenstriche) zu einer erheblichen Einschränkung des gesamten Verkehrs im Untersuchungsgebiet (Tab. 9 und Abb. 26). Durch die Vielzahl der Sperrungen konnten ganze Gemeindeteile nicht mehr angefahren werden. Auch Rettungskräfte durften diese Straßen nicht mehr benutzen, sodass manche Gebiete nur mehr mittels Hubschrauber der Bundeswehr versorgt werden konnten. Somit sind bei der Untersuchung der Lawineneignisse auch die vorsorglichen Sperrungen mit zu betrachten und in eine Auswertung einzubeziehen.

| Lawine | 55 | |
|----------------------|----|-------|
| nein | 22 | 40,0% |
| 1/2-Tag | 16 | 29,1% |
| 1 Tag | 5 | 9,1% |
| 2 Tage | 2 | 3,6% |
| > 2 Tage / < 1 Woche | 6 | 10,9% |
| > 1 Woche | 4 | 7,3% |



Tab. 9: Auswertung Sperrungen nach Lawinenabgängen

Abb. 26: Straßensperrung an der B305 (2019)

Prozessart Wildbach - Murgang

Nicht nur die ca. 600 Querungen mit den amtlich kartierten Wildbächen, sondern auch viele steile, abflussstarke Runsen führen immer wieder zu Problemen im Straßennetz.

| Murgang Ereignisgröße | Anzahl d. Ereignisse | |
|---|----------------------|-------|
| | 36 | 100% |
| Abl.Höhe1= 0,0m Abl.Höhe2 <1,0m | 19 | 52,8% |
| Abl.Höhe1= 0,0m Abl.Höhe2 <2,5m | 5 | 13,9% |
| Abl.Höhe1 = 0,0m Abl.Höhe2 >2,5m | 0 | 0,0% |
| Abl.Höhe1 <1,0m Abl.Höhe2 <1,0m | 2 | 5,6% |
| Abl.Höhe1<1,0m Abl.Höhe2 <2,5m | 5 | 13,9% |
| Abl.Höhe1<1,0m Abl.Höhe2 >2,5m | 3 | 8,3% |
| Abl.Höhe1 >1,0m Abl.Höhe2 <2,5m | 0 | 0,0% |
| Abl.Höhe1 >1,0m Abl.Höhe2 >2,5m | 2 | 5,6% |
| Anzahl der Ereignisse ab 1m Überschüttung: | 10 | 28% |



Tab. 10: Auswertung Murgangereignisse 2010-2019.

Abb. 27: Murenabgang an der St 2101.

Von den insgesamt 36 Murgangereignissen (Tab. 10) hatten ca. 20 % einen Schaden zu Folge. In ca. 53% der Fälle war dies eine Einmuerung von Fahrzeugen, die nicht komplett verschüttet wurden, aber im Murmaterial stecken blieben (Abb. 27). Da es sich bei den dokumentierten Murgangereignissen zumeist um granulare Muren handelte, die in mehreren Schüben auf die Straße niedergehen, war diese Zahl überraschend. Aus Beobachtungen ist bekannt, dass in den meisten Fällen die ersten Schübe in den anspringenden Rinnen nicht direkt über die Straße gehen, sondern die Straße nur seitlich erreichen. Verkehrsteilnehmer erkennen so im Normalfall die Gefahr und können rechtzeitig anhalten. Um Klarheit zu erlangen, wieso dies bei den erfassten Ereignissen nicht erfolgte, wurden die Geschädigten im Nachgang dahingehend befragt. Es konnte folgende wichtige Erkenntnis gewonnen werden:

Anders als Lawinen traten die Murereignisse räumlich wesentlich beschränkter auf. Meist führten lokale Starkniederschlagsereignisse zum Anspringen der im Normalfall oft trockenen Gerinne. Diese lokalen Wetterextreme führten dazu, dass mehr Rinnen gleichzeitig bzw. kurz hintereinander entlang eines Straßenzuges ansprangen und zu Verschüttungen führten. Dabei wurden Autos zwischen den Rinnen eingeschlossen bzw. von einer ersten Rinne gestoppt. Beim Versuch wieder zurück zu fahren wurden sie dann von einer anderen Mure erfasst.

Prozessart - Überflutung, Hochwasser

Unter diesem Punkt kam es in der Naturgefahrenatenbank nur zu sehr wenigen Ereigniserfassungen, was erfahrungsgemäß nicht mit der Wirklichkeit übereinstimmen kann. Laut einer Recherche bei den Erfassern (Straßenwärtern) vor Ort hatte dies vor allem drei Gründe:

1. Kleinere Überflutungen, die keine Unpassierbarkeit der Straße oder Schäden zur Folge hatten (< 20 cm) wurden nicht als Naturgefahrenereignis wahrgenommen und folglich nicht dokumentiert.
2. Sehr große Ereignisse müssen separat an das zentrale Betriebsdienstsachgebiet gemeldet werden => es erfolgte keine zusätzliche Erfassung über das Handheld (Doppelerfassung).
3. Das Anspringen der Wildbachfurten (Abb. 34) im Untersuchungsgebiet wurde als Betriebszustand betrachtet und musste im Streckenbuch dokumentiert werden => es erfolgte keine zusätzliche Erfassung mittels Handheld (Vermeidung einer Doppelerfassung).

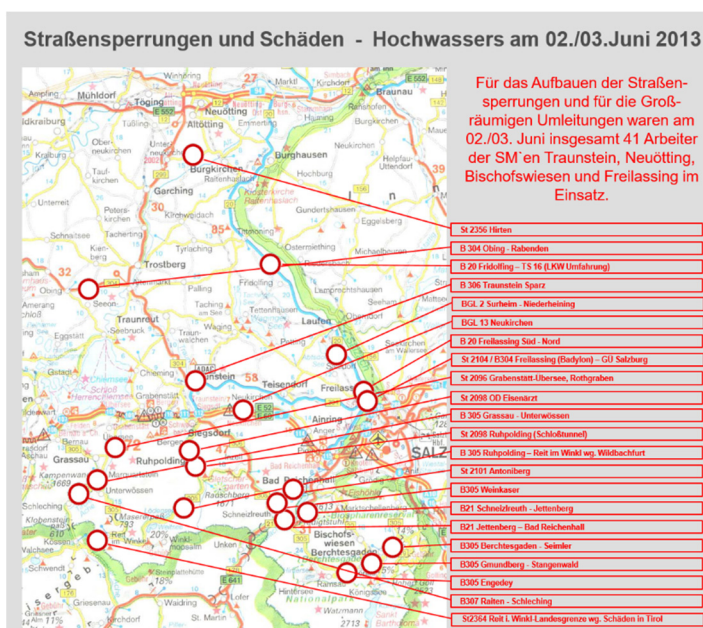




Abb. 28 – 33: Auszug einer Hochwasserereignisdokumentation des Straßenbetriebsdienstreferates des StBA TS (2013)

Die Erfassung von Hochwasserereignissen über die Naturgefahrenbank soll wegen bestehender Festlegungen von Zuständigkeiten nur als Ergänzung geführt werden. Um auf eine Doppelerfassung zu verzichten, ist für eine Auswertung von Hochwassern immer auch die Datenerfassung der Betriebsdienste heranzuziehen. Eine umfangreiche Datengrundlage für eine Konzeptentwicklung ist trotzdem gewährleistet. Auf eine eigene Auswertung der Naturgefahrenbank wird in dieser Arbeit verzichtet.



Abb. 34: Ereignis Wildbachfurt B305

Prozessart Rutschungen - bergseitig / talseitig

Wie auch bei den Felsstürzen orientiert sich die Ereigniserfassung bei den Rutschungen nicht an den Prozessdefinitionen Hanganbrüche (Abb. 35) und/oder tiefreichende Rutschungen. Bei Spontanrutschungen ist eine Einordnung ggf. noch leichter möglich als bei Rissen an der Oberfläche (Bankett, Straße). Die richtige Einordnung solcher Ereignisse ist auch für Experten nicht immer leicht. Bei den Ersterfassern vor Ort würde eine solche Differenzierung sicher zu Problemen führen. Es musste daher ein Kompromiss für die Ersterfassung gefunden werden. Die Ereigniserfassung unterscheidet somit grundsätzlich nur zwei Rutschvarianten – berg- / hangseitige Rutschungen (Tab. 11) und talseitige Rutschungen (Tab. 12). Bergseitige Rutscharten werden in Bezug auf ihre Dimension wie Fließereignisse, d.h. anhand der Straßenüberschüttung, unterteilt.

| Rutschung (Hangseite) Ereignisgröße | Anzahl d. Ereignisse | |
|--|----------------------|-------|
| | 23 | 100% |
| Abl.Höhe1= 0,0m Abl.Höhe2 <1,0m | 10 | 43,5% |
| Abl.Höhe1= 0,0m Abl.Höhe2 <2,5m | 2 | 8,7% |
| Abl.Höhe1 = 0,0m Abl.Höhe2 >2,5m | 0 | 0,0% |
| Abl.Höhe1 <1,0m Abl.Höhe2 <1,0m | 4 | 17,4% |
| Abl.Höhe1<1,0m Abl.Höhe2 <2,5m | 2 | 8,7% |
| Abl.Höhe1<1,0m Abl.Höhe2 >2,5m | 0 | 0,0% |
| Abl.Höhe1 >1,0m Abl.Höhe2 <2,5m | 3 | 13,0% |
| Abl.Höhe1 >1,0m Abl.Höhe2 >2,5m | 2 | 8,7% |
| Anzahl der Ereignisse ab 1m Überschüttung: | 7 | 30,4% |



Tab. 11: Auswertung Rutschereignisse 2010-2019

Abb. 35: Oberflächenrutschung an der Rossfeldstraße.

Bei den talseitigen Rutscharten wird zwischen einer Oberflächenrutschung (flachgründige Rutschung) und einem Hang- bzw. Erdrutsch (tiefreichende Rutschung) unterschieden (Tab. 12). Eine weitere Unterteilung findet bei der Ersterfassung jedoch nicht mehr statt.

| Rutschung (Talseite) Ereignisgröße | Anzahl d. Ereignisse | |
|---------------------------------------|----------------------|-------|
| | 9 | 100% |
| | 0 | 0,0% |
| Oberflächenrutsch bis FBR | 1 | 11,1% |
| | 0 | 0,0% |
| | 0 | 0,0% |
| | 0 | 0,0% |
| | 0 | 0,0% |
| | 0 | 0,0% |
| Böschungsbruch / Hang-Erdrutsch | 8 | 88,9% |
| Böschungsbruch Hang-Erdrutsch: | 8 | 88,9% |



Tab. 12: Auswertung Rutschereignisse 2010-2019 Abb. 36: Hangrutsch an der B305.

Während der Ereigniserfassung hat sich gezeigt, dass es im Zuge von Rutschungen immer zu einer detaillierten Ereigniserfassung gekommen ist. Das liegt auch am Schadensausmaß. Alle Rutschungen (Abb. 36) führten zu größeren Schäden an der Straße oder deren Bestandteilen und hatten länger andauernde Straßensperren bzw. Straßenbeeinträchtigungen zur Folge.

4.3 Fazit Ereigniserfassung

Wichtig bei einer Erst-Ereigniserfassung ist, dass sie zeitnah erfolgt und einem Entscheidungsträger zugänglich gemacht wird. Nur dadurch können umgehend Sofortmaßnahmen eingeleitet werden.

Neben dieser Erkenntnis gibt die neue Ereigniserfassung mit der Naturgefahrenbank, kombiniert mit der Hochwasserereigniserfassung, einen guten ersten Überblick, welche Ereignisse im Untersuchungsgebiet auftreten und wo sie sich am häufigsten ereignen. Sie zeigt, in welcher Weise sich bestimmte Ereignisse auf das Streckennetz und die Verfügbarkeit der betroffenen Straßen auswirken und lässt erste Rückschlüsse über die potentielle Gefahr der einzelnen Prozessarten zu.

Sturzereignisse, die dem Steinschlag zuzuordnen sind, treten häufig auf und sind hauptsächlich für Schäden bei Verkehrsteilnehmern verantwortlich. Sie führen nur in seltenen Fällen zu längeren Sperrzeiten. Es sind singulär auftretende Ereignisse, die sich nicht ankündigen und im Vorfeld kaum zu erkennen sind. Es ist eine deutliche Häufung der Ereignisse nach Winterperioden mit starken Frost-Tauwechseln zu erkennen. Längere Sperrungen aufgrund von Steinschlägen waren stets windwurfbedingt.

Felsstürze hingegen traten selten auf und hatten meist eine sofortige Sperrung der Straße zur Folge. Sie konnten nur selten einem Extremwetterereignis zugeordnet werden.

Bei den Rutschungen ist das Bild differenzierter. Sie treten, wie Felsstürze, deutlich seltener als Steinschläge auf und sind meist singuläre Ereignisse. Im Gegensatz zu Felsstürzen sind sie oft an Extremwetterereignisse geknüpft. Sie hatten in nahezu allen Fällen eine längere Straßensperre oder zumindest Straßenbeeinträchtigung zur Folge.

Murereignisse treten im Gegensatz zu Sturzereignissen oft zeitlich zusammenhängend entlang eines ganzen Straßenabschnittes auf. Dabei kam es nicht durch das plötzliche Auftreten des Ereignisses zu Schäden bei den Verkehrsteilnehmern, sondern vielfach aufgrund einer falschen Einschätzung der Gefahrensituation der Fahrzeuglenker beim Überfahren kleinerer Murkegel. Größere Murereignisse führten immer zu Straßensperren.

Lawinenergebnisse bei bekannten Lawenstrichen fanden ausschließlich während einer aktiven Straßensperrung statt. Die Ereignisse, die außerhalb einer Sperrung auftraten, fanden in bisher nicht kartierten Bereichen statt. Mehr noch als Murereignisse traten Lawinenergebnisse zeitlich zusammenhängend in großen Gebieten auf.

Zusammengefasst können diese Erkenntnisse der Ereignisauswertung bezüglich Auftretens- und Schadenshäufigkeit sowie dem Potential für Straßensperrungen im Untersuchungsgebiet der Tab. 13 entnommen werden.

Der verwendete Wort-Terminus in der Tabelle entspricht dabei nicht (wie z.B. im Risikokzept Nationalstraßen) einer festen Jährlichkeit.

Tab. 13: Zusammenfassung Auswertung Ereigniserfassung.

| Prozessart | Auftretens-wahrscheinlichkeit | Witterungsbedingt | Schadenshäufigkeit bei Verkehrsteilnehmern | Potential für eine Straßensperrung |
|-------------|-------------------------------|-------------------|--|---|
| Steinschlag | häufig | nein | selten | gering |
| Felssturz | selten | selten | sehr selten | hoch |
| Rutschung | selten | häufig | sehr selten | sehr hoch |
| Mure | selten | immer | sehr selten | sehr hoch |
| Lawinen | selten | immer | sehr selten | in den meisten Fällen bereits vorhanden |

5 Methodik für die Erfassung und Bewertung von Sicherungsbauwerken

Um die Sicherungsbauwerke bei einer Gefahren- oder Risikobetrachtung zu berücksichtigen oder bei einem zukünftigen Konzept für die Behandlung von Georisiken auf Straßen einbeziehen zu können, müssen die Bauwerke die dem Schutz vor diesen Gefahren dienen bekannt sein. Durch die Auswertung vorhandener Daten, konnte dies im Untersuchungsraum nicht sichergestellt werden. In keiner Behörde existierten Daten zu Art, Lage oder aktuellem Zustand der Bauwerke. Eine regelmäßige Kontrolle dieser Bauwerke fand nicht statt.

Aus diesem Grund wurde vom überministeriellem Arbeitskreis (Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten – StMELF, Oberste Baubehörde im Staatsministerium des Inneren - OBB, bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz – StMUV) „bestehende Sicherungsbauwerke“ das Staatliche Bauamt Traunstein mit dem Landkreisen Berchtesgadener Land und Traunstein als Pilotamt ausgewählt. In diesen Landkreisen waren alle Sicherungsbauwerke zu erfassen und eine Aussage über ihren Bauwerkszustand zu treffen. Die Erfassungsmethode wurde dabei freigestellt.

Somit konnte von mir auf ein im Zuge der Dissertation erstelltes Konzept zur Erfassung der Bauwerke zurückgegriffen werden. Es basiert auf einem dreistufigen Vorgehen:

- Stufe 1: Eingrenzen von Flächen in denen Schutzbauwerke errichtet worden sind. Hierfür wurden Luftbilder und bestehende Befliegungsdaten ausgewertet und die örtlichen Behörden befragt.
- Stufe 2: Untersuchen von Anhaltsflächen. Flächen, in denen nach Stufe 1 mit Bauwerken zu rechnen ist und die schwer zu begehen sind, wurden mit einer Drohne befliegen.
- In Stufe 3, werden letztlich durch Begehungen noch nicht erfasste Bauwerke, mittels Hand-GPS in der Lage nacherfasst und die Bauwerksart, Bauwerksdimensionierung (Stärke und Höhe) sowie deren Zustand ermittelt.

Anders als für normale Ingenieurbauwerke des Straßenbaus (Brücken, Stützmauern oder Tunnel) gibt es für diese Bauwerke in Bayern keine DIN-Normen, Richtlinien, Merkblätter oder Leitfäden. Auch eine Datenbank für die Speicherung der aufgenommenen Bauwerke existierte nicht. Eine Aufnahme in die bestehende Bauwerksdatenbank (ASB-ING 2013) wäre nur bedingt möglich gewesen, da diese Datenbank einen Aufbau und eine Bewertungssystematik besitzt, die für Sicherungsbauwerke nur eingeschränkt geeignet ist. Aus diesem Grund wurde eine SQL-Datenbank erstellt, in der die Daten zu diesen Bauwerken abgespeichert werden.

5.1 Erfassung von Sicherungsbauwerken

Die wichtigste Erkenntnis neben der Vollständigkeit der Bauwerkserfassung ist die genaue Lage der Bauwerke im Gelände. Durch eine Abfrage bei den Verwaltungen und deren Betriebsdiensten (Straßenmeistereien, Flussmeisterstellen und Schutzwaldmanagementstellen) konnten die Gebiete, in denen nach Sicherungsbauwerken gesucht werden muss, reduziert werden. In Verbindung mit einer Auswertung der Gefahrenbereiche aus den Gefahrenhinweiskarten, konnte das Gebiet, in dem Sicherungsbauwerke existieren, nochmals reduziert werden. Die Erfassung erfolgte daraufhin in drei Stufen.

Stufe 1: Auswertung von Luftbildern

Nach einer Eingrenzung der Verdachtsflächen wurden diese zunächst über hochauflösende Luftbilder nach Bauwerksanzeichen abgesucht (Abb. 37). Wurden hier bereits Bauwerke entdeckt, wurde ihre Lage über die Luftbilder erfasst.



Abb. 37: Hochauflösende Satellitenfotos im Bereich der Hausrinne am Kehlstein

Stufe 2: Auswertung von Drohnenbefliegungen

In einem zweiten Schritt wurden die Gebiete, in denen es Anzeichen oder Erkenntnisse über Bauwerke gab, mittels Drohnenbefliegung aufgenommen. Über die Implementierung der vereinfachten Geometrie wurden die Bereiche photogrammetrisch (Abb. 38 u. 39) ausgewertet und die Bauwerke herausgefiltert.

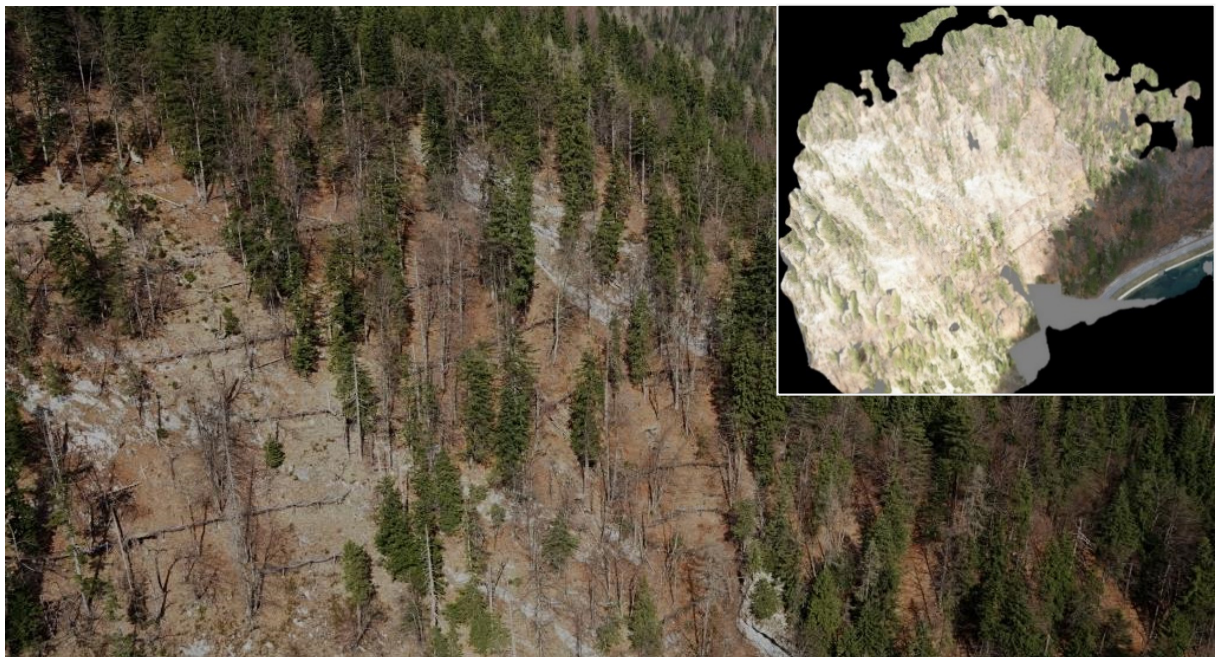


Abb. 38 u. 39: Schrägbildaufnahme Lawinerverbaugebietes Seehaus inkl. Modellierung nach Photogrammetrie

Wichtig bei dieser Methode sind die unterschiedlichen Aufnahmewinkel bei der Befliegung. Eine vertikale Draufsicht kombiniert mit einer Schrägansicht hat sich dabei als ideale Grundlage heraus-

gestellt. Der Winkel der Schrägbildaufnahme richtet sich dabei nach dem vorherrschenden Bewuchs und der Bauwerksart der zu erfassenden Sicherungsbauwerke. Wichtig bei der genauen Verortung und Längenerfassung der Bauwerke ist die Georeferenzierung der Schrägbildaufnahmen, durch die vor allem Zaunbauwerke und Netze lagegenau erfasst werden können.

Stufe 3: Erfassung mittels Hand-GPS

So hilfreich die Erfassung der Bauwerke mit den Fernerkundungsmethoden auch war, ersetzte sie jedoch nicht die Begehung der Bauwerke vor Ort. Zum einen diente diese der Überprüfung der Bauwerkslängen und zum anderen konnten die Bauwerksart, der Bauwerkszustand und die Dimensionierung der Bauwerke nur vor Ort eindeutig bestimmt werden. Wurden Bauwerke bei der Fernerkundung übersehen, konnten sie im Zuge der Begehungen nacherfasst werden. Derzeit liegt für ca. 35% der Bauwerke eine Zustandserfassung vor.

Eine lagemäßige Nacherfassung von Bauwerken im Gelände (Abb. 40) stellte sich schwieriger dar als angenommen. Selbst mit hochwertigen GPS-Geräten waren Lageabweichungen im Gelände von bis zu 5 m keine Seltenheit. Durch Versuche im Gelände mit drei verschiedenen GPS-Geräten konnten fünf Faktoren ermittelt werden, von denen die Genauigkeit der Erfassung beeinflusst wurde.

- 1 Die Neigung und die Ausrichtung des Hanges.
- 2 Der Bewuchs im Bereich des aufzunehmenden Bauwerkes.
- 3 Die Qualität des GPS-Gerätes und dessen Empfang (Antenne).
- 4 Die zur Verfügung stehende Satelliten-Anzahl zur Zeit der Aufnahme.
- 5 Die Art des aufzunehmenden Bauwerkes und dessen Nachbarbauwerke.



Abb. 40: Direkte Aufnahme mittels Hand-GPS



Abb. 41: Indirekte Aufnahme mit Distanzmessgerät

Vor allem bei Bauwerken mit Stahlnetzen hatte eine Lageaufnahme in den meisten Fällen eine massive Lageungenauigkeit zur Folge. Diese konnte oft nur durch einen Abstandsabgleich zu Nachbarbauwerken, die mittels Fernerkundungsmaßnahmen (Abb. 41) erfasst wurden, kompensiert werden.

Für die Erfassung und gleichzeitige Attribut-Zuweisung der Bauwerke im Gelände wurde über eine Trimble-Software (Pathfinder) ein Programm erstellt. Dadurch können die Grunddaten der Bauwerke (Lage, Bauwerksart, etc.) im Gelände sofort mit den geometrischen Lagedaten verknüpft werden. Nach Möglichkeit wurden 6 Zusatzdaten bei der Erstaufnahme miterfasst (Abb. 42).

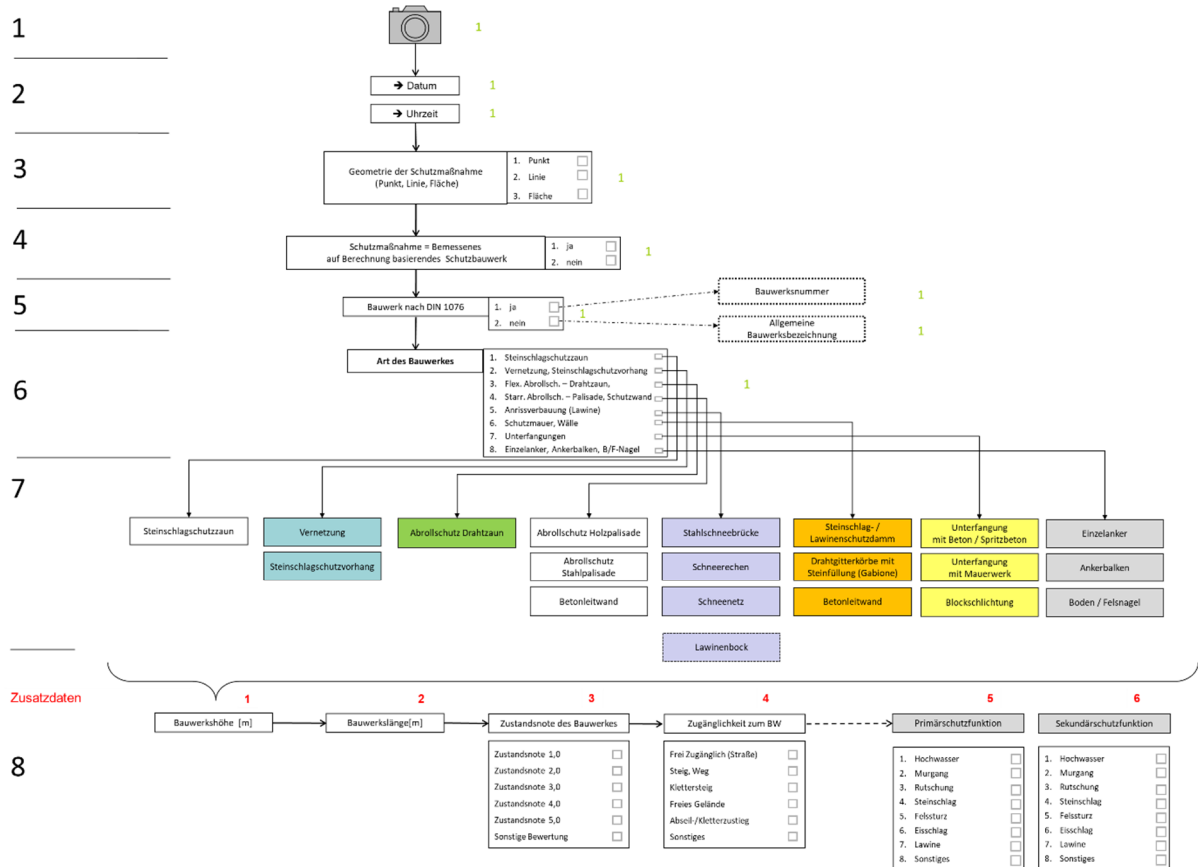


Abb. 42: Flussdiagramm Bauwerkserfassung mit Hand-GPS

5.2 Einteilung der Sicherungsbauwerke in verschiedene Bauwerksarten

Im Zuge dieser Arbeit wurden anhand der Ersterfassung der Sicherungsbauwerke im Untersuchungsgebiet 18 Arten von Bauwerken gegen Sturzprozesse und Lawinen unterschieden. Sie wurden katalogisiert und für die Erfassung verwendet. Diese Unterteilung wurde vom Arbeitskreis Sicherungsbauwerke des bayerischen Bauministeriums im Grundsatz übernommen, zwei Bauwerksarten – Betonleitwände und Gabionenwände wurden jedoch ergänzt. Zur Vereinheitlichung dieser Sicherungsbauwerke und deren Bauteile wurden vom Arbeitskreis durch ein Ingenieurbüro Bauwerksskizzen erstellt und für eine zentrale Erfassung in Bayern standardisiert. Dadurch wird eine zukünftig einheitliche Benennung und Erfassung dieser Bauwerke für ganz Bayern sichergestellt. Bei den weiteren Untersuchungen und Auswertungen der Sicherungsbauwerke in dieser Arbeit wurde mit der Einführung der neuen Skizzen, auf diese Bezeichnungen der Bauwerksarten umgestellt.

Bauwerksarten der Sicherungsbauwerke

Bei zwölf der neu eingeführten Bauwerksarten (Abb. 43-50) handelt es sich um primäre Sicherungsbauwerke (ONR 24810 2017). Sie wurden im Startbereich des Prozesses erstellt, um den Ausbruch von Sturzmassen bzw. (Abb. 51-54) das Abrutschen der Fließmassen zu verhindern. (Lawinenschilder werden in diesem Zuge nur als Hilfskonstruktionen und nicht als Bauwerke im eigentlichen Sinn betrachtet. Sie wurden nur dann als Bauwerke erfasst, wenn sie dauerhaft erforderlich sind, um Anrissflächen zu verkleinern und nicht dazu dienen, den Aufwuchs eines Jungwaldes zu sichern.)

Primäre Sicherungsbauwerke Prozessart Sturz:



Sicherungsbauwerke gegen Naturgefahren

Sicherungsbauwerke gegen Naturgefahren

Einzelanker

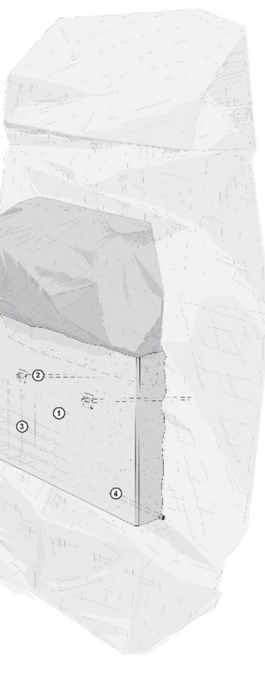
Ankerbalken

Bauwerksskizze
Nr. 01
März 2018

Bauwerksskizze
Nr. 02
März 2018



Sicherungsbauwerke gegen Naturgefahren



Sicherungsbauwerke gegen Naturgefahren

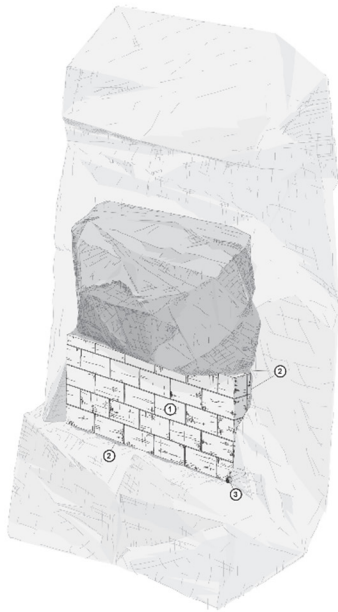
Boden- / Felsnagel

Unterfangung
mit Beton / Spritzbeton

Bauwerksskizze
Nr. 03
März 2018

Bauwerksskizze
Nr. 04
März 2018

Abb. 43-46: Bauwerksskizzen für primäre Sicherungsbauwerke – Sturz, Rutschung (Arbeitskreis Sicherungsbauwerke 2019).

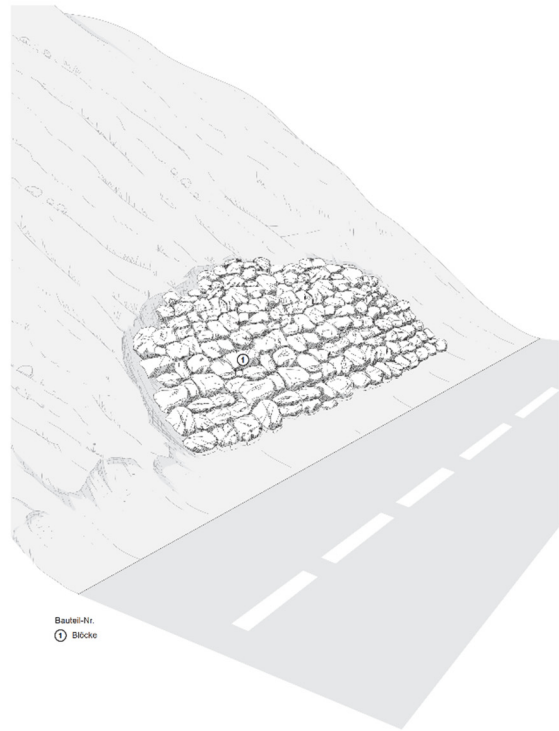


- Bauteil-Nr.
 ① Mauerstein / Naturstein
 ② optional Mauerlage
 ③ optional Drainage

Sicherungsbauwerke gegen Naturgefahren

**Unterfangung
mit Mauerwerk**

Bauwerksskizze
 Nr. 05
 März 2018



- Bauteil-Nr.
 ① Blöcke

Sicherungsbauwerke gegen Naturgefahren

Blockschichtung

Bauwerksskizze
 Nr. 06
 März 2018



- Bauteil-Nr.
 ① Nagel
 ② Drahtseil
 ③ optional Lagesicherung

Sicherungsbauwerke gegen Naturgefahren

Drahtseilsicherung

Bauwerksskizze
 Nr. 07
 März 2017



- Bauteil-Nr.
 ① Platte
 ② Kletter
 ③ Nagelstab
 ④ Primärgeflecht
 ⑤ optional Sekundärgeflecht
 ⑥ optional Randsseil
 ⑦ optional Zwischenseil

Sicherungsbauwerke gegen Naturgefahren

Vernetzung

Bauwerksskizze
 Nr. 08
 März 2018

Abb. 47-50: Bauwerksskizzen für primäre Sicherungsbauwerke – Sturz, Rutschung (Arbeitskreis Sicherungsbauwerke 2019).

Primäre Sicherungsbauwerke Prozessart Lawine

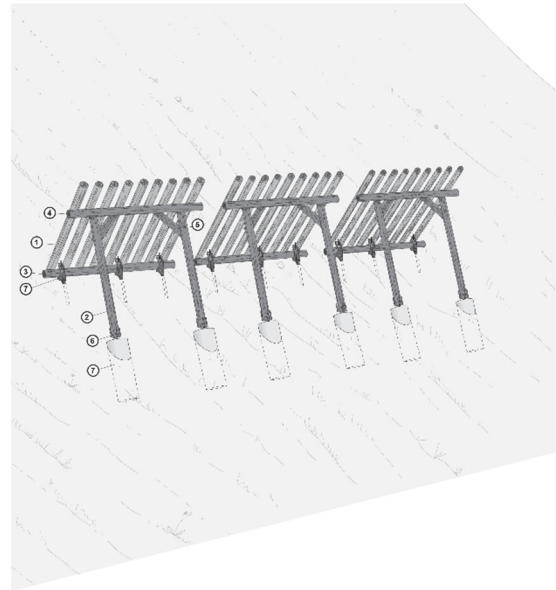


- Bauteil-Nr.
 ① Rückhalteelement
 ② Träger
 ③ Stütze
 ④ Gründung

Sicherungsbauwerke gegen Naturgefahren

Stahlschneebrücke

Bauwerksskizze
 Nr. 9
 März 2018

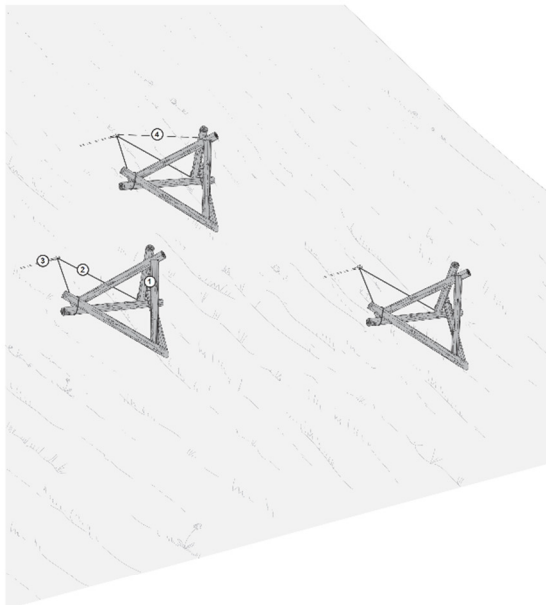


- Bauteil-Nr.
 ① Rückhalteelement
 ② Stütze
 ③ Fussriegel
 ④ Koferriegel
 ⑤ Aussteifung
 ⑥ Stützträger als Fundament
 ⑦ Fussriegelträger als Fundament
 ⑧ Gründung

Sicherungsbauwerke gegen Naturgefahren

Schneerechen

Bauwerksskizze
 Nr. 10
 März 2018

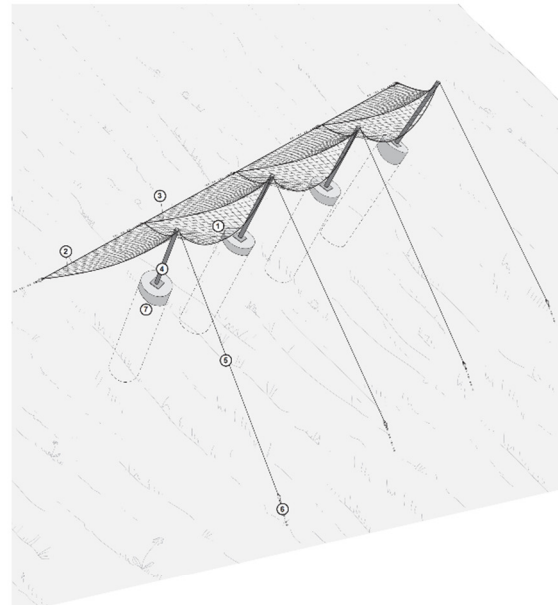


- Bauteil-Nr.
 ① Bock aus Holz
 ② Rückhalteelement
 ③ Nägel
 ④ optional Abspannseil

Sicherungsbauwerke gegen Naturgefahren

Lawinenbock

Bauwerksskizze
 Nr. 11
 März 2018



- Bauteil-Nr.
 ① Geflecht
 ② Randsseil
 ③ Zwischenseil
 ④ Stütze
 ⑤ Abspannseil
 ⑥ Nägel
 ⑦ Gründung

Sicherungsbauwerke gegen Naturgefahren

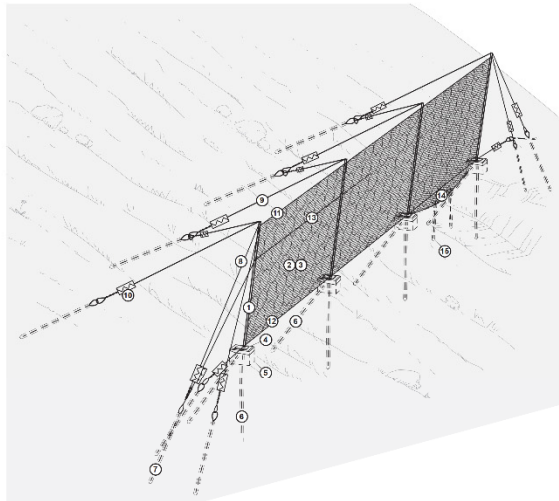
Schneenet

Bauwerksskizze
 Nr. 12
 März 2018

Abb. 51-54: Bauwerksskizzen für primäre Sicherungsbauwerke – Lawinen (Arbeitskreis Sicherungsbauwerke 2019).

Acht der neu eingeführten Bauwerksarten können als sekundäre Sicherungsbauwerke (Abb. 54-61) bezeichnet werden (ONR 24810 2017). Sie stehen in den Transit- und Auslaufbereichen der Prozesse und sollen die abstürzenden oder abfließenden Ereignismassen zurückhalten oder umlenken, sodass sie keine Gefahr für die Straße darstellen.

Sekundäre Sicherungsbauwerke

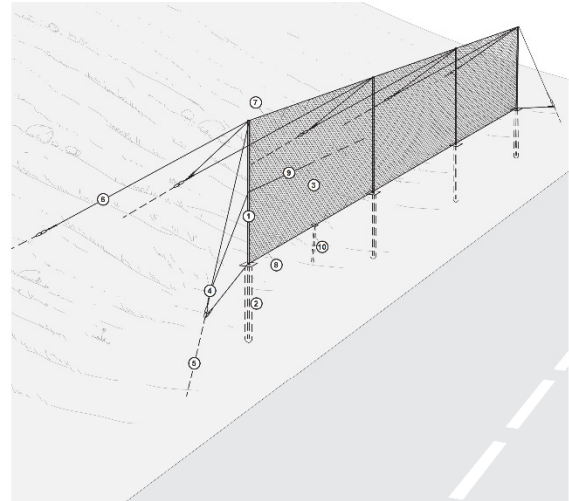


- Bauteil-Nr.
- ① Stütze
 - ② Primärgeläch
 - ③ optional Sekundärgeläch
 - ④ Bodenplatte
 - ⑤ Fundament
 - ⑥ Fundamentanker
 - ⑦ Abspannanker
 - ⑧ seitliches Abspannseil
 - ⑨ bergseitiges Abspannseil
 - ⑩ Bremsselement
 - ⑪ oberes Tragsseil
 - ⑫ unteres Tragsseil
 - ⑬ optional Zwischenseil
 - ⑭ optional Schleppnetz / Unterlaufschutz
 - ⑮ Nagel

Sicherungsbauwerke gegen Naturgefahren

Steinschlagschutzzaun

Bauwerksskizze
Nr. 13
März 2017

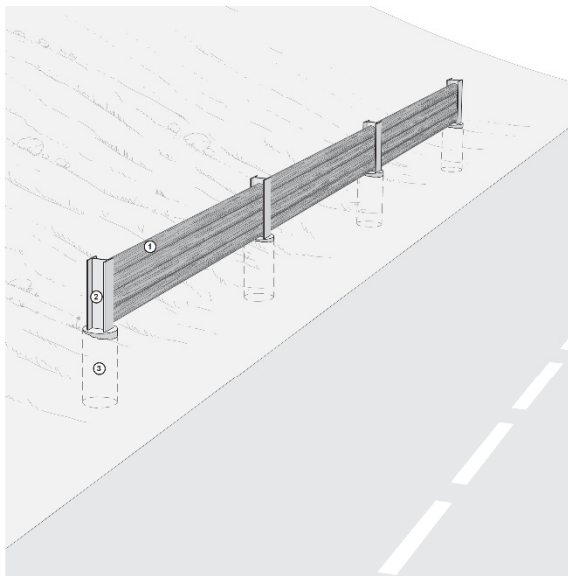


- Bauteil-Nr.
- ① Stütze
 - ② Gründung
 - ③ Geflecht
 - ④ seitliches Abspannseil
 - ⑤ Abspannanker
 - ⑥ optional bergseitiges Abspannseil
 - ⑦ oberes Tragsseil
 - ⑧ unteres Tragsseil
 - ⑨ optional Nagel
 - ⑩ optional Zwischenseil

Sicherungsbauwerke gegen Naturgefahren

Abrollschutz - Drahtzaun

Bauwerksskizze
Nr. 14
März 2018

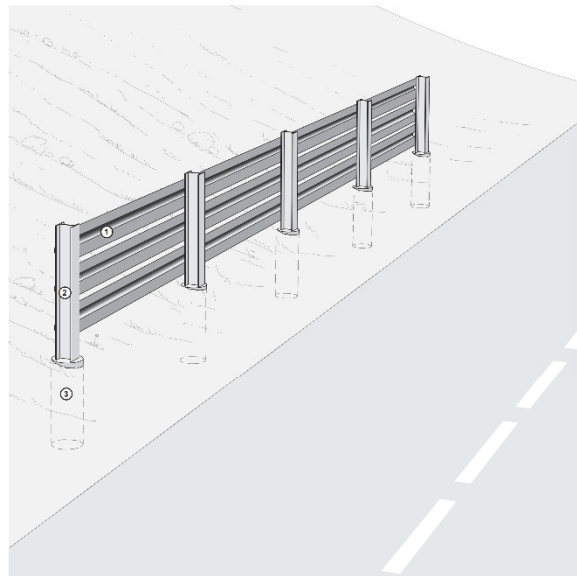


- Bauteil-Nr.
- ① Aufstangelement
 - ② Stütze
 - ③ Gründung

Sicherungsbauwerke gegen Naturgefahren

Abrollschutz - Holzpalisaden

Bauwerksskizze
Nr. 15
März 2018



- Bauteil-Nr.
- ① Aufstangelement
 - ② Stütze
 - ③ Gründung

Abrollschutz - Stahlpalisade

Sicherungsbauwerke gegen Naturgefahren

Abrollschutz - Stahlpalisade

Bauwerksskizze
Nr. 16
März 2017

Abb. 54-67: Bauwerksskizzen für sekundäre Sicherungsbauwerke (Arbeitskreis Sicherungsbauwerke 2019).

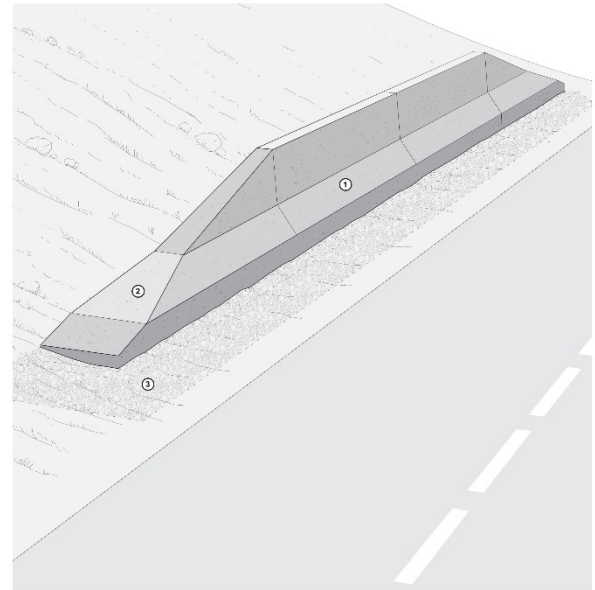


Bauteil-Nr.
① Damm (z.B. Aufschüttung, bewehrte Erde)

Sicherungsbauwerke gegen Naturgefahren

**Steinschlag- /
Lawinschutzdamm**

Bauwerksskizze
Nr. 19
März 2018

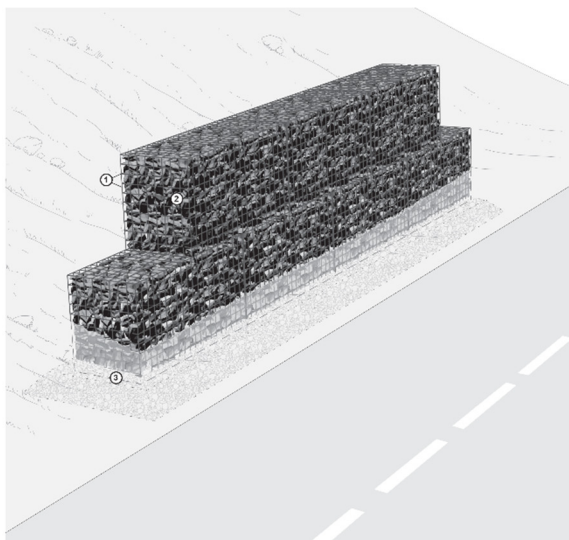


Bauteil-Nr.
① Betonsegment
② Absenkelement
③ Gründung

Sicherungsbauwerke gegen Naturgefahren

Betonschutzwand

Bauwerksskizze
Nr. 17
Feb. 2018

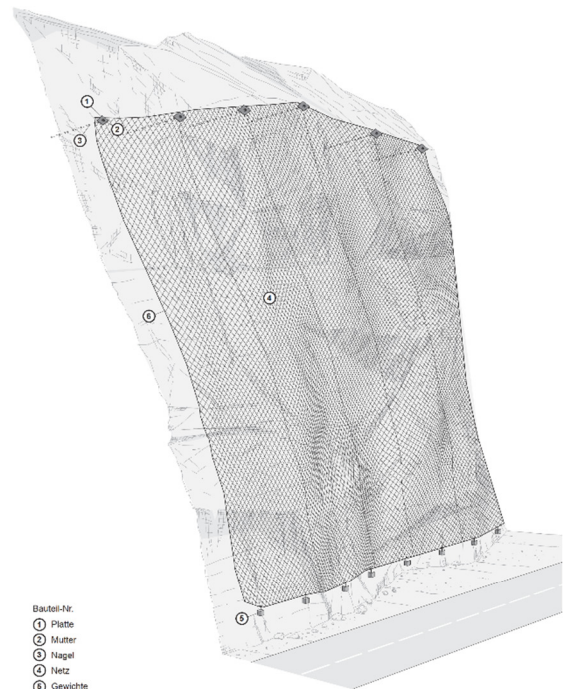


Bauteil-Nr.
① Drahtgitterkorb
② Steinfüllung
③ Gründung

Sicherungsbauwerke gegen Naturgefahren

**Drahtgitterkörbe
mit Steinfüllung (Gabione)**

Bauwerksskizze
Nr. 18
Jan. 2018



Bauteil-Nr.
① Platte
② Mutter
③ Nagel
④ Netz
⑤ Gewichte
⑥ Randseil

Sicherungsbauwerke gegen Naturgefahren

**Steinschlagschutz-
vorhang**

Bauwerksskizze
Nr. 20
März 2018

Abb. 58-61: Bauwerksskizzen für sekundäre Sicherungsbauwerke (Arbeitskreis Sicherungsbauwerke 2019).

Neben den neu eingeführten Sicherungsbauwerken gibt es noch eine große Anzahl weiterer Bauwerke, die den Schutz der Straßen vor Naturgefahren sicherstellen. Diese Bauwerke können im Grunde drei Bauwerkskategorien zugeordnet werden:

1. Bei Sturz-, Rutsch- oder Fließprozessen kommen neben den Sicherungsbauwerken die regulären Bauwerke des Ingenieurbaus zum Einsatz. Zu nennen sind hier vor allem Stützmauern und die verschiedenen Arten von Schutzgalerien bzw. Tunnel (DIN 1076) (ARS, Nr. 25/1999).
2. Bei den Wildbachprozessen wie Hochwassern oder Murgängen kommen die klassischen Wildbachbauwerke sowie alle Arten von Querbauwerken (Konsolidierungs- und Rückhalte-sperren, etc.) und Längsbauwerken, wie Ufersicherungen, zum Einsatz (LfU 2015).
3. Bei Rutschungen trifft man auf alle Arten von Entwässerungseinrichtungen (Drainagesysteme, etc.) und die unterschiedlichen ingenieurbioologischen Sicherungsbauweisen, wie sie der neuen DIN 18918:2019-12 (Entwurf) zu entnehmen sind.

Die Bauwerke dieser Bauwerkskategorien werden bereits in vorhandenen Datenbanken der Straßenbauverwaltungen (ASB-ING 2013) oder der Wasserwirtschaftsämter (Wildbachbauwerks-Datenbank) erfasst. Ihre Lage und Dimension sind bekannt, wodurch eine Berücksichtigung in der Gefahrenbetrachtung möglich ist.

5.3 Sicherungsbauwerke im Untersuchungsgebiet

Bei der Bauwerksaufnahme im Untersuchungsgebiet wurden 8.603 Sicherungsbauwerke dokumentiert.

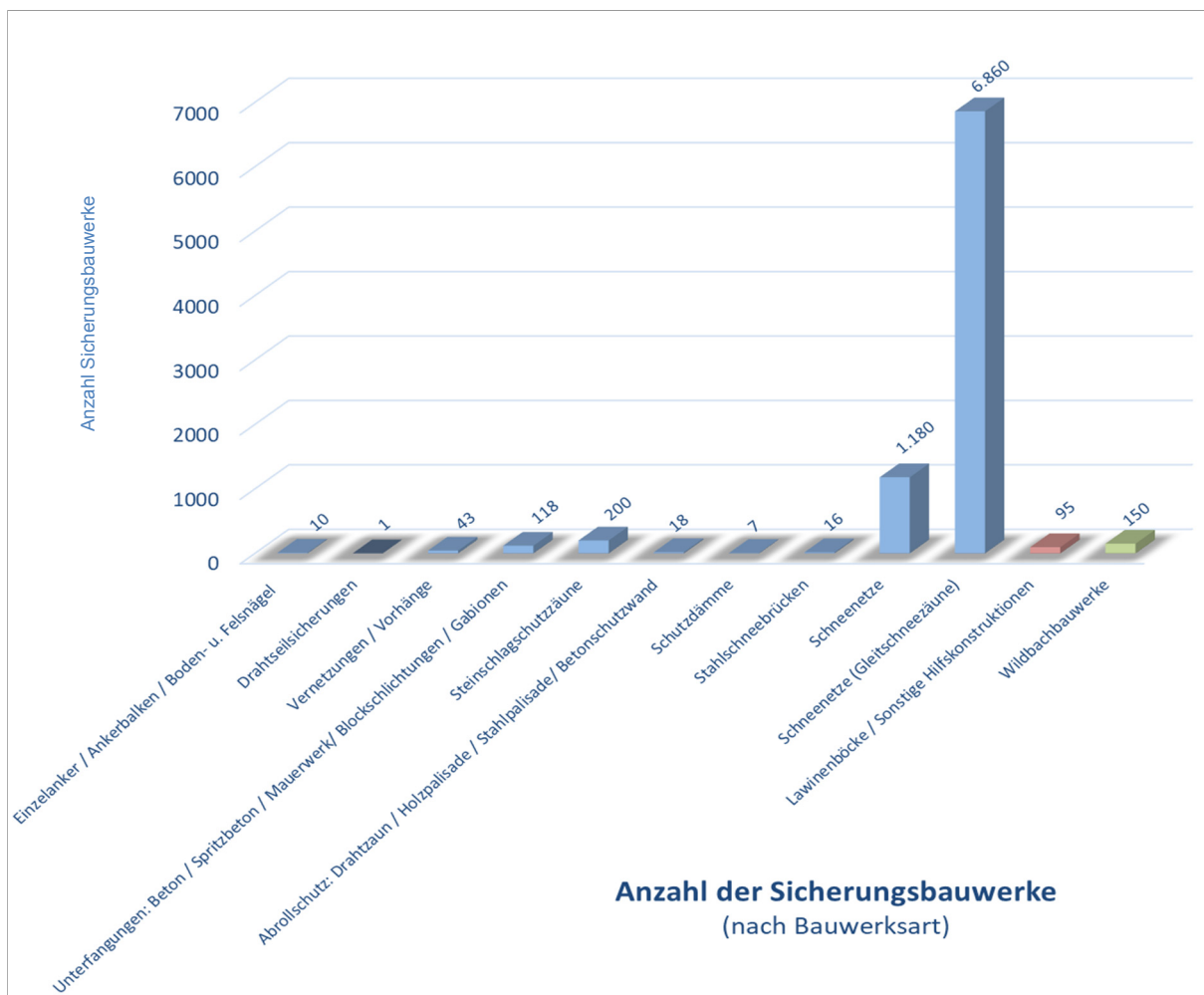


Abb. 62: Anzahl der im Untersuchungsgebiet erfassten Bauwerke nach Bauwerksarten.

Von diesen 8.603 Bauwerken (Abb. 62) sind 521 gegen Steinschlag, Felssturz und Murereignisse errichtet worden. 8.026 der vorhandenen Bauwerke und 95 Hilfskonstruktionen dienen dem Lawinenschutz. Nahezu alle diese Bauwerke wurden in den Lawinenverbauegebieten errichtet. Die Gesamtlänge der Sicherungsbauwerke beträgt über 71 km (Tab. 14).

Eine Besonderheit ist die Verteilung der Sicherungsbauwerke im Untersuchungsgebiet. Die Auswertung zeigt, dass sich die Hauptanzahl der Sicherungsbauwerke im Bereich der Weißwand, bzw. in den andern Lawinenverbauegebieten befinden (Tab. 14). Dies ist für die Unterhaltungsarbeiten zu begrüßen, birgt aber andererseits die große Gefahr (siehe Windwurf beim Sturm Kyrill), dass ggf. viele Bauwerke im Zuge eines Ereignisses stark geschädigt werden könnten.

Tab. 14: Erfasste Sicherungsbauwerke im Untersuchungsgebiet.

| Prozessart | Straße | Landkreis (Verbauegebiet) | Gesamt Anzahl |
|---|--|------------------------------------|------------------|
| Steinschlag Felssturz Rutschung Mure | Bund | Bereich TS und BGL | 333 St |
| | Land | Bereich TS und BGL | 83 St |
| | Kreis | Bereich BGL | 12 St |
| | Privat | Rossfeld und Kehlsteinstraße | 93 St |
| Lawine | B 305 | Seehaus | 70 St |
| | St 2101 | Antoniberg | 250 St |
| | B 305 | Weißwand Lawinestrich-Nr. 22 | 643 St |
| | B 305 | Weißwand Lawinestrich-Nr. 21, 20 | 1.189 St |
| | B 305 | Weißwand Lawinestrich-Nr. 19 | 988 St |
| | B 305 | Weißwand Lawinestrich-Nr. 18 | 1.322 St |
| | B 305 | Weißwand Lawinestrich-Nr. 17 + 16 | 1.083 St |
| | B 305 | Weißwand Lawinestrich-Nr. 15 + 14 | 977 St |
| | B 305 | Weißwand Lawinestrich-Nr. 13A + 13 | 954 St |
| | B 305 | Weißwand Lawinestrich-Nr. 12 | 606 St |
| Untersuchungsgebiet: südlicher Landkreis Berchtesgadener Land und Traunstein | Anzahl Bauwerke - Gesamt | | 8.603 Stück |
| | Länge der Bauwerke - Gesamt | | 71.685 m |
| | Sonstige Konstruktionen (Lawinenböcke) | | 95 Stück |

5.4 Zustand der Sicherungsbauwerke im Untersuchungsgebiet

Bei einer sehr großen Anzahl an Sicherungsbauwerken im Untersuchungsgebiet spielt der Bauwerkszustand eine wichtige Rolle. Viele Bauwerke wurden über die letzten Jahrzehnte errichtet. Einige sind über dreißig Jahre alt und haben ihr Lebensalter damit erreicht. Andere Bauwerke wurden erstellt und danach nicht mehr instandgehalten. Eine ordnungsgemäße Kontrolle und Wartung hat bei so gut wie

keinem Bauwerk stattgefunden. Entsprechend groß sind deren Schäden. Teilweise stellen die Sicherungsbauwerke bereits selbst eine Gefahr für die Straße dar. Diese Bauwerke müssen aufgefunden, bewertet und je nach Bedarf saniert oder erneuert werden.

Im Zuge dessen ist auch ihre Dimensionierung zu bewerten. Bei den meisten vor dem Jahr 2000 errichteten Bauwerken handelt es sich jedoch um konstruktive Maßnahmen, die nicht auf einer Berechnung oder Simulation beruhen. Sie wurden nach Erfahrungswerten errichtet oder aus den gerade zur Verfügung stehenden Elementen zusammengesetzt. Dabei wurden Bauteile wie Stützen, Netze bzw. Ausfachungen oft unterdimensioniert, sodass eine Bauwerkseinschätzung schwierig ist (Abb. 63-65).



Abb. 63 - 65: Alte sanierungsbedürftige Bauwerke, die nach konstruktiven Gesichtspunkten errichtet wurden.

Ein zentraler Aspekt bei allen Sicherungsbauwerken besteht darin, dass sie durch Überbeanspruchung in kurzer Zeit großflächig geschädigt werden können. Daher ist es wichtig, sie regelmäßig zu kontrollieren. Ein gutes Beispiel, wie schnell sich ein Bauwerkszustand verschlechtern kann, stellt die Lawinerverbaueung Seehaus (Abb. 66) dar. Sie wurde vor ca. 20-25 Jahren errichtet. 2018 erfolgte im Rahmen einer Ersterfassung eine Bauwerksbeurteilung.

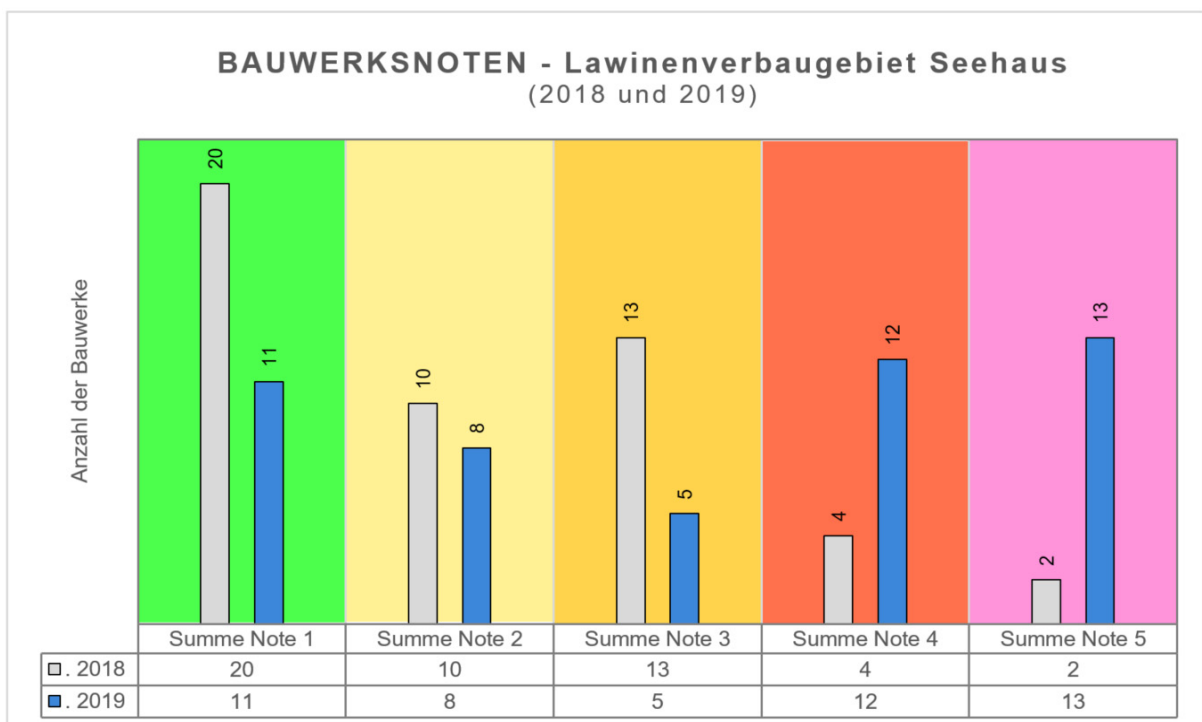


Abb. 66: Zustand der Sicherungsbauwerke im Lawinerverbauegebiet Seehaus vor und nach dem Katastrophewinter 2019.

Vergleicht man die Zustandsbewertung der jährlichen Kontrollen (Note 1 = sehr guter Zustand bis Note 5 = zerstört) vor und nach dem Katastrophenwinter 2019 kann man erkennen, wie gravierend sich der Bauwerkszustand innerhalb nur eines Jahres bzw. aufgrund eines Ereignisses verändern kann.

6 Erfassung, Aus- und Bewertung bestehender Datengrundlagen, sowie Entwicklung einer Methode zur Durchführung einer Naturgefahrenanalyse

Anders als in der Schweiz existieren im Untersuchungsgebiet viele der notwendigen Datengrundlagen für die Erstellung einer Risikoanalyse nach dem Risikokzept Naturgefahren Nationalstraßen (ASTRA 2012) nicht (Tab. 15). Sowohl bei der Gefahrenanalyse als auch bei der Expositions- und Konsequenzanalyse wäre man, sollten sie nach dieser Methodik durchgeführt werden, zu sehr vielen Annahmen oder einem lang andauernden Erhebungsprozess gezwungen.

Tab. 15: Gegenüberstellung der benötigten und im Untersuchungsgebiet tatsächlich zur Verfügung stehenden Daten für eine Anwendung des Risikokonzepts Naturgefahren Nationalstraßen (ASTRA 2012).

| Daten zur Gefahrenanalyse | | Daten zur Expositionsanalyse | |
|---|-------|--|-------|
| ▪ Ereigniskataster | n.V. | ▪ Sperrwahrscheinlichkeit | n.V. |
| ▪ Schutzbautenkataster | n.V. | ▪ Vorsorgliche Sperrung | n.V. |
| ▪ Bestehende Untersuchungen | tw.V. | ▪ Sperrung infolge gleichzeitiger Ereignisse | n.V. |
| ▪ Geländeanalyse | n.V. | ▪ Auffährwahrscheinlichkeit | n.V. |
| ▪ Bereinigung der Schutzwaldflächenausweisungen | n.V. | ▪ Direkttreffer | n.V. |
| ▪ Karte der Phänomene | n.V. | ▪ Intensität > Schadenempfindlichkeit | n.V. |
| ▪ Modellierungen | tw.V. | ▪ Schadenerwartungswert Basiswerte für Streckenobjekte (Galerien, Strasse, usw.) | n.V. |
| Intensitätskarten für die Szenarien: | n.V. | ▪ DTV | V. |
| ≤ 10 Jahre | | ▪ Fahrgeschwindigkeit | V. |
| 30 Jahre | | ▪ Personenbelegung | tw.V. |
| 100 Jahre | | ▪ Verfügbarkeit nach Ereignis | n.V. |
| 300 Jahre | | ▪ Verfügbarkeit vorsorgliche Sperrung | n.V. |
| | | ▪ Verschüttung mit Räumungskosten und Wiederherstellung | n.V. |
| n.V. = Daten nicht vorhanden | | | |
| tw.V. = Daten teilweise vorhanden | | | |
| V = Daten vorhanden | | | |

Ein weiterer wichtiger Punkt bei der in der Schweiz praktizierten Vorgehensweise ist der unterschiedliche rechtliche Hintergrund und Rahmen. Für Bundes-, Staats und Kreisstraßen legen im Grunde zwei Paragraphen die rechtlichen Rahmenbedingungen für den Umgang mit Naturgefahren auf Straßen fest.

1. Bayerisches Straßen- und Wegegesetz (Art.9 Abs.1 S.2 BayStrWG 2019):

Die Träger der Straßenbaulast haben nach ihrer Leistungsfähigkeit die Straßen in einem dem gewöhnlichen Verkehrsbedürfnis und den Erfordernissen der öffentlichen Sicherheit und Ordnung genügenden Zustand zu bauen und zu unterhalten.

2. Bundesfernstraßengesetz (§3 Abs.1 FStrG 2020)

Die Träger der Straßenbaulast haben nach ihrer Leistungsfähigkeit die Bundesfernstraßen in einem dem regelmäßigen Verkehrsbedürfnis genügenden Zustand zu bauen, zu unterhalten, zu erweitern oder sonst zu verbessern.

Daraus folgt, dass weder durch das bayrische Straßen- und Wegegesetz noch durch das Bundesfernstraßengesetz ein Risikokzept, das bei der finalen Sicherheits- und Maßnahmenabwägung in einer monetären Kosten-Nutzen-Abwägung endet, rechtlich abgedeckt wäre.

Des Weiteren ist die Aufgabe - Straßen in einem dem gewöhnlichen Verkehrsbedürfnis und nach den Erfordernissen der öffentlichen Sicherheit und Ordnung genügenden Zustand zu bauen und zu unterhalten - zwar ein hohes Gut, die Straßengesetze steht aber nicht über anderen gültigen Bundes- oder Landesgesetzen, bzw. europäischen Normen. Bei einer finalen Abwägung der Rechtgüter wird somit bei den wenigsten Maßnahmen eine Nutzen-Kostenabwägung die entscheidende Rolle spielen können.

Ob also eine Schutzmaßnahme grundsätzlich verwirklicht werden kann, hängt von sehr vielen Faktoren ab. Je früher diese Faktoren bei einem Risikokzept berücksichtigt werden, desto eher herrscht Klarheit über eine tatsächliche Genehmigungsfähigkeit und Umsetzung von Schutzmaßnahmen

Grundsatzüberlegungen für ein neues Konzept zum Umgang mit Naturgefahren

Die grundsätzliche Entscheidung, ein Risikokzept für den Umgang mit Naturgefahren an den Straßen einzuführen ist sicherlich richtig (Utelli et al. 2012). Da die nach Schweizer Modell erforderlichen Daten jedoch fehlen, ist eine andere Vorgehensweise notwendig, um trotz der vorhandenen Defizite eine sichere Methode zur Abwehr von Naturgefahren an Straßen zu entwickeln.

Ein Ansatz für ein zukünftiges Konzept ergibt sich durch einen Blick auf die neu installierte Ereigniserfassung und ihre Auswertung (Tab 3). Aus der Tabelle lässt sich erkennen, dass die jeweiligen Naturgefahrenprozesse bezüglich verschiedener Kriterien (Aufretensart, Auftretenshäufigkeit, Ereignisgröße, Schadenspotential, etc.) unterschiedlich bewertet werden können.

Ein erstes Unterscheidungskriterium für eine neue Methode könnte die Vorhersehbarkeit eines Ereignisses sein. Gutes Beispiel hierfür sind Muren. Ohne ein entsprechend akutes Starkregenereignis tritt dieser Prozess nicht auf. Derzeit laufen beim Staatlichen Bauamt Traunstein Vorbereitungen, ein bestimmtes Gebiet im Nationalpark Berchtesgaden von der meteorologischen Zentralanstalt (ZAMG in Österreich) bezüglich Starkregenzellen überwachen zu lassen. Wandert eine solche Starkniederschlagszelle in den Einflussbereich bzw. das Einzugsgebiet der für die Staatsstraße 2099 gefährlichen Wildbäche, kann in Zukunft eine Meldung abgesetzt werden, die Busfahrer und andere Straßenbenutzer warnt.

Ein zweites Kriterium könnte die Überwachbarkeit einer Ereignissituation sein. Sie stellt eine Frühwarnfunktion dar. Dabei ist es wichtig, den Eintrittszeitraum so gut bestimmen zu können, dass eine Straße im Vorfeld gesperrt werden kann. Neben technischen Monitoringmaßnahmen sind Lawinenwarnkommissionen in den Gemeinden ein vorhandenes, bekanntes und wirksames Beispiel dafür. Sie überwachen den ganzen Winter alle Lawenstriche in einer bestimmten Region (z.B. Gemeinde) und sperren bei entsprechender Gefahrenlage die Straße. Wie wirksam diese Methode ist zeigen die Erfahrungen im Untersuchungsgebiet. In den letzten 20 Jahren kam es dort zu keinen Lawinenabgängen an bekannten Lawenstrichen, bei der die Straßen nicht im Vorfeld gesperrt wurden. Bei den zwei erfassten Ereignissen, die sich auf einer nicht gesperrten Strecke ereigneten, handelte es sich zum einen, um einen bis dato nicht bekannten Lawenstrich. Zum anderen um eine Lawine in einem nicht durch eine Kommission überwachten Bereich (=keine erkennbare Gefahrensituation). Somit wären voraussichtlich beide Lawinenabgänge auch bei einem Risikokzept nach der Schweizer Methodik nicht erfasst worden.

Wichtig im Zusammenhang mit der Prognosesicherheit ist nicht nur, dass vorsorglich gesperrt wird sondern auch, dass Sperrzeiten so kurz wie möglich gehalten werden. Müssen Straßen auf Grund der

Gefahrenereinschätzung sehr lange oder immer wieder gesperrt werden, ohne dass es zu einem Ereignis kommt, schwindet die Akzeptanz einer solchen Maßnahme erheblich.

Dritter Punkt einer neuen Methode im Umgang mit Naturgefahren könnte die rechtzeitige Erkennbarkeit eines Ereignisses sein. Zentraler Faktor dabei ist, ob eine ausreichende Reaktionszeit besteht, um Schutzmaßnahmen zu ergreifen. Laufen Prozesse sehr langsam ab und ist der Startpunkt eines Prozesses gut erkennbar, kann ggf. mit der Sperrung der Straße oder einer Sicherungsmaßnahme wirksam entgegengewirkt werden. Insofern ist die Gefahr für die Verkehrsteilnehmer sehr gering und es muss nicht im Vorfeld baulich gehandelt werden. Diese Voraussetzungen liegen häufig bei tiefreichenden Rutschungen vor.

All diese Kriterien sind zudem ins Verhältnis mit einem evtl. auftretenden Schadensausmaß zu setzen. Das wird einerseits durch die Wahrscheinlichkeit bestimmt, ob und wie viele Fahrzeuge sich zum Zeitpunkt des Ereignisses sich im Ereignisraum befinden. Andererseits ist auch das Schadensausmaß, das ein Ereignis an der Straße oder ihrem Zubehör hinterlassen kann, von Bedeutung. Ein wichtiger Faktor ist dabei der Schadensumfang, also die räumliche Ausdehnung eines Ereignisses. Sie ist bei einem Stein deutlich geringer als bei einem Felssturz, einer Rutschung, Lawine oder Mure. Alle diese einzelnen Punkte sind in den jeweiligen Naturgefahrenprozessen sehr unterschiedlich. In der Schweizer Methodik wird die Untersuchung dieser letzten Kriterien sehr ausführlich behandelt und als Expositions- und Konsequenzanalyse bezeichnet. Für eine monetäre Abwägung und eine Nutzen-Kosten-Analyse ist dies zweifellos essentiell. Für eine vereinfachte Methodik, mit wenig vorhanden Daten, müssen diese Bestandteile einer Risikoanalyse deutlich vereinfacht werden und ggf. ein anderer Ansatz gefunden werden.

Um eine „reduzierte Methode“ zu entwickeln, wurden die einzelnen Prozesse bezüglich der oben aufgeführten Kriterien und im Verhältnis zum erwartenden Schadensausmaß beurteilt. Dabei wurden zwei Grundsatzszenarien im Hinblick auf die Auftretenswahrscheinlichkeit bzw. Wiederkehrperiode unterschieden (Tab. 16 und Tab. 17).

1. Sehr häufig bis häufig auftretende Ereignisse (Auftrittswahrscheinlichkeit sehr hoch bis hoch)

Für den Prozess Steinschlag wird der einzelne Steinschlag als Ereignis definiert. Bei der Prognosesicherheit wird nicht der technische Aufwand bewertet, sondern nur eine Einschätzung vorgenommen, mit welcher Wahrscheinlichkeit eine Vorhersage möglich ist. Eine Blockgrößenunterscheidung anhand einer Jährlichkeitsunterscheidung findet nicht statt. Felsstürze und tiefgreifende Rutschungen fanden als sehr häufiges bis häufiges Ereignis im Untersuchungsgebiet nicht statt.

Tab. 16: Grundsatz-Szenario sehr häufiges – häufiges Ereignis im Untersuchungsgebiet

| Prozessart | Erkennbarkeit Auslöser | Monitoring Möglichkeit | Prognose-sicherheit | Erforderliche Detektionszeit | Vorhandene Reaktionszeit | Schadensumfang (Tendenz) |
|-------------------|------------------------|------------------------|---------------------|------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Steinschlag | nein | nicht möglich | sehr gering | sehr kurz | sehr kurz | sehr gering |
| Murgang | gering | kaum möglich | gering | kurz | kurz | mittel |
| Lawinen | gering | kaum möglich | gering | kurz | kurz | mittel |
| Flachg. Rutschung | sehr gering | kaum möglich | sehr gering | sehr kurz | sehr kurz | gering |

2. Selten bis sehr selten auftretende Ereignisse (Auftrittswahrscheinlichkeit gering bis sehr gering)

Der Steinschlag wird in diesem Fall nicht als das Einzelereignis - abstürzender Stein - definiert, sondern als Ereignis, das zu einer starken Steinschlagzunahme innerhalb eines Gefahrenbereiches

führt. Dies sind vor allem Änderungen im Ausbruchgebiet durch andere Naturgefahrenereignisse (z.B. Windwürfe, Lawinenabgänge mit starker Waldschädigung – umgeklappte Wurzelsteller, etc.)

Tab. 17.: Grundsatz-Szenario selten bis sehr selten auftretende Ereignisse im Untersuchungsgebiet

| Prozessart | Erkennbarkeit Auslöser | Monitoring Möglichkeit | Prognose-sicherheit | Erforderliche Detektionszeit | Vorhandene Reaktionszeit | Schadensumfang (Tendenz) |
|-------------------|------------------------|------------------------|---------------------|------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Steinschlag | mittel | möglich | gering | sehr kurz / kurz | sehr kurz / kurz | klein |
| Felssturz | gering / mittel | kaum möglich | mittel | sehr kurz | sehr kurz | mittel |
| Murgang | hoch | möglich | hoch | mittel | mittel | groß |
| Lawinen | hoch | möglich | hoch | mittel | mittel | groß |
| Tiefg. Rutschung | hoch | möglich | hoch | mittel / lang | mittel / lang | groß / sehr groß |
| Flachg. Rutschung | gering | kaum möglich | sehr gering | sehr kurz | sehr kurz | mittel |

Folgerungen und Diskussion

Wie bereits in Kapitel 3 ausgeführt, besteht das Risikokzept Naturgefahren Nationalstraßen (ASTRA 2012) aus der Risikoanalyse (Was kann passieren?), der Risikobewertung (Was darf passieren?) und der Maßnahmenplanung (Was ist zu tun?).

Für die Beantwortung der beiden ersten Fragen, wird in der Schweizer Methodik ein Ansatz unter starker Zuhilfenahme von Simulationen gewählt. Dies ist möglich, da sich in den letzten beiden Jahrzehnten die Entwicklung und Anwendung von Prozessmodellen stark weiterentwickelt hat. Vor allem in Untersuchungsgebieten, wo die bestehende Datenlage gering ist, muss diese Methode jedoch hinterfragt werden. Denn die Entwicklung vieler neuer Programme ist nicht so sehr auf die Entdeckung neuer physikalischer Gesetzmäßigkeiten zurückzuführen, sondern auf verbesserte numerische Lösungsmöglichkeiten, verbunden mit größerer Rechenleistung. Die Ergebnisse der Modellanwendung werden stark durch Daten, Modelle und Modellparameter beeinflusst, die verwendet werden (Hübl 2012).

Beispiel Felssturz: Die derzeit zur Verfügung stehenden numerischen Modelle, z.B. zur Abschätzung der Ausbreitung von Felsstürzen, benötigen ein hohes mechanisches Wissen und Prozessverständnis. Sie werden folglich großteils im universitären Bereich und in der Forschung eingesetzt. Für die Praxis ist es wichtig, zwischen den einzelnen Prozessen richtig zu unterscheiden, um die geeigneten Methoden/Experten für die jeweilige Situation einzusetzen (Preh 2018).

Beispiel Lawine: Die verfügbaren Modelle zur Lawinensimulation weisen Stärken und Schwächen auf, die es auszuloten und in der Folge in der Interpretation zu berücksichtigen gilt (Granig 2012).

Beispiel Steinschlag: Grundsätzlich ist festzuhalten, dass es sich bei allen physikalischen Steinschlagmodellen um Werkzeuge handelt, deren Einsatz eine regelmäßige Befassung mit der Thematik und eine sehr gute Kenntnis der Sensitivität des Ergebnisses in Hinblick auf die verschiedenen Modellparameter erfordert. Eine Kalibrierung der Ergebnisse anhand von realen Ereignissen zumindest in Hinblick auf maximale Reichweiten und idealerweise der Sprunghöhen ist zwingend erforderlich. Idealerweise werden Modellierungen eines Prozessbereiches mit mehr als einem Simulationsmodell durchgeführt und die statistische Stabilität der Ergebnisse überprüft. Daraus ergibt sich die Erkenntnis, dass Modellierungen nur von Fachexperten mit großer Erfahrung und einer intensiven und regelmäßigen Befassung mit der Materie durchgeführt werden sollen (Preh & Molk 2018).

Die Durchführung der Sturzmodellierung muss der Aufgabenstellung und der Bearbeitungsstufe angepasst werden. Die Rolle des Modellbenutzers, sei es bei der Bestimmung der Eingangsdaten, oder bei der Plausibilisierung der Resultate, ist entscheidend für die Gefahrenbeurteilung (Dorren et al. 2012)

In der Schweiz wurden viele der vorhandenen Programme entwickelt. Es stehen viele und langjährige Daten zur Verfügung. Es gibt ein breites Expertenwissen nicht nur im universitären Bereich, sondern auch in Verwaltungen und Planungsbüros. Dadurch ist man im Stande, die zur Verfügung stehenden Programme und Daten bestmöglich einzusetzen und Simulationen effektiv zu nutzen. Programme können kalibriert und die Ergebnisse validiert werden. Unter diesen Voraussetzungen ist diese Methode sicherlich richtig. Im Untersuchungsgebiet Traunstein und Berchtesgadener Land liegen diese Voraussetzungen jedoch größtenteils nicht vor.

Des Weiteren existieren im Untersuchungsgebiet viele Prozesse, bei denen die bestehenden Programme derzeit nur bedingt aussagekräftige Werte liefern. Als Beispiele sind hier sicherlich die kleinen Waldlawinen (Feistl et al. 2014) oder die Wildbachereignisse mit kleinen Einzugsgebieten (BWG 2003) zu nennen. Leitfäden für die Verwendung von Eingangsparametern und Verbesserungen bei den Programmen schreiten voran, so dass diese Simulationen zukünftig auch im Untersuchungsgebiet einen wertvollen Beitrag zur Risikoanalyse liefern können. Zudem wird die steigende Zahl der kartierten Ereignisse dazu führen, dass die Richtigkeit der Ergebnisse besser beurteilt werden kann.

In manchen Prozessen, z.B. bei den Steinschlagsimulationen, ist durch eine große Vorarbeit, auch im Untersuchungsgebiet (Sellmeier 2015, LfU 2020, siehe Tabelle 19), die Nutzung von Simulationen zur Gefahrenabgrenzung und Risikoanalyse bereits möglich. Dies muss bei einer aktuellen Methode bedacht und berücksichtigt werden.

Bei anderen Prozessen ist der flächige Einsatz von Modellen (z. B. Felsstürze, Rutschungsbereiche) noch nicht zielführend. In manchen Bereichen (z.B. Murgangprozessen) wird er von den zuständigen Behörden (z.B. Wasserwirtschaftsverwaltung) aus verschiedenen rechtlichen Erwägungen derzeit nicht weiterverfolgt. Für alle diese Fälle müssen andere (vereinfachte) Methoden für die Baulastträger gefunden werden, um trotzdem eine Risikoanalyse für die Straßen durchführen zu können.

Um bei einer Verbesserung dieser Situation reagieren und neue Verfahren und Entwicklungen einbeziehen zu können, muss für diese erste Risikobeurteilung ein System gewählt werden, das es erlaubt unabhängig vom der Risikoermittlungsart, die einzelnen Prozesse zu bewerten. Hierfür bietet sich in den meisten Fällen eine Risikomatrix an.

Neben der Risikoanalyse und -bewertung darf zudem die dritte Frage: „Was ist zu tun?“ nicht außer Acht gelassen werden. Hier setzt die rechtliche Situation des Untersuchungsgebietes, in dem man sich bewegt, einen klaren Rahmen und grenzt die Einsatzmöglichkeit, bzw. die Handlungsspielräume im Gegensatz zu den Nachbarländern Österreich und der Schweiz stark ein. Wie in Kapitel 7 noch dargelegt wird, entscheidet hier keinesfalls die technische Seite oder eine finanzielle Abwägung von zu erwartendem Schaden und Schutzbauwerkskosten, ob ein Projekt umgesetzt werden kann oder nicht. Vor allem die naturschutzrechtlichen und privatrechtlichen Rahmenbedingungen setzen enge Grenzen was genehmigungsfähig ist und was nicht. Aus diesem Grund scheint eine Strategie weg von der technischen Verbauung, hin zu einer eingriffsminimierenden Lösung mit einer flexiblen Verfügbarkeit von Strecken derzeit einer der erfolgversprechendsten Lösungsansätze zu sein. Zumal sich auch im Bereich Monitoring von Naturgefahren die Möglichkeiten erweitern und sich die Systeme verbessern (Sättele et al. 2016, Sellmaier 2015). Vor diesem Hintergrund sind die einzelnen Naturgefahrenprozesse und mögliche Schutzstrategien nochmals eingehend zu überprüfen und zu bewerten.

Steinschlag

Das einzelne Steinschlagereignis (Tab. 17) tritt unangekündigt bzw. ohne erkennbaren Auslöser auf. Eine Prognosesicherheit besteht nicht. Außer der Erkenntnis, dass die Steinschlaghäufigkeit nach bzw.

in der Frost-/ Tauperiode zunimmt, ist sie nicht witterungsbedingt. Detektionszeit und die zur Verfügung stehende Reaktionszeit sind so kurz, dass ein Eingreifen nach der Auslösung nicht mehr möglich ist. Der Schadensumfang für das Einzelereignis ist klein.

Ereignisse, die zu einer starken Steinschlagzunahme innerhalb eines Gefahrenbereiches führen sind in den letzten Jahren vermehrt aufgetreten. Das Ereignis bzw. der Auslösezeitpunkt waren im Vorfeld oft nur indirekt oder schwer zu erkennen (ggf. Zustand des Schutzwaldes). Während des Ereignisses, also dem Windbruch selbst bzw. dem Aufklappen der Wurzelteller, muss es nach den Erkenntnissen aus den Begehungen und Aufräumarbeiten im Zuge dieser Ereignisse, zu einer teilweise sehr starken Steinschlagzunahme gekommen sein. Ebenso führte die geänderte Situation in den Folgejahren zu einer deutlichen Erhöhung der Ereignisanzahl.

Durch die Vielzahl an Ereignissen innerhalb des Gesamtstraßennetzes ist ein bauliches Schutzkonzept für die am stärksten betroffenen Bereiche unumgänglich.

Felssturz

Felsstürze sind für Straßenbaulasträger die am schwersten einzuschätzenden Naturgefahrenprozesse. Die Vorhersage eines Felssturzereignisses ist sowohl bezüglich des Ereigniszeitpunktes als auch bezüglich der Ereignisgröße schwierig. Vor allem an hohen, felsdurchsetzten Hängen sind bereits die Identifikation und die Größenbestimmung von absturzgefährdeten Massen ein großes Problem. Es wird durch den Bewuchs im Hang noch zusätzlich erschwert. Wird ein gefährlicher Block im Gelände erkannt, kann er durch unterschiedliche Methoden überwacht werden (im Untersuchungsgebiet sind im Einflussbereich von Straßen derzeit 16 Felsüberwachungen installiert). In den letzten zehn Jahren wurden sieben überwachte Großblöcke gesprengt und drei Bereiche dauerhaft gesichert. Der erforderliche Aufwand ist sowohl bei einer Sicherung als auch bei einer Überwachung in den meisten Fällen enorm. Mit dem Aufwand, der für die Überwachung betrieben wird, steigt jedoch die Prognosesicherheit. Ein Monitoring findet meist statt, um Zeit für eine bauliche Lösung zu finden. Denn aufgrund der enormen Energien, die bei Felsstürzen auftreten, sind Schutzmaßnahmen meistens schwer zu realisieren. Im Untersuchungsgebiet werden derzeit nur die im Zuge der Naturgefahrenbeurteilung festgestellte Blöcke oder die durch Dritte (z.B. Forst, LfU) gemeldeten Objekte kontrolliert und ggf. überwacht. Eine gezielte Erfassung aller felssturzrelevanten Objekte oberhalb der Straßen im Bauamtsgebiet erfolgt nicht. Aufgrund der riesigen, in Betracht kommenden Ausbruchgebiete, dürfte dies auch zukünftig kaum möglich sein. Wird ein Objekt als Gefahr eingestuft und kann baulich nicht sofort gesichert werden, hängt die Wahrscheinlichkeit, dass ein Absturz rechtzeitig erkannt wird stark von der Art und vom Aufwand des Monitorings, also der Intensität bzw. Methode der Überwachung ab. Trotz Monitoring ist die Zeit von einer Detektion des Ausbruchs und der zur Verfügung stehenden Reaktionszeit für ein Ergreifen von Schutzmaßnahmen meistens sehr gering.

Der Schadensumfang hängt von den Ausbruchsmassen ab. Er kann in normalen Fällen von mittelgroß bis sehr groß variieren.

Murgang

Bei Murgängen spielen die Ereignisgröße und die Auftretenswahrscheinlichkeit die Hauptrollen. Der Abgang von Muren setzt im Grunde immer ein Starkregenereignis voraus. Die Größe einer Mure bestimmt sich im Wesentlichen aus dem vorhandenen Wasser als dem Auslöser und dem zur Verfügung stehenden Festmaterial, das zu Tal befördert werden kann. Daneben spielen noch die Gerinnenausbildung, die Neigung, das Einzugsgebiet, usw. eine Rolle. In den meisten Murrinnen bzw. Wildbächen können die Ereignisse zum einen in häufig wiederkehrende, meist kleinere Ereignisse, mit nur geringen Murfrachten, und zum anderen in seltene bis sehr selten wiederkehrende Ereignisse, mit

großen bis sehr großen Feststofftransporten und Ablagerungen unterteilt werden. Für die häufigeren kleineren Ereignisse sind Auslösesituationen schwer zu erkennen und die Prognosesicherheit ist somit gering. Die erforderliche Detektionszeit und die Reaktionszeit bei diesen Ereignissen sind kurz.

Anders verhält es sich mit den seltenen großen Ereignissen. Auslöser sind hier fast immer sehr lang anhaltende Starkregenereignisse oder Extremniederschläge durch lokale Gewitterzellen. Die Möglichkeit, diese Wettersituationen zu erkennen, ist vorhanden. Auch ein Monitoring der Murgerinne ist grundsätzlich möglich. Im Untersuchungsgebiet findet dies derzeit am Lueger Hausgraben (Abb. 124) statt. Da es sich bei den Muren im Untersuchungsgebiet großteils um granulare Muren handelt, die oft in Schüben die Straßen verschütten, erleichtert dies ein Monitoring und sorgt für zeitliche Spielräume. Die Detektionszeit und die Reaktionszeit können in vielen Fällen als mittel eingestuft werden, sodass eine Ergreifung von Sicherheitsmaßnahmen (z.B. die Sperrung einer Straße) grundsätzlich möglich ist. Der Flächenumfang von seltenen bis sehr seltenen Murreignissen ist meist groß.

Lawinen

Die Auslösung von Lawinen ist, wie Murgänge, stark von äußeren Faktoren abhängig. Neben den Geländebedingungen oder dem Bewuchs (Schutzwald) spielen vor allem die Witterung und die vorhandene Schneemenge im Anrissgebiet eine zentrale Rolle. Der Abgang von Lawinen setzt in den allermeisten Fällen ein bzw. mehrere Extremwetterereignisse voraus. Anders als bei Muren muss dies nicht zwangsläufig ein zeitlich direkt zuordbares Ereignis (z.B. eine extreme Neuschneezunahme innerhalb kürzester Zeit) sein. Auch eine ungünstige Abfolge oder Kombination von mehreren Ereignissen (z.B. hohe Schneedecke über einen längeren Zeitraum oder große Schneehöhen), in Kombination mit einem starken Temperaturanstieg bzw. einem Regenereignis können zu Lawinen führen. Je nach Schneelage und Wetterszenario kann es zu normalen Fließlawinen, Staub- oder Nassschneelawinen kommen. Die Größe eines Lawinenereignisses bestimmt sich dabei im Wesentlichen aus den vorhandenen Schneemengen und den vorliegenden Wetterbedingungen. Wie bei Murreignissen spielen für die Auslösung und den Lauf der Lawine die Fließbahn und deren Neigung, sowie das Einzugsgebiet eine Rolle.

Wichtig bei den Lawinenereignissen im Untersuchungsgebiet sind vor allem deren Lauflängen, also ob sie die Straße erreichen können oder im Hang auslaufen. Das ist in den meisten Lawinenstrichen bei kleineren, häufig auftretenden Ereignissen üblich. Seltene bis sehr selten wiederkehrende Ereignisse, die die Straße erreichen, führen in der Regel auch zu einer großen bis sehr großen Verschüttung der Straße. Für die häufigeren, kleineren Ereignisse ist der Auslösezeitpunkt, ähnlich wie bei den Muren, schwerer zu erkennen und die Prognosesicherheit geringer. Die erforderliche Detektionszeit und die Reaktionszeit bei diesen Ereignissen sind kurz. Ob Verhältnisse, vorliegen die eine Gefahr für die Straße darstellen, kann normalerweise durch die Lawinenkommissionen relativ sicher beurteilt werden. Schwieriger ist die Situation bei großen Neuschneemengen, starken Windverfrachtungen oder einem schnellen Wetterumschwung. Hierbei ist die Beurteilung durch die Lawinenkommission, ob es zu einer Auslösung kommt, leichter zu treffen, als die Abschätzung, ob die Lawine auch die Straße erreicht. Ein Monitoring (in diesem Fall die Überwachung durch eine Lawinenkommission) ist somit möglich und die Prognosesicherheit mit hoch zu bezeichnen. Detektionszeit und Reaktionszeit sind, ähnlich derer bei Muren, mit mittel zu bewerten.

Flachgründige Rutschungen:

Bei den Rutschungen muss zwischen flachgründigen Rutschungen (Hanganbrüche) und tiefgreifenden Rutschungen unterschieden werden. Häufig auftretende, kleinflächige Oberflächenrutschungen (oft als

Blaiken bezeichnet) sind in ihrer Dimension gering ($<100\text{m}^2$). Durch die geringe Kubatur erreichen sie die Straße meist nicht, sondern laufen kurz unterhalb der Ausbruchsfläche in einer Abflachung des Hanges oder im Bewuchs aus. Erreichen sie die Straße, ist ihr Schadensumfang in der Regel gering. Sie im Vorfeld zu erkennen oder Verdachtsflächen richtig einzuschätzen, ist kaum möglich. Die Detektionszeit und die Reaktionszeit, um sie zu stoppen, sind zu kurz. Eine rechtzeitige Sperrung der Straße ist somit unmöglich. Auf Grund ihrer Größe stellen sie selbst kein größeres Problem für die Straße dar.

Schwieriger wird die Situation, wenn bereits viele solcher Flächen im Hang vorhanden sind. In diesen Fällen weiten sich diese Kleinflächen über die Zeit aus, sodass die Erosionsgefahr bei Starkregenereignissen im gesamten Hang stark zunimmt und es vermehrt zu plötzlichen, großflächigen Oberflächenrutschungen kommen kann. Eine besondere Gefahr stellen diese Flächen auch an Wildbachflanken oder im Bereich abflussstarker Rinnen mit Wildbachcharakter dar. Die Abrutschmassen sorgen für zusätzliches Festmaterial in den Rinnen und erhöhen so die Murgefahr bei Starkregenereignissen enorm.

Der wirksamste Schutz gegen solche Gefahren wäre eine konsequente Sanierung der kleinflächigen Rutschungen (z.B. durch ingenieurbioologische Maßnahmen) und ein konsequentes Verbot der Beweidung gefährdeter Flächen. Im Bereich der sekundären Schutzmaßnahmen, also Bauwerke, die bereits in Bewegung geratene Massen zurückhalten können, wird in den letzten Jahren vermehrt auf die Errichtung von Schutzzäunen (ähnlich den Steinschlagschutzzäunen) zurückgegriffen (Abb. 67). So können auch großflächige Ausbrüche zurückgehalten werden.

Ähnlich wie bei den Steinschlägen sind die Möglichkeiten einer Vorhersage von flachgründigen Rutschungen gering. Ein Monitoring ist kaum möglich. Durch die sehr kurze Detektions- und Reaktionszeit kämen selbst kurzfristige Maßnahmen (z.B. Streckensperrungen) in der Regel zu spät.

Der Flächenumfang von Hanganbruchereignissen ist in der Regel gering. In seltenen Fällen können aber auch großflächige Hangbereiche ohne Vorwarnung abrutschen.



Abb. 67: Hanganbruch an der B 21 der durch einen Steinschlagschutzzäun zurückgehalten wurde (StBA TS - Bildarchiv).

Tiefreichende Rutschungen:

Tiefreichende Rutschungen stellen sowohl oberhalb als auch unterhalb der Straße eine Gefahr dar. Vor allem die tiefreichenden Rutschungen die auch in der Gefahrenhinweiskarte (LfU 2013a) ausgewiesen sind, müssen besonders betrachtet werden. Sie betreffen meist große Flächen und reichen bis tief in den Boden hinein. Oft laufen Straßen auch durch solche Rutschbereiche hindurch. Tiefreichende Rutschprozesse hängen von sehr vielen Faktoren ab, wodurch Aussagen zu einer Gefährdung meist schwer zu treffen sind. Zum einen gibt es die Bereiche, in denen die Rutschung aktiv ist. Sie werden meist überwacht und unterliegen einem gewissen Monitoring. In diesen Fällen ist es nur eine Frage der Zeit bis ein Schaden an der Straße entsteht. Zum anderen sind da die inaktiven Rutschbereiche und die rutschgefährdeten Bereiche. In beiden Fällen besteht keine akute Gefahr. Die Gefahr, dass in solchen Bereichen früher oder später ein Rutschereignis eintritt, ist jedoch deutlich erhöht. Maßgebend für die Gefahreinschätzung ist auch, mit welcher Intensität eine Rutschung eintritt. Ein Rutschbereich, bei dem es zu einer plötzlichen unangekündigten Rutschung kommen kann, ist anders zu sehen, als ein Bereich der sich kontinuierlich 1-2 cm/Jahr Richtung Tal bewegt.

Die Aktivität einer tiefreichenden Rutschung bedarf in der Regel eines Auslösers. Dieser Auslöser ist meist leichter zu erkennen als bei Oberflächenrutschungen. Da es sich bei tiefreichenden Rutschungen meist nicht um ein Sofortversagen handelt, sind diese Bereiche gut durch ein Monitoring zu überwachen. Die Prognosesicherheit ist in diesen Fällen hoch und entsprechend lang sind auch die Detektions- und Reaktionszeit zu sehen, die für eine evtl. Sperrung des Streckenabschnitts bei einer drohenden Gefahr zur Verfügung steht. Tritt ein Ereignis auf, sind die Schäden jedoch in aller Regel sehr hoch.

Unterhalb der Straße werden die Rutschungen oft durch Schäden an der Straße oder deren Entwässerungseinrichtungen selbst verursacht. Das auf der Straße anfallende, gesammelte Wasser wird durch falsch angeordnete oder schadhafte Entwässerungseinrichtungen so ungünstig in den Hang geleitet, dass sich daraus eine Rutschung ergibt. Diese Fälle sollten jedoch nicht unter Naturgefahrenbehandlung abgehandelt werden. Sie sind über eine konsequente Instandhaltung der Straßenbestandteile und eine ordnungsgemäße Straßenplanung zu beheben.

6.1 Erfassung und Auswertung der Erkenntnisse des Straßenbetriebsdienstes

Erste Anlaufstelle, um zu erfahren, an welchen Stellen im Streckennetz Probleme auftreten, sind, neben der Ereigniserfassung, die Straßenbetriebsdienste des Untersuchungsgebietes. Sie führen regelmäßige Kontrollfahrten auf ihren Strecken (min. 2 x pro Woche) durch. Sie sind bei Behinderungen und Ereignissen immer beteiligt und meist die ersten Personen an den Ereignisorten. Zudem nehmen sie akute Veränderungen im Straßenumfeld am schnellsten wahr und können über die Entwicklung von Gefahrenbereichen Auskunft geben.

Einheitliches Dokumentationsinstrument im Betriebsdienst sind die straßenbezogenen Streckenbücher der motorisierten Streckenwarte (früher Straßenwärter). Alle Ereignisse, Sperrungen und Probleme im Zuge der Kontrollfahrten werden in diesen Streckenbüchern dokumentiert. Leider wurden in der Vergangenheit (bis 2005) nur Naturgefahrenereignisse dokumentiert, die eine größere Betriebsdienstmaßnahme zur Folge hatten. Kleinere Ereignisse ohne direkten Schaden wurden vom Streckenwart meist selbst oder vom Arbeitstrupp der Straßenmeisterei ohne Dokumentation (Abb. 68) beseitigt.

Für eine quantitative Auswertung oder qualitative Abschätzung konnten die Streckenbücher nicht herangezogen werden. Sie gaben jedoch erste Aufschlüsse darüber, an welchen Stellen größere Ereignisse in der Vergangenheit stattgefunden haben, in deren Folge es zu Streckensperrungen kam. Die in den Streckenbüchern gefundenen Ereignisse wurden erfasst und in die Ereignisdatenbank (Punkt 4) nachträglich mit eingepflegt.

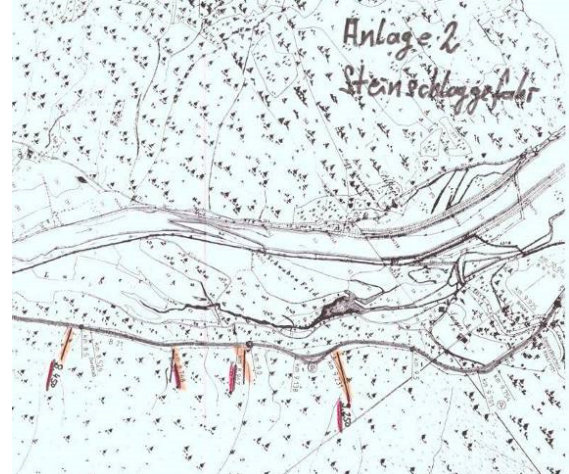


Abb. 68: Beseitigung eines Steinschlagereignisses durch die Straßenmeisterei Bischofswiesen im Zuge der B21

Abb. 69: Katastrerauszug bzgl. Steinschlaggefahr an der B21 (Bereich Baumgarten/Lueger) (StBA TS - Bildarchiv)

Um die örtlichen Kenntnisse des Betriebsdienstes trotzdem nutzen zu können, wurden von den betroffenen Straßenmeistereien in den jeweiligen Streckenkarten (Straßenkataster) die Streckenabschnitte gekennzeichnet, in denen nach ihrem Wissen bisher Steinschläge, Rutschungen, Lawineneignisse und Überflutungen (mit und ohne Geschiebeführung) aufgetreten sind (Abb. 69). Um diese Bereiche möglichst umfangreich zu dokumentieren, wurden die Straßenabschnitte zuerst von den Bautrupps und Streckenwarten für jeden Streckenabschnitt bearbeitet und anschließend von den zuständigen Straßenmeistern nochmals kritisch überprüft und ggf. erweitert bzw. eingegrenzt.

Des Weiteren wurden anhand der dokumentierten jährlichen Beräumungen (Tab. 18) der straßennahen Felswände alle Streckenbereiche erfasst, in denen regelmäßig Felsberäumungsarbeiten (Abb. 70) durch die Straßenmeisterei oder Fremdfirmen stattfinden.

Eine zusätzliche Bewertung der Bereiche, z.B. in hohes bis sehr geringes Steinschlagaufkommen, konnte für die gesamten ausgewiesenen Strecken nicht erstellt werden. Deshalb wurde auf eine Abschichtung bzw. Bewertung der Bereiche durch den Straßenbetriebsdienst insgesamt verzichtet.



| Staatliches Bauamt Traunstein | | | | StBA | |
|--|-----------|-------------|-------------|-----------------|--------------------------------|
| Jährliche Felsberäumungsarbeiten / Steinschlag und Felssturz gefährdete Bereiche | | | | StBA | |
| Straße | Meisterei | von Str.-km | bis Str.-km | Ortsbezeichnung | |
| B 20 | BW | 9,500 | 10,000 | 0,500 | Bischofswiesen-Echtingrün |
| B 21 | BW | 3,100 | 3,200 | 0,100 | Bodenberg |
| B 21 | BW | 3,200 | 3,900 | 0,700 | Bodenberg |
| B 21 | BW | 0,200 | 0,346 | 0,146 | Wendelberggumml |
| B 21 | BW | 5,700 | 5,800 | 0,100 | Karlshierwand |
| B 21 | BW | 11,000 | 11,600 | 0,600 | Baumgarten |
| B 305 | BW | 4,900 | 5,200 | 0,300 | Brennsberg |
| B 305 | BW | 5,000 | 5,200 | 0,200 | Kälbersteinwand |
| B 305 | BW | 5,200 | 5,500 | 0,300 | Kälbersteinwand |
| B 305 | BW | 6,450 | 6,500 | 0,050 | Bucherbrücke |
| B 305 | BW | 7,000 | 7,300 | 0,300 | Wachtlerl |
| B 305 | BW | 7,300 | 7,500 | 0,200 | Wachtlerl |
| B 305 | BW | 7,900 | 8,100 | 0,200 | Wachtlerl |
| B 305 | BW | 8,900 | 9,100 | 0,200 | Zwingwand |
| B 305 | BW | 14,100 | 15,300 | 1,200 | Höllbach - Mauthäusel |
| B 305 | BW | 15,300 | 15,500 | 0,200 | Hochwand |
| B 305 | BW | 15,500 | 16,000 | 0,500 | Wegscheid - Kanndl |
| B 305 | BW | 16,500 | 17,500 | 1,000 | Weinkaser |
| B 305 | BW | 18,200 | 18,500 | 0,300 | Ramsau vor Falsentor |
| B 305 | BW | 18,500 | 19,000 | 0,500 | Falsentor Ramsau |
| Rotfeldstraße | BW | 5,200 | 5,500 | 0,300 | Spitzkehre unter Ahornkaser |
| Rotfeldstraße | BW | 7,140 | 7,800 | 0,660 | Scheiblstrecke |
| St 2099 | BW | 30,500 | 30,800 | 0,300 | Hirschbichl "Holztaube Engert" |
| St 2101 | BW | 0,450 | 0,600 | 0,150 | Antonberg |
| BGL 5+6 | BW | 1,000 | 2,500 | 1,500 | Tiefenbachstr. Schellenberg |
| BGL 19 | BW | 3,700 | 4,200 | 0,500 | Zaunerbrücke |

Abb. 70: Jährliche Felsberäumungsarbeiten durch die Straßenmeisterei Bischofswiesen (B 305, StBA TS - Bildarchiv)

Tab. 18: Auszug aus der Liste der jährlichen Felsberäumungsarbeiten (Bereich Berchtesgaden)

6.2 Auswertung der Gefahrenhinweiskarte des Bay. Landesamtes für Umwelt und Entwicklung eines Konzeptes für eine Gefahren- bzw. Risikoanalyse

Eine weitere Quelle für Naturgefahren im Untersuchungsgebiet sind die Gefahrenhinweiskarten des Bay. Landesamtes für Umwelt (LfU 2013a u. 2013b). Solche existieren im Untersuchungsgebiet für die Prozessarten Steinschlag, Felssturz, Hanganbrüche, tiefreichende Rutschungen und Lawinen.

Gefahrenhinweiskarten allgemein

Gefahrenhinweiskarten werden definiert als nach wissenschaftlichen Kriterien erstellte Übersichtskarten mit Hinweisen auf geogene Naturgefahren, die erkannt und lokalisiert, jedoch nicht im Detail analysiert und bewertet sind. Die Aussagen der Gefahrenhinweiskarten sind insbesondere auf die Belange der Raumplanung ausgerichtet. Gefahrenhinweiskarten sollen Ministerien, Fachbehörden, Kreis- und Kommunalverwaltungen sowie Wirtschaftsunternehmen und Bürgern eine Einschätzung geogener Gefahren ermöglichen, um Schäden durch vorausschauende Planung zu verhindern oder zu minimieren (AD-HOC-ARBEITSGRUPPE GEOLOGIE 2016).

Die Gefahrenhinweiskarte Bayern unterscheidet zwischen verschiedenen geomorphologischen Prozessen, wobei jeweils unterschiedliche Vorgehensweisen zur Abgrenzung der Gefährdungsbereiche vorgenommen werden:

- Beim Prozess Steinschlag/Blockschlag findet grundsätzlich eine numerische Modellierung statt.
- Die Anfälligkeit zur Bildung von Hanganbrüchen wird ebenfalls numerisch modelliert.
- Die Reichweite tiefreichender Rutschungen und größerer Felsstürze muss mangels entsprechender Simulationsprogramme empirisch, vorwiegend anhand von Geländebegehungen, bestimmt werden.

Jedem einzelnen Prozess wird bei der Modellierung und der Analyse ein sogenanntes Bemessungsereignis zugrunde gelegt, das ein wahrscheinlich eintretendes Massenbewegungsereignis beschreibt (LfU 2013a)

Auf eine detaillierte Beschreibung der verwendeten Datengrundlagen (Karten, Geländemodelle, Modellierungen, Abschätzverfahren oder Berechnungsmodelle) zur Erstellung der Gefahrenhinweiskarten wird verzichtet. Es wird auf den Methoden-Bericht zur Gefahrenhinweiskarte Bayern – Vorgehen und technische Details – März 2018 des Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU 2020) verwiesen.

Werden im Weiteren nicht die in den offiziellen Gefahrenhinweiskarten dargestellten Bereiche verwendet, sondern auf direkte Ergebnisse von Modellierungen oder Berechnungen (z.B. Simulationsergebnisse) zurückgegriffen, wird auf diese Verfahren nochmals genauer eingegangen.

6.2.1 Steinschlag / Blockschlag

In den Gefahrenhinweiskarten Steinschlag / Blockschlag werden zwei unterschiedliche Szenarien dargestellt (Abb. 71).

a) Rote Gefahrenhinweisflächen:

Sie bilden ein Sturzscenario ab, in dem dämpfende Effekte (z.B. der Waldbestand) mit berücksichtigt werden.

b) Orange Gefahrenhinweisflächen:

Sie stellen eine Art Worst-Case-Szenario dar. Bei diesen Flächen wurden die Simulationen ohne

dämpfenden Waldbestand durchgeführt. Es bildet Szenarien ab, wie sie sich ggf. durch Windwürfe oder durch einen Schädlingsbefall (Borkenkäfer) ergeben könnten.

Durch den Vergleich der beiden Szenarien kann somit z.B. der Einfluss eines Schutzwaldes auf die Steinschlagsituation abgeschätzt werden.

Bei einer Überschneidung des roten und orangen Bereiches mit dem überregionalen Straßennetz im Untersuchungsgebiet (Berchtesgaden) ergibt sich eine steinschlaggefährdete Streckenlänge mit Walddämpfung die ca. 32 % geringer ist als ohne Walddämpfung. Die Differenz gibt bereits einen ersten Hinweis, welche Bedeutung der bergseitige Schutzwald bei Steinschlag hat.

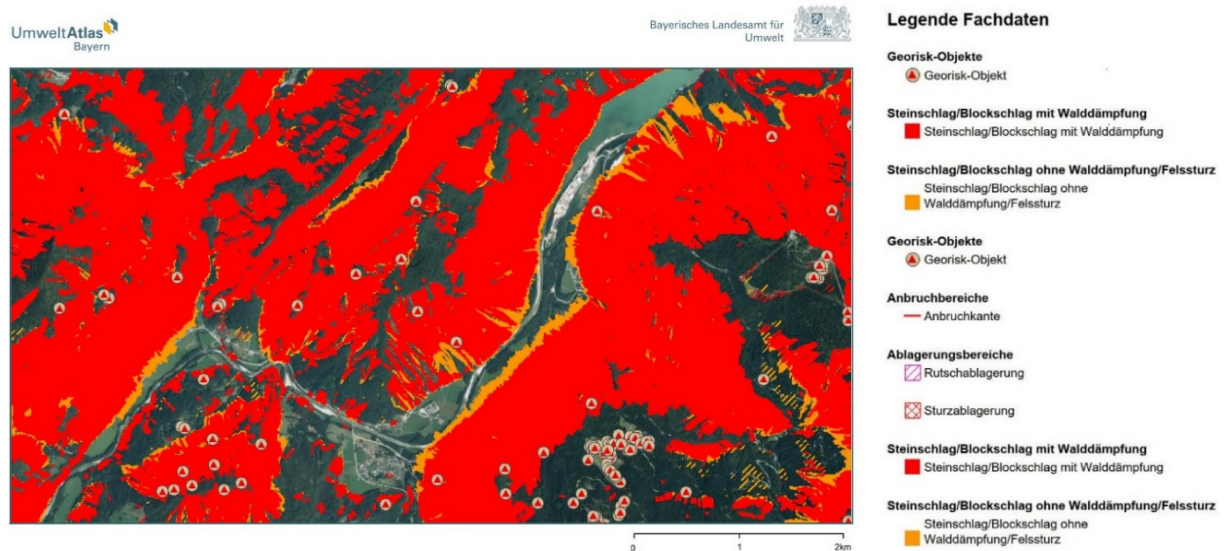


Abbildung 71: Auszug Gefahrenhinweiskarte Alpen (Steinschlag/Felssturz), Bereich B 21 Kleines-Deutsches-Eck (LfU 2013a)

Werden diese Gefahrenhinweisflächen in einem Geoinformationssystem (GIS) mit den steinschlaggefährdeten Strecken des Straßenbetriebsdienstes verglichen, stellt sich folgendes heraus:

1. Straßennahe Felsflächen, die zu einer Gefahr für die Bundesstraße führen, sind über die Gefahrenhinweisflächen oftmals nicht erfasst.
2. Die orangen Flächen der GHK (ohne Dämpfung) decken sich mehr mit den vom Betriebsdienst ausgewiesenen Flächen.
3. Gefahrenbereiche, die nahezu ausschließlich aus sehr weit von der Straße entfernten Felsbereichen resultieren, sind in den Erhebungen des Betriebsdienstes nicht enthalten.

Als Folge dieser Ergebnisse ist es für die Ermittlung der Gesamtlänge des von Steinschlag betroffenen Straßennetzes wichtig, die Strecken der GHK mit den Strecken der Betriebsdienste zu kombinieren. Für eine weiterführende Betrachtung, wie z.B. die Größe des Gefahrenpotentials oder die Auswirkungen auf das Streckennetz, sind die so gewonnenen Daten nicht ausreichend. Eine Reduzierung der Betrachtung darauf, ob eine Gefährdung vorliegt oder nicht, würde für den Straßenbaulastträger dazu führen, alle Bereiche mit der gleichen Dringlichkeit zu behandeln. Eine zeitnahe Verbauung und Sicherung des gesamten gefährdeten Streckennetzes können jedoch allein wegen der betroffenen Länge als baulich unmöglich erachtet werden. Somit ist eine weitere Differenzierung unerlässlich.

Vertiefte Untersuchung - Gefahrenbeurteilung

Betrachtet man die Auswertung der Ereignisdatenbank muss festgestellt werden, dass die Steinschläge bisher die einzige Ereignisart waren, die im Untersuchungsgebiet schwere Personenschäden zur Folge hatte. Dies bedeutet, dass auch unter Berücksichtigung des geringen prozentualen Anteils an Ereignissen mit Schadensfolge dieser Prozesskategorie bei einem Konzept zur Behandlung von Naturgefahren an Straßen hohe Beachtung zu schenken ist.

Bei der großen Anzahl an Ereignissen, den aufgetretenen Personenschäden und der Gesamtlänge der betroffenen Schadensabschnitte, bedarf es bei der Erstellung eines Zukunftskonzeptes zum Umgang mit Naturgefahren einer vertieften Unterteilung und genaueren Bewertung der Gefahrenbereiche. Dabei ist zum einen die Ausdehnung zusammenhängender Gefahrenbereiche zu begrenzen, um Streckenabschnitte zu ermitteln, für die ggf. ein gemeinsames Schutzkonzept verwirklicht werden kann. Zum anderen muss eine Gefahrenklassifizierung stattfinden, um die Bereiche, die eine höhere Gefahr darstellen bzw. ein höheres Risiko im Streckennetz verursachen, in unterschiedlicher Dringlichkeit zu behandeln. Eine Möglichkeit für solch eine Unterteilung wäre eine Risikobetrachtung ähnlich der Schweizer Methode, wie sie unter Punkt 3 dargestellt ist. Problem dabei sind die in Bayern fehlenden flächendeckenden Grundlagedaten. Auch die rechtlichen Konsequenzen in Deutschland wären im Voraus zu überprüfen, da sie sich von denen der Schweiz voraussichtlich deutlich unterscheiden würden. Ob sie rechtlich in Bayern so umgesetzt werden könnte und welche Folgen solche Karten für andere Faktoren der Verkehrsplanung haben würden, ist nicht geklärt. Auch in vielen anderen Themenbereichen (Erhaltungsprogramme Strecke und Bauwerke, Verkehrssicherheit, Baustellenmanagement, etc.) liegen für das Streckennetz Entscheidungskriterien vor, die jedoch nicht so tiefreichende Konsequenzen nach sich ziehen.

Ziel für die Differenzierung der Gefahrenbereiche ist es daher, ein Verfahren zu finden, das eine Klassifizierung mit den zur Verfügung stehenden Daten in einer trotzdem ausreichenden Genauigkeit zulässt und in ein verkehrsplanerisches Gesamtkonzept mit den Bestandsdaten aus anderen Themenbereichen (z.B. Bauwerks- oder Streckenerhaltung) eingebunden werden kann.

Als verfügbare Datengrundlagen stehen auf der Einwirkungsseite im Grunde nur die Simulationsergebnisse zu den Gefahrenhinweiskarten und die Ereigniserfassung zur Verfügung. Ziel muss es deshalb sein mit diesen beiden zur Verfügung stehenden Datensätzen eine Methode zu entwickeln, die eine Gefahrenabgrenzung und Klassifizierung zulässt.

Erste Anzeichen, dass dies möglich sein könnte, zeigen die Ereignisse der Naturgefahrenatenbank. In 96 % der dort aufgetretenen Sturzereignisse werden die für die Simulation der Gefahrenhinweiskarte Steinschlag zu Grunde gelegten Blockgrößen nicht überschritten.

Simulation zur Gefahrenhinweiskarte - Steinschlag

Um herauszufinden, welche Simulationsdaten sich ggf. für weitere Untersuchungen eignen, wurde das verwendete Steinschlagmodell und dessen Ergebnisse genauer betrachtet.

Für die Gefahrenhinweiskarte Steinschlag wurde das deterministische 3D-Steinschlagmodell (Krummenacher et al. 2005) verwendet, das die Vielfalt der Faktoren bei Steinschlagprozessen berücksichtigt. Das numerische Modell simuliert eine Abfolge von Sturzparabeln mit dazwischenliegenden Kontaktreaktionen auf Grundlage der Topographie (DGM) und in Abhängigkeit vorher fixierter Parameter für die Sturzblockform und Geländeeigenschaften. Im Modell werden die physikalischen Gesetze der Bewegungsarten Fallen, Springen und Rollen berücksichtigt. Außerdem kann das Modell die bremsende Wirkung von Wäldern als Folge von Kollisionen und Ablenkungen an

Baumstämmen abbilden. Die grundsätzlichen Verfahrensschritte und die verwendeten Basisdaten sind im Flussdiagramm (Abb. 72) zur Erstellung der Gefahrenhinweiskarte dargestellt (LfU 2020).

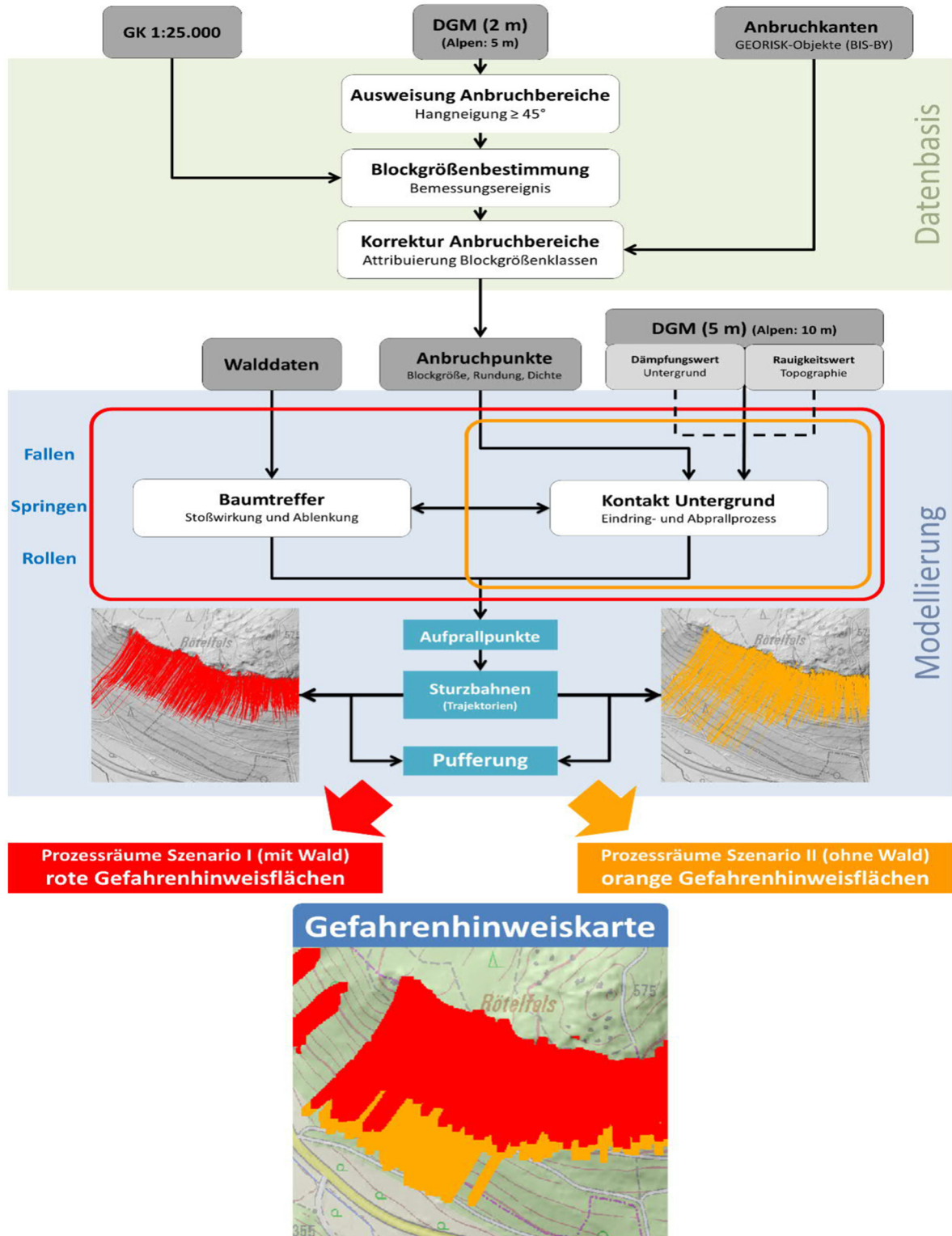


Abb. 72: Flussdiagramm zur Erstellung der Gefahrenhinweiskarte Steinschlag (LfU 2020)

Um die Simulationsergebnisse der Gefahrenhinweiskarte für eine Gefahrenanalyse heranzuziehen müssen zwei Punkte im Vorfeld untersucht werden.

Punkt 1: Stimmen die getroffenen Annahmen mit den in einer späteren Gefahrenbeurteilung bzw. Bemessungssimulation verwendeten Eingangsdaten überein?

Bei der Steinschlagsimulation ist die verwendete Blockgröße ausschlaggebend. Zumal die verwendeten Geländedaten (DGM) auf Basis einer höheren Genauigkeit (DGM 1) rückgerechnet und im Prinzip das gleiche Simulationsprogramm wie bei einer Bemessungssimulation verwendet wurde. Um zu überprüfen, ob die Blockgrößen für die LfU-Simulation herangezogen werden können, wurden 15 Bemessungssimulationen für Steinschlagschutzzäune, die vom Staatlichen Bauamt in den letzten Jahren umgesetzt wurden (Tab. 19) sowie die Dissertation von Bettina Sellmeier (Sellmeier 2015) herangezogen und mit den LfU-Blockgrößen verglichen.

Tab. 19: Blockgrößenvergleich Gefahrenhinweiskarte LfU mit Bemessungssimulationen Staatliches Bauamt Traunstein

| Bereich | Blockgröße LfU | Abweichend | Anmerkung |
|-------------------------|----------------|------------|--|
| Kehlstein; Sappenkreuz | x | (x) | => Mittel = LfU Block / Groß = Felssturzereignis |
| B 21; Saalachsee | x | | Blockgröße bei Begehung bestätigt |
| B 21; Bodenberg | x | | Blockgröße bei Begehung bestätigt |
| B 305; Weinkaser 1 | x | | Blockgröße bei Begehung bestätigt |
| B 20; Eisenrichter Berg | | x | Größer, auf Basis von Beräumung |
| B 20; Fuderheuberg | | x | Größer, auf Basis von Begehung |
| B 305; Raiten | x | | Zwei Blockgrößen simuliert. LfU-Block ist maßgebend für Dimensionierung |
| B 305; Seehaus | x | | Zwei Blockgrößen simuliert. LfU-Block ist maßgebend für Dimensionierung |
| B 305; Wegscheid | x | | Blockgröße bei Begehung bestätigt |
| B 305; Zwing | x | | Blockgröße bei Begehung bestätigt |
| B 305; Kälbergraben | x | | Blockgröße bei Begehung bestätigt |
| B 305; Weinkaser 2 | x | | Blockgröße bei Begehung bestätigt |
| B 305; Windeck | x | | Blockgröße bei Begehung und über mehrere Jahre bei Beräumungen bestätigt |
| Kehlstein; Martinswand | x | (x) | => Mittel = LfU Block / Groß = Felssturzereignis |
| St 2101; Pankrazfelsen | | x | Größer Block, basierend auf Ereignis in Bad Reichenhall |

Die Tabelle zeigt, dass in den meisten Fällen (12 von 15) die in den Gefahrenhinweiskarten verwendeten Blöcke den später für die Bemessung verwendeten Blöcken entspricht. Weicht die Größe des gewählten Blockes ab, so handelte es dabei meistens um eine geringe Anpassung, sodass der Unterschied (Achismaße und Volumen) nur sehr gering war (z.B. B 20 Fuderheuberg). Was in fast allen Fällen angepasst wurde, war die Blockform. Sie wurde immer entsprechend des Geländebefundes gewählt. Da die in den Gefahrenhinweiskarten verwendeten gedrungeneren, rundlichen Blöcke bei Simulationen jedoch die ungünstigsten Werte in Trajektorienlänge und Energie liefern, wird dieser Faktor vernachlässigt.

Ein Auszug aus dem Bericht zur Steinschlagsimulation (Modellierung Windeck) beschreibt diesen Punkt sehr treffend:

Für die Gefahrenhinweiskarte wurden vom Bayerischen Landesamt für Umwelt repräsentative Bemessungsereignisse (Blockgröße, -geometrie, Gesteinsdichte) für alle im Untersuchungsgebiet vorkommenden geologischen Einheiten definiert. Es ist festzuhalten, dass es sich hierbei um eine pauschalisierende Methode handelt. Durch die Einbindung von detaillierten Geländeuntersuchungen und -daten kann eine differenziertere Abschätzung der Bemessungsblockgröße erfolgen.

Der Bereich der gegenständlichen Modellierung wird von sogenanntem Kiesel- / Hornsteinkalk aufgebaut. Diese stratigraphische Einheit ist den Kössener Schichten zuzuordnen und wird vom LfU der Volumenklasse I zugeordnet, wobei speziell für die Kössener Kalke ein Blockvolumen von 1 m³ angegeben wird. Basierend auf den Erfahrungen des Auftraggebers durch die im Untersuchungsgebiet regelmäßig durchgeführten Beräumungen, sowie der Geländebegehung zeigte sich ein Volumen von ca. 1 m³ als repräsentativ, wobei aufgrund der geringen Schichtmächtigkeiten v.a. eine tafelartige Blockform ausgeprägt ist. Auf der Basis dieser Vorgaben wurde in der Software der Grundtypus "Flat_2.0" für die Steinform gewählt und die Länge der Blockachsen angepasst. Aufgrund des in RAMMS verwendeten Abrundungsgrades bei der Interpolation realistischer Blockformen, können die Achsmaße / Volumen / Masse somit nur näherungsweise erreicht werden (Gebauer 2016).

Bei Bereichen, in denen grundsätzlich von der LfU-Blockgröße abgewichen wurde, handelte es sich um Maßnahmen, mit einer angrenzenden Wohnbebauung, um verkehrstechnisch sehr bedeutsame Straßen und einer Gemeinschaftsmaßnahme mit der Deutschen Bahn. Für diese Maßnahmen wurde ein höherer Sicherheitsstandard zugrunde gelegt.

Bei der B 20 sind diese auf Beräumungsarbeiten nach einem Ereignis zurückzuführen. So wurde im Bereich Eisenrichter Berg vor der Errichtung der Steinschlagschutzzäune eine Grundberäumung der Hangbereiche durchgeführt (Abb. 73). Zwei der beräumten Felsblöcke übersprangen dabei die Straße und die vorhandenen Bausicherungen und landeten im Gleisbett. Beide Blöcke überstiegen die, in den GHK für diesen Bereich vorgesehenen Blockgrößen. Da auf Grund der unter der Straße liegenden Bahnstrecke (Abb. 74) eine zukünftige Beräumung von Großblöcken nahezu ausgeschlossen ist, wurde diesem Fall durch eine entsprechende Erhöhung der Blockgrößen, die ein Zaun zukünftig zurückhalten muss, Rechnung getragen.



Abb. 73: Felsbräumung an der B20 im Bereich Eisenrichter Berg (StBA TS - Bildarchiv)



Abb. 74: Photogrammetrische Geländeaufnahme im Bereich der B 20 am Eisenrichterberg (Gebauer 2018)

Da es sich hierbei um Sonderfälle handelt, können sie für eine grundsätzliche Gefahrenermittlung vernachlässigt werden. Womit der erste Punkt für die Heranziehung der Simulationen zu den Gefahrenhinweiskarten erfüllt ist.

Punkt 2: Kann über ein vereinfachtes Verfahren mit den zur Verfügung stehenden Daten eine Gefahrenermittlung erstellt werden, die eine Risikobetrachtung zulässt?

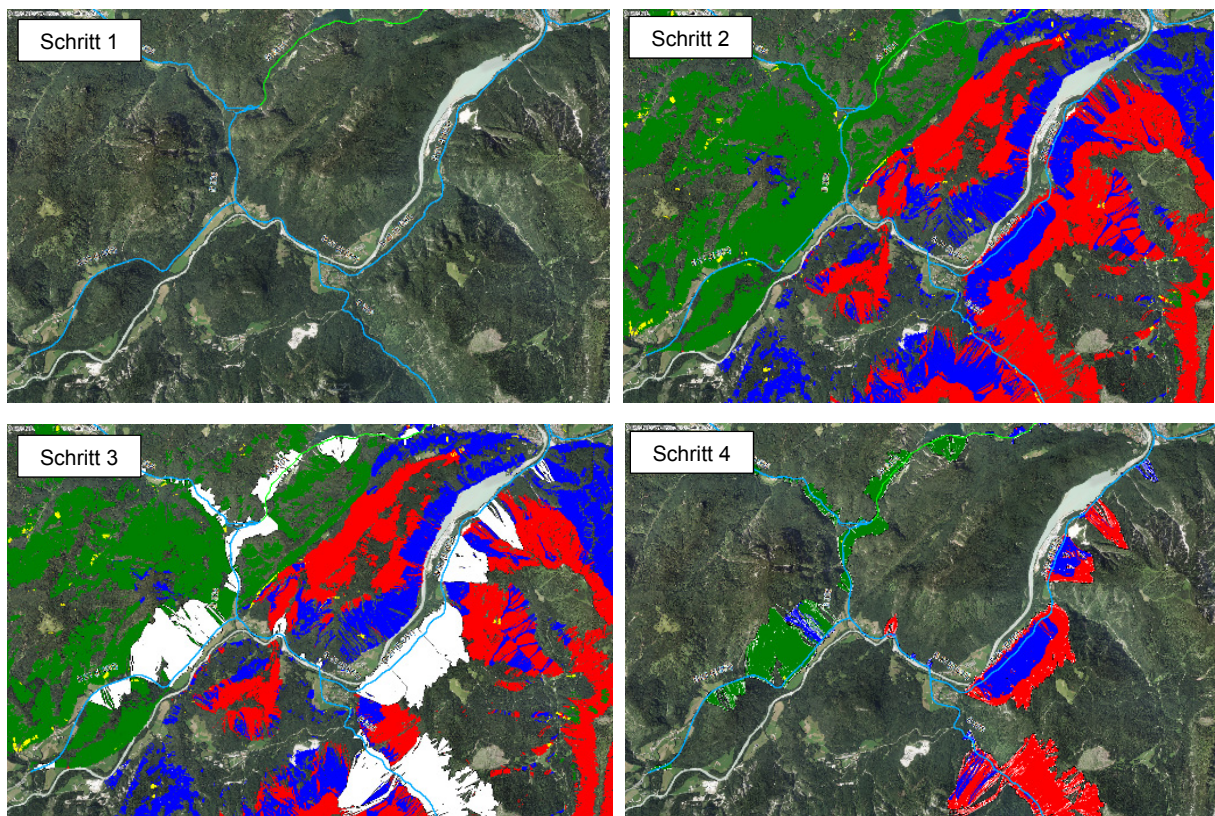
Basis der Gefahrenbetrachtung sind die Grundüberlegungen aus Tab. 16. Das einzelne Steinschlagereignis tritt unangekündigt bzw. ohne erkennbaren Auslöser auf und ein Monitoring ist nicht möglich. Die Detektions- und Reaktionszeiten sind sehr kurz. Der Schadensumfang ist gering. Schäden treten vor allem bei den Verkehrsteilnehmern und nur in sehr begrenztem Umfang an der Straße oder regulären Ingenieurbauwerken auf. Die Ereignisse lösen so gut wie keine Umleitungen aus.

Aus diesen Feststellungen folgt, dass als Schutzmaßnahme für die Straße im Grunde nur dauerhafte Sicherungsmaßnahmen, also Bauwerke in Betracht kommen (Wälle, Zäune, Vernetzungen, etc.). Die Gefahren lassen sich durch Felsberäumungen allenfalls temporär reduzieren. Die Gefahrenbeurteilung muss somit ein Ergebnis liefern, das die Gefahrenbereiche klar abgrenzt und die Bereiche ausweist, in denen am häufigsten mit Ereignissen zu rechnen ist. Zudem müssen für eine anschließende Risikobetrachtung diese Gefahren mit dem Schadenspotential, in diesem Fall nahezu ausschließlich dem Verkehr auf der Straße, ins Verhältnis gesetzt werden. Um die Bereiche herauszufiltern, in denen die Gefahr, dass ein Fahrzeug von einem Stein getroffen wird, am größten ist, wurde ein Auswertungsverfahren auf Basis der Simulationen der Gefahrenhinweiskarten des LfU entwickelt. Bei dem Verfahren wird vorläufig davon ausgegangen, dass alle Ausbruchsflächen der Trajektorien die gleiche Ausbruchswahrscheinlichkeit aufweisen und in den Bereichen mit den größten Ausbruchsflächen mit den meisten Steinschlägen zu rechnen ist. Diese Annahme ist natürlich nur bedingt richtig. Hierüber muss im Anschluss noch diskutiert werden.

Gefahrenbereichsabgrenzung und -beurteilung - Steinschlag

Das Verfahren greift für die Gefahrenermittlung auf die aus den Simulationen gewonnenen Trajektorien, Energien und Sprunghöhenkarten zurück. In einem 5-stufigen Verfahren wird über eine Auswertung in einem Geoinformationssystem (GIS) eine Gefahrenabgrenzung und eine Gefahrenklassifizierung für die Steinschlagbereiche im gesamten Untersuchungsgebiet vorgenommen. Damit wird im Anschluss durch die Verknüpfung mit der vorhandenen Verkehrsmengenkarte eine Risikoabschätzung für den Prozess Steinschlag erstellt. Die Systematik und die einzelnen Arbeitsschritte für diese Gefahrenbereichs-abgrenzung und -beurteilung werden in den nächsten Ablaufschemen (Abb. 75) dargestellt.

Stufe 1: Abgrenzung der Gefahrenbereiche



Geobasisdaten: Bayerische Vermessungsverwaltung

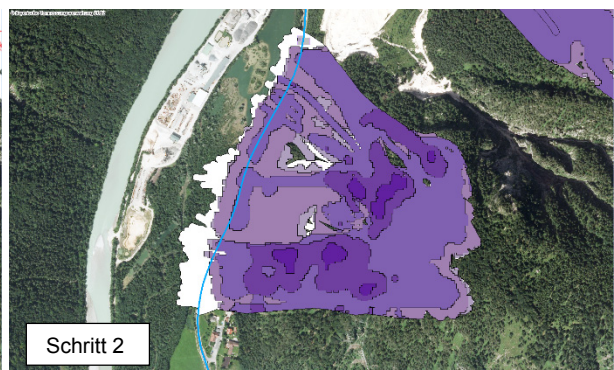
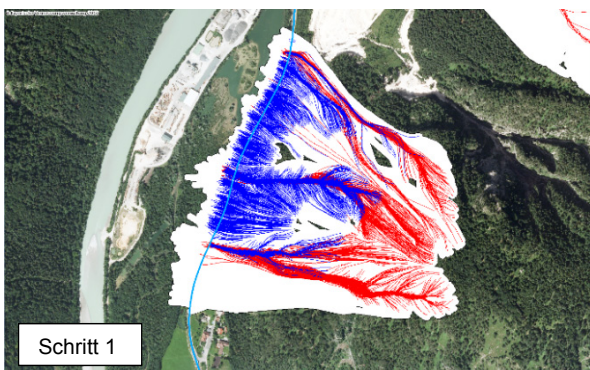
| Stufe 1 | Arbeitsschritte: Abgrenzung Gefahrenbereich | Anmerkungen |
|-----------|--|---|
| Schritt 1 | Über das Straßennetz der überregionalen Straßen (Straßendatenbank – TT-SIB) wird im GIS ein 15 m breiter Puffer gelegt. | Durch diese Maßnahme wird die Straßenbreite inkl. ein 4 m breiter Randstreifen berücksichtigt (4m + 7 m + 4m) . |
| Schritt 2 | Aus den Simulationsergebnissen für die GHK Steinschlag werden die Sturztrajektorien der verschiedenen Blockarten des jeweiligen Landkreises (rot, blau, grün, gelb) hinzugefügt. | Für die Abgrenzung der Gefahrenbereiche werden die Daten aus der Simulation ohne Dämpfung verwendet. |
| Schritt 3 | Über alle Sturztrajektorien, die den Straßenpuffer berühren oder schneiden wird ein 5 m breiter Puffer gelegt. Die Puffer die sich überschneiden werden zu einem Flächenareal (= Gefahrenbereich) verbunden. | |
| Schritt 4 | Alle Sturztrajektorien die den Puffer der Straßen nicht berühren werden gelöscht. | Von deren Ausbruchflächen dürfte keine Gefahr für die Straße ausgehen. |

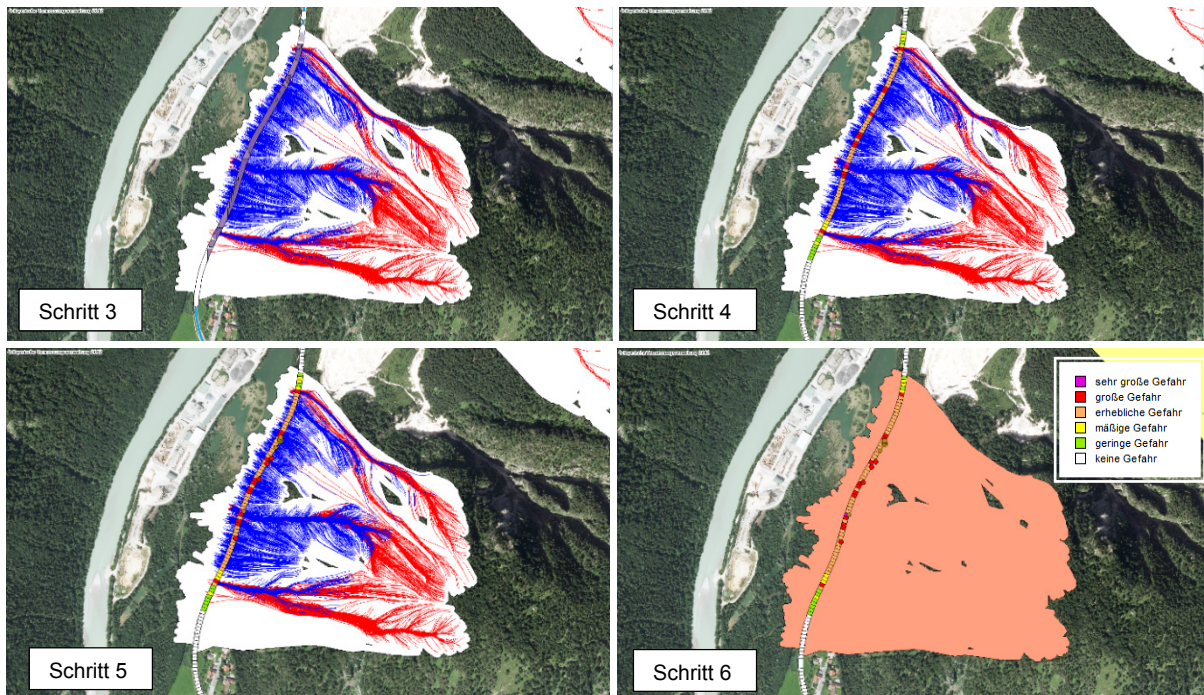
| | | |
|-----------|---|--|
| Schritt 5 | Die Sturztrajektorien innerhalb der Areale werden optisch daraufhin überprüft, ob sie die Gefahrenbereichsgrenzen überspringen. | Sehr große Bereiche werden nochmals einzeln untersucht, ob ggf. eine Teilung möglich ist. |
| Schritt 6 | Durch Verschneidung des Straßenbandes mit den Flächenarealen wird die betroffene Straßenlänge für jeden Gefahrenbereich ermittelt. | |
| Schritt 7 | Die Anzahl der Trajektorien in jedem Gefahrenbereich wird gezählt, um die ungefähre Ausbruchsfläche zu erhalten, die für den Streckenabschnitt im jeweiligen Bereich eine Gefahr darstellt. | Bei der Erzeugung der Gefahrenhinweiskarte wurden die Ausbruchsflächen in gleichmäßige Flächen unterteilt (5/5 m - Rasterfläche), d.h. jede Trajektorie steht für 25 m ² Ausbruchsfläche (Draufsicht) |

Abb. 75: Stufe 1 - Ablaufschema zur Ermittlung und Abgrenzung der Gefahrenbereiche (über Simulationsergebnisse GHK)

Stufe 2: Gefahrenbeurteilung

In dieser Stufe findet die eigentliche Gefahrenbeurteilung von 10m langen Straßenabschnitten und der in Stufe 1 ermittelten gesamten Gefahrenbereiche statt (Abb. 76).





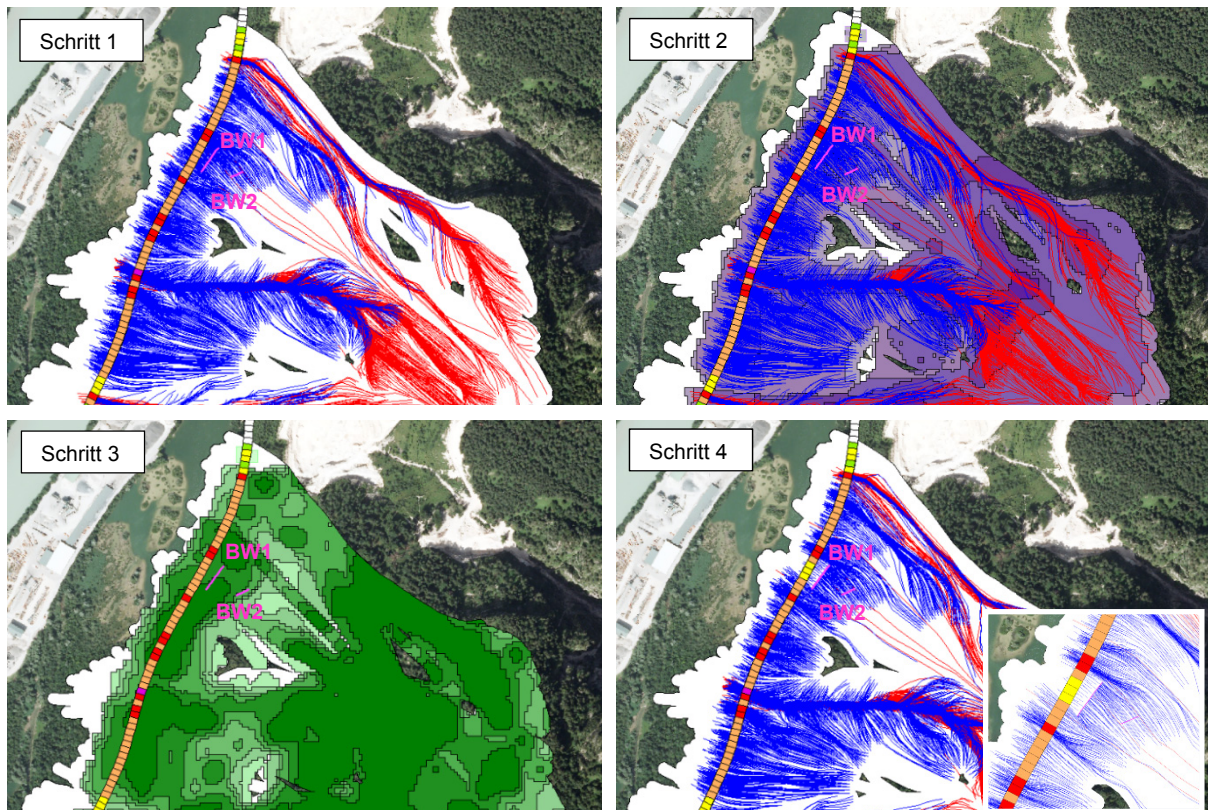
Geobasisdaten: Bayerische Vermessungsverwaltung

| Stufe 2 | Arbeitsschritte: Gefahrenbeurteilung | Anmerkungen |
|-----------|--|---|
| Schritt 1 | Die Trajektorien der Simulation zur GHK mit Walddämpfung werden im Gefahrenbereich dargestellt. | Es wurden nur die Trajektorien ausgewählt die den Straßenpuffer geschnitten oder berührt haben. |
| Schritt 2 | Aus den Simulationsergebnissen zu den GHK (mit Walddämpfung) wird im Gefahrenareal die Energiekarte hinzugespielt. | Die Energiekarte für das Gefahrenareal kann aus der Gesamtenergiekarte der GHK ausgeschnitten werden. |
| Schritt 3 | Es wird der Straßenpuffer über die Energiekarte und die Trajektorien gelegt. | |
| Schritt 4 | Der Straßenpuffer wird in 10m Abschnitte unterteilt. In jedem 10m Abschnitt werden die Trajektorienlängen gemessen. Des Weiteren wird die prognostizierte Energiehöhe und -fläche für jeden Abschnitt ermittelt und dem Abschnitt zugewiesen. Die Einzelängen der Trajektorien in einem 10 m Abschnitt werden zu einer Gesamttrajektorienlänge aufaddiert. | Die 10m Unterteilung erfolgt in der Straßenachse. |
| Schritt 5 | Es werden die erfassten Ereignisse aus der Ereignisdatenbank in das GIS hinzugeladen. Aus der Häufigkeit der Ereignisse in Verbindung mit den Erkenntnissen einer Ortseinsicht wird eine Ausbruchsjährlichkeit festgelegt. | Dies kann über die GPS-Verortung der Ereignisse erfolgen. |
| Schritt 6 | Durch die Mittelung der Einzelgefahrenklassen der betroffenen 10m Abschnitte wird der Abschnitt einer Gesamtgefahrenklasse zugeordnet. Über die Anzahl der vorhandenen Ereignisse im Gesamtbereich erfolgt zudem ein Abgleich, ob die ermittelte Gefahrenklasse und Ereignisanzahl korrelieren. Ist die Gefahrenklasse des Gesamtbereiches mehr als zwei Klassen niedriger als die des höchsten 10m Abschnittes, ist die Zuordnung der Gefahrenklasse zu überprüfen. | Bei Vorhandensein eines der drei Parameter (Energiefläche, Trajektorie, Ereignisses) in einem 10m Abschnitt wird dieser Abschnitt mindestens mit dem Wert geringe Gefahr ausgewiesen. |

Abb. 76: Stufe 2 - Ablaufschema Gefahrenabschätzung über GHK-Simulation (mit Walddämpfung)

Stufe 3: Berücksichtigung von Sicherungsbauwerken

Für eine dauerhafte Anwendbarkeit einer Gefahrenabschätzung ist es wichtig, aktuelle Änderungen ohne großen Aufwand mit abbilden zu können. Eine der wichtigsten Komponenten sind die bestehenden oder neu hinzukommenden Sicherungsbauwerke gegen Naturgefahren. Sie müssen in die Systematik eingebunden und bei der Gefahrenbewertung berücksichtigt werden können (Abb. 77).



Geobasisdaten: Bayerische Vermessungsverwaltung

| Stufe 3 | Arbeitsschritte: Berücksichtigung von Sicherungsbauwerken |
|-----------|---|
| Schritt 1 | Die Sicherungsbauwerke werden lagegenau erfasst. Ihnen werden mindestens die Attribute Bauhöhe, Energieaufnahmeklasse und Zustandsnote des Bauwerkes hinzugefügt. |
| Schritt 2 | Basierend auf der Lage des Bauwerkes wird die Energieaufnahmeklasse des Sicherungsbauwerkes mit der berechneten Energie der Simulation verglichen. |
| Schritt 3 | In einem nächsten Schritt wird die Höhe des Sicherungsbauwerkes mit der simulierten Sprunghöhe verglichen |
| Schritt 4 | Ist die Bauwerkshöhe > Sprunghöhe und die Energieklasse > Energiehöhe aus der Simulation zur Gefahrenhinweiskarte, werden die Trajektorien entlang des Sicherungsbauwerkes abgeschnitten und der Trajektorienteil zwischen Sicherungsbauwerk und Straße entfernt. Ist dies bei einem Kriterium nicht der Fall, muss ein Fachmann eine Einzelfallentscheidung treffen, wie mit den durch das Bauwerk laufenden Trajektorien umzugehen ist. Diese Entscheidung ist auch zu treffen, wenn das Bauwerk eine Zustandsnote größer als 3 (=befriedigender Bauwerkszustand) aufweist. |
| Schritt 5 | Im Anschluss werden die 10m-Abschnitte des Straßenpuffers neu ausgewertet. Anmerkung: Auch bei Wegfall aller Trajektorien bleibt die Klasse „geringe Gefahr“, da das Feld über die Energiekarte noch belegt ist. Dieser Umstand wurde absichtlich belassen, da sich bei allen genauen Simulationen zur Bemessung und Dimensionierung von Bauwerken gezeigt hat, dass immer ein Restanteil an Blöcken bleibt (Aufhaltegrad der Blöcke i.d.R. zwischen 99% bzw. 95%) die vom Sicherungsbauwerk wegen wirtschaftlichen Betrachtungen nicht abgedeckt werden. |

Abb. 77: Ablaufschema zur Einbindung von Sicherungsbauwerken in die Gefahrenermittlung

Bei Sicherungsbauwerken ist es wichtig zu wissen, um welche Art von Bauwerk es sich handelt. In den ersten Ansätzen wurden bei der Steinschlaguntersuchung nur Sicherungsbauwerke gegen Steinschlag in das System eingelesen. Bei vielen Begehungen zur Bauwerksaufnahme von Lawinenschutzbauwerken wurde jedoch deutlich, dass auch diese Bauwerke in großem Stil Steinschläge zurückhalten (Abb. 78-79) und so ggf. für einen Schutz der Straße sorgen. Aus diesem Grund bedürfen diese Bauwerke einer eigenen Betrachtung inkl. einer Expertenabschätzung, wie damit zu verfahren ist.

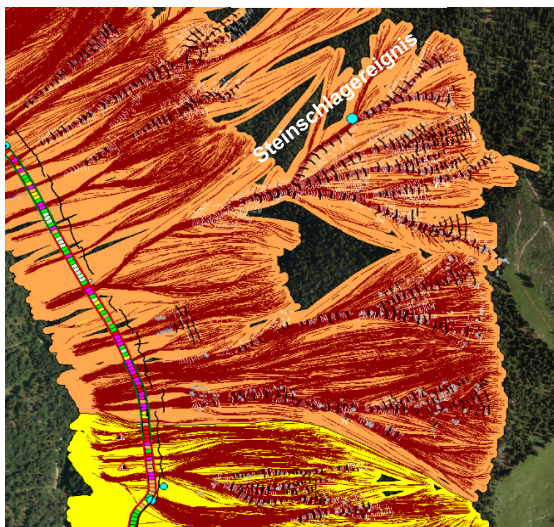


Abb. 78: Lage des Ereignisses in der Trajektorienkarte



Abb. 79: Von Lawinennetz zurückgehaltener Steinschlag

Ein Beispiel für die Berücksichtigung von bemessenen Steinschlagschutzzäunen ist in Abb. 80-83 dargestellt. Die Felssturzgefahren, die in diesem Bereich zudem vorliegen werden über diese Methode nicht erfasst. Sie werden im Nachgang behandelt und durch eine andere Vorgehensweise berücksichtigt.

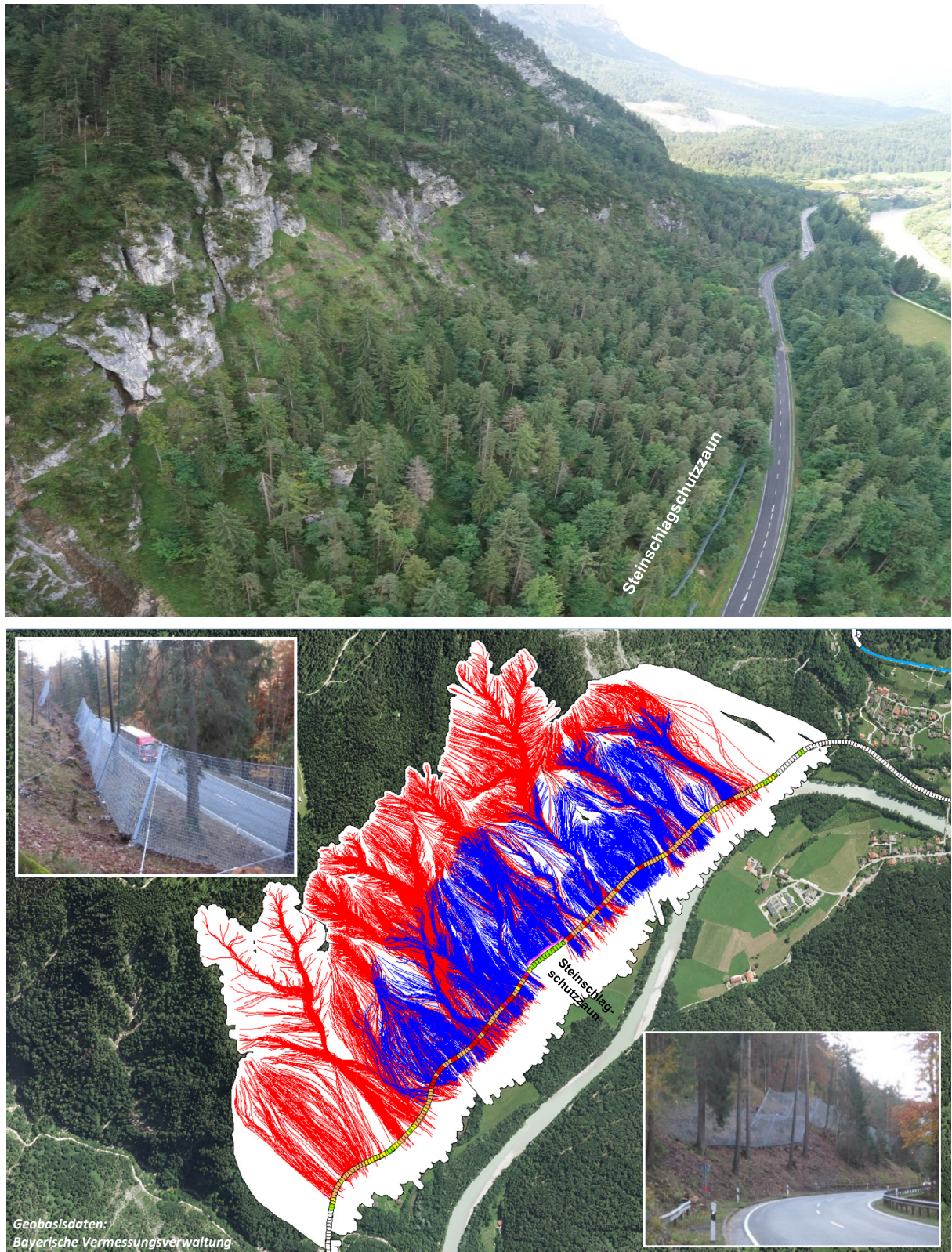
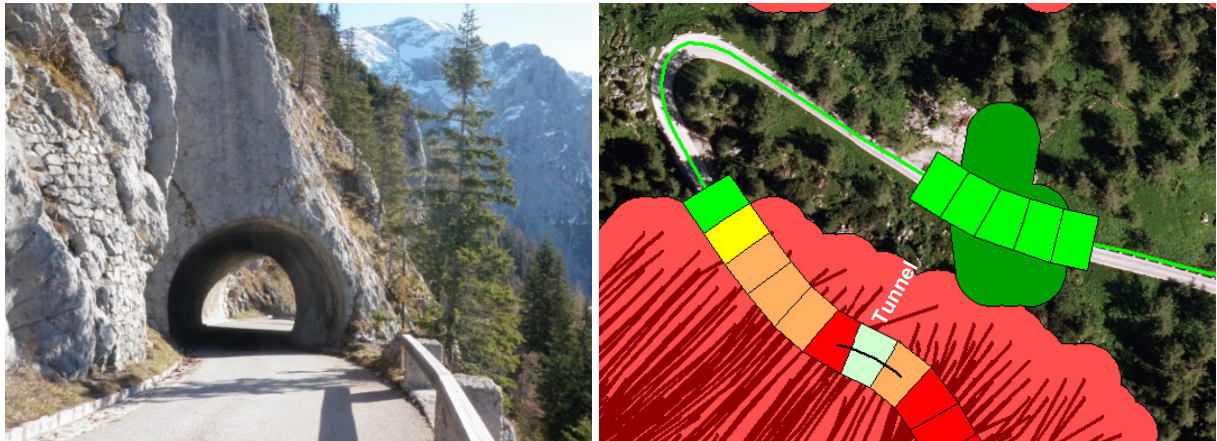


Abb. 80 - 83: Beispiel zur Einbindung von Sicherungsbauwerken in die Gefahrenermittlung – B 21 Steinschlagschutzzaun (StBA TS - Bildarchiv)

Stufe 4: Berücksichtigung von Ingenieurbauwerken (Brücken und Tunnel)

Neben den Sicherungsbauwerken können auch klassische Ingenieurbauwerke für einen Schutz der Straße verantwortlich sein. Vor allem Brückenbauwerke und Tunnel bzw. Galerien können dazu führen, dass Steinschläge die Straße und deren Verkehrsteilnehmer nicht gefährden. Brücken deshalb, weil Steinschläge unter ihnen hindurchlaufen können und Tunnel, weil sie die Straße abschirmen und Steine über das Bauwerk leiten (Abb. 84). Aus diesem Grund wurden sie in die Gefahrenenerhebung und -beurteilung mit einbezogen. Bei den Brücken wurden nur Bauwerke entsprechend der DIN 1076, d.h. Brücken mit einer lichten Weite >2m, berücksichtigt.

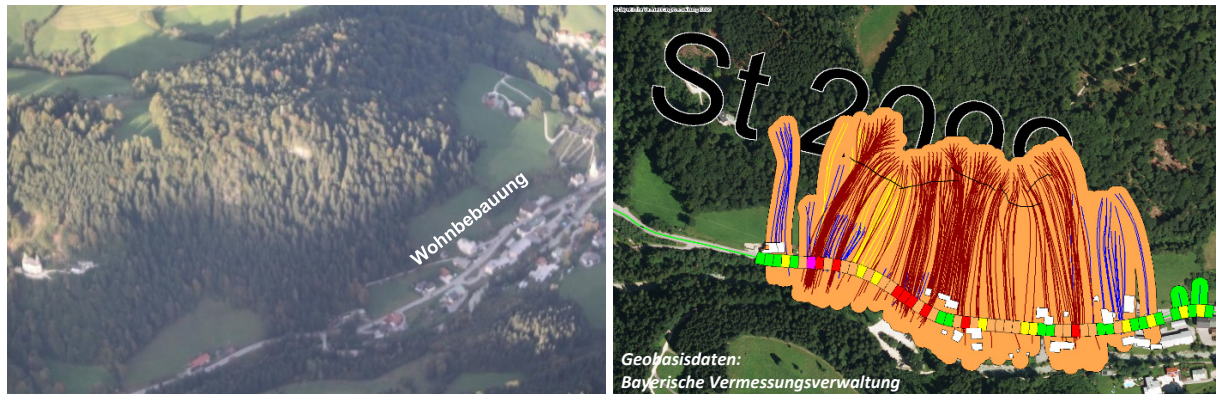


| Stufe 4 | Arbeitsschritte: Berücksichtigung von Brücken und Tunnel |
|-----------|--|
| Schritt 1 | Um Ingenieurbauwerke in der Gefahrenermittlung berücksichtigen zu können, müssen die in der TT-SIB nur mittels einer Koordinate erfasst Bauwerke in ihrer Lage und Länge im GIS abgebildet werden. Dies kann entlang der Straßenachse über den Lagepunkt und die Bauwerkslänge realisiert werden. |
| Schritt 2 | In einem nächsten Schritt wird bei Brücken die lichte Höhe mit der maximalen Sprunghöhe im Abschnitt verglichen. Ist sie größer als 70% der Sprunghöhe, werden die Trajektorien, die die Bauwerkslinie kreuzen, in den betroffenen 10 m Abschnitten gelöscht. Ist die lichte Höhe einer Brücke kleiner als 70% der Sprunghöhen, muss im Einzelfall entschieden werden, wie mit Trajektorien umzugehen ist. Bei Tunnelbauwerken entfallen die Trajektorien welche die Bauwerkslinie kreuzen ohne weitere Prüfung. |
| Schritt 3 | Nach Reduktion der Trajektorien werden die 10m-Abschnitte des Straßenpuffers neu ausgewertet. Anmerkung: Bei Wegfall aller Trajektorien wird der Abschnitt mit „keine Gefahr“ bewertet. |

Abb. 84: Ablaufschema zur Einbindung von Ingenieurbauwerken in die Gefahrenermittlung

Stufe 5: Berücksichtigung bestehender Bebauung

Als letzte Maßnahme bei der Gefahrenbeurteilung für Steinschlagprozesse wird die bestehende Bebauung in der Systematik berücksichtigt. Gebäude wie Häuser und Garagen dienen grundsätzlich, ebenso wie Sicherungsbauwerke, dazu, Steinschläge zurückzuhalten. Normale Gebäude sind zwar in den allermeisten Fällen nicht auf Sturzprozesse bemessen, d.h. bei einem Ereignis ist bei ihnen mit entsprechenden Schäden zu rechnen, trotzdem reduzieren sie für die in ihrem Sturzschatten liegenden Straßen die Gefahren aus Steinschlagereignissen nahezu vollständig. Eine Prüfung auf Überspringen oder Durchschlag wird (auch auf Grund der fehlenden Daten zu den Gebäuden selbst) vernachlässigt (Abb. 85).



| Stufe 5 | Arbeitsschritte: Berücksichtigung bestehender Bebauung |
|-----------|--|
| Schritt 1 | Ähnlichen wie bei den Sicherungsbauwerken wird die Bebauung über die topographischen Karten (TK-Karten) in die Simulation geladen. |
| Schritt 2 | Befinden sich Bauwerke (Häuser, Kirchen, etc.) zwischen Startpunkt der Trajektorien und der Straße, werden die Trajektorien wie bei den Sicherungsbauwerken, an der Gebäudekannte geschnitten und der Trajektorienteil zwischen Gebäude und Straße entfernt. |
| Schritt 3 | Im Anschluss werden die 10m-Abschnitte des Straßenpuffers neu ausgewertet. Anmerkung: Auch bei Wegfall aller Trajektorien bleibt die Klasse „geringe Gefahr“ bestehen, da die Felder über die Energiekarte noch belegt sind. Dieser Umstand wurde absichtlich belassen, da aus den Karten nicht zu entnehmen ist, ob das Gebäude vom Rückhaltegrad so ausgebildet ist, dass es die Straße zu 100% abschirmt (z.B. Holzhütte, Holzhaus etc.). |

Abb. 85: Ablaufschema zur Einbindung bestehender Bebauung in die Gefahrenermittlung

Durch die Einzelschritte im Verfahren wird sichergestellt, dass bestehende Ingenieurbauwerke, Sicherungsbauwerke oder die Wohnbebauung in die Gefahrenermittlung mit einfließen kann.

Diskussion des Verfahrens

Wie bereits am Anfang des Verfahrens beschrieben, wird ohne zusätzliche Korrekturen davon ausgegangen, dass alle Ausbruchflächen der Trajektorien die gleiche Ausbruchswahrscheinlichkeit aufweisen. Somit wäre in den Bereichen mit den größten Ausbruchflächen auch mit den meisten Steinschlägen zu rechnen. Diese Annahme ist natürlich nicht unbedingt zutreffend. Felsmechanische Kennwerte, der Zerlegungsgrad und Verwitterungsgrad einzelner Felsflächen, die vorhandenen Kluftflächen, die tatsächliche Hangneigung oder äußere Rahmenbedingungen (Wetter, Frost, etc.) beeinflussen die Ausbruchswahrscheinlichkeit einzelner Wände stark (Sellmeier 2015). Um die Gefahrenermittlung diesbezüglich zu verbessern, wird letztlich nicht die Trajektorienlänge, sondern die Zeit aufsummiert, die Steine innerhalb eines Streckenabschnittes verbringen. Das bedeutet, dass anhand der Trajektorienlänge in einem Abschnitt und der Eintrittswahrscheinlichkeit für jede Trajektorie die Zeit ermittelt wird, die ein Stein beim Durchlaufen verbringt (vereinfachend muss eine einheitliche Sturzgeschwindigkeit für jeden Sturzprozess angenommen werden). Die ermittelten Zeiten werden im Anschluss aufsummiert und es ergibt sich für jeden Abschnitt eine Gesamtzeit. Das heißt, je größer die Eintrittswahrscheinlichkeit und je größer die aufsummierte Trajektorienlänge ist, desto länger wird die „Präsenzzeit“ eines Steines innerhalb eines Straßenabschnittes. Die Folge ist, dass die Gefahr steigt. Die Eintrittswahrscheinlichkeit kann bei Einführung der Methode für die jeweiligen Bereiche von Hand

bestimmt werden, z.B. durch eine Festlegung anhand einer Geländebegehung. Später sollte sie auch über die Auswertung der Ereigniserfassung generiert werden. Anhand der fehlenden Ereigniserfassung zum Zeitpunkt der Erstermittlung wurde für das Untersuchungsgebiet die Eintrittswahrscheinlichkeit für jeden Bereich anhand von Begehungen und der dabei kartierten stummen Zeugen festgelegt. Die Festlegungen differierten zwischen 50 und 100 Jahren. Durch diese Methode der Gefahrenermittlung wird eine Klassifizierung der Bereiche vorgenommen, die einen Vergleich untereinander zulässt und den Zustand der Felswände dem Grunde nach berücksichtigt.

Risikoanalyse

Für die Ermittlung des Risikos muss, wie unter Kapitel 3 dargestellt, die Schadenswahrscheinlichkeit mit dem Schadensausmaß multipliziert werden. Bei dem bisherigen Verfahren der Gefahrenermittlung, wurde die Schadensseite bislang nicht betrachtet. Wie bereits festgestellt, bestimmt sich der Schaden bei Steinschlagereignissen vornehmlich aus Schäden an Fahrzeugen, die die Straße benutzen. Vereinfacht könnte man sagen, je mehr Fahrzeuge auf der Straße unterwegs sind, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass eines von ihnen durch einen Stein getroffen wird, und desto größer ist der Schaden über die Zeit betrachtet. Nach der Ereigniserfassung kommt es im Untersuchungsgebiet alle zwei Jahre zu einem „Volltreffer“ (Resultat aus der Ereigniserfassung Naturgefahren), also zu einem Ereignis, bei dem ein fahrendes KFZ von einem abstürzenden Stein direkt getroffen wird. Des Weiteren kollidiert zweimal im Jahr ein Fahrzeug mit einem auf der Straße liegegebliebenen Stein oder Felsblock. Sonstige Schäden durch Steinschläge sind keine dokumentiert. Bei der Schadensermittlung kann somit auf den durchschnittlichen täglichen Verkehr auf der Straße zurückgegriffen werden. Er kann über die alle fünf Jahre durchgeführte Straßenverkehrszählung (BASt 2015) abgegriffen werden. Die Zahlen liegen für alle Straßenabschnitte (Abb. 86) in der Straßendatenbank vor und können über das GIS den einzelnen 10m Abschnitten zugeordnet werden.

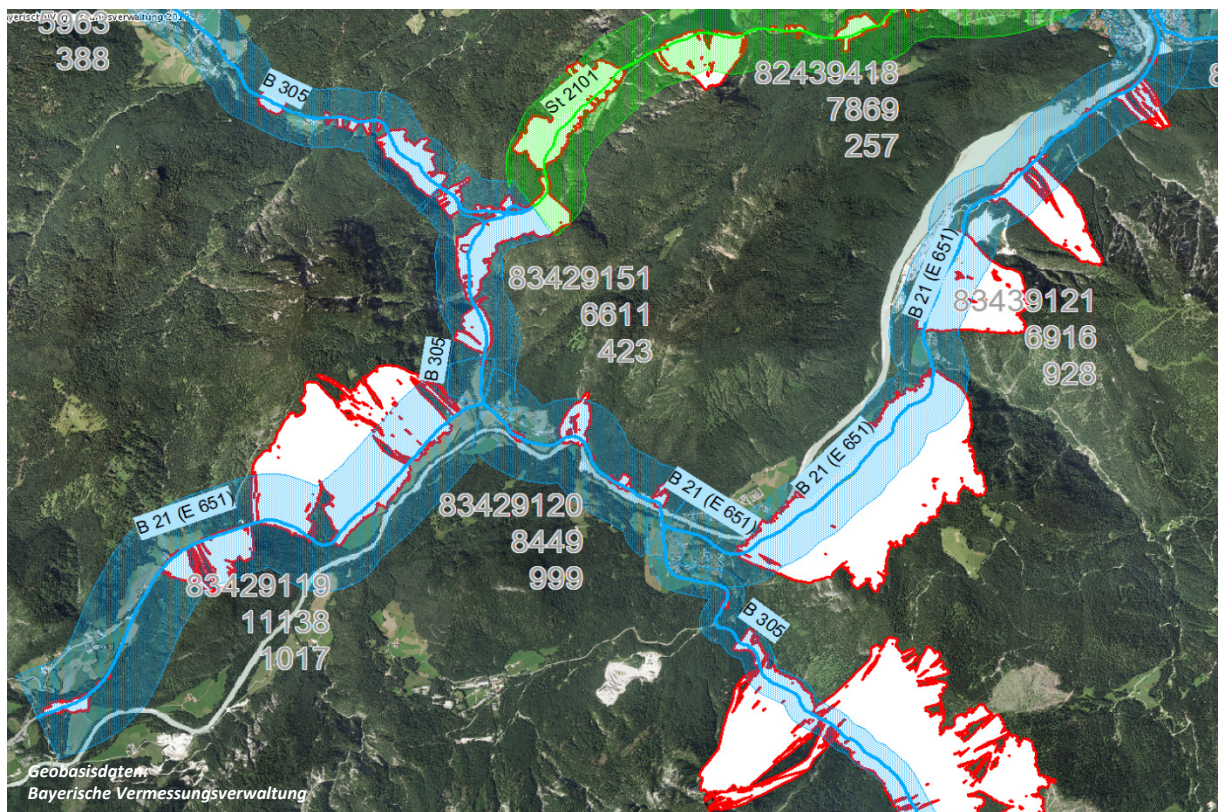


Abb. 86: Streckennetz im Bereich des Kleinen Deutschen Ecks mit den Verkehrszahlen (DTV) 2015 (BASt 2015)

Um die Verkehrszahlen in ein Verhältnis zur Gefahrenermittlung setzen zu können, wird auch hier die Zeit berechnet, in der sich Fahrzeuge in dem jeweiligen 10m Abschnitt aufhalten. Für diesen Wert wird noch die Geschwindigkeit der Fahrzeuge benötigt, die aber ebenfalls über die Straßendatenbank abgerufen werden kann. Anders als in der Schweiz wird eine Risikobetrachtung später nicht für eine Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Schutzmaßnahmen herangezogen. Aus diesem Grund ist eine Monetarisierung des Risikos grundsätzlich nicht erforderlich. Stattdessen wird eine Unterteilung innerhalb des Untersuchungsraumes durchgeführt. Dafür wird die Präsenzzeit der Fahrzeuge und die der Steinschläge innerhalb eines Abschnittes ins Verhältnis gesetzt. Dadurch ergibt sich ein Wert, der innerhalb des Untersuchungsgebietes darüber Auskunft gibt, wo die Wahrscheinlichkeit gering bis sehr hoch ist, dass es zu einer Kollision Stein/Fahrzeug und somit zu einem Schaden kommt. Um die Bereiche möglichst differenziert abzugrenzen, wurde für die Einteilung der „Risikoklassen“ eine logarithmische Skalierung für ein geringes bis sehr hohes Risiko verwendet. Die Zuordnung der Gesamtbereiche in Risikoklassen (Abb. 87 u. 88) erfolgt, wie bei der Gefahrenbewertung, über die Mittelung der bewerteten 10m Abschnitte.

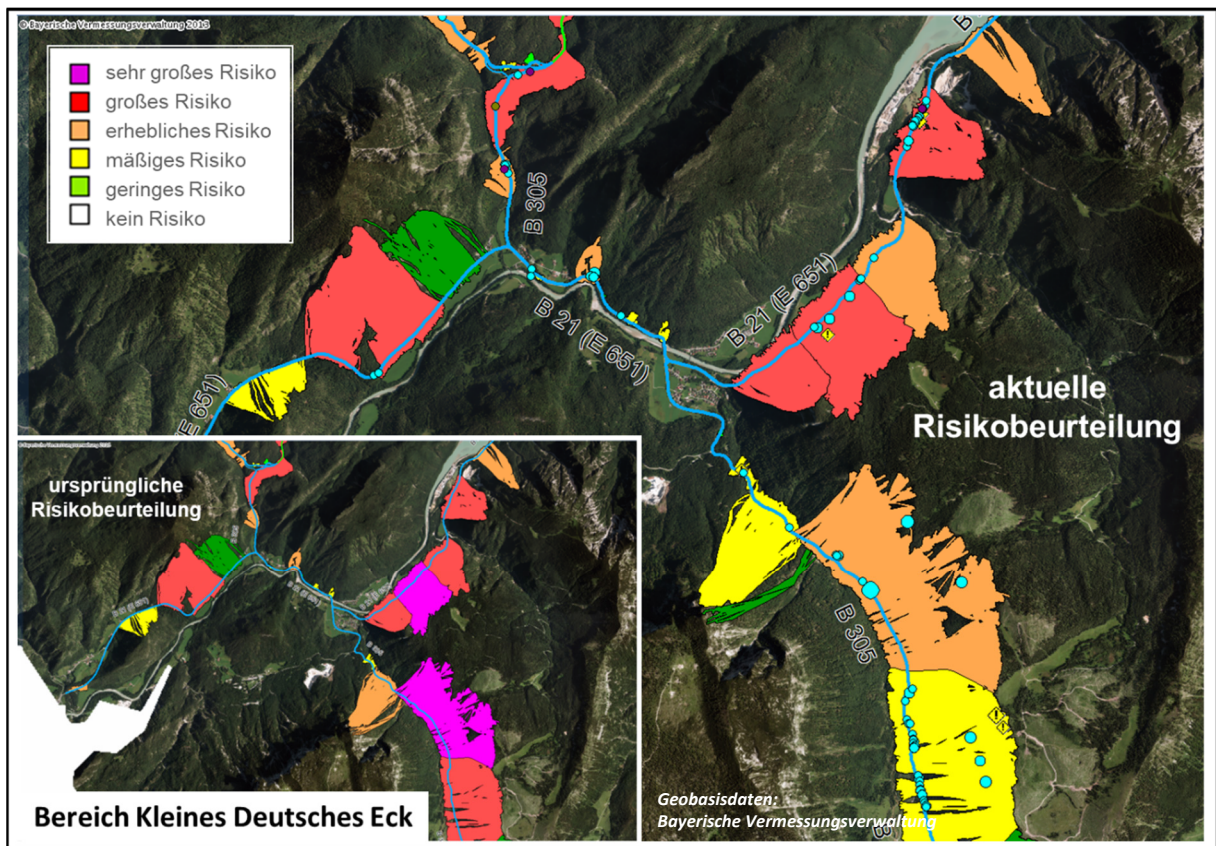


Abb. 87 u. 88: Streckennetz Bereich - Kleines Deutsches Eck / Deutsche Alpenstraße - mit Risikobeurteilung Steinschlag

6.2.2 Felssturz

Derzeit existiert noch kein ideales Modell (Universalmodell) zur Berechnung von Abbruch und Sturzprozess. Einen Überblick über die verfügbaren numerischen Modelle bietet eine von Hungr et al. (2007) erstellte Liste. Die aktuell zur Verfügung stehenden numerischen Modelle zur Ausbreitung von Felsstürzen benötigen ein hohes mechanisches Wissen und Prozessverständnis. Als Folge dessen beschränkt sich ihre Verwendung derzeit fast ausschließlich auf den universitären Bereich und die Forschung (Preh 2018). Bei der Gefahrenhinweiskarte kommt für die Simulation größerer Felsstürze ein Worst-Case-Ansatz zur Anwendung. Es wird über einen Pauschalwinkel die maximale Reichweite eines Felssturzes abgeschätzt. Dieses Verfahren wird in zahlreichen Veröffentlichungen (Wieczorek et al. 1999, Meißl 1998, Evans & Hungr 1993, Onofri & Candian 1979, Lied 1977) als Möglichkeit aufgezeigt, um für absturzbedrohte Felsmassen die potentiellen Sturzbereiche unter Zuhilfenahme von Neigungsmessern abzuschätzen. Für die Erstellung der GHK wurden zwei unterschiedliche Pauschalwinkelmodelle herangezogen. Zum einen die Methode über das geometrische Gefälle, das den Winkel beschreibt, den die Horizontale mit der Geraden zwischen dem Block maximaler Reichweite und der obersten Abrisskante des Felssturzes einschließt. Zum anderen wird der Schattenwinkel verwendet, den die Horizontale mit der Geraden zwischen dem Block maximaler Reichweite und der oberen Begrenzung des Ablagerungsbereiches einschließt. Für die Gefahrenhinweiskarte wurde, in Anlehnung an Meißl (1998) für Verfahren eins ein minimales geometrisches Gefälle von 30° angenommen. Für Verfahren zwei, basierend auf den Untersuchungen von Evans et al. (1993), entsprechend ein Schattenwinkel von 27°.

Die Entscheidung für eines der beiden Pauschalwinkelmodelle ist von der Hangmorphologie abhängig. Sie kann mit Hilfe des Quotienten aus Tangens des Schattenwinkels und Tangens des Geometrischen Gefälles getroffen werden (Mayer & von Poschinger 2005).

Da Felsstürze seltene Extremereignisse sind, werden die ermittelten Bereiche mit den orangen Gefahrenhinweisbereichen für Steinschlag zusammengefasst und nur in jenen Bereichen als Felssturz attribuiert, wo die Felssturz-Modellierung weiterreicht als die Stein- und Blockschlagmodellierung (LfU 2020).

Durch das Vorgehen, die ermittelten Bereiche mit den orangen Gefahrenhinweisbereichen für Steinschlag zusammenzufassen, ist eine Ermittlung und Betrachtung von einzelnen Blöcken in Bezug auf die Gefährdung von Straßen mit Hilfe der Gefahrenhinweiskarte kaum möglich. Des Weiteren wurde für die Ermittlung der Gefahrenhinweisbereiche Felssturz vornehmlich auf die im Bodeninformationssystem Bayern (BIS-BY) ausfindig gemachten GEORISK-Objekte (Felsstürze, Rutschungen, Schuttströme, Erdfälle etc. mit deren Anbruch- und Ablagerungsbereichen) zurückgegriffen, für die Hinweise auf eine Felssturzaktivität größeren Volumens vorliegen (GEORISK). Dies deckt jedoch nur einen Bruchteil der für die Straße relevanten Objekte ab. Aus diesem Grund muss ein anderes Vorgehen bzw. Instrument für die Gefahren- und Risikobetrachtung Felssturz an Straßen gefunden werden. Aufgrund des komplexen Prozesses und den wenigen verfügbaren Daten hinsichtlich Lage, Größe und Versagensmechanismus von Felssturmassen muss in die Gefahrenermittlung auch die mögliche Gefahrenabwehr miteinbezogen werden. Denn neben einer rechtzeitigen Sperrung der Straße, die nur in Verbindung mit einem Monitoringsystem möglich ist, sind im Grunde nur Wälle oder eine direkte Ausbruchssicherung (Stützlisenen) in der Lage, Felssturzereignisse ab einer bestimmten Größe zu verhindern. Wie aufwendig und wie unterschiedlich die Ergebnisse eines Monitoringverfahrens sind, wurde anhand eines Großblocks am Wachterl (Abb. 91-94) untersucht. Um die unterschiedlichen Verfahren vergleichen zu können, wurden an diesem Objekt vom Staatlichen Bauamt Traunstein sechs Betonmarken angebracht und vier Messstrecken für ein Konvergenzmaßband eingerichtet. Im Zuge einer Dissertation der Technischen Universität München (Sellmeier 2015) wurden zudem sechs

Rissmonitore und vier Stangenextensometer mit einem elektronischen Wegesensor und automatischer Datenaufzeichnung und -weiterleitung installiert. Die verschiedenen Monitoringelemente ermöglichen es, mit unterschiedlicher Genauigkeit und in verschiedenen Zeitintervallen Bewegungen zu erkennen und so ggf. vor einem Felssturzereignis rechtzeitig handeln zu können.



Abb. 89 - 92: Großblock an der B 305 oberhalb der Weißwand (StBA TS - Bildarchiv).

Welches System zum Einsatz kommt hängt jedoch nicht nur von der Messgenauigkeit ab. Zugänglichkeit, Ausfallsicherheit und die Robustheit der Messinstrumente spielen bei der Exponiertheit, in der sich diese Messinstrumente befinden eine wichtige Rolle (Sellmeier 2015).

Die Rahmenbedingungen bei Felssturzgefahren schränken die Handlungsfähigkeit der Baulastträger unter Umständen so stark ein, dass Gefahren ggf. in Kauf genommen werden müssen, weil eine Sicherungs- oder Monitoringmaßnahme technisch nicht durchgeführt werden kann.

Um trotz der Defizite und den wenigen zur Verfügung stehenden Daten, sowie der schwierigen Prozessbedingungen eine erste Einschätzung zu einer Felssturzgefahr in einem Streckenabschnitt treffen zu können, wird ein sehr einfaches, zweistufiges Verfahren vorgeschlagen. In einem ersten Schritt wird für den betrachteten Bereich eine Gefahrenkategorie festgelegt (Abb. 93). Sie soll zum Ausdruck bringen, ob grundsätzlich eine Gefahr in einem Streckenabschnitt besteht, um welche Sturzmassen es sich handelt und wie schwierig Maßnahmen für eine Sicherung beurteilt werden. In einem zweiten Schritt wird diese Festlegung über eine Matrix der zu erwartenden Felsmassen in eine Risikoklasse eingeteilt. Die

fachliche Einteilung von Felsstürzen nach der Kubatur erfolgt dabei nach einer Festlegung des Landesamtes für Umwelt (LfU 2017)

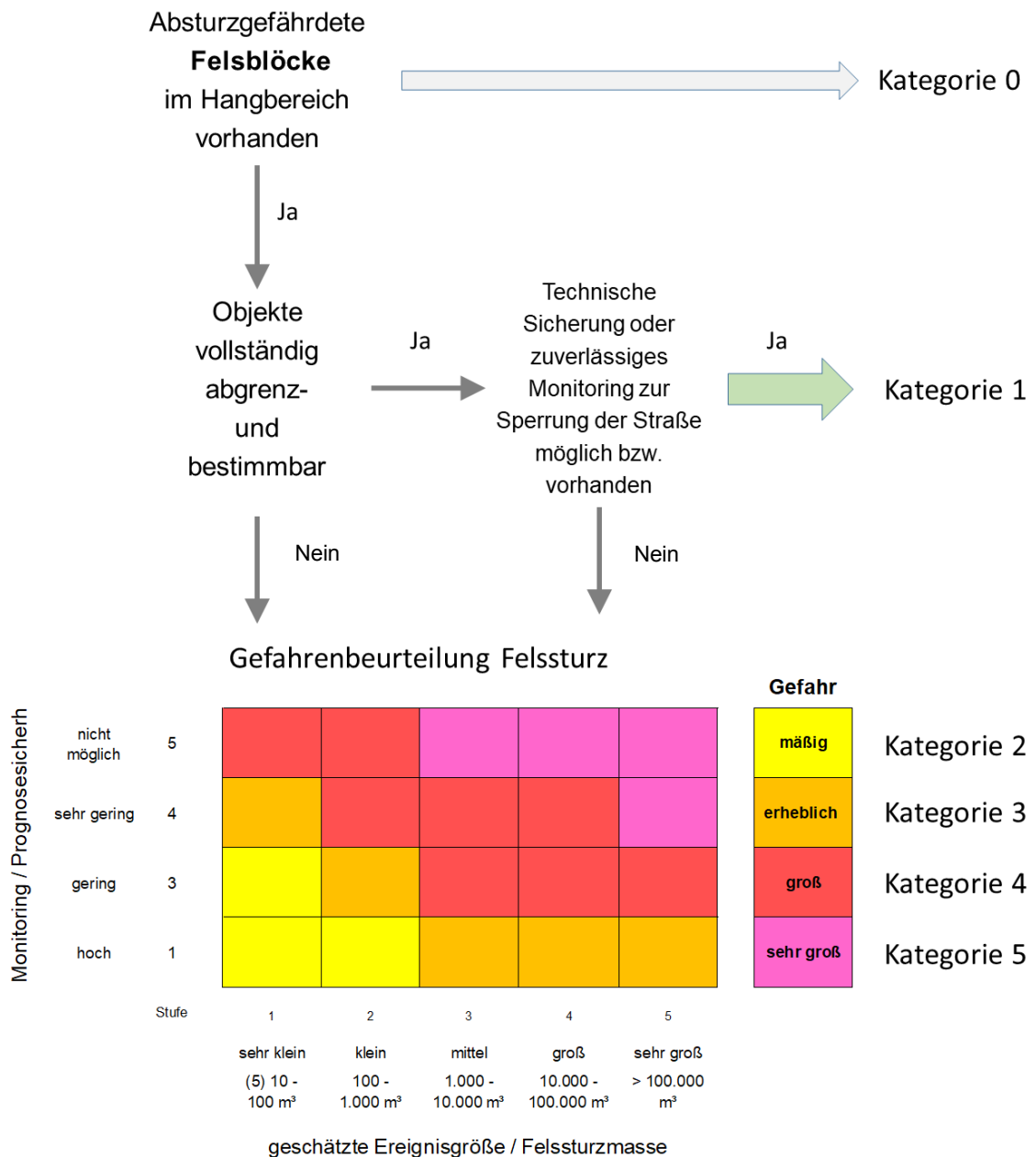


Abb. 93: Ablaufschema zur Gefahrenermittlung Felssturz

Basierend auf der Festlegung der Gefahrenkategorie wird das Risiko anhand des zu erwartenden Schadensausmaßes über eine Matrix ermittelt. Anders als bei Steinschlägen verursachen Felsstürze meist auch einen Schaden an der Straße oder den vorhandenen Ingenieurbauwerken. Vor allem bei Hangbrücken können sie sogar zur vollständigen Zerstörung des Bauwerkes führen. Dieser Sachverhalt muss bei einer Risikomatrix (Abb. 94) berücksichtigt werden. Letztlich kann dadurch das Schadenspotential anhand des durchschnittlichen täglichen Verkehrs oder des Schadens an einem Bauwerk bzw. der Straße ermittelt werden.

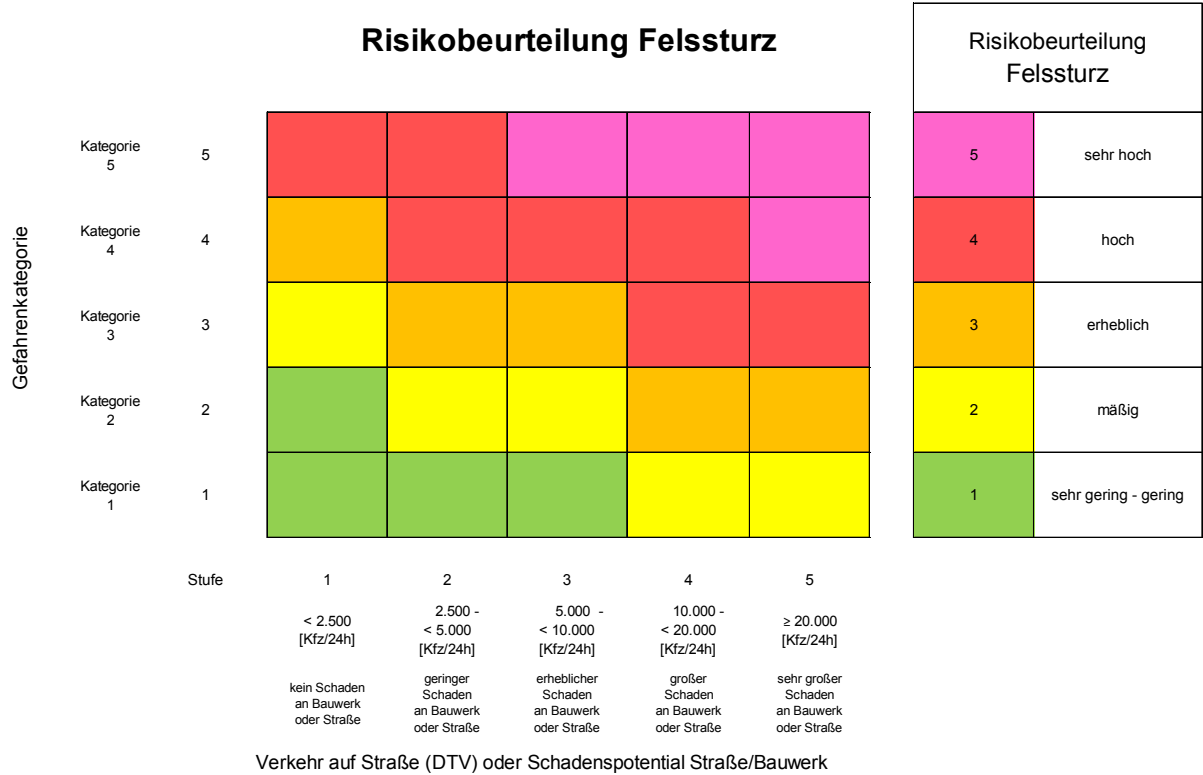


Abb. 94: Risikobeurteilung für Felsstürze an Straßen

6.2.3 Lawinen

Anders als die Gefahrenhinweiskarten für Steinschläge basieren die Gefahrenhinweiskarten für Lawinen nicht auf Simulationen, sondern auf den Lawinenereignissen der letzten Jahrzehnte. Die dargestellte Gesamtausdehnung der Lawinen in der GHK orientiert sich im Wesentlichen an den Lawinendarstellungen des aktuellen Lawinenkatasters der Lawinenwarnzentrale im Bayerischen Landesamt für Umwelt. Dem Lawinenkataster (Abb. 95) ist neben der Gesamtausdehnung auch noch eine Abstufung der Lawinenlänge in Abhängigkeit zur Ereignishäufigkeit zu entnehmen. Es werden die zu erwartenden Umgriffe 1-jährlicher, 1 - 10 jährlicher und seltener als 10 Jahre unterschieden.

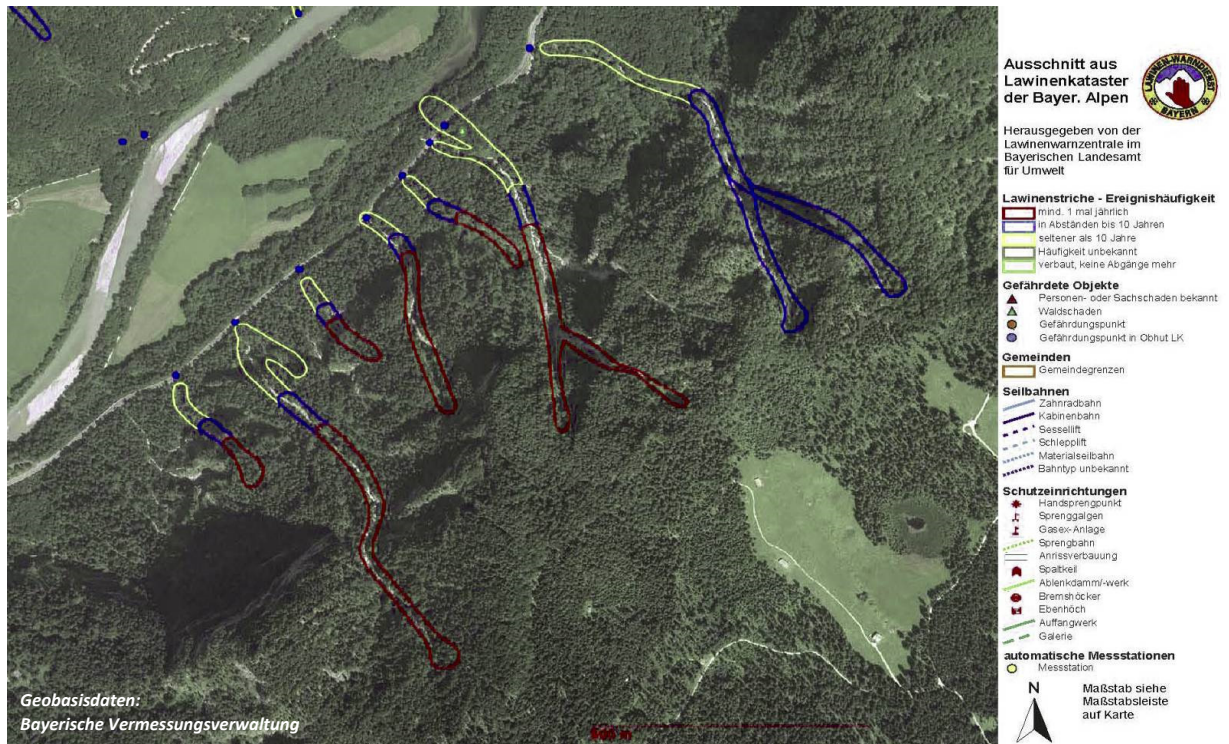


Abb. 95: Auszug aus dem Lawinenkataster der bayerischen Lawinenwarnzentrale (LfU BIS-BY)

Vergleicht man die aus dem Kataster zu gewinnenden Daten mit den zur Verfügung stehenden Daten aus dem Bereich Steinschlag, muss man feststellen, dass große Unterschiede bestehen und eine Gefahrenbeurteilung über eine betroffene Straßenlänge nicht zielführend ist.

Bei der ASTRA Methode wären für Lawinenereignisse mit einer zu erwartenden Eintrittswahrscheinlichkeit von > 10 Jahren Simulationen mit unterschiedlichen Anrissgebieten, Schneehöhen, Schneearten und Schneedeckenaufbauten erforderlich. Lediglich für Ereignisse mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit kleiner als zehn Jahre könnten die auch in Bayern zur Verfügung stehenden Lawinenkataster und die Ereignisdatenbank herangezogen werden. Die Erfahrungen im Untersuchungsgebiet zeigen die grundsätzlichen Schwierigkeiten und den Aufwand solch eines Vorgehens.

Im Bereich der B 21 wurde eine Untersuchung mit Lawinensimulationen (Abb. 97) durchgeführt. Sie war unerlässlich, weil der Streckenabschnitt nicht über eine Anrissverbauung, sondern in den Auslaufbereichen dauerhaft durch Galerien und Wälle gegen Lawinen gesichert werden soll. Für die unterhalb des Luegerhorns und Vogelspitzes existierenden Anrissgebiete (Abb. 96) und ihrer sieben Lawinenstriche mussten ca. 50 Einzel- und Kombinationsszenarien untersucht werden, um anschließend Maßnahmen festlegen und die Bauwerke bemessen zu können.

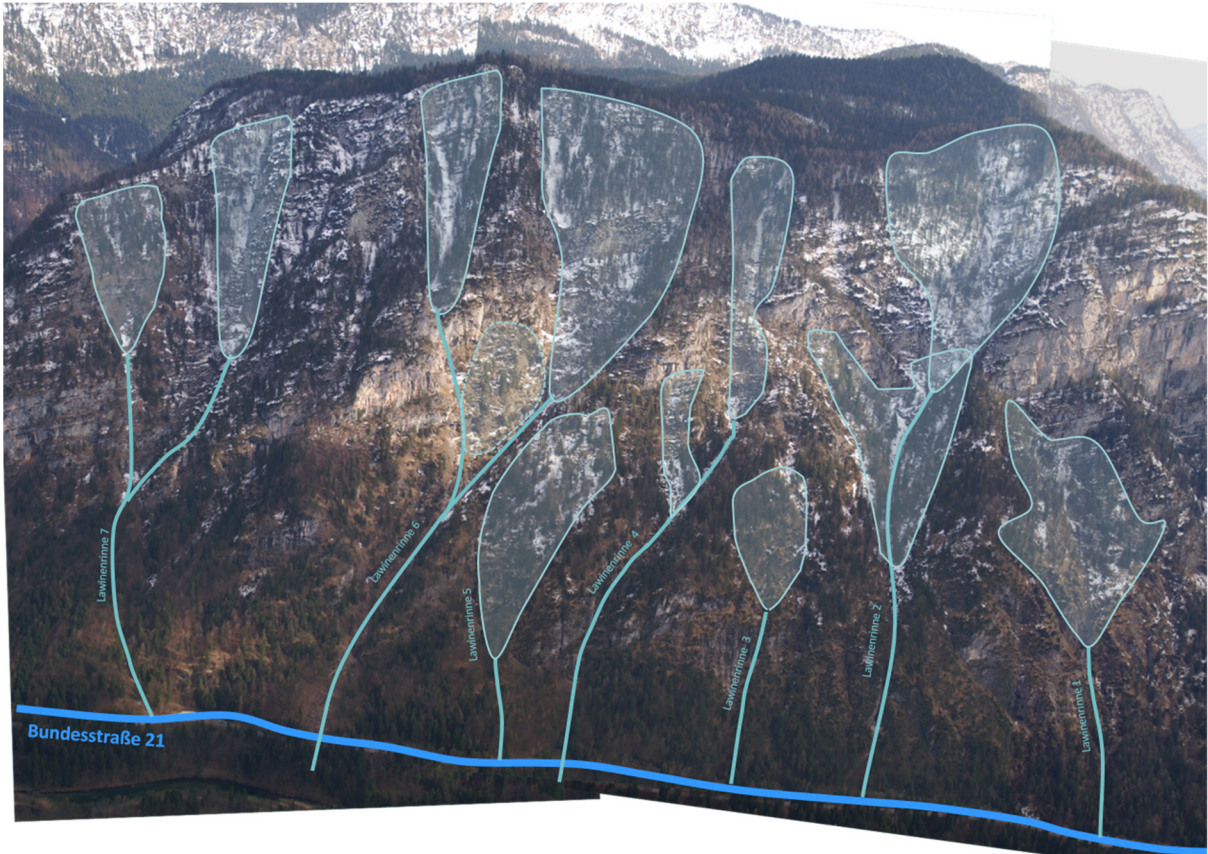


Abb. 96: Ansicht Lawinengraben Bereich Baumgarten - Vogelspitz und Lueger Horn (StBA TS 2013).

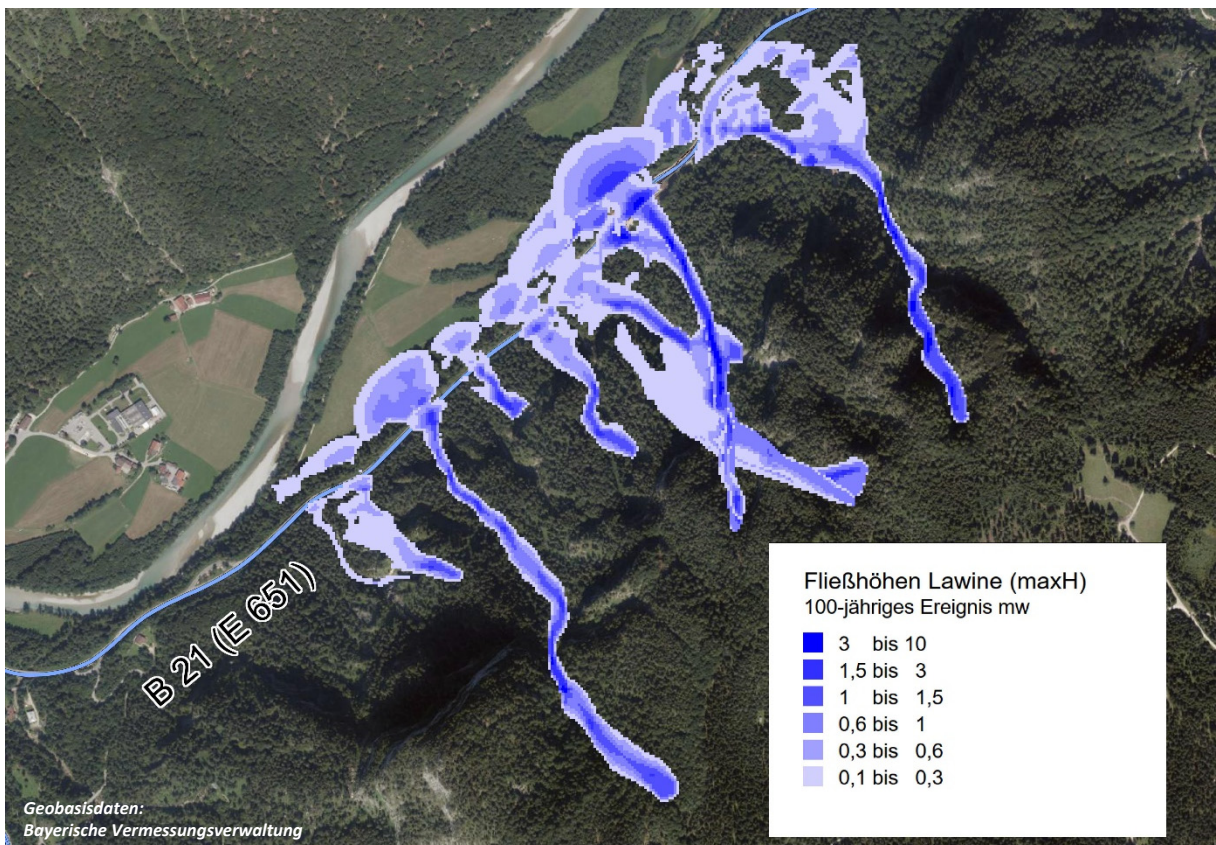


Abb. 97: Darstellung Lawinensimulationen im Bereich Baumgarten - Vogelspitz und Lueger Horn (GEOTEST & Burkard 2009).

Ein weiteres Problem besteht darin, dass eine Gefahrenabschätzung über Simulationen eigentlich nicht das grundsätzliche Vorgehen beim Umgang mit Lawinengefahren repräsentiert.

Ungeachtet aller technischen Schutzmaßnahmen, ist die wirksamste Schutzmaßnahme für die Verkehrsteilnehmer, die rechtzeitige Sperrung einer Straße. Diese Methode wird in allen Alpenländern seit Jahrzehnten genutzt und stellt auch heutzutage noch eine der wichtigsten Schutzmaßnahmen im Untersuchungsgebiet dar, um eine Gefährdung von Menschenleben zu verhindern (siehe Abb.1). Wird die Straße rechtzeitig gesperrt, ist es unerheblich, welches der simulierten Szenarien eintritt, sofern durch die Lawine kein Schaden an der Infrastruktur selbst eintritt (z.B. Schäden an Bauwerken). Im Untersuchungsgebiet tritt dieser Fall eigentlich bei keinem Lawinenstrich auf. Es sind lediglich Schäden im Schutzwald oder bei der Straßenausstattung (z.B. Schutzplanken) zu erwarten. Sie sind finanziell unerheblich und können daher vernachlässigt werden. Der einzige finanzielle Grund Straßen nicht zu sperren, besteht somit „vereinfacht ausgedrückt“ darin, Umfahungskosten zu verhindern. Dieser Zusammenhang spiegelt sich auch wieder, wenn man Auswertungen zu Straßenabschnitten untersucht, die nach der ASTRA-Methode vorgenommen wurden. Dass dies im Hinblick auf die Funktion des Gesamtstraßennetzes nicht so einfach ist, wird in Punkt 8 noch erläutert. Der Zusammenhang ist auch wichtig für die Entscheidung, ob ein Streckenabschnitt gegen Lawinen gesichert werden soll oder nicht. Für die Gefahrenbeurteilung selbst, kann dieser Punkt aber eine andere mögliche Vorgehens- oder Betrachtungsweise aufzeigen.

Vertiefte Untersuchung – Gefahrenbeurteilung

Der Abgang von Lawinen setzt ein bzw. mehrere Extremwettersituationen voraus. Der Grund für eine Lawine kann z.B. eine große Neuschneemenge in kurzer Zeit, aber auch eine ungünstige Abfolge oder Kombination mehrerer Ereignisse, wie eine hohe Schneedecke verbunden mit einem Wärmeeinbruch sein. Die Größe eines Lawinenereignisses bestimmt sich im Wesentlichen immer durch die vorhandene, abgleitende Schneemenge.

Wichtig bei der Gefahrenbewertung von Lawinen sind vor allem ihre Lauflängen, also ob eine abgehende Lawine die Straße erreicht oder nicht und stattdessen im Hang ausläuft. Im Untersuchungsgebiet erreichen vor allem die sehr häufig bis häufig auftretenden Lawinen mit kleineren Schneemengen (nach dem aktuellen Lawinenkataster) die Straßen meist nicht. Unabhängig davon ist bei ihnen der Auslösezeitpunkt sehr schwerer zu erkennen und die Prognosesicherheit sehr gering. Wenn diese Lawinen die Straße erreichen, ist die Detektionszeit bzw. die zur Verfügung stehende Reaktionszeit sehr kurz und lässt kurzfristige Sicherungsmaßnahmen (z.B. Streckensperrungen) nicht mehr zu.

Ob Verhältnisse vorliegen, die dazu führen, dass Lawinen die Straße erreichen, kann bis zu einer bestimmten Schneehöhe bei den meisten Lawinenbahnen durch die Lawinenkommissionen relativ sicher beurteilt werden. Wenn die Schneehöhen zunehmen, sodass es zu seltenen bis sehr selten wiederkehrenden Ereignissen kommen kann, die in der Regel die Straßen erreichen und zu einer großen bis sehr großen Verschüttung führen, ist diese Einschätzung bedeutend schwerer. Größere Neuschneemengen oder starke Windverfrachtungen verringern die Prognosesicherheit zudem. Dabei ist sowohl die Entscheidung der Lawinenkommissionen, ab wann die Straßen vorsorglich zu sperren ist, als auch die Frage, ab wann sie sicher wieder geöffnet werden kann, entscheidend.

Vor allem bei den seltenen bis sehr seltenen Ereignissen, ist eine Beurteilung bzw. ein Monitoring durch die Lawinenkommissionen vor Ort aber grundsätzlich möglich. Diese Prognosesicherheit kann durch verschiedene Maßnahmen (z.B. zusätzliche Schneemessstationen) noch erhöht werden. Dies führt dazu, dass vor allem bei extremen Schnee- und Wetterverhältnissen die Straßen zum richtigen Zeitpunkt gesperrt werden können.

Damit sind für die Gefahrenbeurteilung im Grunde folgende Szenarien / Kategorien zu unterscheiden.

| Gefahren- beurteilung \ Auftretens- häufigkeit | sehr häufig – häufig (kleine Ereignisse) | Zwischenbereich häufig - selten | selten – sehr selten (große Ereignisse) |
|--|--|--|--|
| Kategorie 1 | Lawine erreicht Straße nicht oder technische Schutzmaßnahme vorhanden | Lawine technisch verbaut oder keine Gefahr vorhanden | Lawine technisch verbaut oder keine Gefahr vorhanden |
| Kategorie 2 | Lawine erreicht Straße und keine technische Schutzmaßnahme vorhanden | Lawine technisch verbaut oder keine Gefahr vorhanden | Lawine technisch verbaut oder keine Gefahr vorhanden |
| Kategorie 3 | Lawine erreicht Straße nicht oder technische Schutzmaßnahme vorhanden | Straße technisch nicht geschützt aber Prognosesicherheit für die Sperrung der Straße hoch | Straße technisch nicht geschützt aber Prognosesicherheit für die Sperrung der Straße hoch – sehr hoch |
| Kategorie 4 | Lawine erreicht Straße und keine technische Schutzmaßnahme vorhanden | Straße technisch nicht geschützt und Prognosesicherheit für die Sperrung der Straße mittel - gering | Straße technisch nicht geschützt aber Prognosesicherheit für die Sperrung der Straße hoch |
| Kategorie 5 | Lawine erreicht Straße und keine technische Schutzmaßnahme vorhanden | Straße technisch nicht geschützt und Prognosesicherheit für die Sperrung der Straße gering – sehr gering | Straße technisch nicht geschützt und Prognosesicherheit für die Sperrung der Straße mittel – sehr gering |

Abb. 98: Gefahrenkategorisierung für Lawenstriche an Straßen

Da sich das Schadensausmaß zum überwiegenden Teil aus den Umleitungskosten zusammensetzt, wird auf eine Risikobetrachtung bei diesem Naturgefahrenprozess verzichtet. Sie werden im Gesamtkonzept über einen separaten Kennwert (Punkt 8.1) berücksichtigt.

6.2.4 Muren (Wildbachprozesse)

Im Gegensatz zu den Prozessen Steinschlag oder Lawine gibt es für die vorhandenen Wildbäche und im speziellen für Murprozesse keine Gefahrenhinweiskarten im Untersuchungsgebiet. Die einzigen Informationen zu Wildbächen können seit Anfang 2016 auf Basis des Art. 3 (BayWG 2019) erstellten Wildbachverzeichnisses des Bayerischen Umweltministerium herausgefiltert werden. Die darin verzeichneten Wildbäche können in ihrer Lage dem Umweltatlas Bayern entnommen werden (STMUV 2016). Dargestellt sind die ausgewiesenen Wildbäche inkl. ihrer Einzugsgebiete und deren ausgebaute Wildbachstrecken. Neben diesen Daten gibt es noch eine Ereigniskartierung der Wasserwirtschaftsverwaltung, in der auch Wildbachereignisse verzeichnet sind. Informationen zu Gefahren und Risiken durch Hochwasser (z.B. über den Informationsdienst Überschwemmungsgefährdete Gebiete – IÜG) liegen für Wildbächen so gut wie nicht vor.

Vergleicht man die bisher erfassten Murereignisse der Naturgefahrenforschung im Zuge dieser Arbeit mit der Wildbachkartierung, stellt man fest, dass Murereignisse vielfach auch an Stellen aufgetreten sind, an denen offiziell kein Wildbach vorhanden bzw. keiner ausgewiesen ist. Es handelt sich dann um sogenannte abflussstarke Oberflächenrinne mit Wildbachcharakter und Murpotential. Sie sind höchstens in den topographischen Karten (TK) als Rinnenstrukturen oder über ein Hillshade auf Basis eines digitalen Geländemodells zu erkennen (Abb. 99 – 100).

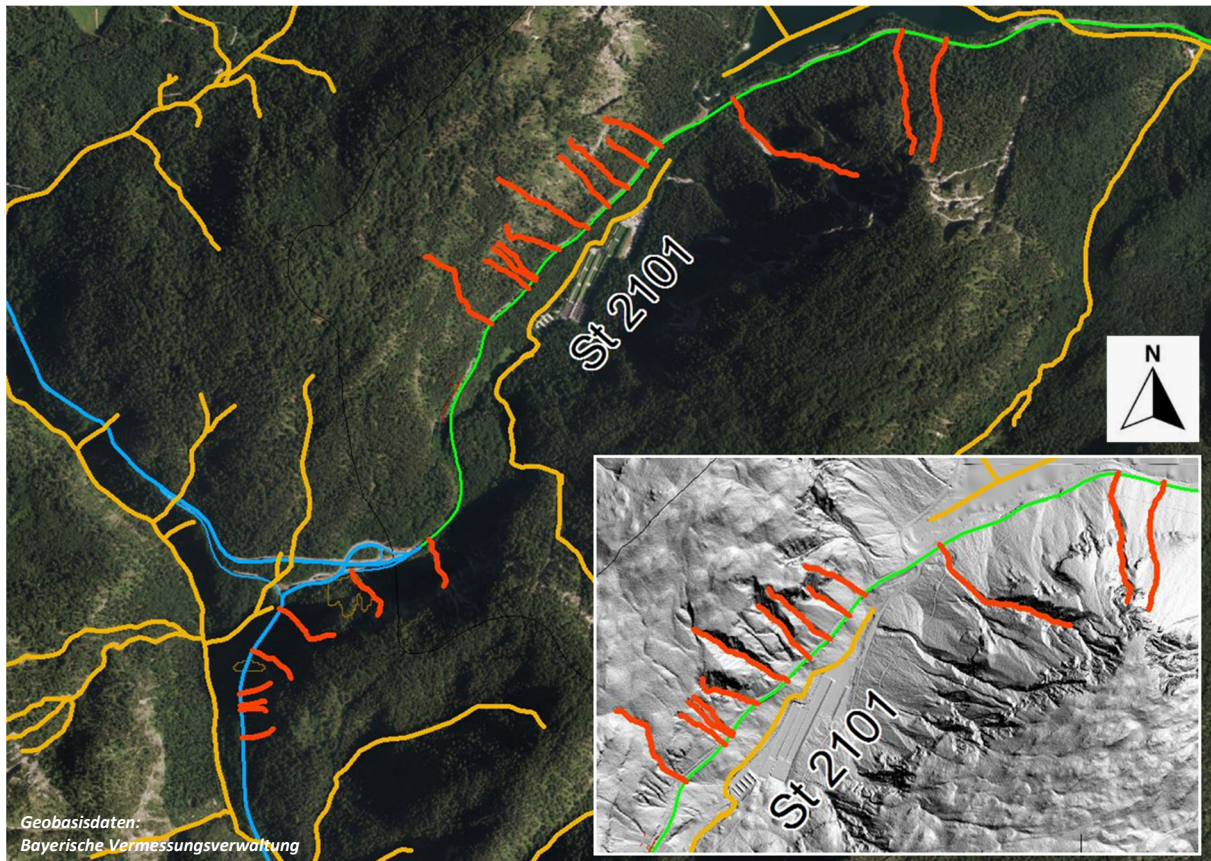


Abb. 99 u. 100: Wildbachdarstellung und Darstellung Oberflächengerinne mit Wildbachcharakter

Für die Wildbäche die Siedlungsbereiche gefährden, wurde von den Wasserwirtschaftsämtern über die letzten Jahre im Rahmen sogenannter Basisstudien geprüft, an welchen Wildbächen das Schutzziel eines 100-jährlichen Ereignisses nicht gewährleistet werden kann. Dabei wurde das mögliche Schadenspotential, als auch die Kosten für erforderliche Schutzmaßnahmen grob abgeschätzt. Als Grundlage für die Einteilung in Prioritätsklassen wurde das Verhältnis der Wirkung, also der Verringerung des Schadenspotenzials, zu den dafür erforderlichen Kosten, also dem Aufwand für die Schutzmaßnahmen, verwendet (Wildbachbericht Bayern – Teil 1; LfU 2015).

Für Wildbäche, die „nur“ eine Gefahr für Verkehrswege darstellen, wurden diese Studien nicht durchgeführt. Die zur Verfügung stehende Datenlage für eine Gefahren- oder Risikoanalyse ist daher sehr gering. Ein weiterer Punkt sind die je nach Wildbach vorliegenden komplexen Prozessverhältnisse und die meist fehlenden Grundlagedaten für Berechnungen bzw. Simulationen.

Für die Analyse der Wildbachprozesse gibt es grundsätzlich zahlreiche Methoden und Berechnungsverfahren. Sie reichen von einfachen Formeln (z.B. Wildbachformel nach Wundt) über Rechenverfahren (z.B. Harkesch) bis hin zu komplexen Simulationsmodellen (RAMMS). Die Schwierigkeit dabei ist, für den jeweils vorliegenden Wildbach das geeigneten Modell zu verwenden. Gerade bei Wildbacheinzugsgebieten bis 5 km² liegen meist sehr komplexe Verhältnisse vor, die sich rechnerisch nur schwer abbilden lassen. Ohne detaillierte, historische Ereignisse, mit denen Simulationen kalibriert und validiert werden können, entsprechen Ergebnisse meist nicht der Realität.

Ein gutes Beispiel für solch einen Fall liefert die Murgangsimulation mit dem Programm RAMMS im bereits bei den Lawinen betrachteten Hang unterhalb des Vogelspitzes und Lueger Horns (Abb. 96). Im Zuge einer Gefahrenermittlung erfolgte für zwei Gräben (6 u. 7) eine Murgangsimulation für 30-jährliche Ereignisse (Abb. 101 – 103). Bei einem Starkregenereignis 2010 (30-jährliches Ereignis) kam

es zu Murenabgängen, die mit den 2009 prognostizierten Murgängen auf Basis von Simulationen, wenig gemein hatten (Abb. 104 - 106). Nach einer Anpassung der Eingangsdaten lieferte die neue Simulation (GEOTEST 2012) nahezu das tatsächliche Ereignis von 2010 (Abb. 104).

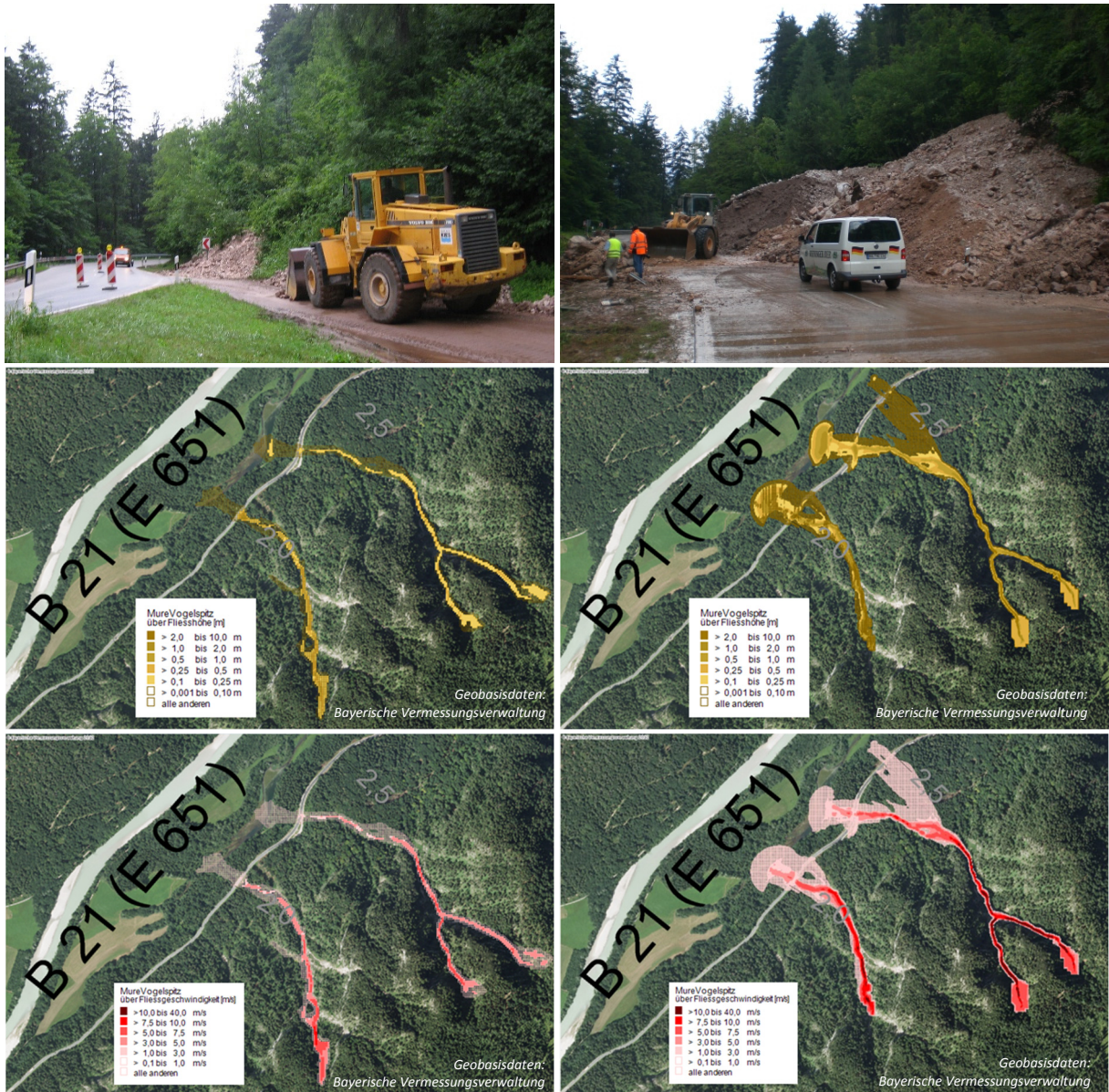


Abb. 101-103 (links): Ereignis 2008 und Simulation 2009

Abb. 104-106 (rechts): Ereignis 2010 und Simulation 2011

Das Beispiel lässt erahnen, wie schwer es ist, mit den derzeit zur Verfügung stehenden Daten eine Gefahrenbeurteilung für Murgerinne vorzunehmen, und wie schnell sich Ansätze durch Ereignisse im Gerinne vollständig ändern können (Dietrich & Krautblatter 2016). Aus diesen Gründen wird für die Gefahrenbeurteilung der Wildbach- und Murrinnen zumindest die Erstellung einer Gefahrenhinweis-karte empfohlen. Bis diese weiteren Daten zur Verfügung stehen, wird eine Gefahren- und Risiko-beurteilung äußerst schwierig und ist mit großen Unsicherheiten verbunden.

Als Übergangslösung könnte dem Grunde nach ein ähnliches Vorgehen wie bei den Lawinenprozessen angedacht werden. Für Ereignisse mit einer Auftretenswahrscheinlichkeit kleiner als zehn Jahre sollte auf die Ereignisdatenbank der Wasserwirtschaft, die Naturgefahren-datenbank des Staatlichen Bauamtes Traunstein sowie die Wildbachkartierung und eine Begehung vor Ort zurückgegriffen werden.

Bei größeren und seltenen Ereignissen besteht das Problem, dass anders als bei der Gefahrenermittlung für Lawineneignisse, derzeit Institutionen, wie die Lawinenkommissionen, fehlen, die eine Prognose bzw. akute Gefahrenbeurteilung auf Basis einer aktuellen Wetterlage vornehmen und die Straßen ggf. temporär sperren könnten. Denn ungeachtet aller technischen Schutzmaßnahmen wäre auch bei Mureneignissen die rechtzeitige Sperrung einer Straße eine wirksame Schutzmaßnahme für die Verkehrsteilnehmer. Wird die Straße rechtzeitig gesperrt, ist es unerheblich, welches Szenario eintritt, sofern durch den Wildbach kein Schaden an der Infrastruktur selbst eintritt. Anders als bei Lawineneignissen tritt dieser Fall bei Wildbächen jedoch häufiger auf. Auch Schäden im Schutzwald oder bei der Straßenausstattung treten regelmäßig ein. Somit können diese Schäden bei den Wildbachgefahren nicht einfach vernachlässigt werden. Der Hauptgrund, Straßen nicht zu sperren, ist bei Wildbächen somit einerseits Umfahungskosten zu reduzieren, andererseits aber auch Schäden an Verkehrsteilnehmer und Straße zu verhindern. Der Zusammenhang Sicherung der Straße oder Inkaufnahme temporärer Sperrung ist daher mit der Beurteilung von Lawinen nicht vergleichbar.

Vertiefte Untersuchung – Gefahrenbeurteilung

Mureneignisse setzen, wie Lawinen, eine Extremwettersituation voraus. Gründe für eine Mure können Extremniederschläge oder eine ungünstige Abfolge mehrerer Starkregenereignisse sein. Die Größe einer Mure bestimmt sich im Wesentlichen durch die vorhandene Wassermenge und die Feststoffmenge, die durch die Wassermassen zu Tal gefördert werden kann (Dietrich 2020). Dabei spielen auch die sehr häufig bis häufig auftretenden Murgerinne mit kleinen Einzugsgebieten, steilem Gerinne und kurzen Lauflängen eine wichtige Rolle. Ein Auslösezeitpunkt ist bei ihnen kaum zu erkennen und die Prognosesicherheit ist gering. Bei Muren, die die Straße überfließen können, fehlt eine erforderliche Detektions- und Reaktionszeit. Dies lässt kurzfristige Sicherungsmaßnahmen (z.B. Sperrungen der Straßen) nicht mehr zu. Anders als bei Lawinen ist eine diesbezügliche Bewertung der Wildbach- und Abflussgerinne deutlich schwieriger, weil es mehr prozessbestimmende Faktoren gibt. Des Weiteren führten bei den Mureneignissen, wie aus der Ereigniskartierung zu entnehmen ist, auch kleinere Ereignisse schon zu größeren Schäden bei Verkehrsteilnehmern oder Straße.

Bisher ist im Untersuchungsgebiet bei den murefähigen Gräben und Bächen nur bei sehr selten wiederkehrenden Ereignissen und großen Rinnen ein Monitoring (z.B. durch eine Überwachung von Starkniederschlagszellen oder einer Gerinneüberwachung) durchgeführt worden. Bei kleineren, häufig bis selten auftretenden Ereignissen ist die Prognosesicherheit deutlich reduziert. Sie kann ggf. durch verschiedene Maßnahmen (in den einzelnen Rinnen) erhöht werden. Die Aufwendungen für verlässliche Monitoringmaßnahmen sind jedoch sehr hoch.

Diese Tatsachen führen dazu, dass nur bei sehr extremen Verhältnissen oder bei einzelnen Gerinnen die Straßen zum richtigen Zeitpunkt gesperrt werden können. Anders als bei den Lawinengefahren ist bei den Muregefahren ein Schutz gegen Ereignisse < 100-jährigen Ereignissen (bzw. < 50-Jahre) derzeit vornehmlich über technische / bauliche Maßnahmen zu lösen. Die Methoden und Möglichkeiten zur Prognose von Stark- bzw. Extremniederschlagsereignissen verbessern sich stetig. Damit wird auch die Möglichkeit, Straßen bereits bei geringerer Auftretenswahrscheinlichkeit vorsorglich sperren zu können, steigen. Dadurch ließe sich das Risiko für die Verkehrsteilnehmer deutlich reduzieren. Bis zu einem universellen Einsatz dieser Monitoringmethoden kann nur auf bauliche Sicherungsmaßnahmen und eine Abschätzung der Auftretenswahrscheinlichkeit von Ereignissen für eine Gefahren- und anschließende Risikobetrachtung zurückgegriffen werden. Ein mögliches Vorgehen, das die im Untersuchungsgebiet vorliegende schlechte Datenlage berücksichtigt, könnte eine Gefahrenkategorisierung des Einzelgerinnes (gemäß Abb. 107) i.V. mit einer Risikomatrix (Abb. 108) sein.

| Gefahren- beurteilung | Auftretens- häufigkeit | sehr häufig – selten (→ kleinere - große Ereignisse) | selten – sehr selten (→ große - sehr große Ereignisse) |
|--------------------------|---|--|---|
| | Kategorie 1 | Mure überfließt Straße nicht oder technische Schutzmaßnahme vorhanden | Muregerinne technisch verbaut oder keine Gefahr vorhanden |
| Kategorie 2 | Mure überfließt Straße nicht oder technische Schutzmaßnahme bis seltene Ereignisse vorhanden | Murgerinne nicht verbaut aber Prognosesicherheit für die Sperrung der Straße mittel – sehr hoch | |
| Kategorie 3 | Mure überfließt Straße und technische Schutzmaßnahme max. für mittlere Ereignisse vorhanden | Murgerinne nicht verbaut aber Prognosesicherheit für die Sperrung der Straße hoch – sehr hoch | |
| Kategorie 4 | Mure überfließt Straße und technische Schutzmaßnahme max. für kleine Ereignisse vorhanden | Murgerinne nicht verbaut und Prognosesicherheit für die Sperrung der Straße mittel - hoch | |
| Kategorie 5 | Mure überfließt Straße und technische Schutzmaßnahme nicht vorhanden | Murgerinne nicht verbaut und Prognosesicherheit für die Sperrung der Straße sehr gering - mittel | |

Abb. 107: Gefahrenkategorisierung für Murgerinne und murfähige Wildbäche an Straßen

Da sich das Schadensausmaß maßgeblich durch den vorhandenen Verkehr bestimmt, wird er für die Risikobeurteilung Murgefahr herangezogen. Die Risikobeurteilung wird somit aus der Gefahrenkategorie und dem durch das Mureignis betroffenen DTV des Streckenabschnitts generiert.

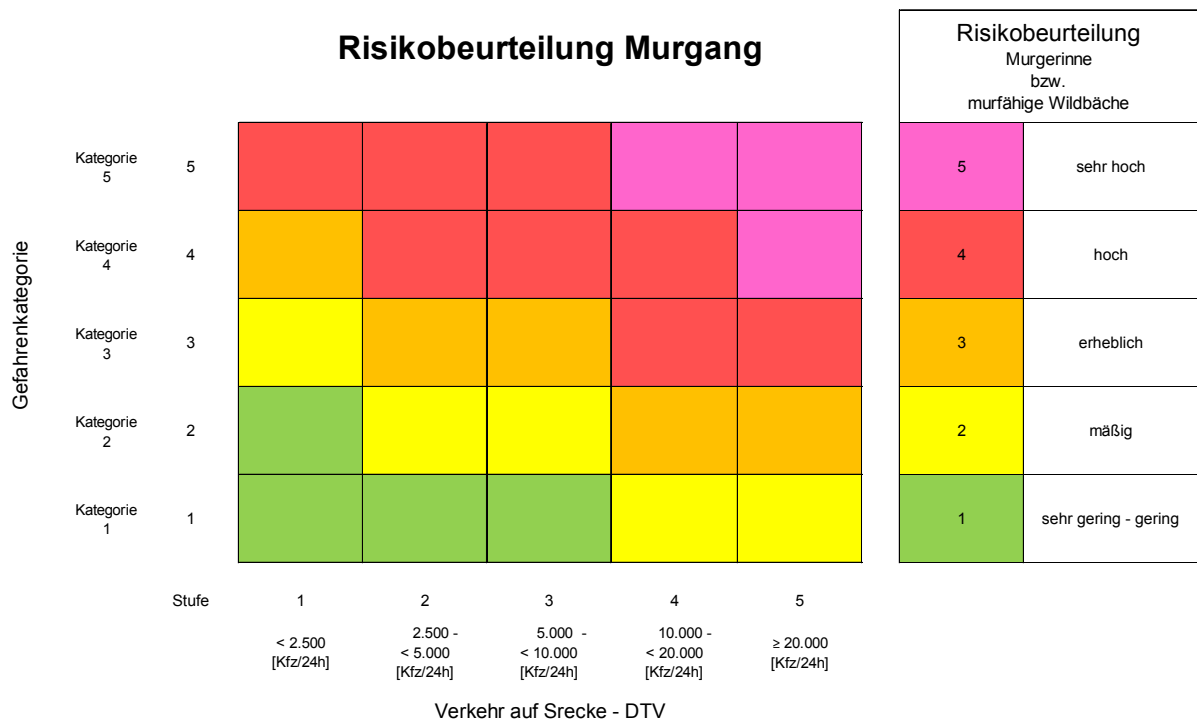


Abb. 108: Risikobeurteilung für Murgerinne und murfähige Wildbäche an Straßen

6.2.5 Tiefgreifende Rutschungen

Rutschungsprozesse können nach der Intensität ihrer Bewegungsgeschwindigkeit in spontane und permanente Rutschungen oder ein sogenanntes Hangkriechen unterteilt werden. Auch eine Klassifikation nach der Form ihrer Gleitfläche in Translations- und Rotationsrutschungen ist möglich. Die Einteilung in eine Klasse und ihre Gefährlichkeit für die Straße hängen von vielen Faktoren ab. Tiefreichende Rutschungen sind bis dato nur in Einzelfällen durch Modelle abbildbar. Aus diesem Grund ist eine allgemeine Gefahrenbeurteilungsmethode für Straßen schwer zu erstellen. Eine Gefahrenaussage kann im Grunde immer nur auf einer Einzelfallbetrachtung beruhen (Krummenacher & Franciosi 2009).

Hinsichtlich der Beurteilung von Gefahren und Schutzmaßnahmen für Straßen, müssten Rutschungen auch hinsichtlich ihrer Tiefe noch differenzierter betrachtet werden. Die Unterscheidung in tiefgründige (bis 30 m) und sehr tiefgründige (> 30 m) Rutschungen wäre eigentlich notwendig, weil bei sehr tiefgründigen Rutschungen die Einsatzmöglichkeiten baulich - technischer Maßnahmen in vielen Fällen bereits aus technischen und wirtschaftlichen Gründen stark eingeschränkt sind (Romang et al. 2008).

Die in den Gefahrenhinweiskarten dargestellten tiefreichenden Rutschungen haben in der Regel einen Tiefgang von mehr als 5 m. Um den Prozess richtig darzustellen, zu beurteilen und ggf. Schutzmaßnahmen entwickeln zu können, sind viele Kennwerte und Daten erforderlich (Thuro et al. 2006).

Die Ausweisung der Gefahrenhinweisflächen für Rutschungen in den GHK beruht auf einer empirischen Herangehensweise. Dementsprechend, wurden die tiefreichenden Rutschungen in den Gefahrenhinweiskarten im Gelände kartiert. Dabei werden zwei Arten von Gefahrenhinweisbereichen unterschieden.

1. Durch rote Gefahrenhinweisflächen werden Bereiche ausgewiesen, bei denen eine tatsächliche Gefährdung durch tiefreichende Rutschungen besteht. Dies ist insbesondere im Bereich anhaltend aktiver tiefreichender Rutschungen der Fall.

Eine erhöhte Gefährdung kann auch durch momentan inaktive tiefreichende Rutschungen gegeben sein. Nach bisherigen Erfahrungen ereignen sich tiefreichende Rutschungen meist in Gebieten, die bereits in der Vergangenheit von entsprechenden Ereignissen betroffen waren und aus einem bestimmten Anlass wieder in eine aktive Phase übergehen können.

Die ausgewiesenen Flächen beinhalten dabei den potenziellen Prozessraum, somit wird berücksichtigt, in welche Richtung sich der Prozess bei anhaltender Aktivität oder Reaktivierung voraussichtlich ausweitet (LfU 2013a u. 2020).

2. Die orangen Flächen weisen auf Areale hin, in denen eine erhöhte Anfälligkeit für die Bildung eines tiefreichenden Rutschprozesses erkennbar ist.

Alte Zerrspalten und Nackentälchen, an denen derzeit keine erheblichen Vertikalbewegungen von Blöcken erkennbar sind, können möglicherweise als Vorbereitung für zukünftige tiefreichende Bewegungen gesehen werden. Mit einer solchen Entwicklung ist insbesondere in Extremfällen zu rechnen, wie zum Beispiel beim Zusammentreffen mehrerer ungünstiger Umstände (Starkregen nach langer Niederschlagsperiode, LfU 2013a, 2020).

Mehr als alle anderen Naturgefahrenprozesse eignen sich Rutschungen durch ihr meist langsames Ablaufgeschehen zur Überwachung und Beobachtung mittels einer Monitoringmethode.

Bei Betrachtung der Ereigniserfassung hatten alle Rutschungen größere Schäden an der Straße oder deren Bestandteilen zur Folge und zogen längerdauernde Straßensperren bzw. Straßenbeeinträchtigungen nach sich. Aufgrund dieser erheblichen Folgeschäden und der großen Auswirkungen auf das Streckennetz müssen Rutschungen bei jeder Naturgefahrenbetrachtung berücksichtigt werden.

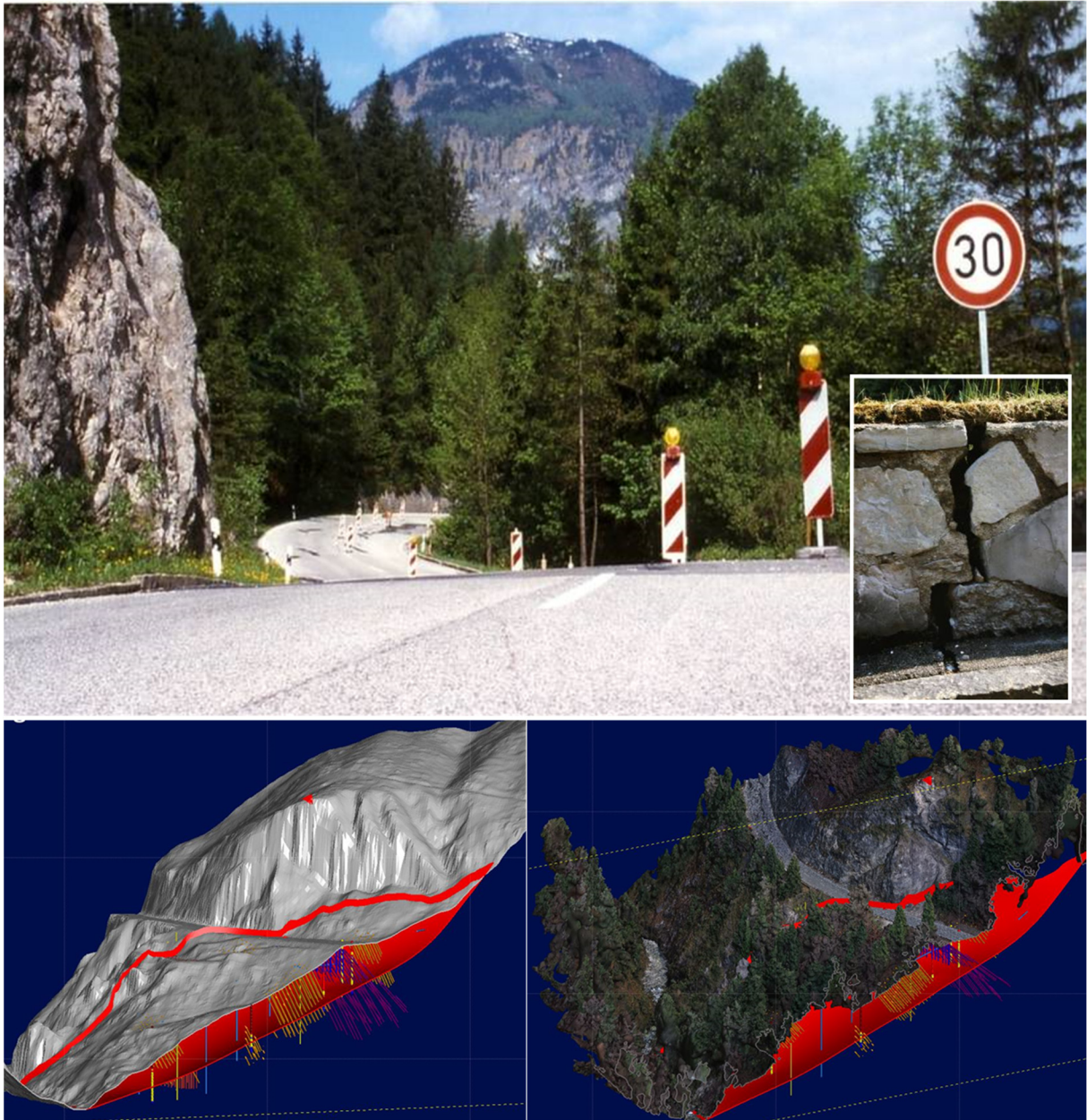


Abb. 109 - 112: Rutschung an der B 305 Kälbergraben (iC consulenten 2018).

Die Tiefe sowie die Form der Gleitfuge sind meist nicht bekannt und können ohne größere Aufschlüsse nur schwer bestimmt werden. Ermittelt werden kann in den meisten Fällen aber der Umgriff der Gleitfläche. Er entspricht im Grunde den Flächen in der Gefahrenhinweiskarte (Prozess Rutschung) oder kann über ein Schattenmodell (Hillshade) auf Basis eines digitalen Geländemodells ermittelt werden (Abb. 109 - 112). Durch diese Flächenabgrenzung können auch Rückschlüsse auf einen evtl. entstehenden Schaden gezogen werden. Was zudem gemessen oder abgeschätzt werden kann, ist die Intensität mit der sich die Rutschmasse Richtung Tal bewegt. Dies kann, wenn der Bereich überwacht wird, mittels der Bewegungsdaten der Rutschung erfolgen (Zangerl et al. 2008). Liegen keine Messungen vor, muss eine Abschätzung anhand einer Ortsbegehung erfolgen. Hinweise können der Bewuchs (z.B. Säbelwuchs bei Bäumen) oder Rutschanzeichen (z.B. Bruchflächen) im Gelände sein. Die Prognosesicherheit bei der Durchführung eines Monitorings ist auch bei der Gefahrenbeurteilung zu berücksichtigen. Im Untersuchungsgebiet werden derzeit acht Rutschbereiche überwacht.

Dabei kommen folgende Monitoringmaßnahmen zum Einsatz:

- Felssiegel aus Mörtel zur Beobachtung von kleinen Bewegungen im Fels
- Rissmonitore zur Beobachtung von Veränderungen z.B. bei Rissen im Fels
- Periodische Vermessungen von Punktverschiebungen mit einem Tachymeter
- Distanzmessungen zwischen zwei fest installierten Punkten mittels Konvergenzmessgerät (= Präzisionsbandextensometer)
- Höhendifferenzenmessung zwischen verschiedenen Messpunkten mittels elektronischer Schlauchwaage oder großer Präzessionsschublehre
- Bestimmung von Längenänderungen mittels Stangenextensometer
- Messung von Grund- oder Schichtwasserständen mit einem Senklot (mit Datenlocker)
- Messung von Neigungsänderungen zur Vertikalen im Bohrloch mittels einer Inklinometersonde
- Terrestrisches Laserscanning und Laserscanbefliegungen
- Terrestrische und mittels Drohnenbefliegung erfolgte Photogrammetrie
- (Im Zuge eines Großprojektes ist zudem eine Satellitengeodäsie vorgesehen.)

Mit den gewonnenen Daten aus den Tachymeter- und GPS-Messungen, der Photogrammetrie oder den Laserscan-Befliegung werden digitalen Geländemodelle (DGM) erstellt, um die Veränderungen leichter bestimmen zu können. Je aufwendiger die Überwachung vorgenommen wird, desto präziser kann die Intensität bestimmt und auf mögliche Veränderungen reagiert werden.

Die Gefahrenkategorisierung kann über eine Matrix (Abb. 113) vorgenommen werden, deren Eingangsparameter die Rutschintensität und die Rutschfläche bilden.

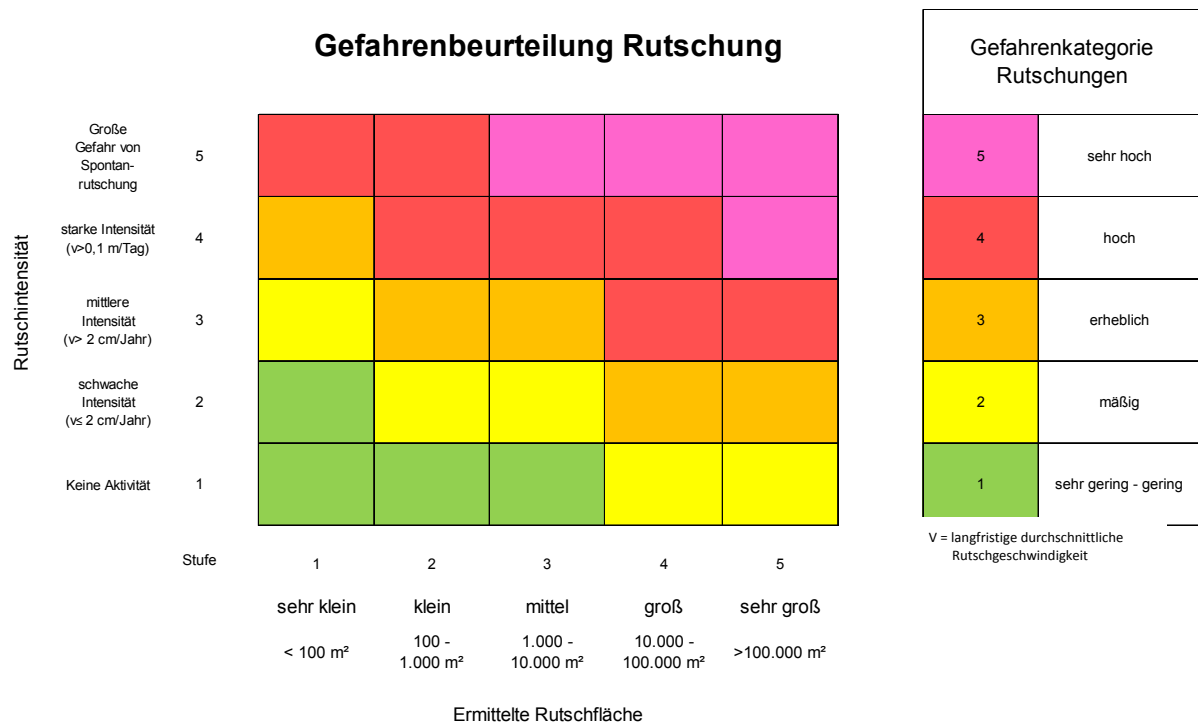


Abb. 113: Gefahrenbeurteilung für tieferreichende Rutschungen an Straßen

Bei der Intensität wird auf die Kriterien zur Beurteilung der Intensität von Rutschprozessen (Lateltin et al. 1997) zurückgegriffen. Sie werden um die Kategorien „keine Aktivität“ und „große Gefahr von Spontanrutschungen“ ergänzt. Der zweite Parameter ist die Fläche der Rutschung, die aus der Gefahrenhinweiskarte oder einer Abgrenzung mit Hilfe eines Schattenmodells ermittelt wurde. Liegen keinerlei Intensitätswerte vor, muss eine Beurteilung vor Ort vorgenommen werden.

Da nahezu alle Rutschungen größere Schäden an der Straße oder deren Bestandteilen zur Folge haben und längerdauernde Straßensperren bzw. Straßenbeeinträchtigungen nach sich ziehen, muss auch eine Risikobeurteilung stattfinden. Die Beurteilung erfolgt anhand der Gefahrenkategorie und wie bei Felsstürzen über das Schadenspotential, das anhand des DTV oder eines Schadens an einem Bauwerk bzw. einer Straße ermittelt wird (Abb. 114).

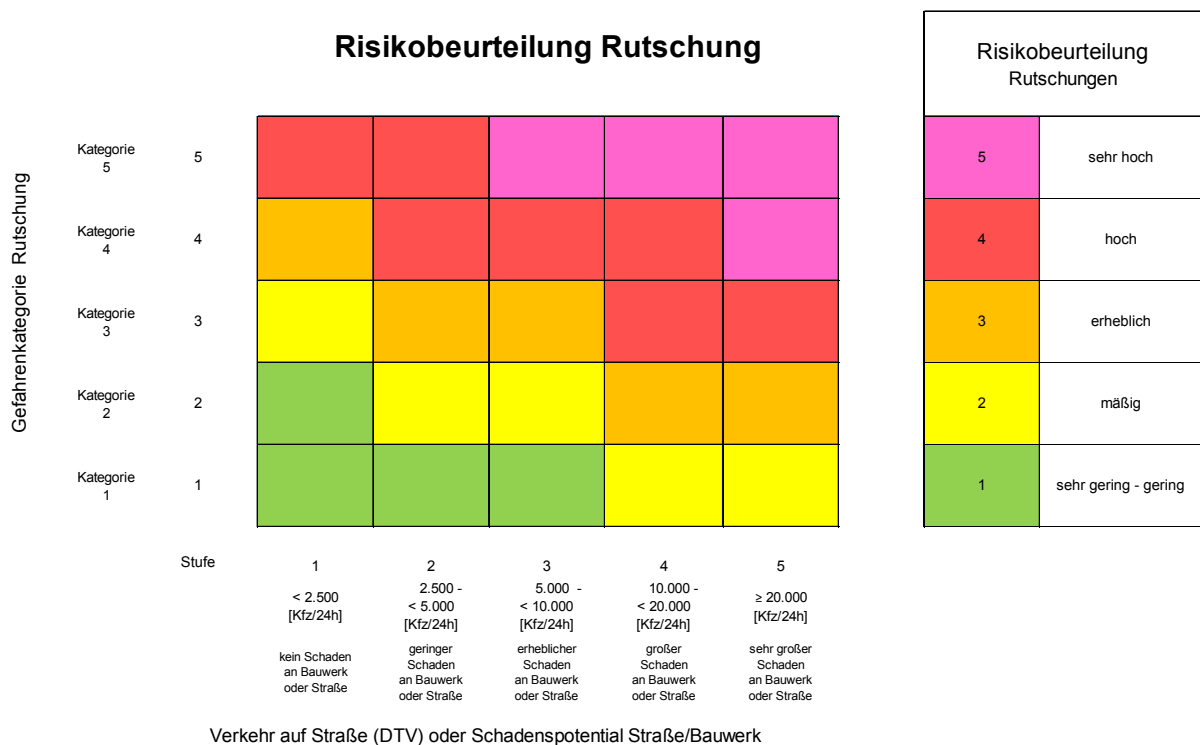


Abb. 114: Risikobeurteilung für Rutschungen an Straßen

6.2.6 Flachgründige Rutschungen / Hanganbrüche

Hanganbrüche bzw. flachgründige Rutschungen sind eine besondere Form der Rutschungen, die vornehmlich in Verbindung mit Starkniederschlagsereignissen auftritt. Sie können an Hängen ab 20° auftreten. Treibende Kräfte können ein erhöhter Porenwasserdruck, eine herabgesetzte Scherfestigkeit (z.B. durch Verwitterung) oder ein erhöhter Wasserdruck (z.B. durch Dauerregen oder Schneeschmelze) sein.

In der Gefahrenhinweiskarte Hanganbruch werden die dargestellten Flächen über eine Modellierung ausgewiesen. Hierbei wurden zuerst die Anrisszonen mit dem Modell SLIDISP (Liener 2000, Tobler et al. 2013) ermittelt und anschließend deren Auslaufbereiche mit dem GIS-Ansatz SLIDEPOT (Tobler et al. 2013) berechnet. Die Auslauf-Modellierung wurde für ein Szenario mit Wald und für ein Szenario ohne Wald durchgeführt. Diese werden in den GHK als unterschiedliche Flächen dargestellt

Vertiefte Untersuchung – Gefahrenbeurteilung

Bei flachgründigen Rutschungen sind zwei Szenarien zu betrachten. Zum einen die häufig auftretenden, kleinflächigen Oberflächenrutschungen die in ihrer Dimension meist gering ($<100\text{m}^2$) sind. Sie laufen meist kurz unterhalb der Ausbruchfläche im Hang wieder aus. Erreichen sie die Straße, ist ihr Schadensumfang und damit die Gefahr für die Straße gering. Sie im Vorfeld zu erkennen und abzugrenzen ist trotz der Darstellung in der Gefahrenhinweiskarte schwer. Eine Überwachung nahezu ausgeschlossen. Zudem wären Detektions- und Reaktionszeit zu kurz, um Maßnahmen zu veranlassen. Auf Grund ihrer begrenzten Größe stellen sie für die Straße meist kein Problem dar und könnten falls erforderlich durch Schutzzäune (Abb.67) oder ingenieurbioologische Maßnahmen gesichert werden. Zum anderen sind die großflächigen Rutschungen zu betrachten, bei denen meist ein großer Teil einer Hangflanke abrutscht und zu einer starken Verschüttung der Straße führt (Abb. 115 u. 116).



Abb. 115: Hanganbruch - Rossfeldstraße

Abb. 116: Ingenieurbioologische Sicherung des Hanganbruchs - Rossfeldstraße

Die Gefahreinschätzung und die Ermittlung der Gefahrenkategorie können im Prinzip ähnlich wie bei den Rutschungen mit einer Matrix erfolgen. Es können dafür drei Parameter herangezogen werden. Erstens, die Mächtigkeit der mobilisierbaren Schicht (M). Sie muss ggf. geschätzt werden. Nach (Lateltin 1997) macht dabei folgende Unterteilung Sinn: $M < 0,5\text{m}$ / $0,5\text{m} < M < 2,0\text{m}$ / $M > 2,0\text{m}$. Bei vorhandenen Vorschädigungen kann die Tiefe dieser geschädigten Flächen als zweiter Punkt herangezogen werden. Die Tiefe der Gleitfuge ist mit einer Beurteilung der Vorschädigung eines Hangbereiches zu kombinieren. Als dritter Parameter wird die Rutschfläche herangezogen. Sie entspricht im Grunde den Flächen in der Gefahrenhinweiskarte. Mittels dieser Parameter wird über eine Matrix (Abb. 117) die Gefahrenkategorie bestimmt.

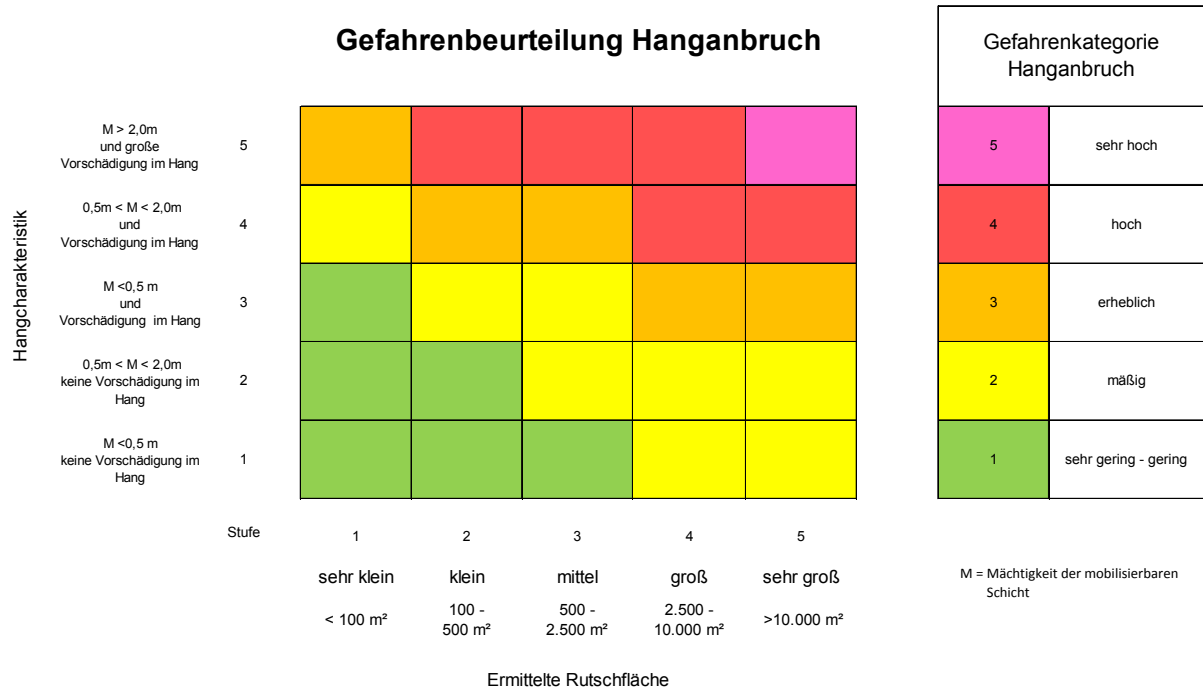


Abb. 117: Gefahrenbeurteilung für flachgründige Rutschungen (Hanganbrüche) an Straßen

Im Hinblick auf die ggf. zu erwartenden Schäden sind die Hanganbrüche wie Rutschungen zu sehen. Aus diesem Grund kann für die Risikoermittlung auf die Risikomatrix der tieferreichenden Rutschungen (Abb. 114) zurückgegriffen werden.

7 Auswertung von Projekten zum Schutz vor Naturgefahren

Um die wesentlichen Parameter herauszufinden, die für eine Umsetzung von Maßnahmen entscheidend sind, wurden im Zuge dieser Arbeit 65 im Untersuchungsgebiet umgesetzte und 27 noch im Planungsstand befindliche Projekte untersucht. Dabei handelt es sich um Maßnahmen, die zwischen 2006-2019 bereits umgesetzt wurden, bzw. um Planungen, deren Umsetzung bis 2025 verwirklicht werden soll. Neben diesen 65 großen Projekten wurden ca. 70 abgeschlossene und 80 in Planung befindliche Maßnahmen im Bereich der Unterhaltung (Kleinmaßnahmen der Instandsetzung und sofortige Schadensbeseitigungen < 25.000,- €) ausgewertet. Bei den in Planung befindlichen Unterhaltungsarbeiten bis 2025 konnten natürlich nur reguläre Maßnahmen, also keine Sofortmaßnahmen, zur Beseitigung von Ereignissen oder akuten Gefahren berücksichtigt werden.

Tab. 20: Aufteilung von Anzahl und Kosten bei Schutzmaßnahmen gegen Naturgefahren im Untersuchungsgebiet 2006-2025

| Untersuchte Maßnahmen 2006 - 2025 | Anzahl der Maßnahmen | Kosten Straßen- baulastträger | Kosten Beteiligte | Kosten Betriebsmittel | Kosten Gesamt |
|--|----------------------------|-------------------------------------|----------------------|--------------------------|------------------|
| | [Anzahl] | [in T€] | [in T€] | [in T€] | [in T€] |
| abgeschlossene Projekte (Baumaßnahmen 2006-2019) | 65 | 53.718 | 14.011 | | 67.729 |
| noch ausstehende Projekte (2006-2025) | 27 | 81.650 | | | 81.650 |
| Unterhaltungsarbeiten oder Sofortmaßnahmen (< 25.000,-€) (2006-2019) | 70 | | | 3.081 | 3.081 |
| Unterhaltungsarbeiten oder Sofortmaßnahmen (< 25.000,-€) (2020-2025) | 80 | | | 3.320 | 3.320 |
| Gesamtkosten: | 242 | 135.368 | 14.011 | 6.401 | 155.780 |

Bei den Projekten im Untersuchungsgebiet beläuft sich die Gesamtsumme der Baukosten auf ca. 149,38 Mio. €. Aus der Tab. 20 ist zu entnehmen, dass für die derzeit 27 noch nicht umgesetzten Projekte mit voraussichtlichen Baukosten von ca. 81,65 Mio. € zu rechnen ist. Dies bedeutet jedoch nicht, dass es sich bei diesen 27 noch ausstehenden Maßnahmen grundsätzlich um Maßnahmen größer als 2 Mio. € handelt. Die noch ausstehende, hohe Summe liegt grobteils an vier geplanten Galerie bzw. Tunnelprojekten, die hier mit einer Gesamtsumme von ca. 61 Mio. € mit einfließen. Da die Projekte nicht nur durch Naturgefahren bedingt sind, wurden sie nicht zu 100%, sondern nur anteilig den erforderlichen Schutzmaßnahmen gegen Naturgefahren zugeschlagen. Die Planungskosten sind in beiden Summen nicht enthalten.

Neben Projekten zum Schutz vor Naturgefahren wurden in diesem Zuge auch 150 Maßnahmen aus dem Bereich betrieblicher Unterhaltungsarbeiten untersucht. Für diese Maßnahmen fielen in den Jahren 2006 – 2025 Kosten von ca. 3,1 Mio. € an. In diesen Kosten sind die Ausgaben berücksichtigt, die über Baufirmen aufgewendet wurden, um kleinere Schäden zu beseitigen, Bauwerke instand zu setzen oder kleinere Schutzmaßnahmen zu erstellen. Personal- oder Gerätekosten aus den Straßenmeistereien für diese Arbeiten sind nicht berücksichtigt.

Bei einer genaueren Untersuchung aller Projekte ist festzustellen, dass sie sich in aller Regel aus mehreren verschiedenen Einzelschutzmaßnahmen zusammensetzen bzw. in einer Maßnahme meist mehrere unterschiedliche Sicherungsbauwerksarten zum Einsatz kommen. Für die Auswertung, ob und ggf. wie sich die einzelnen Schutzmaßnahmenarten in den Projekten auswirken und auf welche Kriterien sie Einfluss haben, wurde zwischen 29 Maßnahmenarten unterschieden. Neben den 20 Sicherungsbauwerksarten aus Kapitel 5 kommen noch folgende Maßnahmen hinzu: Felsberäumungen, Felssprengarbeiten, Stützmauern und Steinversätze, Erdbaumaßnahmen, Drainagen und Entwässerungen, ingenieurbioologische Sicherungsbauweisen und die Schutzgalerien bzw. Tunnellösungen. Die letztgenannten Lösungen zählen dabei zu den teuersten Maßnahmen und kommen meist nur zum Einsatz, wenn ein Straßenabschnitt an einer Stelle vor verschiedenen Prozessarten geschützt werden muss.

Die Häufigkeit der eingesetzten Schutzmaßnahmen kann Abb. 118 entnommen werden.

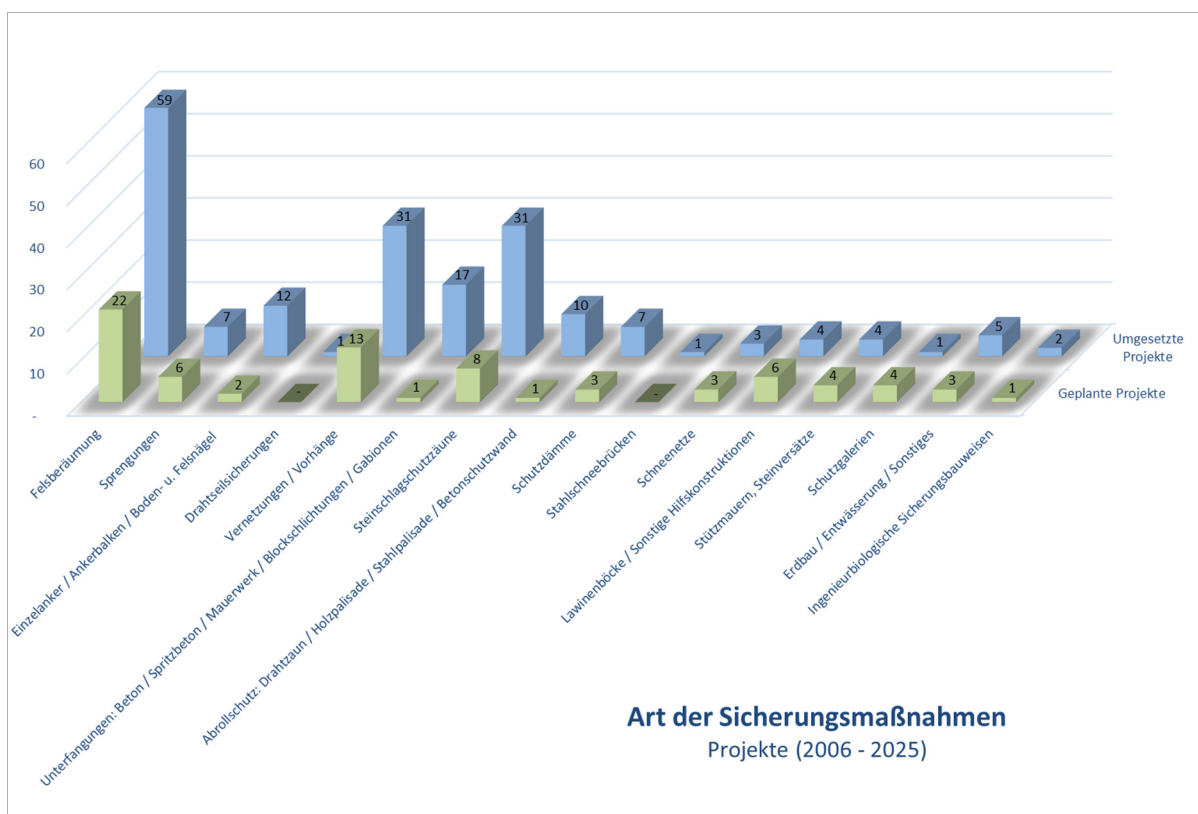


Abb. 118: Darstellung der ausgeführten Sicherungsarten bei ausgeführten und geplanten Schutzmaßnahmen.

7.1 Maßnahmenart und Streckensperrungen

Neben einer grundsätzlichen Kostenabschätzung ermöglicht die Art der gewählten Sicherungsmaßnahme, auch eine erste Einschätzung über die voraussichtliche Sperrsituation während einer Maßnahme. Bei Schutzgalerien, Stützmauern oder Steinversätzen ist meist mit länger dauernden Vollsperrungen der Straße zu rechnen. Nur in Ausnahmefällen können diese Beeinträchtigungen durch Baustellenumfahrungen reduziert werden. Meist sind lange Umleitungen mit einer Belastung für das Gesamtstraßennetz die Folge. Bei Felssprengarbeiten oder Felsberäumungen kommt es in der Regel zu halbseitigen Sperrungen mit Blockabfertigungen. Eine Verkehrsregelung mit zusätzlichen Sicherheitsposten während der Hauptarbeiten ist in den meisten Fällen unumgänglich. Straßennahe Sicherungsbauwerke (Vernetzungen, Steinschlagschutzbauwerke, Abrollschutzkonstruktionen, Unterfangungen, Anker, Schutzdämme) können meist mit einer halbseitigen, ampelgesteuerten Verkehrsführung errichtet

werden. Lediglich bei den Sicherungsbauwerken gegen Lawinen (Stahlschneebrücken, Schneenetze, Holzböcke, etc.), bei Sicherungsmaßnahmen im Wildbachbereich und bei ingenieurbioologischen Sicherungsbauweisen lassen sich Eingriffe in den Straßenverkehr oft vollständig vermeiden.

Im Zuge einer Betrachtung des gesamten Streckennetzes in einer Region, stellen Vollsperrungen von Straßen, aber auch halbseitige Sperrungen, einen zentralen Planungsschwerpunkt und Entscheidungsparameter für oder gegen eine Maßnahme dar. Sie können entscheidend sein, wann eine Maßnahme tatsächlich verwirklicht werden kann, da sie nicht nur im zu schützenden Streckenabschnitt zu Problemen führen kann. Auch für die Parallel- oder Umleitungsstrecken stellen sie ggf. eine hohe Belastung und große Herausforderung bei der Planung von Maßnahmen dar. So können auf Umfahrungsstrecken in Sperrzeiten im Normalfall keine Bau- oder Unterhaltungsmaßnahmen stattfinden. Des Weiteren führen meist bereits kleine Probleme (Unfälle, Schwertransporte) auf diesen Strecken durch den zusätzlichen Verkehr zu langen Stausituationen. Bei der Planung und der Erstellung von Schutzmaßnahmen ist somit die Untersuchung und Berücksichtigung der Baustellenabwicklung von zentraler Bedeutung für die Funktion eines gesamten Streckennetzes und muss früh in die Planung mit einbezogen werden.

Im Bereich der Unterhaltungsarbeiten waren und sind die Maßnahmenarten grundsätzlich anders gegliedert als bei den Projekten (Tab. 21). Sie setzen sich vor allem aus Felsberäumungen, dem Freischneiden von Bauwerken, der Reparatur von Sicherungsbauwerken und der Beseitigung von Folgen aus Naturgefahrenereignissen zusammen. Diese Maßnahmen werden auch 2020-2025 erforderlich werden, sind jedoch im Vorfeld nicht planbar. Gelegentlich werden im Zuge von Unterhaltungsarbeiten auch einfache Sicherungsbauwerke wie Anker, Unterfangungen oder Wälle errichtet.

Tab. 21: Kosten für ausgeführte und geplante Unterhaltungsarbeiten im Untersuchungsgebiet 2006-2025.

| 2006 - 2019 | 2020 - 2025 | Maßnahmenart |
|-------------|-------------|--|
| 50% | 38% | Felsberäumungen |
| 14% | 19% | Freischneiden von Bauwerken |
| 4% | 0% | Sofortmaßnahmen (Spritzbetonsicherung, Schutzwälle, Anker) |
| 23% | 41% | Reparatur bzw. Wiederherstellung von Sicherungsbauwerken |
| 9% | 3% | Sprengungen |

Bei der Umsetzung dieser „Kleinmaßnahmen“ spielen die Sperrsituationen und die Straßeneinschränkungen eine fast noch zentralere Rolle als bei den Projekten. Vor allem bei den Unterhaltungsarbeiten und Sofortsicherungen im Zuge von Felssprengarbeiten oder Felsberäumungen kommt es meist zu halbseitigen Sperrungen mit Blockabfertigungen. Für Sofortmaßnahmen oder die Reparatur von Sicherungsbauwerken lassen sich halbseitige Sperrungen in der Regel ebenfalls nicht vermeiden. Lediglich für das Freischneiden von Bauwerken muss nicht halbseitig in den Straßenverkehr eingegriffen werden. Da diese Maßnahmen in den meisten Fällen kurzfristig erforderlich werden und selten in Medien oder auf sonstigen Wegen angekündigt werden können, führen sie oft zu einer großen Beeinträchtigung im anliegenden Streckennetz.

Mit der Installation der Baustellenmeldeplattform (ARBIS), auf der baustellenbedingte Sperrungen gemeldet werden, hat das Bayerische Bauministerium diesem Umstand bereits teilweise Rechnung

getragen. In der Praxis zeigt sich jedoch immer wieder, dass die Meldungen auf diesem Weg die Verkehrsteilnehmer nur teilweise erreichen. Des Weiteren haben Erfahrungen vor Ort gezeigt, dass die inzwischen flächendeckend vorhandenen Navigationsgeräte noch immer keine lokalen Verkehrsbeschilderungen bei Sperrungen ersetzen können. Betrachtet man die Gesamtsperrezeit für die Maßnahmen im Untersuchungszeitraum, erkennt man, welche Bedeutung die Maßnahmen auf das Streckennetz im Untersuchungsgebiet hatten und auch in den nächsten Jahren haben werden.

Tab. 22: Sperrzeiten für ausgeführte und geplante Schutzmaßnahmen gegen Naturgefahren im Untersuchungsgebiet

| Art der Sperrung | 2006 - 2019 | | | 2020 - 2025 | | |
|---|-------------------------|-----------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| | Projekte [in Wochen] | Unterhaltung [in Wochen] | Gesamt [in Wochen] | Projekte [in Wochen] | Unterhaltung [in Wochen] | Gesamt [in Wochen] |
| Vollsperrung mit großräumiger Umleitung | 8 | 13 | 21 | 178 | 10 | 187 |
| Vollsperrung mit Baustellenumfahrung | 19 | 0 | 19 | 54 | 0 | 54 |
| Halbseitige Sperrung mit Blockabfertigung | 96 | 187 | 283 | 79 | 72 | 151 |
| Halbseitige Sperrung mit Lichtsignalanlagenregelung | 485 | 22 | 507 | 384 | 33 | 417 |
| Ohne verkehrliche Auswirkung | 1187 | 9 | 1196 | 307 | 48 | 355 |

Bei einer Betrachtung der Sperrzeiten (Tab. 22) fällt auf, dass es sich bei den noch nicht umgesetzten Projekten auch um die Maßnahmen handelt, die lange Vollsperrungen zur Folge haben. Das liegt zum einen daran, dass es sich um große Planungen handelt, die einer längeren Planungsphase bedürfen. Es zeigt sich bei einer vertieften Untersuchung aber auch, dass die meisten dieser Projekte erst umgesetzt werden können, wenn Baumaßnahmen auf den benötigten Umfahrungsstrecken abgeschlossen worden sind, bzw. dass eine Realisierung voneinander abhängt. Zum anderen kann die Vollsperrung auf einer Strecke erst erfolgen, wenn die Umfahrungsstrecke so umgebaut wurde, dass sie den zusätzlichen Verkehr sicher aufnehmen kann und die Sperranfälligkeit wegen Naturgefahrenereignissen deutlich reduziert wurde.

Im Bereich der mittelgroßen Projekte (bis ca. 1 Mio. €) fiel auf, dass in den letzten Jahren viele Strecken gesichert wurden, bei denen es im Zuge der Unterhaltungsarbeiten regelmäßig zu Vollsperrungen kam oder bei denen es wegen der starken Verkehrsmengen bei halbseitigen Sperrungen mit Blockabfertigung immer wieder zu einem großen Rückstau kam.

Zusammenfassend geht aus den Auswertungen der Maßnahmen zweifelsfrei hervor, dass der Faktor Streckensperrung eine wichtige Rolle bei Planung und Umsetzung im Hinblick auf Schutzmaßnahmenart und Umsetzungszeitpunkt spielt.

In der Gesamtnetz betrachtung der Funktionstüchtigkeit des Straßennetzes im Untersuchungsgebiet, bestätigen die Auswertungen zudem, dass die Naturgefahren nicht nur durch die Sperrzeiten aufgrund von Ereignissen, sondern vor allem auch durch die Verwirklichung von Schutzmaßnahmen einen wichtigen Planungsparameter darstellen.

7.2 Weitere wichtige Faktoren für die Ausführung von Projekten

Neben der finanziellen Betrachtung der Maßnahmen, der eingesetzten Bauwerksarten und der benötigten Sperrzeiten, stellt die Auswertung ausgeführter und geplanter Projekte im Untersuchungsgebiet zudem eine Möglichkeit dar, um herauszufinden, welche Faktoren auf die Ausführung einer Maßnahme Einfluss haben. Dabei ist zu unterscheiden, ob es Faktoren gibt, die über eine grundsätzliche Verwirklichung von Projekten entscheiden können, und Faktoren, die vor allem die Art der Maßnahme, den Verwirklichungszeitraum oder „nur“ die Kosten beeinflussen.

7.2.1 Naturschutzrechtliche Belange

Der Naturschutz hat in den letzten Jahrzehnten enorm an Bedeutung gewonnen. Die Grundlagen dafür finden sich im Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG 2020) sowie im Bayerischen Naturschutzgesetz (BayNatSchG 2020).

Zentrales Element des Naturschutzes im Untersuchungsgebiet sind verschiedene nationale und internationale Schutzgebiete. Jedes Schutzgebiet wird dabei einer Schutzgebietskategorie (Tab. 23) zugewiesen, mit eigenen, klar definierten Zielen und unterschiedlichen Schutzvorschriften. Die Zuständigkeiten reichen dabei, je nach Schutzgebietstyp, von der EU-Kommission über die bayerische Staatsregierung bis zu den unteren Naturschutzbehörden an den Landratsämtern bzw. kreisfreien Städten.

Tab. 23: Bedeutsame nationale und internationale Schutzgebietskategorien.

| Internationale Schutzkategorien | Nationale Schutzkategorien |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • NATURA 2000 Gebiete (FFH-/SPA-Gebiete) • Biosphärenreservate • Feuchtgebiete mit internationaler Bedeutung | <ul style="list-style-type: none"> • Nationalparke, nationale Naturmonumente • Naturschutzgebiete • Naturparke • Landschaftsschutzgebiete • Naturdenkmäler • Geschützte Landschaftsbestandteile • Gesetzlich geschützte Biotope |

Alle baulichen Maßnahmen müssen im Zuge ihrer Planung und Umsetzung einer naturschutzrechtlichen Prüfung unterzogen werden. Dabei spielen die Naturschutzgebiete, falls sie durch die Maßnahme betroffen sind, eine zentrale Rolle.

Für die Genehmigung von Maßnahmen ergeben sich Prüfpflichten, die vor allem eine Behandlung des Schutzgutes Pflanzen/Tiere (somit auch des Artenschutzes) verlangen.

- Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) - UVPG
- Eingriffsregelung – §§ 14/15 BNatSchG
- Besonderer Artenschutz - §§ 44/45 BNatSchG
- FFH-Verträglichkeitsprüfung bei Betroffenheit von NATURA 2000-Gebieten – § 34BNatSchG

Ob eine Umweltverträglichkeitsprüfung erforderlich ist, ergibt sich aus der allgemeinen Vorprüfung des Einzelfalls nach § 3c UVPG 2017 (UVP-Vorprüfung). Dabei wird überschlägig geprüft, ob ein Projekt zu erheblichen, nachteiligen Umweltauswirkungen führen kann. Besteht diese Möglichkeit ist eine UVP

durchzuführen. In den Prüfungsunterlagen werden darin für „naturschutzfachlich bedeutsame Arten“ (i. d. R. gefährdete Arten) des Schutzgutes Pflanzen und Tiere Aussagen zu deren Betroffenheit gemacht.

Durch die Eingriffsregelung wird vor allem ermittelt, ob ein Projekt erhebliche Beeinträchtigungen der Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushaltes oder des Landschaftsbildes (Eingriffe) hervorrufen kann. Ebenso wie bei der Umweltverträglichkeitsprüfung werden nur naturschutzfachlich bedeutsame Pflanzen- und Tierarten des jeweiligen Projektgebietes definiert.

Des Weiteren sind für eine Zulassung und Ausführung von Projekten, diese auf etwaige Auswirkungen europarechtlich geschützter und national gleichgestellter Arten hin zu prüfen. In Bayern wird die Prüfung, ob einem Vorhaben artenschutzrechtliche Verbote nach § 44 BNatSchG entgegenstehen, als spezielle artenschutzrechtliche Prüfung (saP) bezeichnet.

Ist durch ein Projekt ein NATURA 2000-Gebiet, also ein FFH-Gebiet oder ein europäisches Vogelschutzgebiet (SPA-Gebiet) betroffen ist eine FFH-Verträglichkeitsprüfung erforderlich.

Bayerische Kompensationsverordnung

Mit Inkrafttreten des BayNatSchG am 1. März 2011 wurden die Ermächtigungsgrundlagen für eine bayerische Kompensationsverordnung (LfU 2014) geschaffen. Die Verordnung regelt Inhalt, Art und Umfang von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen einschließlich Maßnahmen zur Entsiegelung, zur Wiedervernetzung von Lebensräumen und zur Bewirtschaftung und Pflege sowie zur Festlegung diesbezüglicher Standards, die Höhe der Ersatzzahlungen und das Verfahren zu ihrer Erhebung. Zudem trifft die Verordnung Aussagen zu dem in §17 BNatSchG geregelten Verfahren für Entscheidungen und Maßnahmen in der Eingriffsregelung und zum Kompensationsflächenverzeichnis. Damit wird von der Ermächtigungsgrundlage des § 17 Abs.11 Satz 1 BNatSchG Gebrauch gemacht. (Begründung zur Bayerischen Kompensationsverordnung; (STMUV 2013))

Durch diese Verordnung wurde ein bayernweit einheitliches Regelwerk zur Durchführung von Eingriffsregelungen erlassen. Zudem wurden für einzelne Eingriffsvorhaben (z. B. Straßenbau) Vollzugshinweise für die Praxis erstellt, die jedoch nicht auf die Vielzahl der unterschiedlichen Eingriffsarten uneingeschränkt übertragen werden können. Sie handeln zudem nur Teile der Eingriffsregelungen ab. Trotzdem wurde durch die Einführung der Kompensationsverordnung ein standardisiertes Vorgehen für die Abarbeitung aller Eingriffsarten geschaffen und der Vollzug in Bayern vereinheitlicht, wodurch sie bei einer Beurteilung von Maßnahmen im Hinblick auf naturschutzrechtliche Belange heranzuziehen ist. Sie ist auch Grundlage bei der Auswertung der durchgeführten und geplanten Projekte.

Tab. 24: Art und Anzahl bedeutsamer nationaler und internationaler Schutzgebietskategorien bei den Projekten.

| Art des betroffenen Naturschutzgebietes | 2006 - 2019 | 2020 - 2025 |
|---|----------------------|----------------------|
| | Projekte [Anzahl] | Projekte [Anzahl] |
| Nationalpark | 2 | 0 |
| FFH-Gebiete (inkl. Ausnahmetatbestand) | 0 | 6 |
| FFH-Gebiete / SPA-Vogelschutzgebiete | 12 | 6 |
| Naturschutzgebiete, Biotope, Landschaftsschutzgebiete | 40 | 24 |
| Projekte ohne Beeinträchtigung von Schutzgebieten | 11 | 2 |

Wie aus der Tabelle (Tab. 24) zu entnehmen ist, handelt es sich bei einem Großteil der in den letzten 14 Jahren verwirklichten Projekte (51 Stück) um Schutzmaßnahmen die zwar Biotope und Landschaftsschutzgebiete betrafen, aber außerhalb von NATURA 2000 Gebieten lagen.

Bei den Maßnahmen im Nationalpark Berchtesgaden wurde im Zuge von Ereignissen zum einen ein vorhandenes Bauwerk zerstört, das unter erheblichen Auflagen saniert werden musste und zum anderen musste eine Vernetzung einer durch Windwurf oberhalb der Hauptzufahrtsstraße freigelegte Felsformation erfolgen. Hier wurde die Zustimmung nur erteilt, weil es auf der Hauptzufahrtsstraße in den Park bereits zu einer sehr starken Verkehrsfährdung für die Nationalparkbesucher gekommen war.

Problemfall: FFH-/SPA-Gebiete

Grundvoraussetzung für einen Eingriff in ein FFH-Gebiet ist die die FFH-Verträglichkeitsprüfung. Wenn ein Projekt zu erheblichen Beeinträchtigungen führen würde, ist es unzulässig. Durch Schadensbegrenzungsmaßnahmen können die Auswirkungen eines Projekts ggf. unter die Erheblichkeitsschwelle gedrückt werden. Besteht diese Möglichkeit nicht, kann vom Verbot nur abgewichen werden, wenn die in § 34 Abs. 3 (BNatSchG 2020) formulierten Voraussetzungen erfüllt sind. Dazu zählt auch die Prüfung, ob das Projekt nicht an anderer Stelle (oder durch eine andere Maßnahme) verwirklicht werden kann - Prüfung einer zumutbaren Alternative. Soll trotz erheblicher Beeinträchtigungen durch ein Projekt eine Ausnahme vom Verbot zugelassen werden, ist das nur unter strengen Voraussetzungen möglich (zum Beispiel zwingende Gründe des überwiegenden öffentlichen Interesses). Zu beachten sind in diesem Zusammenhang neben Absatz 3 auch die Absätze 4 und 5 des § 34 (BNatSchG 2020). In diesen Fällen sind Maßnahmen zur Sicherung des Zusammenhangs des Netzes NATURA 2000 obligatorisch umzusetzen, z.B. durch einen Kohärenzausgleich (LfU 2020b). Kohärenzausgleich bedeutet, dass an das FFH-Gebiet angrenzende Flächen oder zumindest innerhalb derselben Naturraumeinheit (Abb. 119) liegende Flächen zur Verfügung stehen, die zu einem gleichwertigen FFH-Gebiet ausgewiesen werden können.

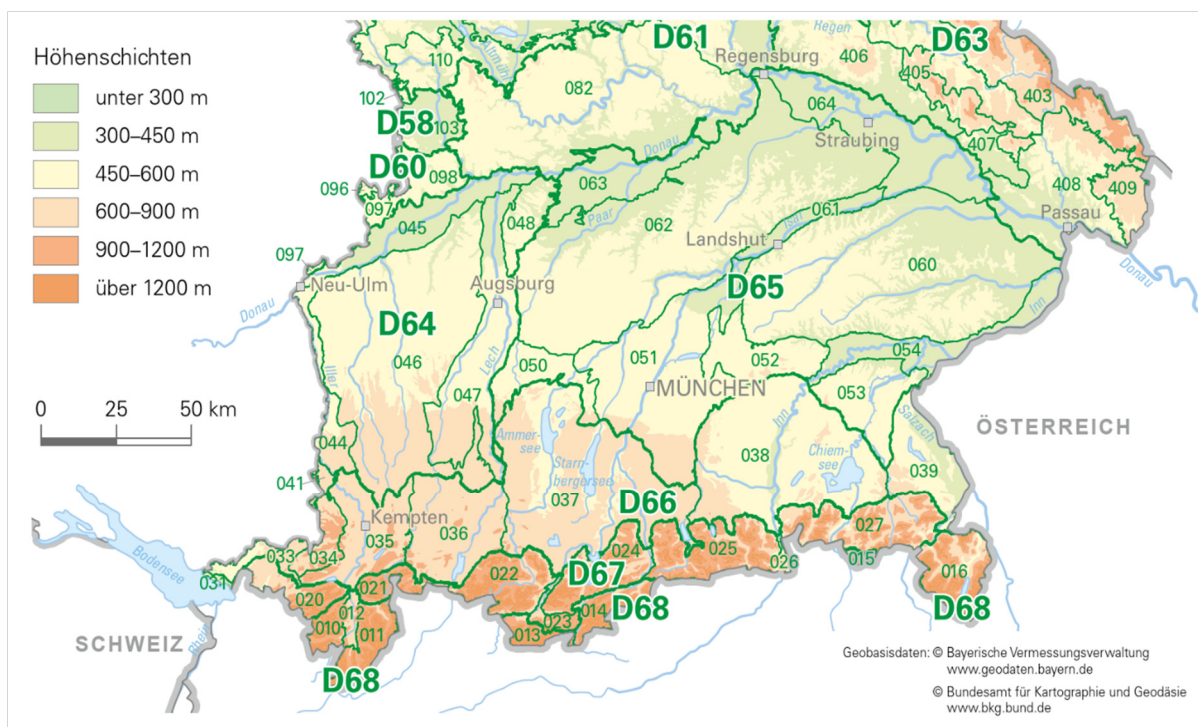


Abb. 119: Karte der Naturraum-Haupteinheiten und Naturraum-Einheiten in Bayern (LfU-NATURRAUM).

Das Untersuchungsgebiet teilt sich in folgende zwei Naturraum-Haupteinheiten:

- D67 Schwäbisch-Oberbayerische Voralpen mit der Naturraumeinheit 027 Chiemgauer Alpen
- D68 Nördliche Kalkalpen mit den Naturraumeinheiten 015 Loferer/Leoganger Alpen
016 Berchtesgadener Alpen

Daraus folgt, dass Flächen für den Ausgleich innerhalb einer dieser Naturraumeinheiten gefunden werden müssten. Anschließend bedarf diese Vorgehensweise einer Genehmigung über ein Verfahren bei der Europäischen Kommission, was voraussichtlich zu sehr langen Umsetzungszeiträumen führen wird.

Nicht zuletzt aus diesem Grund konnten im Untersuchungsgebiet bisher in NATURA 2000 Gebieten keine Projekte verwirklicht werden. Haben Maßnahmen einen erheblichen Eingriff in ein FFH-Gebiet zur Folge, oder greifen sie in Lebensraumtypen ein und lösen somit einen Ausnahmetatbestand aus, wurden sie zurückgestellt. Dies ist bei sechs der noch nicht umgesetzten Projekte der Fall.

Einen weiteren großen Problempunkt stellt die Summationswirkung in NATURA 2000 Gebieten dar. Summationswirkung bedeutet, dass alle Eingriffe in ein Natura 2000 Gebiet nicht für sich allein betrachtet werden dürfen, sondern aufzusummieren sind. Findet an einer Stelle innerhalb eines FFH-Gebietes (z.B. seitens der Wasserwirtschaftsverwaltung) ein Eingriff statt und erfolgt an einer anderen Stelle ein weiterer Eingriff (z.B. durch einen Straßenbaulastträger), sind beide Eingriffe zusammen zu betrachten, auch wenn sie räumlich und zeitlich in keinem Zusammenhang stehen. Insofern wird die Erheblichkeitsschwelle schnell erreicht.

Diese Problematik wird sich in den nächsten Jahren massiv verstärken und ist unter anderem ein sehr spezielles Problem, das nicht zuletzt aus der in Bayern vorgenommenen Erstausweisung dieser Gebiete herrührt. Während bei der Ausweisung der FFH-Gebiete in Österreich beispielsweise im Alpenraum vornehmlich FFH-Gebiete weit entfernt von Infrastrukturprojekten vorgenommen wurden und zudem große Korridore für Schutzmaßnahmen, Wasserkraftanlagen oder Bergbahnen ausgenommen wurden, geschah dies im bayerischen Alpenraum nicht. Hier reichen die FFH-Gebiete meist bis an den Straßenrand oder grenzen direkt an Siedlungsgebiete an. Ingenieurbauwerke, Schutzbauwerke oder Kraftwerksanlagen wurden nicht ausgespart und stehen inzwischen direkt in den FFH-Gebieten. Jeder Eingriff, jede Sanierung eines der Bauwerke, jeder Neubau oder Ersatz eines Schutzbauwerkes stellt somit bereits einen Eingriff dar, der bewertet, ggf. aufsummiert, genehmigt und ausgeglichen werden muss. Da die einzelnen FFH-Gebiete im Alpenraum sehr groß sind (ca. 40 % der bayerischen Alpen wurden als Natura 2000 Gebiete ausgewiesen; Kartierung und Bewertung von FFH-Wald-Lebensraumtypen im Hochgebirge (Koch et al. 2013), grenzen sie meist an mehrere Straßen und liegen auf den Gebieten mehrerer Gemeinden. Entsprechend groß ist die Zahl derer, die immer wieder in dieses Gebiet eingreifen möchten oder müssen. Dieses Problem tritt auch bei vier geplanten Projekten im Untersuchungsgebiet auf. Eine Lösung hierfür ist bisher noch nicht in Sicht.

Eine weitere Verschärfung der FFH-Problematik könnte sich aus den FFH-Managementplänen ergeben die derzeit für jedes FFH-Gebiet erstellt werden. FFH-Managementpläne werden für Gebiete von gemeinschaftlicher Bedeutung (FFH-Gebiete und Europäische Vogelschutzgebiete) aufgestellt. Aufgabe der Managementpläne ist es, die notwendigen örtlichen Maßnahmen für die europäisch relevanten Schutzgüter aufzuzeigen, damit deren günstiger Erhaltungszustand erhalten oder wiederhergestellt werden kann. Diese Schutzgüter sind bestimmte Lebensraumtypen, Tier- und Pflanzenarten sowie deren Habitate, sofern diese in der Bayerischen Verordnung über die Natura 2000-Gebiete als Erhaltungsziele für die jeweiligen FFH- und Vogelschutzgebiete festgelegt sind. (Managementpläne für Gebiete von gemeinschaftlicher Bedeutung (LfU 2020c).

Konnten örtliche Verbesserungsmaßnahmen in FFH-Gebieten bisher noch als Ausgleichsmaßnahmen anerkannt werden, sind solche Maßnahmen nach Einführung eines FFH-Managementplanes obligatorisch. Das bedeutet, dass diese Maßnahmen von Behörden grundsätzlich erbracht werden müssen und deren Umsetzung somit keine „freiwillige“ Leistung im Sinne einer Ausgleichsmaßnahme mehr darstellt. Ob somit in Zukunft Eingriffe in FFH-Gebiete nur noch über einen Kohärenzausgleich erfolgen können, muss abgewartet werden.

Problemfall: Spezielle artenschutzrechtliche Prüfung (saP)

Neben den Problemen im Bereich der NATURA 2000 Gebiet treten auch bei den Naturschutzgebieten und Biotopen zunehmend Probleme mit der Genehmigung von Projekten auf. Dies hängt zum größten Teil mit der speziellen artenschutzrechtlichen Prüfung (saP) zusammen. Bei der Zulassung und Ausführung von Vorhaben sind die Auswirkungen auf europarechtlich geschützte und auf national gleichgestellte Arten zu prüfen (zu prüfendes Artenspektrum gemäß § 7 Abs. 2 Nr. 13 und 14 BNatSchG 2020). In Bayern wird diese Prüfung als spezielle artenschutzrechtliche Prüfung (saP) bezeichnet. Die Regelungen zum besonderen Artenschutz gehen über die Regelungen zum allgemeinen Artenschutz hinaus (Arbeitshilfe Spezielle artenschutzrechtliche Prüfung (LfU 2020b)).

Als erster Schritt des Verfahrens wird eine Relevanzprüfung durchgeführt, bei der überprüft wird, welche in Bayern grundsätzlich vorkommenden saP-relevanten Arten vom konkreten Vorhaben betroffen sein können. Für alle Arten, die in dieser Vorprüfung nicht ausgeschieden werden können, ist im Anschluss eine Bestandserfassung am Eingriffsort durchzuführen. Hierbei wird eine Prüfliste mit verbliebenen Arten erstellt, die durch das Vorhaben potentiell betroffen sind. Anhand dieser Liste erfolgt dann eine Prüfung folgender Tatbestände:

- Privilegierung zugelassener Eingriffe und Vorhaben (§ 44 Abs. 5 BNatSchG 2020)
- Das Verbot, Fortpflanzungs- oder Ruhestätten zu beschädigen oder zu zerstören (§ 44 Abs. 1 Nr. 3 BNatSchG 2020).
- Das Tötungs- und Verletzungsverbot (§ 44 Abs. 1 Nr. 1 BNatSchG 2020)
- Das Störungsverbot (§ 44 Abs. 1 Nr. 2, Abs. 5 Satz 1, Satz 5 BNatSchG 2020)

Dabei ist für jede Art zu prüfen, ob einer der Tatbestände erfüllt ist und ob dies gegebenenfalls durch Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen (z. B. Änderung der Projektgestaltung, anerkannte Schutzmaßnahmen, Bauzeitenbeschränkung) abgewendet werden kann.

Wird durch das Vorhaben ein Verbotstatbestand erfüllt, ist zu prüfen ob eine Ausnahmevoraussetzungen vorliegt:

- 1.) Liegt ein Ausnahmegrund gemäß § 45 Abs. 7 Satz 1 Nr. 1 bis 5 BNatSchG vor?
- 2.) Gibt es eine zumutbare Alternative § 45 Abs. 7 Satz 2 1. Alt. BNatSchG?
- 3.) Kommt es zu keiner Verschlechterung des Erhaltungszustandes der Populationen einschließlich ggf. weitergehender Anforderungen (Art. 16 Abs. 1 u. 3 FFH-RL; Art. 9 Abs. 2 VS-RL; § 45 Abs. 7 Satz 2, 2. Halbsatz BNatSchG)

Nur wenn alle Fragen mit „ja“ beantwortet werden können, darf eine Ausnahme nach pflichtgemäßem Ermessen erteilt werden. Ob Ausnahmegründe vorliegen und welche Alternativen ggf. für den Baulastträger als zumutbar einzustufen sind, entscheidet die verfahrensführende Behörde. Wird eine

Ausnahme erteilt, sind meist vorgezogene Ausgleichsmaßnahmen (CEF) oder artenschutzrechtliche Ausgleichsmaßnahmen (FCS) durchzuführen.

Vor allem in den Naturschutzgebieten und Biotopen der Alpen- und Voralpenbereiche finden sich viele der saP-relevanten Arten auch außerhalb der Natura 2000-Gebiete. Derzeit verzögern sich dadurch elf der 24 noch nicht umgesetzten Projekte im Untersuchungsgebiet.

Fazit Naturschutz

Die rechtlichen und planerischen Aufwendungen um Schutzmaßnahmen vor Naturgefahren in den Alpen und Voralpen umsetzen und erhalten zu können, sind im Hinblick auf den Naturschutz stark gestiegen. Ob eine Maßnahme verwirklicht werden kann, welche Maßnahme anzuwenden ist und wann sie durchgeführt werden darf, hängt zu einem großen Teil an den naturschutzrechtlichen Vorgaben, Genehmigungen und Auflagen. Eine rein wirtschaftliche Herangehensweise, wie einer monetären Bewertung und Entscheidung (siehe Schweizer Modell), ist nach aktuellem deutschen und europäischen Recht nicht vorstellbar. Vielmehr müssen die naturschutzrechtlichen Belange und Gegebenheiten bereits bei einer allgemeinen Betrachtung des Streckennetzes zukünftig mit herangezogen werden. Nur wenn in Grundsatzentscheidungen zum Streckennetz von Anfang an die umliegenden Naturschutzgebiete miteinbezogen werden, lassen sich Strategien zum Umgang mit Naturgefahren entwickeln, die im Folgenden auch umgesetzt werden können.

7.2.2 Forstrechtliche Belange

Neben einer naturschutzrechtlichen Bedeutung, hat der Wald besondere Bedeutung für den Schutz von Klima, Wasser, Luft und Boden, Tieren und Pflanzen, für die Landschaft und den Naturhaushalt. Er ist wesentlicher Teil der natürlichen Lebensgrundlage und hat landeskulturelle, wirtschaftliche, soziale sowie gesundheitliche Aufgaben zu erfüllen. Der Wald ist deshalb nachhaltig zu bewirtschaften, um diese Leistungen für das Wohl der Allgemeinheit dauerhaft erbringen zu können (Art. 1 Abs. 1 BayWaldG 2020).

Jede Handlung, durch welche die Produktionskraft des Waldbodens vernichtet oder wesentlich geschwächt oder durch welche der Waldboden beseitigt wird (Waldzerstörung), ist verboten (Art. 9 Abs. 1 BayWaldG2020).

Diese Artikel bestimmen maßgeblich die Eingriffssituation bei der Erstellung neuer und der Erhaltung, bzw. Sanierung bestehender Schutzmaßnahmen. Grundlage für die Entscheidung ob Maßnahmen umgesetzt werden dürfen, ist das Bayerisches Waldgesetz (BayWaldG 2020). Es regelt, wann es sich bei dem Eingriff um einen Holzeinschlag, einen Kahlschlag oder um eine Rodung handelt. Zudem gibt es Aufschluss, wann und ggf. unter welchen Voraussetzungen diese Maßnahmen zulässig sind und welche Ausgleichsmaßnahmen (z.B. Wieder-aufforstung) vom Vorhabensträger erbracht werden müssen.

Neben dem Schutz der natürlichen Ressourcen, der naturschutzrechtlichen Funktion und der wirtschaftlichen Bedeutung ist der Wald darüber hinaus auch ein natürlicher Verbündeter beim Schutz der Straßen vor gravitativen Naturgefahren wie Steinschlag, Felssturz, Rutschungen und Lawinen. Bei der Verwirklichung von Schutzprojekten ist somit der behutsame Umgang und die Erhaltung der Schutzfunktion des Waldes auch für den Straßenbaulastträger von größter Wichtigkeit.

Tab. 25: Art und Anzahl bedeutsamer nationaler und internationaler Schutzgebietskategorien bei den Projekten.

| Art der betroffenen Waldfläche | 2006 - 2019 | 2020 - 2025 |
|--|----------------------|----------------------|
| | Projekte [Anzahl] | Projekte [Anzahl] |
| Naturwaldreservate / seltene Wälder / sehr alte naturnahe Waldbestände | 0 | 0 |
| Bannwald / Auenwald / ältere naturnahe Waldbestände | 9 | 2 |
| Schutzwald / Bergmischwald / naturnahe Waldbestände | 49 | 26 |
| Erholungswald / Plenterwald / jüngere Waldbestände (< 100 J.) | 2 | 0 |
| Wirtschaftswald / Altersklassenwald / Nutzwald | 0 | 0 |

Für die Auswertung, wie sich forstrechtliche Belange auf die Verwirklichung der Projekte im Untersuchungsgebiet auswirken, wurde die Waldfläche in fünf Waldtypen (Tab. 25) unterteilt. Die Unterteilung folgt im Grunde der Differenzierung im bayerischen Waldgesetz. Über 90 % der Projekte kollidieren dabei in irgendeiner Weise mit den geschützten Schutzwäldern bzw. noch hochwertigeren Waldbeständen. Nicht automatisch ergänzen sich dabei technischer und natürlicher Schutz reibungslos. Zum einen erleichtert die Erstellung von Steinschlagschutzzäunen zwar den Waldumbau, da ab diesem Zeitpunkt relativ gefahrlos Holzarbeiten und Wiederaufforstungsarbeiten in den steilen Hängen oberhalb der Straßen stattfinden können. Zum anderen erschweren die Zaunanlage aber auch die Holzeinbringung von Borkenkäferbefall oder windwurfgeschädigten Waldflächen. Gleitschneezäune schützen den Jungwuchs vor dem Schneekriechen, führen jedoch zu einem Unterhaltungsmehraufwand bei der späteren Pflege des Waldes in diesen Flächen.

Auch viele rechtliche Fragen sind noch nicht endgültig geklärt. So ist weiterhin umstritten, ob ein Freischneiden der Zauntrasse für Steinschlagschutzzäune oder Lawinenverbauungen einem Rodungstatbestand entspricht oder ob es sich hierbei nur um einen Holzeinschlag handelt. Das Ergebnis ist wichtig, denn es hat unterschiedliche Genehmigungsverfahren zur Folge. Aus diesen Gründen kommt es auch durch die forstrechtliche Betrachtung immer wieder zu Verzögerungen bei den Genehmigungsverfahren.

Klimawandel und Waldumbau

Betrachtet man die Unterteilung der Tab. 25, so muss grundsätzlich noch auf eine besondere Situation bezüglich des Waldes im Untersuchungsgebiet eingegangen werden. Sowohl der südliche Landkreis Traunstein, als auch der Landkreis Berchtesgadener Land wurden über die letzten Jahrhunderte stark vom Salzabbau und den großen Salinen in Traunstein und Bad Reichenhall geprägt. Die Bergwälder um Berchtesgaden, Schneizlreuth, Inzell und Ruhpolding dienten dabei Jahrhunderte lang als Rohstofflieferanten für die Sudpfannen in den Salinenstädten. Viele Triftstationen an den Gebirgsflüssen und Bächen erinnern noch heute an diese Funktion. Durch die intensive Bewirtschaftung der Wälder in dieser Zeit sind sie noch immer, trotz intensiver, aufwändig betriebener Waldumbaumaßnahmen, stark von einer einheitlichen Waldstruktur (z.B. Fichtenwaldbeständen) geprägt. Heute sind die „Betriebswälder der Salinen“ zum großen Teil Schutzwälder. Ihre Bedeutung hat sich massiv verschoben, weg von einem Nutzwald, hin zu einem dringend benötigten Schutzwald. Der große Teil der Waldflächen

besteht jedoch noch nicht aus den für Schutzwälder so dringend benötigten, hochwertigen Bergmischwaldbeständen.

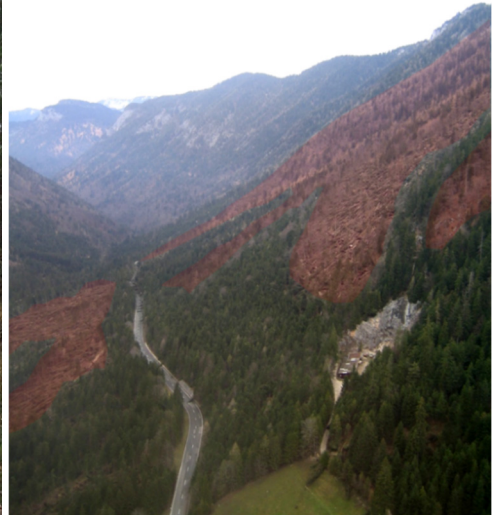


Abb. 120: Situation auf der B 305 Bereich am Wachterl nach Kyrill 2006

Abb. 121: Schutzwaldschäden Bereich Weißwand

In Zeiten des Klimawandels und der massiven Zunahme von Extremereignissen muss die Situation der Schutzwälder in die Planungen zum Umgang mit Naturgefahren an Straßen im Grundsatz mit einbezogen werden. Eine Million geschädigter Bäume im Katastrophewinter 2018/19 im Forstbetriebsbereich Berchtesgaden. 80 Hektar umgelegter Schutzwald im Bereich Wachterl an der B305 durch den Sturm Kyrill (Abb. 120 u. 121) innerhalb weniger Stunden. Dies sind nur zwei anschauliche Beispiele, wie schnell sich eine Gefahrensituation aufgrund eines Wetterereignisses im Wald oberhalb der Straßen ändern kann und wie dringlich es ist, die Schutzwaldsituation bei der Planung von Schutzmaßnahmen aber auch bei den strategischen Überlegungen, miteinzubeziehen.

7.2.3 Wasserrechtliche Belange

Für viele der geplanten und ausgeführten Schutzprojekte waren wasserrechtliche Erlaubnisse erforderlich, um sie umzusetzen. Diese reichen von der Genehmigung zum Einleiten von Straßenwasser in eine Vorflut, über die Anlagengenehmigung an Gewässern, bis hin zu einem wasserrechtlichen Plangenehmigungsverfahren zum Umbau bzw. Ausbau eines Wildbachs (Abb. 122 u. 123).



Abb. 122: B 21; Murenabgang Lueger Hausgraben (2010)

Abb. 123: Projekt Rückhaltebecken Lueger Hausgraben 2020

Diese Genehmigungsverfahren führten bei einigen Projekten zwar zu leichten Verzögerungen oder zu größeren Umplanungen. Zu einer Verhinderung eines Projektes kam es dabei nicht.

Zweifelsfrei müssen die wasserrechtlichen Belange in die Planung von Einzelprojekten mit einbezogen werden, für strategische Gesamtüberlegungen im Streckennetz sind sie nach der Untersuchung und Auswertung der Projekte jedoch vernachlässigbar.

7.2.4 Genehmigungsrechtliche Belange und Rechtsverfahren

Als letzter Faktor wurde anhand der Projektauswertung noch die genehmigungsrechtliche Situation der Maßnahmen selbst betrachtet. Zum einen wurde untersucht welche Rechtsverfahren wie oft zum Einsatz gekommen sind bzw. angestrebt werden und wie sich das jeweilige Verfahren auf die Umsetzung der Projekte auswirkt. Zum anderen wurden die unterschiedlichen Betroffenheiten (Anzahl und Art der am Verfahren zu beteiligenden Stellen) näher untersucht.

Art des Genehmigungsverfahrens

Bundesfernstraßen dürfen nur gebaut oder geändert werden, wenn der Plan vorher festgestellt ist. Eine Änderung liegt vor, wenn eine Bundesfernstraße um einen oder mehrere durchgehende Fahrstreifen für den Kraftfahrzeugverkehr baulich erweitert oder in sonstiger Weise erheblich baulich umgestaltet wird (§ 17 Abs. 1 Nr. 1 und 2 FStrG 2020). Das gleiche gilt sinngemäß für Staatsstraßen und Kreisstraßen von besonderer Bedeutung (Art 36 Abs. 1 und 2 BayStrWG 2019). Neben dem Planfeststellungsverfahren, das eigentlich nur bei wesentlichen Änderungen oder Neubauten von Straßen anzuwenden ist, gibt es vor allem für Bundesfernstraßen noch drei weitere Möglichkeiten um Projekte zu „genehmigen“ (Tab. 26). Ein etwas abgeschwächtes Verfahren wäre eine Plangenehmigung, bei der vor allem die Öffentlichkeitsbeteiligung entfällt, die ansonsten aber dem Planfeststellungsverfahren ähnelt. Das Einholen von Einzelgenehmigungen zur Erstellung eines Negativattests oder die Umsetzung der Maßnahme über ein sog. Zustimmungsverfahren sind die beiden Möglichkeiten, die mit einem deutlich geringeren Verwaltungsaufwand, zu einer Genehmigung von Maßnahmen führen. Alle Verfahren, außer der Planfeststellung, setzen jedoch das Einvernehmen aller Betroffenen voraus, wodurch sich ihre Eignung bei unterschiedlichen Interessen von Beteiligten nahezu ausschließt. Ist bei einem Planfeststellungsverfahren eine Ausnahmegenehmigung nach FFH-Recht erforderlich (Kohärenzmaßnahmen), so ist diese bei der EU-Kommission zu beantragen.

Tab. 26: Art des verwendeten Rechtsverfahrens bei Schutzmaßnahmen im Untersuchungsgebiet.

| Art des Rechtsverfahrens | 2006 - 2019 | 2020 - 2025 |
|---|----------------------|----------------------|
| | Projekte [Anzahl] | Projekte [Anzahl] |
| Planfeststellungsverfahren mit EU (Ausnahmegenehmigung-FFH) | 0 | 3 |
| Planfeststellungsverfahren (national) | 3* | 2 |
| Plangenehmigung | 1 | 5 |
| Einzelgenehmigungen, Negativattest | 11 | 4 |
| Zustimmungsverfahren | 44 | 13 |

* Planfeststellung noch nicht abgeschlossen / Verwirklichung der Projekte erfolgt wegen Gefahr in Verzug

Nach den Erfahrungen des staatlichen Bauamtes Traunstein ist bei einer Durchführung eines Planfeststellungsverfahrens mit mindestens 3 Jahren Dauer zu rechnen.

Grundsätzlich gibt es nach dem Bundesfernstraßengesetz zwar die Möglichkeit, Sofortmaßnahmen zu ergreifen: Zum Schutze der Bundesfernstraßen vor nachteiligen Einwirkungen der Natur (z. B. Schneeüberwehungen, Steinschlag, Vermurungen) haben die Eigentümer von Grundstücken an den Bundesfernstraßen die Anlage vorübergehender Einrichtungen zu dulden (FStrG §11 Abs. 1 2020).

Davon sind jedoch nur vorübergehende Sicherungsmaßnahmen abgedeckt. Für endgültige Schutzmaßnahmen wie Schutzzäune, Rückhaltebecken, Wälle etc. bedarf es eines „normalen“ Genehmigungsverfahrens.

Daraus folgt, dass es im Untersuchungsgebiet eigentlich kein Verfahren gibt, mit dem (bei unterschiedlichen Interessenslagen der Betroffenen) ein Straßenbaulastträger bei kurzfristig aufgetretenen Gefahren eine genehmigte Schutzmaßnahme erstellen kann. Kann er sich mit den Beteiligten (Naturschutz, Forst, Grundstückseigentümer) nicht einigen, werden Jahre vergehen, bis es zu einer rechtlichen Genehmigung von Projekten kommt.

Dieser Umstand spiegelt sich deutlich in der Tab. 27 wieder. Wertet man die bereits umgesetzten Maßnahmen aus, stellt man fest, dass nur gebaut wurde, wenn kein Planfeststellungsverfahren erforderlich war. Das einzige Projekt, das mit Planfeststellungsverfahren umgesetzt werden konnte, war die Maßnahme am Lueger Hausgraben, für die nur ein wasserrechtliches Planfeststellungsverfahren durchzuführen war. Dies ist mit dem Aufwand eines straßenbaurechtlichen Verfahrens nicht zu vergleichen.

| Anzahl der Betroffene (pro Verfahren) | 2006 - 2019 | 2020 - 2025 |
|--|----------------------|----------------------|
| | Projekte [Anzahl] | Projekte [Anzahl] |
| Mehr als 3 Betroffene | 6 | 2 |
| Drei Betroffene | 14 | 7 |
| Zwei Betroffene | 45 | 18 |

Des Weiteren stellt man fest, dass, anders als bei normalen Straßenbaumaßnahmen, die Anzahl der Betroffenen wesentlich geringer ausfällt. Wie aus der Tabelle zu entnehmen ist, sind bei über 90% der Maßnahmen weniger als drei und bei 68 % sogar nur zwei Betroffene vorhanden. Wenn man berücksichtigt, dass ein Beteiligter davon in nahezu

allen Fällen der Naturschutz ist, und in vielen anderen Fällen der zweite Betroffene die Forstverwaltung bzw. die Bayerischen Staatsforsten sind (werden hier als ein Betroffener behandelt), wird deutlich, wie bei der Umsetzung der Maßnahmen eine Beschleunigung erreicht werden könnte.

| Art der Betroffenen (Gesamt) | 2006 - 2019 | 2020 - 2025 |
|--|----------------------|----------------------|
| | Projekte [Anzahl] | Projekte [Anzahl] |
| Private (z.B. Privatwaldbesitzer) | 11 | 7 |
| Firmen und Institutionen (z.B. Saline) | 2 | 2 |
| Träger öffentliche Belange (z.B. Versorger) | 16 | 10 |
| Kommunale Stellen (z.B. Gemeinden) | 18 | 7 |
| Staatliche Stellen (z.B. Naturschutz, Forstbetriebe Wasserwirtschaftsverwaltung) | 107 | 40 |

Dies kann durch die Tab. 28 verdeutlicht werden. Bei 90% der Betroffenen in den Projekten handelt es sich um staatliche Stellen bzw. um Träger öffentlicher Belange. 67% der Beteiligten sind nur staatliche Stellen. Die Tabelle zeigt, dass eine Betroffenheit von Privatpersonen oder Firmen nicht zwangsläufig ein langwieriges Verfahren erfordert. Bei den bisher umgesetzten Projekten zum Schutz vor Naturgefahren konnte teilweise auch ohne gesetzliches Planfeststellungsverfahren eine einvernehmliche Lösung gefunden werden.

Tab. 28: Art der Betroffenen bei Schutzmaßnahmen Projekten.

Bei einer gesamtstrategischen Betrachtung zum Umgang mit den Naturgefahren muss die rechtliche Umsetzbarkeit von Planungen jedoch zwangsläufig berücksichtigt werden. Was nutzen vorhandene Mittel, oder eine verfügbare Umleitungsstrecke, wenn keine Genehmigung zur Umsetzung eines Vorhabens erzielt werden kann. Würde man also eine Dringlichkeitsreihenfolge rein nach Gefahren- bzw. Risikosituation festlegen, wären die meisten der bisher umgesetzten Projekte wohl noch nicht zum Zuge gekommen und kein Sicherheitsgewinn erzielt worden.

7.3 Fazit Auswertung von Projekten gegen Naturgefahren

Durch die Auswertung von umgesetzten und noch ausstehenden Projekten zum Schutz vor Naturgefahren auf das überregionale Straßennetz im Untersuchungsgebiet konnten fünf Faktoren herausgefiltert werden, die bei einer strategischen Betrachtung für den Umgang und die Umsetzung von Schutzmaßnahmen eine zentrale Rolle spielen.

1. Die Maßnahmenart
beeinflusst in starkem Maß die Umsetzbarkeit und die benötigten Mittel für eine Maßnahme.
2. Die erforderlichen Straßensperrungen und die Umleitungssituation
bestimmen ob und wann eine Maßnahme umgesetzt werden kann.
3. Die naturschutzrechtlichen Belange
entscheiden ob eine Schutzmaßnahme genehmigt werden kann und haben großen Einfluss darauf mit welchem Rechtsverfahren und in welcher Zeit Baurecht geschaffen werden kann.
4. Die forstrechtlichen Belange
sind maßgeblich bei der Planung der Schutzmaßnahmen. Diese werden meist auf forstwirtschaftlichen Flächen errichtet und ihre Gestaltung muss eine dauerhafte Waldpflege zulassen. Des Weiteren müssen die technischen Schutzmaßnahmen den Zustand des natürlichen Schutzwaldes berücksichtigen und hierauf abgestimmt werden.
5. Die genehmigungsrechtlichen Belange und die Rechtsverfahren
sind die zentralen Elemente, die es ermöglichen, auch umstrittene Projekte rechtssicher umsetzen zu können. Sie entscheiden im Zweifel ob, was und wann gebaut werden kann bzw. darf.

Neben den fünf aufgeführten Faktoren spielt noch ein weiterer Faktor eine zentrale Rolle im Gesamtkonzept. Es handelt sich dabei um Baustellen aus anderen straßenbaulichen Bereichen und deren Auswirkung auf das Gesamtkonzept zum Umgang mit Naturgefahren. Zum einen beeinflussen sie die Möglichkeit von Umfahrungen und zum anderen müssen ggf. auch Maßnahmen miteinander verknüpft werden. Dass dies bereits häufig praktiziert wird, geht aus der Projektauswertung eindeutig hervor. Ein Beispiel ist die Ertüchtigung der Stützkonstruktionen am Bodenbergaufstieg. Ohne eine zeitgleiche Sicherung der bergseitigen Felsbereiche wären die Hangbrückenkonstruktionen aus Sicherheitsgründen nicht möglich (Gebauer 2017).

8 Kennwerte für eine Gesamtstrategie Straßennetz

In den vorangegangenen Kapiteln wurden acht Hauptkennwerte identifiziert (siehe Abb. 124), um eine Netzstrategie für den Umgang mit Naturgefahren im übergeordneten Straßennetz des Untersuchungsgebietes zu entwickeln. Für viele dieser Hauptkennwerte wurden bereits Parameter bestimmt, die diese Hauptfaktoren beeinflussen. Für andere, wie z.B. den Straßen- und Bauwerksbestand oder die Netzfunktion, steht dies noch aus. Um dem Ziel, ein Modell für eine Gesamtstrategie zu entwickeln näher zu kommen, müssen somit in einem ersten Schritt diese ausschlaggebenden Kennwerte noch genauer bestimmt und präzisiert werden, bevor sie in eine Bewertung eingebunden werden können.

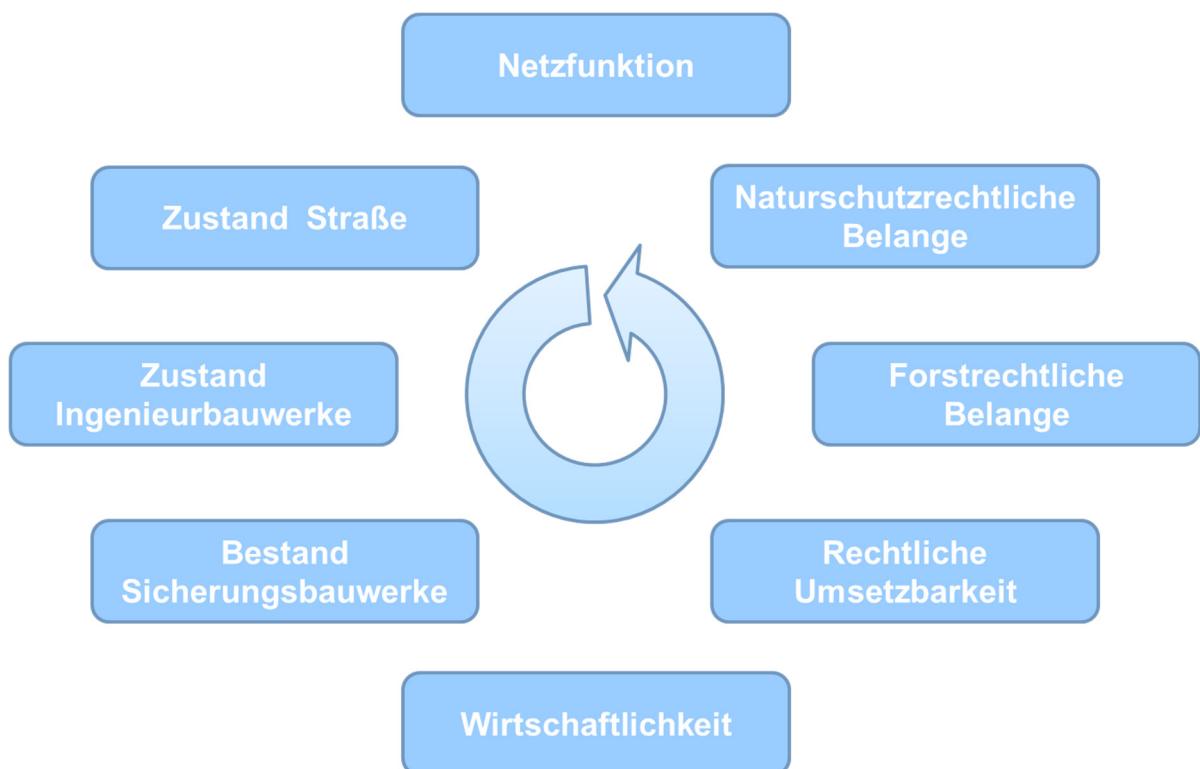


Abb. 124: Hauptkennwerte die zur Entwicklung einer Netzstrategie zum Umgang mit Naturgefahren herangezogen werden.

In einem zweiten Schritt gilt es dann, eine Methode oder ein Verfahren zu entwickeln, um die einzelnen Hauptkennwerte auf das Streckennetz zu übertragen und miteinander zu verknüpfen. Dafür muss ein objektives Bewertungssystem erstellt werden, das eine Analyse des Bestandes zulässt und gleichzeitig die Möglichkeit bietet Neuentwicklungen miteinzubeziehen (z.B. eine veränderte Gefahrenlage auf Grund von Windwürfen oder die Erstellung von neuen Schutzmaßnahmen bzw. Sicherungsbauwerken).

Vor einer Bewertung der Hauptkennwerte und der Entwicklung einer Gesamtstrategie werden die Kennwerte und ihre bestimmenden Parameter nochmals genauer definiert. Die Parameter sollen über eine Systematik nachvollziehbar ermittelt und im Anschluss über eine Matrix die Hauptkennwerte bestimmen. Bei den Hauptkennwerten Netzfunktion sowie Bestand Straße und Ingenieurbauwerke sind zudem noch Grundüberlegungen zu den erforderlichen Parametern anzustellen.

Neben der Entwicklung der Gesamtstrategie muss es auch möglich sein, geplante Projekte zu bewerten und dahingehend zu überprüfen, wie sie das Netz beeinflussen und wie sie in die Gesamtstrategie passen.

Allgemeine Vorgehensweise

In der Bauverwaltung gibt es für manche dieser Kennwerte schon Verfahren und Datengrundlagen, die für eine Ermittlung herangezogen werden können (Zustand Straße und Zustand Ingenieurbauwerke). Es ist wichtig diese Daten zu nutzen. In den meisten Fällen können die Daten aber nicht eins zu eins übertragen und verwendet werden. Sie müssen gefiltert und ggf. aufbereitet oder transformiert werden damit sie nutzbar sind. Ein Beispiel hierfür sind die Ingenieurbauwerke, die im Streckennetz anhand der Bauwerksdatenbank nur über ihren Mittelpunkt abgebildet werden und deren wahre Länge und Lage nicht dokumentiert ist.

Die meisten Daten kommen aus unterschiedlichen Abteilungen im Staatlichen Bauamt, z.B. Planung Straße, Brückenbau, Straßenbetrieb, Landschaftsbau, etc. und sind nicht miteinander verknüpft oder aufeinander abgestimmt. Darum mussten viele unterschiedliche Quellen geprüft werden, um die Daten zu erhalten mit denen man schlussendlich die einzelnen Kennwerte bestimmt.

Da viele der Daten nur über bayern- und bundesweite Datenbanken abgerufen werden können war allein die Datenfilterung mit großem Aufwand verbunden. Oft lagen Daten in Daten- oder Feldformaten vor, die sich nicht für eine Auswertung eigneten, so dass eine Datentransformation erforderlich wurde.

Die Zusammenführung und Auswertung dieser Daten war ebenso Hauptbestandteil dieser Dissertation wie die folgende Entwicklung der beeinflussenden Parameter und der Kennwerte selbst.

8.1 Kennwert 1: Netzfunktion

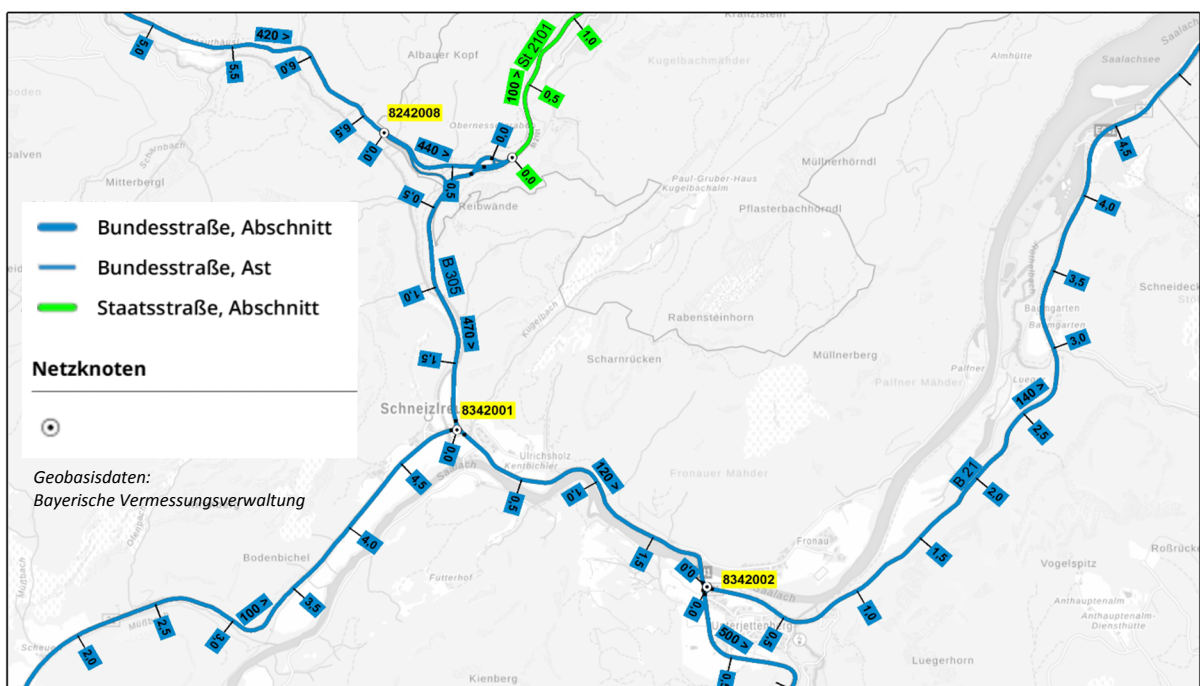
Unabhängig von allen Kennwerten und Parametern muss das Hauptziel für jede Strategie im Umgang mit Naturgefahren sein, ein ständig verfügbares, sicheres und funktionstüchtiges Streckennetz zu gewährleisten. Wie in der Einleitung dieser Arbeit dargestellt, gilt dies auch oder sogar gerade für Katastrophenfälle. Dass in solchen Fällen von Verkehrsteilnehmern Abstriche im Komfort oder der Schnelligkeit gemacht werden müssen, steht dabei außer Frage.

Um dies sicherzustellen ist die Betrachtung des Netzes und seiner Einzelteile unerlässlich. Es muss herausgefunden werden, wie es im Idealzustand funktioniert, wo seine Schwachstellen liegen und wie diese Schwachstellen ggf. verbessert oder überbrückt werden können.

Aufbau des überregionalen Straßennetzes in der Straßendatenbank

Wie bereits in Kapitel 2.4 beschrieben, besteht das überregionale Straßennetz im Untersuchungsgebiet aus Bundes-, Staats-, und Kreisstraßen. Viele Daten zu diesen Straßen sind in einer gemeinsamen Straßendatenbank (TT-SIB) hinterlegt. Das ganze Streckennetz unterliegt einer stringenten Unterteilung, an der alle Daten festgemacht werden, der Stationierung. Das Grundprinzip funktioniert folgendermaßen:

Jeder Straßenzug hat eine feste Nummer, z.B. Bundesstraße 20. Kreuzen sich zwei Straßen, entsteht ein Kreuzungspunkt. Im System werden diese Kreuzungspunkte als Netzknotenpunkte bezeichnet. Ihnen kommt in der Verwaltung des Straßennetzes eine besondere Bedeutung zu. Sie wirken wie feste Ankerpunkte, an denen die Strecken dazwischen eingehängt werden und unterteilen somit die jeweiligen Straßenzüge (z. B. 305) in sogenannte Abschnitte (B 305/Abschnitt 100). Jeder Abschnitt reicht immer von einem Netzknoten zu einem anderen Netzknoten. Die Straße dazwischen wird, immer von Null beginnend, unterteilt bzw. stationiert (Abb. 125). Durch diese Methode können sich Strecken zwischen zwei Knotenpunkten verlängern oder verkürzen, ohne dabei eine Neustationierung der Nachbarbereiche erforderlich zu machen.



Tab. 125: Beispiel zur Streckengliederung (Stationierung) im Untersuchungsgebiet (BAYSYS 2019).

Untersuchung des Straßennetzes – Festlegung strategisches Netz

Soll die Funktionsweise des Straßennetzes analysiert werden, gibt der Netzaufbau bereits eine Grundsystematik vor. Die Hauptverkehrsströme bewegen sich immer entlang der Straßenzüge von einem Netzknoten zum nächsten. Bei einer weiteren Betrachtung muss jedoch anders als im Autobahn- oder Nationalstraßennetz, zwischen zwei Hauptaufgaben der Straßen unterschieden werden.

Zum einen hat das überregionale Straßennetz in erster Linie eine Verbindungsfunktion des überörtlichen Verkehrs. Aus dieser Funktion ergibt sich, dass es im Falle einer Sperrung eines Streckenabschnittes zwischen zwei Knotenpunkten keine Rolle spielt, wie lange eine Sperrstrecke ist. Der Verkehr muss in diesen Fällen immer an den beiden anliegenden Knotenpunkten abgefangen und über andere Straßen bzw. Netzabschnitte um den gesperrten Streckenabschnitt herumgeleitet werden. Dies ist auch ein zentraler Punkt beim Umgang mit Naturgefahren. Im Grundsatz macht es für die Funktion des Netzes wenig Unterschied, ob ein Streckenabschnitt wegen einer oder fünf Lawinen gesperrt werden muss. Gleiches gilt natürlich auch bei jeder Baumaßnahme oder sonstigen Sperrung. Zum anderen haben diese Straßen unterhalb des Autobahn- oder Nationalstraßennetzes auch eine Erschließungs- bzw. Verteilfunktion in die lokalen Straßennetze. Denn anders als z.B. bei Autobahnen existieren zwischen zwei Netzknotenpunkten oft viele Kreuzungen oder Einmündungen mit kleineren Orts- oder Erschließungsstraßen. In diesen Fällen spielt es eine wichtige Rolle, wie lange oder ab welcher Stationierung eine Sperrung beginnt, da dies ggf. darüber entscheidet, ob noch auf ein niedriger klassifiziertes Straßennetz erreicht werden kann oder nicht.

Ungeachtet der zentralen Bedeutung bei der Verteil- und Erschließungsfunktion der Straßen ist die Hauptaufgabe des überregionalen Straßennetzes, vor allem des Bundes- und Staatsstraßennetzes, die Verbindung der Ober- und Unterebenen in einem Gebiet und deren Anbindung an das übergeordnete Autobahnnetz. Nicht jede Straße ist hier gleichbedeutend. Eine kleingliedrige Aufteilung entsprechend der Systematik der Straßendatenbank ist dabei nicht immer sinnvoll. Eine Rückführung der Verästelung auf die wichtigsten Knotenpunkte ist dringend geboten. Aus diesem Grund ist das Streckennetz in einem ersten Schritt auf Funktionsabschnitte zu reduzieren, die genau diesen Punkt sicherstellen. Dafür müssen Straßenabschnitte zusammengefasst und Knotenpunkte reduziert werden. Es muss ein primäres, strategisches Funktionsnetz entstehen, das durch eine klare Funktionsstreckenfestlegung in Katastrophenfällen wie 2019 unter allen Umständen freigehalten werden kann. Es muss sicherstellen, dass Gemeindezentren jederzeit erreicht und versorgt werden können.

Diese Analyse und Festlegung des Funktionsstreckennetzes können nur schwer automatisiert werden. Es hängt von mehreren Faktoren ab und entsteht iterativ. Haupteinflussfaktoren sind der bestehende Ausbauzustand der Strecken, die angrenzenden Knotenpunkte, sowie die Kennwerte aus Tab. 29. Im Untersuchungsgebiet werden letztlich 23 Streckenabschnitte mit einer Gesamtlänge von ca. 191,5 km diesem Netz zugerechnet. Wie die Funktionsstreckeneinteilung im Landkreis Traunstein realisiert worden ist, kann Abb. 126 und 127 entnommen werden.

Die überregionalen Straßen außerhalb des strategischen Netzes werden als sekundäres Streckennetz geführt. Es umfasst ca. 185,5 km. In diesen Abschnitten spielt die Verteil- und Erschließungsfunktion eine viel bedeutendere Rolle als im primären Netz. Eine Folge hiervon könnte sein, dass Maßnahmen im sekundären Netz ggf. gegenüber denen im primären Netz zurückzustellen sind. Es bedeutet aber nicht, dass hier Schutzmaßnahmen so lange verzichtet wird, bis das primäre Netz vollständig gesichert ist. Im sekundären Netz ist der Straßenbaulasträger freier in seinen Entscheidungen, wie z.B. den Schutzzielen einer Straße. (Auf welche Eintrittshäufigkeit er Schutzmaßnahmen auslegt, ob längere Sperrzeiten in Kauf genommen werden, oder in welchem Ausmaß naturschutzrechtlich bedenkliche Eingriffe zu akzeptiert sind.)

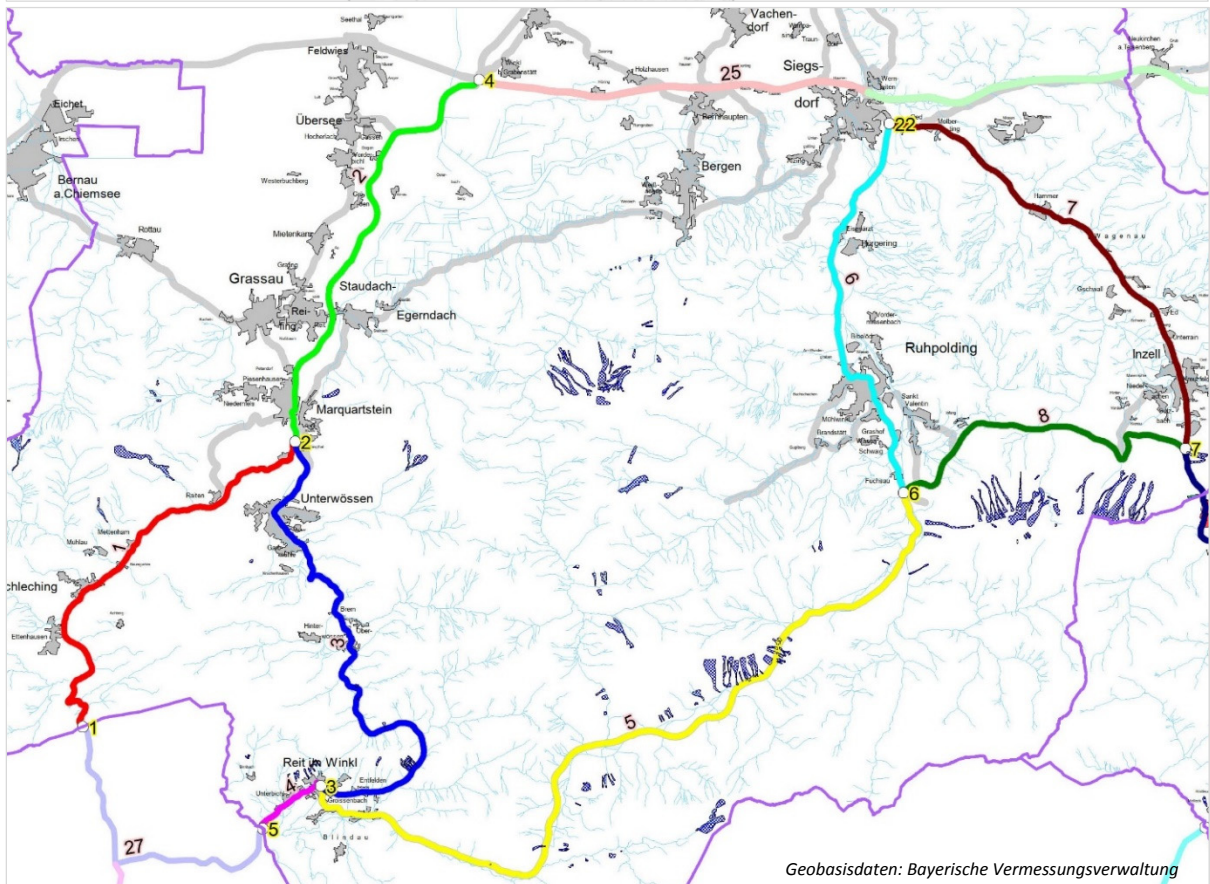
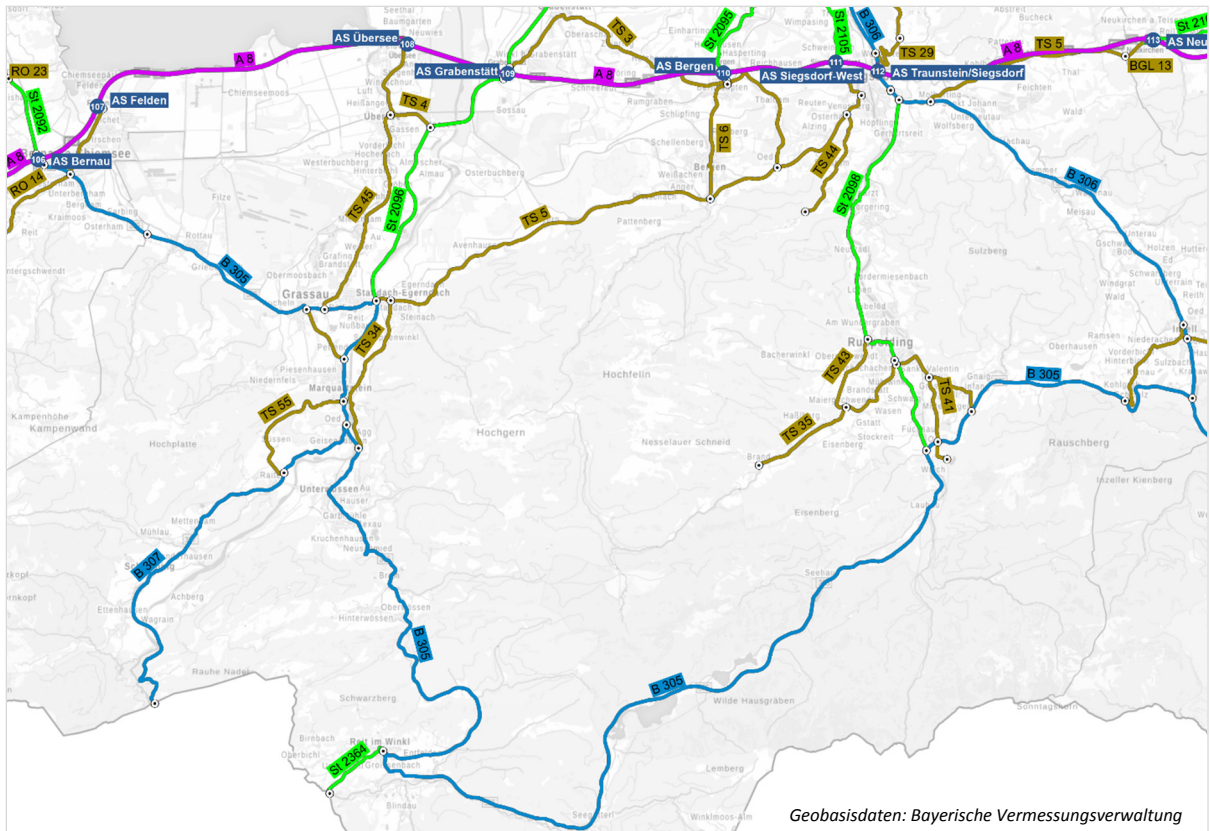


Abb. 126 (oben): Abschnittseinteilung nach Abschnitten und Netzknoten aus BAYSYS-Datenbank

Abb. 127 (unten): Funktionsabschnittsaufteilung - strategisches Netz.

Einer der wichtigsten Parameter bei der Festlegung des strategischen Netzes ist die Umleitungsfunktion bzw. besser ausgedrückt die Umleitbarkeit von Streckenabschnitten. Wird ein Streckenabschnitt gesperrt, macht es einen großen Unterschied, ob die Umleitungsstrecke 10 km beträgt und über eine Parallelstraße erfolgen kann, oder ob eine 150 km lange Umfahrung über ein mautpflichtiges Autobahnnetz erfolgen muss. Auch die anliegenden Knotenpunkte, bzw. deren Gestaltung und die Möglichkeit der Umleitungsbeschilderung spielen eine große Rolle. Denn anders als häufig angenommen, spielt erfahrungsgemäß die örtliche Umleitungsbeschilderung trotz Navigationssystemen und „Just in Time“ Streckensperrmeldungen, noch immer eine wichtige Rolle. Im Grunde bedeutet dies, dass eine Umleitung über mehrere Knotenpunkte und Strecken viel kritischer zu sehen ist, als eine längere Umleitung über nur eine oder zwei Straßen.

Das strategische Netz im Untersuchungsgebiet wurde diesbezüglich untersucht. Neben den 24 Streckenabschnitten im überregionalen Streckennetz mussten sechs weitere Streckenabschnitte in den Nachbarregionen (teilweise Autobahnen) mit aufgenommen werden, da der Verkehr im Bedarfsfall über sie umgeleitet werden muss. Als Resultat ergeben sich Umleitungskreise (Abb. 128) in einem Streckennetz die miteinander zusammenhängen und bei allen Überlegungen und Planungen zu berücksichtigen sind.

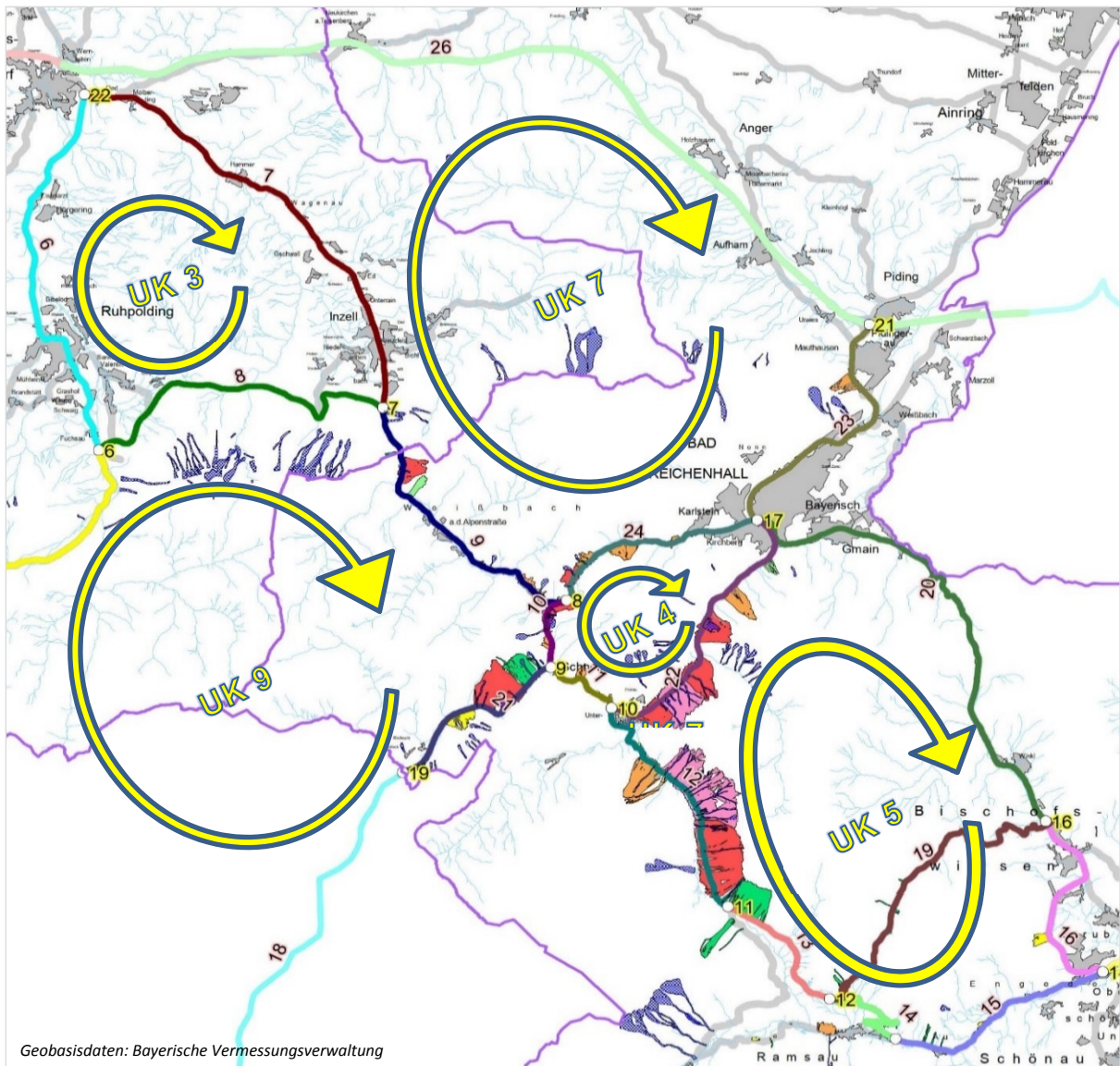


Abb. 128: Ausschnitt des strategischen Netzes mit Darstellung der Umleitungskreise (UK).

Tab. 29: Ausschnitt des strategischen Netzes mit Darstellung der Umfahrungskreise, Netzknoten und Umleitungsstrecken.

| Funktionsstreckenabschnitt | Straße | Länge Straßenabschnitt [km] | Bezeichnung Straßenabschnitt (Ortsbezeichnung) | | Umleitung Funktionsstrecken (Nummer) | | | Umleitung Knotenpunkte (Nummer) | | | Anzahl Strecken | Anzahl Knoten | Umleitungs-kreis | Umleitung Gesamtlänge [km] | | | | | | |
|----------------------------|----------------|-----------------------------|--|-------------------------|--------------------------------------|----|----|---------------------------------|----|----|-----------------|---------------|------------------|----------------------------|--------|----|----|---|---|---------|
| | | | | | 3 | 4 | 27 | 1 | 2 | 3 | | | | | 5 | | | | | |
| 1 | B 307 | 11,361 | Klobenstein | - Marquartstein | 3 | 4 | 27 | 1 | 2 | 3 | 5 | 3 | 4 | 1 | 23,903 | | | | | |
| 2 | St 2096 / B307 | 11,176 | Marquartstein | - AS Grabenstätt | 3 | 5 | 6 | 25 | 2 | 3 | 4 | 6 | 22 | 2 | 54,887 | | | | | |
| 3 | B 305 | 13,974 | Marquartstein | - Reith im Winkl | 2 | 5 | 6 | 25 | 2 | 3 | 4 | 6 | 22 | 1 | 52,089 | | | | | |
| 4 | St 2364 | 1,957 | Reith im Winkl | - Kössen (Ö) | 3 | 1 | 27 | | 1 | 2 | 3 | 5 | | 1 | 33,307 | | | | | |
| 5 | B 305 | 21,173 | Reith im Winkl | - Ruhpolding | 2 | 3 | 6 | 25 | 2 | 3 | 4 | 6 | 22 | 2 | 44,593 | | | | | |
| 6 | St 2098 | 10,218 | Ruhpolding | - Siegsdorf | 8 | 7 | | | 6 | 7 | 22 | | | 3 | 20,426 | | | | | |
| 7 | B 306 | 11,778 | Siegsdorf | - Inzell | 6 | 8 | | | 6 | 7 | 22 | | | 3 | 18,866 | | | | | |
| 8 | B 305 | 8,648 | Ruhpolding | - Inzell | 6 | 7 | | | 6 | 7 | 22 | | | 3 | 21,996 | | | | | |
| 9 | B 305 | 7,52 | Inzell | - Wegscheid | 7 | 24 | 23 | 26 | 7 | 8 | 17 | 21 | 22 | 7 | 50,726 | | | | | |
| 10 | B 305 | 2,006 | Wegscheid | - Schneizreuth | 11 | 22 | 24 | | 8 | 9 | 10 | 17 | | 4 | 14,800 | | | | | |
| 11 | B 21 | 1,993 | Schneizreuth | - Unterjettenberg | 10 | 22 | 24 | | 8 | 9 | 10 | 17 | | 3 | 14,813 | | | | | |
| 12 | B 305 | 6,353 | Unterjettenberg | - Wachtel | 13 | 14 | 15 | 16 | 20 | 22 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 16 | 17 | 6 | 7 | 38,714 |
| 13 | B 305 | 3,727 | Wachtel | - Hochschwarzeck | 12 | 14 | 15 | 16 | 20 | 22 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 16 | 17 | 6 | 7 | 41,340 |
| 14 | B 305 | 3,592 | Hochschwarzeck | - Ramsau | 15 | 16 | 19 | | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 16 | 17 | | | 3 | 7 | 20,787 |
| 15 | B 305 | 5,737 | Ramsau | - Berchtesgaden | 14 | 16 | 19 | | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 16 | 17 | | | 3 | 7 | 18,642 |
| 16 | B 20 | 5,532 | Berchtesgaden | - Bischofswiesen | 14 | 15 | 19 | | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 16 | 17 | | | 3 | 7 | 18,847 |
| 17 | B 305 | 17,616 | Berchtesgaden | - Marktschellenberg (Ö) | 16 | 20 | 23 | 30 | 14 | 15 | 16 | 17 | 21 | | | | | 4 | 5 | 34,628 |
| 18 | Ö | 12,306 | Melleck | - Lofen (Ö) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | BGL 17 | 9,518 | Hochschwarzeck | - Bischofswiesen | 14 | 15 | 16 | | 12 | 13 | 14 | 16 | | | | | | 3 | 4 | 14,861 |
| 20 | B 20 | 12,858 | Bischofswiesen | - Bad Reichenhall | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 22 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 16 | 17 | 6 | 7 | 32,209 |
| 21 | B 21 | 4,896 | Melleck | - Schneizreuth | 18 | 29 | 30 | 11 | 22 | 23 | 9 | 10 | 15 | 17 | 18 | 19 | 21 | 6 | 7 | 133,000 |
| 22 | B 21 | 7,268 | Unterjettenberg | - Bad Reichenhall | 10 | 11 | 24 | | 8 | 9 | 10 | 17 | | | | | | 3 | 4 | 9,538 |
| 23 | B 20 | 7,099 | Bad Reichenhall | - Piding | 7 | 9 | 24 | 26 | 7 | 8 | 17 | 21 | 22 | | | | | 4 | 5 | 51,147 |
| 24 | St 2101 | 5,539 | Wegscheid | - Bad Reichenhall | 10 | 11 | 22 | | 8 | 9 | 10 | 17 | | | | | | 3 | 4 | 11,267 |
| 25 | A8 | 9,522 | Autobahn A8 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | A8 | 26,31 | Autobahn A8 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27 | Ö | 7,972 | Österreich | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | Ö | 39,51 | Österreich | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29 | Ö | 103,979 | Österreich | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | Ö | 9,139 | Österreich | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Bewertung der Umleitungssituation in Bezug auf die Netzfunktion

Ein Kriterium für eine endgültige Bewertung der Netzfunktion sind die Umleitungsknotenpunkte. Sie müssen noch genauer betrachtet werden. Viele Knotenpunktformen die im Normalzustand vorteilhaft für die Leichtigkeit des Verkehrs sind, sorgen in Umleitungssituationen für große Probleme. Zum einen weil evtl. Fahrbeziehungen nicht abgedeckt werden können (Fehlen von Ästen), Fahrbeziehungen zu erheblichen Verkehrsgefährdungen führen (Linksabbieger bei starkem Verkehrsaufkommen) oder ein Wenden nicht möglich ist. Zudem sind Umleitungsbeschilderungen oft schwer zu erstellen. Um eine Bewertung der Knotenpunkte zu vereinheitlichen, wurde eine Hilfsmatrix (Abb. 129) erstellt. Maßgebende Parameter sind die Anzahl sowie die Funktion der Knotenpunkte (Knotenpunktform) i.V. mit der vorhandenen Beschilderung.

Umleitungsbeurteilung Knotenpunkte

| | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--|-------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------------|---|--|---|-------------------------|
| Knotenpunktformen + Beschilderung | für Umleitung ungeeignet | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | Umleitungsbeurteilung Knotenpunktformen und Beschilderung | 5 | ungeeignet |
| | für Umleitung größtenteils ungeeignet | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | | 4 | größtenteils ungeeignet |
| | für Umleitung bedingt geeignet | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 4 | | 3 | ausreichend |
| | für Umleitung teilweise geeignet | 2 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | | 2 | befriedigend |
| | für Umleitung gut geeignet | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | | 1 | sehr gut |
| Stufe | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | |
| | | zwei Knotenpunkte | drei Knotenpunkte | vier Knotenpunkte | fünf Knotenpunkte | mehr als fünf Knotenpunkte | | | | |
| | | Anzahl der Knotenpunkte | | | | | | | | |

Abb. 129: Matrix für eine Abschätzung der Umleitungsbeurteilung der Knotenpunkte.

Die Knotenpunktformen richten sich im Grundsatz nach den Richtlinien für die Anlage von Landstraßen (FGSV 2012) und den Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen (FGSV 2006). Sie werden zusammengefasst im Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (FGSV 2015) dargestellt (Abb. 130). Grundsätzlich gibt es fünf Grundtypen.






| | | | | |
|---|---|---|---|---|
|  |  |  |  |  |
| planfrei | teilplanfrei | teilplangleich | plangleich | Kreisverkehr |

Abb. 130: Knotenpunktformen nach der Richtlinie für die Anlage von Landstraßen (FGSV 2015).

Die Grundfunktion und die Leistungsfähigkeit der betroffenen Knotenpunkte ist hierbei immer für den Umleitungsfall zu beurteilen. Die geänderten Verkehrsströme können zu einer erheblichen Veränderung in der Leistungsfähigkeit und Verkehrssicherheit eines Knotenpunktes führen. Lichtsignalanlagen

können hier eine wichtige Rolle spielen (BASt 2020a). Aus diesem Grund sind die Knotenpunkte auf die Umleitungssituation hin zu überprüfen. Gleiches gilt bei der Beschilderung. Maßgebend für den Eingangswert in die Matrix ist der kritischste Knotenpunkt. Anwendungsbeispiele sind in Tab. 30 zusammengestellt und können sinngemäß übertragen werden.

Tab. 30: Beispiele für die Zuordnung von Knotenpunkten und Beschilderungen

| geeignet | teilweise geeignete | bedingt geeignet | schlecht geeignet | ungeeignet |
|---|--|--|---|---|
| Kreisverkehre Plangleiche Kreuzungen Lichtsignalanlagen gesteuert | Teilplanfreie Lösungen mit allen Fahrbeziehungen | Teilplangleiche Kreuzungen mit allen Fahrbeziehungen | Teilplangleiche oder plangleiche Kreuzungen mit Linksabbieger auf der Hauptstrecke. | Knotenpunkte ohne vollständige Abdeckung aller benötigten Fahrbeziehungen |
| Wegweisung mit Wechselverkehrsbeschilderung (zentralgesteuert) | Variable, manuelle Klappbeschilderung | Stationäre, festinstallierte Umleitungsbeschilderung Bedarfsumleitung | Vorbereitete aber nicht installierte Umleitungsbeschilderung | Keine Umleitungsbeschilderung |

Ein zweites Kriterium für die endgültige Bewertung der Netzfunktion sind die Umleitungsstrecken. Dieses wird maßgeblich durch die Umleitungslänge und die Verkehrsstärke bestimmt. Die Strecken im Funktionsnetz sind bereits im Normalzustand stark belastet. Werden sie zu Umleitungsstrecken, kommt dadurch der zusätzliche Verkehr der gesperrten Strecke hinzu, wodurch sie teilweise an ihre Belastungsgrenze stoßen. Manchmal werden sie auch überlastet, was auf den Umleitungsstrecken dann zu langen Stausituationen führt. Dies ist bei einer strategischen Betrachtung des Gesamtnetzes unbedingt zu berücksichtigen. Um die Umleitungsbeurteilung zu vereinheitlichen, wurde auch hier eine Hilfsmatrix (Abb. 131) erstellt, welche die beiden Parameter Verkehrsstärke auf der Umfahrstrecke und Länge der Umleitungsstrecke kombiniert.

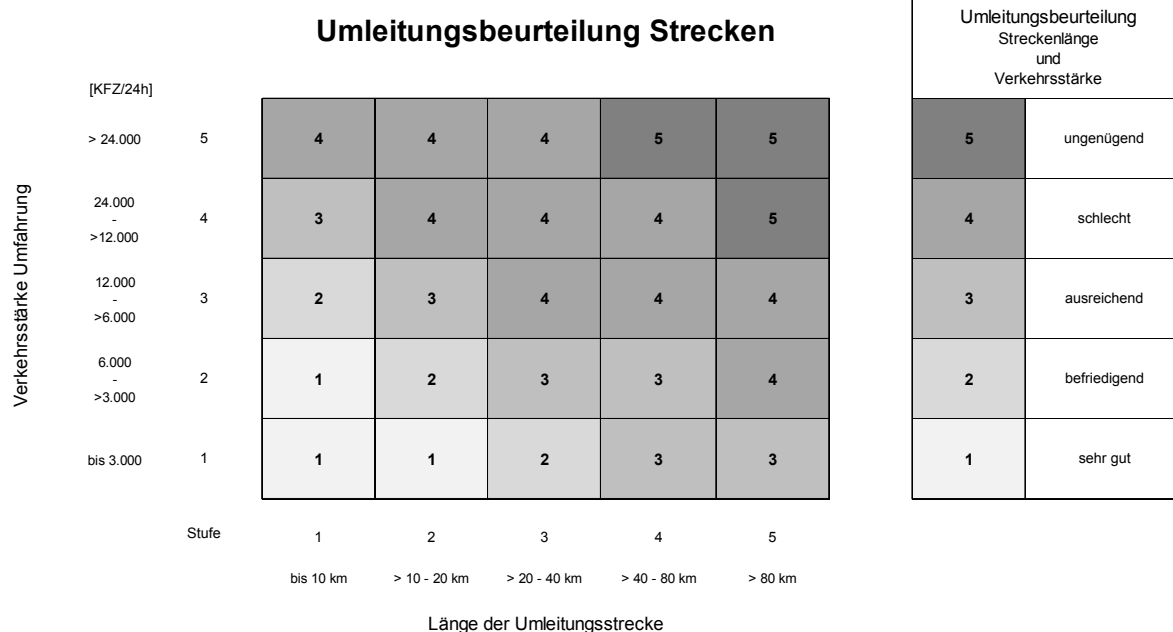


Abb. 131: Matrix für eine Abschätzung der Umleitungsbeurteilung der Streckenabschnitte.

Für die Ermittlung der Verkehrsstärke auf der Umfahrung wird zur Verkehrsmenge auf dem am stärksten belasteten Funktionsabschnitt der Umleitung, die Verkehrsmenge der Sperrstrecke addiert. Bei der Länge der Umfahrung werden alle Streckenabschnitte addiert, die erforderlich sind, um von einem Netzknoten des Sperrabschnittes bis zum anderen Netzknoten des Sperrabschnittes zu gelangen.

Mit dem Werten aus der Umleitungsbeurteilung „Knotenpunkte“ und „Strecke“ geht man im Anschluss in die Bewertungsmatrix (Abb. 132) für den Hauptkennwert der Netzfunktion.

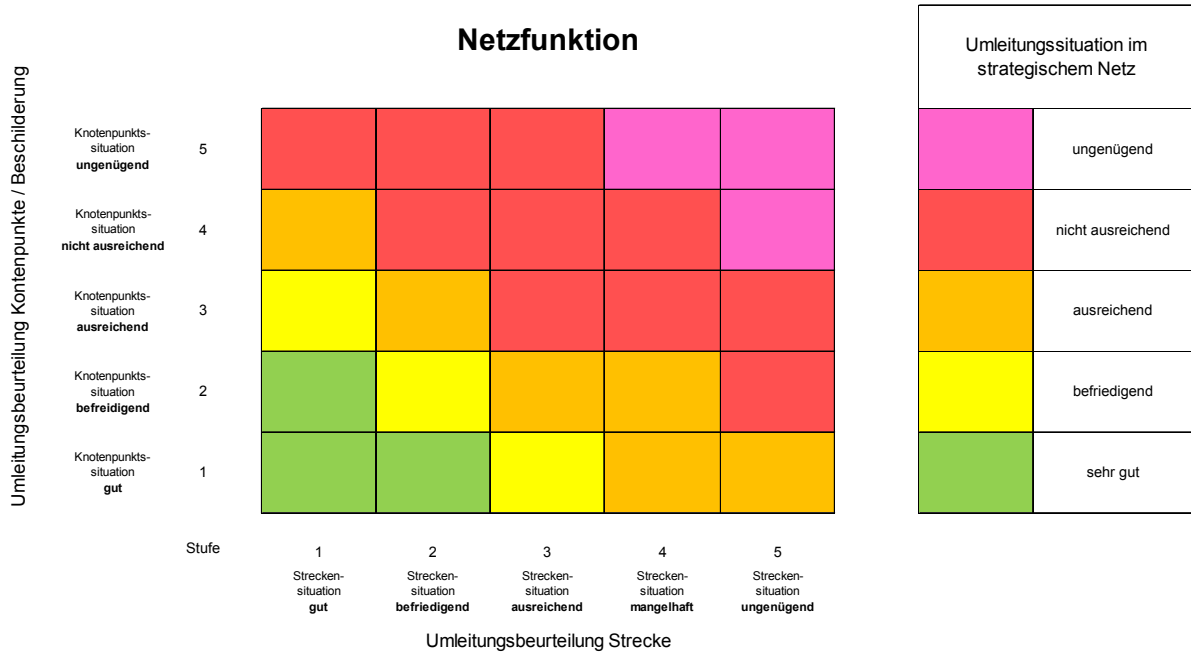


Abb. 132: Beurteilungsmatrix für die Netzfunktion.

Fazit Netzfunktion

Warum der Netzfunktion (die ja zum Großteil einer Umleitungsbewertung gleichkommt) eine so zentrale und wichtige Rolle auch für die Naturgefahren, zukommt, soll an drei Beispielen erläutert werden.

1. Förderung konfliktarmer Lösungen:

Lawinenbahnen für 100 bzw. 150-jährige Ereignisse zu verbauen oder die Straßen durch Galerien zu schützen gehörte in den letzten Jahrzehnten zu den kostenintensivsten Maßnahmen im gesamten Bauamtsgebiet. Sowohl beim Bau als auch später in der Unterhaltung. Aufgrund des Klimawandels und der einhergehenden schwierigen Lage der Schutzwälder sind Verbauungen zudem großen Risiken ausgesetzt und im Hinblick auf die naturschutzrechtlichen Eingriffe kaum noch zu realisieren. Betrachtet man die Lawinenereignisse der letzten 30 Jahre im Bauamtsgebiet, entstanden zudem meist nur Schäden im Schutzwald oder an den Schutzbauwerken selbst. Zu Schäden Dritter kam es so gut wie nie. Das größte Problem bei den Lawinen sind die vorsorglichen Sperrungen. Sie werden meistens erst so spät wie möglich angeordnet, weil sie durch die zu errichtenden Umleitungsmaßnahmen in den Meistereien und der Polizei zu einem erheblichen Zusatzaufwand führen. In Zeiten, in denen von diesen Organisationseinheiten viele andere Aufgaben (z.B. Winterdienst) zu erledigen sind, führt dies oft zu großen Problemen. Könnte der Verkehr sicher und geordnet (z.B. durch Aktivieren einer fest installierten Umleitungsbeschilderung) durchgeführt werden, so könnten die Sperrungen entfallen und die Verkehrsleistung erhalten bleiben.

derung und ausgebauten Knotenpunkten) umgeleitet werden, wäre dies die wirtschaftlichste und konfliktärmste Lösung. Sie könnte zudem durch Optimierungsmaßnahmen zur Prognose-sicherheit (Schneehöhenmessstellen im Anrissgebiet) ergänzt und verbessert werden, um die vorsorglichen Sperrzeiten auf ein Minimum zu reduzieren.

2. Flankierende Sofortmaßnahme:

Sowohl Lawinenschutzmaßnahmen, Wildbachverbauungen als auch Rutschbereichssanierungen erfordern meist langwierige Baumaßnahmen. Bis sie vollständig errichtet werden können vergehen meist Jahre. Die Planungs- und Genehmigungszeiten nicht mitgerechnet. Gutes Beispiel ist die Lawinenverbauung an der Weißwand (Bauzeit 30 Jahre). In dieser Zeit musste die Straße wegen noch unverbauter Lawinestiche immer wieder gesperrt werden. Eine funktionierende Umleitungsmöglichkeit steht nur bedingt zur Verfügung. Es musste immer wieder improvisiert werden, was zu hohen Aufwendungen und Ärger bei den Betroffenen führte.

3. Erweiterung des Schutzmaßnahmenspektrums:

Über Jahrzehnte wurden von den Straßenmeistereien an den straßennahen Felswänden Beräumungsmaßnahmen durchgeführt. Durch sicherheitstechnische Auflagen der Technischen Regel für Arbeitsstätten (ASR A5.2 2018) können diese Maßnahmen nicht mehr unter halbseitiger Verkehrsführung durchgeführt werden. Vollsperrungen sind, wenn sie nur für diese kurzen betrieblichen Maßnahmen errichtet werden müssen, meist zu aufwändig. Die Folge ist eine zunehmende bauliche Sicherung dieser Flächen. Aus finanziellen Gründen wird dies jedoch nur für die gefährlichsten Bereiche möglich sein. Sollen weiter Beräumungsarbeiten durchgeführt werden, ist ein System unerlässlich, das eine Möglichkeit von Sperrungen der betroffenen Streckenabschnitte erleichtert.

8.2 Kennwert 2: Zustand Straße und Ingenieurbauwerke

Bei der Betrachtung der Straßenabschnitte und Kreuzungen (Knotenpunkte) im Netz unter Punkt 8.1 wird davon ausgegangen, dass die Abschnitte voll funktionstüchtig sind und es nur zu Umleitungen kommt, wenn von außen eine Beeinträchtigung (z.B. Lawinenabgang) eintritt. Dies ist jedoch eine Idealvorstellung, die mit der Wirklichkeit nicht viel gemein hat. Die Fahrbahnen zwischen zwei Knotenpunkten müssen unterhalten werden und weisen oft auch Mängel und Schäden auf, ebenso die vorhandenen Ingenieurbauwerke (Brücken und Stützmauern). Ob und wenn ja welchen Einfluss diese Tatsache auf das Streckennetz und auf die gesamtstrategischen Überlegungen hat, wird in den folgenden Kapiteln untersucht.

8.2.1 Bestandszustand Straße

Grundlage eines funktionstüchtigen Streckennetzes ist ein funktionierendes Erhaltungsmanagement. In Bayern basiert es bezüglich Bundes- und Staatsstraßen auf einer im 4-jährigen Turnus stattfindenden Zustandserfassung und -bewertung der Fahrbahnen (ZEB). Dazu wird das Gesamtnetz mit Messfahrzeugen befahren und dabei der Fahrbahnzustand erfasst und anschließend bewertet.

Die Erhaltungsplanung der Fahrbahnen auf den Bundes- und Staatsstraßen in Bayern basiert auf der Verbesserten Erhaltungsplanung (VEP), bei der zur Unterstützung der ingenieurmäßigen Betrachtungen automatisch Erhaltungsabschnitte generiert und diese einer Dringlichkeitsreihung unterzogen werden. Die letzte tiefgreifende Änderung zur ZEB wurde 2015 vorgenommen. Die VEP berücksichtigt dabei neben den Daten der ZEB auch die im jeweiligen Straßenabschnitt gegebene Gesamt- bzw. Schwerverkehrsbelastung. Grundlage des Verfahrens bilden die Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien zur Zustandserfassung und -bewertung von Straßen (FGSV 2006a, OBB 2017).

Im Zuge dieses Verfahrens wird die Straße zum einen im Hinblick auf ihren Gebrauchswert untersucht. Er generiert sich aus den für die Befahrbarkeit und die Verkehrssicherheit relevanten Faktoren wie der allgemeinen Unebenheit, der Spurrinntiefe, der fiktiven Wassertiefe und der Griffigkeit (=modifizierter Gebrauchswert). Zum anderen wird der Substanzwert berücksichtigt. Dieser beschreibt den Oberflächenzustand der Fahrbahn und setzt sich aus der Spurrinntiefe, den Rissen, einer Restschadensfläche und den gemessenen Flickstellen zusammen (modifizierter Substanzwert). Basierend auf dem modifizierten Gebrauchs- und Substanzwert werden über eine Dringlichkeitsmatrix 100 m (in Ortsdurchfahrten 20m) lange Auswertungsabschnitte erstellt, aus denen im Anschluss längere homogene Erhaltungsabschnitte (Länge min. 500m) gebildet werden. Dabei werden nur Auswertungsabschnitte berücksichtigt, die eine Dringlichkeitsklasse zwischen 1 und 5 aufweisen. Für die daraus resultierenden Erhaltungsabschnitte wird abschließend über die Mittelwerte des modifizierten Gebrauchs- und Substanzwertes anhand einer Matrix eine endgültige Dringlichkeitsklasse ($DK_{\text{Erh.}}$) festgelegt. Um eine Reihung innerhalb der Erhaltungsabschnitte mit gleichen Dringlichkeitsklasse zu erhalten, werden die Maßnahmen anhand ihrer Verkehrsbedeutung (abhängig vom DTV) und in Verbindung mit der Schwerverkehrsbelastung (DTV_{sv}) beurteilt und gereiht. Dies erfolgt über die zwei Gewichtungsfaktoren (F_{DTV} bzw. F_{sv}), die über eine feste Funktion ermittelt werden. Der Gesamtprozess wird im folgenden Schema (Abb. 133) dargestellt (OBB 2008).

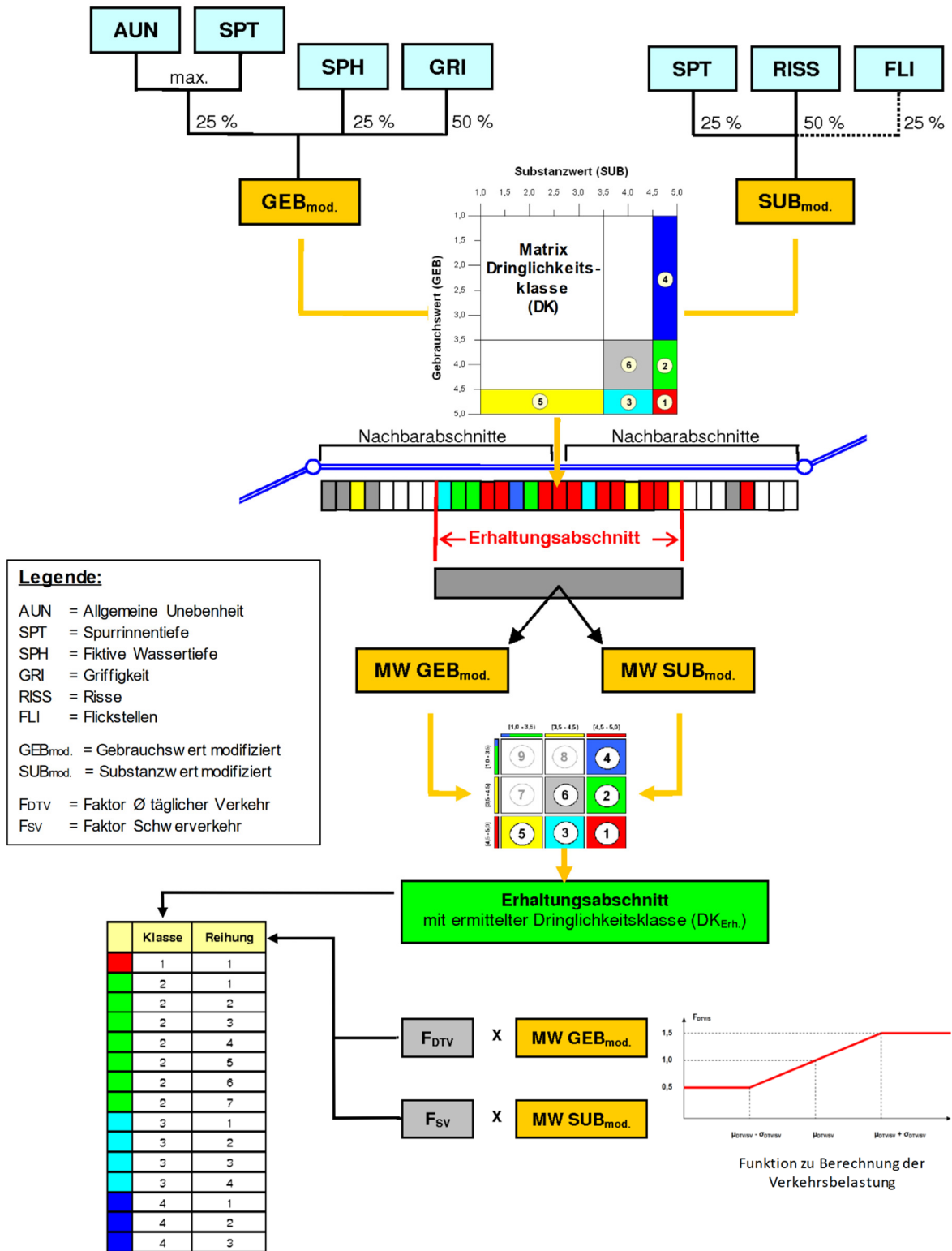


Abb. 133: Ablaufschema zur Ermittlung der Erhaltungsabschnitte Straße, resultierende Dringlichkeitsklasse und Reihung (OBB 2008).

Netzdarstellung

Alle Einzelbewertungen (Griffigkeitskennwerte, Spurrinntiefe, etc.) sowie die Gebrauchs- und Substanzwerte können, ebenso wie die Erhaltungsabschnitte über das bayerische Straßeninformationssystem (BAYSIS) abgerufen und visualisiert werden (Abb. 134).

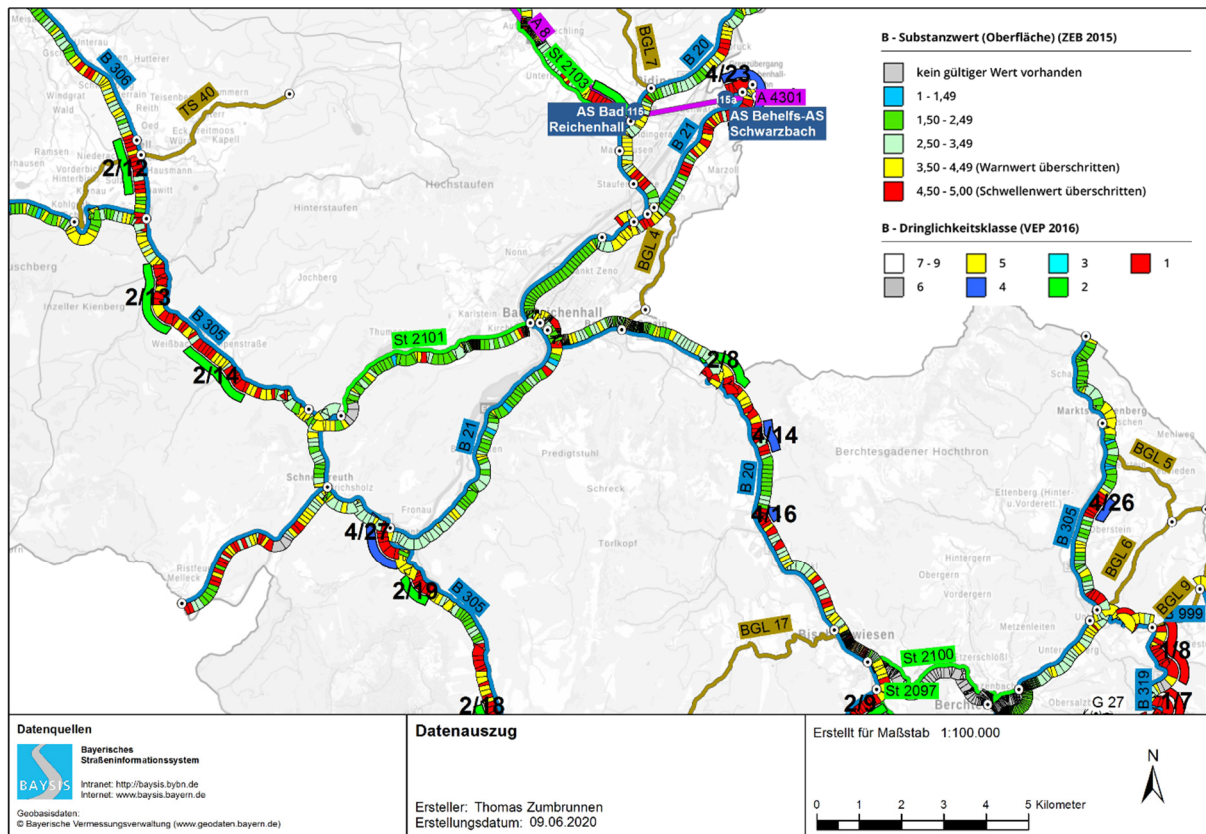


Abb. 134: Auszug aus Substanzwert- und der Erhaltungsabschnittsdarstellung (inkl. Dringlichkeitsklasse) im Untersuchungsgebiet (BAYSIS 2019).

Berücksichtigung bei einer Netzbewertung

Um die ermittelten Erhaltungsabschnitte und deren Dringlichkeitsreihung bei einer Netzanalyse und in eine strategische Planung einbeziehen zu können, müssen die verwendeten Kennwerte ein einheitliches Bewertungssystem aufweisen.

Wichtig für eine Berücksichtigung im Netz ist hierbei vor allem die Dringlichkeitsreihung, da sie darüber Auskunft gibt, wie wichtig eine Sanierung (vor allem auch in Bezug auf die Verkehrssicherheit) ist. Sie lässt zudem Rückschlüsse zu, wie aufwändig eine Sanierung des Streckenabschnittes werden wird, mit wie viel Zeit (ggf. Sperrzeit) und mit welchen Kosten voraussichtlich zu rechnen ist. Der zweite Parameter, der diese beiden Punkte maßgeblich mitbestimmt, ist die Länge des Erhaltungsabschnittes.

Der Kennwert selbst wird, wie bereits bei der Netzfunktion, über eine Matrix (Abb. 135) ermittelt. Eingangsparameter sind die Erhaltungsabschnittslänge und die Dringlichkeitsklasse. Der so gewonnene Hauptkennwert Straßenzustand fließt in die zukünftige Netzstrategie mit ein.

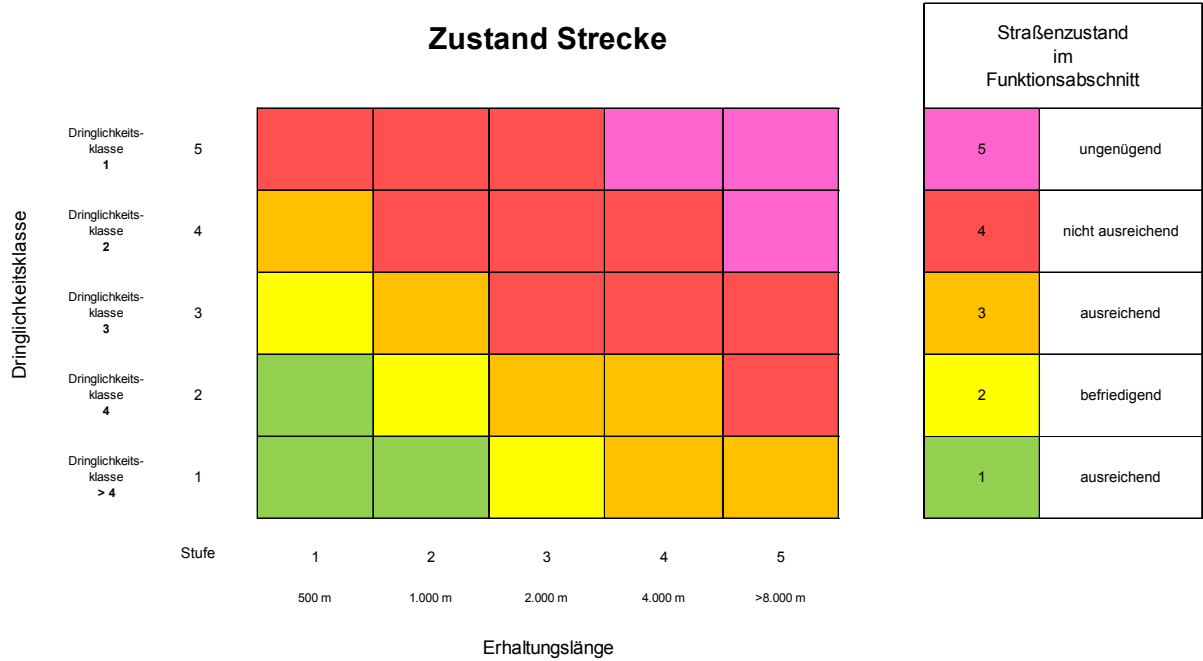


Abb. 135: Beurteilungsmatrix für den Hauptfaktor Straßenzustand im Funktionsabschnitt.

8.2.2 Bestandszustand Ingenieurbauwerke

Neben den Fahrbahnen spielen die klassischen Ingenieurbauwerke (Brücken, Stützmauern, Tunnel) im Streckennetz eine wichtige Rolle. Vor allem im Untersuchungsgebiet kommt ihnen eine besondere Bedeutung zu. Vergleicht man in einem ersten Schritt das Alter der Ingenieurbauwerke im Streckennetz des Staatlichen Bauamtes Traunstein mit dem Alter der Bauwerke im Bundesdurchschnitt (Abb. 136), stellt man fest, dass im Bauamtsgebiet über 20 % mehr Bauwerke vor 1950 gebaut wurden als im Rest Deutschlands. Bei einem Bauwerksbestand von 662 Brücken und 536 Stützmauern (1.200 Bauwerke) handelt es sich dabei um über 300 Bauwerke. Bei einer geschätzten Lebensdauer von 80 Jahren bei Betonbrücken werden viele dieser Bauwerke in nächster Zeit ihr Lebensende erreichen.

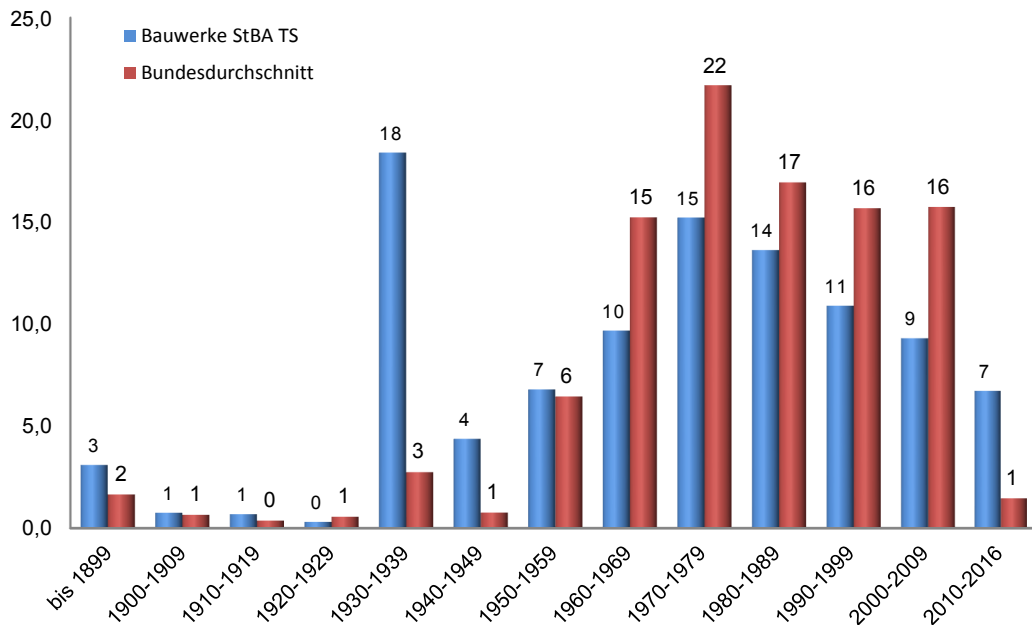


Abb. 136: Beurteilungsmatrix für den Hauptfaktor Straßenzustand im Funktionsabschnitt.

Da nach den Erfahrungen im Untersuchungsgebiet solche Bauwerke in den seltensten Fällen ohne Vollsperrung gebaut werden können, ist absehbar, welchen großen Einfluss der Zustand der Bauwerke auf die Netzfunktion haben wird. Ein weiterer Punkt sind in diesem Zusammenhang auch die zur Verfügung stehenden Haushaltsmittel, die personellen Ressourcen bei Planung und Bau, sowie die Eingriffe in straßennahe Naturschutzgebiete (NATURA 2000 - Gebiete). Alle diese Punkte stehen in direkter Konkurrenz zu Schutzmaßnahmen gegen Naturgefahren und beeinflussen ihre Umsetzung in direkter oder indirekter Form.

Berücksichtigung bei einer Netzbewertung

Um zu entscheiden, wie sie am besten für die Beurteilung des Gesamtnetzes berücksichtigt werden können, sind die vorhandene Datenerfassung und das System der Zustandserfassung der Bauwerke genauer zu betrachten.

Alle vorliegenden Daten zu diesen Bauwerken befinden sich in der Bauwerksdatenbank (ASB-ING 2013). Sie sind über eine feste Bauwerksnummer und über ihren Längen-Mittelpunkt fest im Straßennetz verankert (stationiert). Alle bauwerksrelevanten Daten (Bauwerksart, Dimension, Zustand, Bauwerkspläne etc.) sind in einem sogenannten Bauwerksbuch zusammengefasst. Die Beurteilung des Bauwerkszustandes erfolgt entsprechend der DIN 1076 – Bauwerksprüfung. Alle Ingenieurbauwerke werden gemäß dieser Richtlinie alle 6 Jahre einer Hauptprüfung und alle 3 Jahre einer einfachen Prüfung unterzogen. Bei diesen Bauwerksprüfungen werden die Bauwerke bezüglich ihrer Standsicherheit, Dauerhaftigkeit und Verkehrssicherheit benotet. Diese Benotung reicht von Note 1,0 (sehr guter Zustand) bis Note 4 (ungenügender Zustand). Neben den Bauwerksprüfungen werden jährliche Bauwerksbesichtigungen und eine halbjährliche Bauwerksbeobachtung durch den Straßenbetriebsdienst durchgeführt, bei denen jedoch keine Bewertung stattfindet.

Als Kriterien für eine Berücksichtigung der Bauwerke im Straßennetz könnten die Bauwerksart, -alter, -anzahl, und -länge, die Herstellungskosten, die Brückenfläche bzw. Ansichtsfläche bei Stützmauern, die Bauwerksnote oder die Basiskennzahl herangezogen werden. Voraussetzung für die Berücksichtigung im strategischen Netz ist, dass eine einheitliche und anwendbare Systematik gefunden wird. Bei den verschiedenen Bauwerksarten und ihren Besonderheiten ist dies nur schwer zu bewerkstelligen.

Bauwerksbenotung

Anders als bei den Schulnoten gibt es nach der DIN 1076 eigentlich nur 4 Notenstufen. Diese werden jedoch in sechs Notenbereiche aufgeteilt (Abb. 137).

| | | |
|-----------|-----------------------------|--|
| 1,0 – 1,4 | Sehr guter Zustand | Standsicherheit, Verkehrssicherheit und Dauerhaftigkeit gegeben |
| 1,5 – 1,9 | guter Zustand | Standsicherheit, Verkehrssicherheit gegeben, Dauerhaftigkeit Bauwerk oder Bauteilgruppe ggf. eingeschränkt |
| 2,0 – 2,4 | befriedigender Zustand | Standsicherheit, Verkehrssicherheit gegeben, Dauerhaftigkeit Bauwerk ggf. eingeschränkt, Folgeschädigung möglich |
| 2,5 – 2,9 | ausreichender Zustand | Standsicherheit gegeben, Verkehrssicherheit und Dauerhaftigkeit ggf. beeinträchtigt |
| 3,0 – 3,4 | Nicht ausreichender Zustand | Standsicherheit und/oder Verkehrssicherheit beeinträchtigt. Dauerhaftigkeit des Bauwerkes nicht mehr gegeben Umgehende Instandsetzung erforderlich |
| 3,5 – 4,0 | Ungenügender Zustand | Standsicherheit und/oder Verkehrssicherheit erheblich beeinträchtigt oder nicht mehr gegeben. Dauerhaftigkeit des Bauwerkes nicht mehr gegeben Umgehende Instandsetzung bzw. Erneuerung erforderlich |

Abb. 137: Zustandsunterteilung für Ingenieurbauwerke nach DIN 1076 und ihre Bedeutung.

Im gesamten Streckennetz des Untersuchungsgebietes sind insgesamt 561 Bauwerke vorhanden. Davon besitzen 200 Bauwerke einen guten bis sehr guten Zustand, 240 einen befriedigenden Zustand, 94 einen ausreichenden, 17 einen nicht ausreichenden und 10 Bauwerke einen ungenügenden Bauwerkszustand. Die Gesamtlänge der Bauwerke beläuft sich auf 29.934 Meter.

Im strategischen Netz befinden sich 517 dieser 561 Bauwerke. Davon haben 88 einen nur ausreichenden, 16 einen nicht ausreichenden und sieben Bauwerke einen ungenügenden Bauwerkszustand (Tab. 31).

Tab. 31: Zustandsunterteilung für Ingenieurbauwerke nach DIN 1076.

| Nummer Funktionsabschnitt | Länge in km | Anzahl der BW im Funktionsabschnitt | Strassen im Funktionsabschnitt | Bezeichnung Straßenabschnitt | Anzahl der Ingenieurbauwerke älter als | | | | | | | Abschürfung ungenügend |
|---------------------------|---|-------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|--|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------|------------------------|
| | | | | | 50 Jahre < 1959 | 70 Jahre < 1949 | 80 Jahre < 1939 | befriedigender BW-Zustand | noch ausreichender BW-Zustand | nicht ausreichender BW-Zustand | ungenügender BW-Zustand | |
| 1 | 11,361 | 27 | B 307 | Klobenstein - Marquartstein | 19 | 0 | 0 | 25 | 1 | 1 | 0 | 13 |
| 2 | 11,176 | 16 | St 2096 | Marquartstein - AS Grabenstädt | 0 | 0 | 4 | 13 | 3 | 0 | 0 | 4 |
| 3 | 13,974 | 29 | B 305 | Marquartstein - Reith im Winkl | 6 | 0 | 0 | 27 | 2 | 0 | 0 | 6 |
| 4 | 1,957 | 0 | St 2364 | Reith im Winkl - Kössen (Ö) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 21,173 | 26 | B 305 | Reith im Winkl - Ruhpolding | 21 | 0 | 2 | 18 | 7 | 1 | 0 | 22 |
| 6 | 10,218 | 39 | St 2098 | Ruhpolding - Siegsdorf | 9 | 0 | 7 | 30 | 9 | 0 | 0 | 15 |
| 7 | 11,778 | 24 | B 306 | Siegsdorf - Inzell | 0 | 0 | 8 | 18 | 4 | 1 | 1 | 9 |
| 8 | 8,648 | 9 | B 305 | Ruhpolding - Inzell | 0 | 0 | 9 | 4 | 5 | 0 | 0 | 7 |
| 9 | 7,52 | 25 | B 305 | Inzell - Wegscheid | 2 | 0 | 17 | 17 | 4 | 2 | 2 | 13 |
| 10 | 2,006 | 8 | B 305 | Wegscheid - Schneizlreuth | 1 | 0 | 6 | 4 | 3 | 1 | 0 | 5 |
| 11 | 1,993 | 10 | B 21 | Schneizlreuth - Unterjettenberg | 1 | 0 | 9 | 8 | 2 | 0 | 0 | 1 |
| 12 | 6,353 | 37 | B 305 | Unterjettenberg - Wachterl | 0 | 0 | 35 | 29 | 5 | 1 | 1 | 18 |
| 13 | 3,727 | 6 | B 305 | Wachterl - Hochschwarzeck | 0 | 0 | 6 | 4 | 1 | 1 | 0 | 5 |
| 14 | 3,592 | 20 | B 305 | Hochschwarzeck - Ramsau | 0 | 0 | 20 | 19 | 1 | 0 | 0 | 12 |
| 15 | 5,737 | 17 | B 305 | Ramsau - Berchtesgaden | 0 | 0 | 16 | 11 | 5 | 1 | 0 | 10 |
| 16 | 5,532 | 9 | B 20 | Berchtesgaden - Bischofwiesen | 0 | 0 | 6 | 9 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 17 | 17,616 | 52 | B 305 | Berchtesgaden - Marktschellenberg (Ö) | 5 | 28 | 8 | 37 | 11 | 3 | 1 | 27 |
| 18 | 12,306 | 0 | Ö | Melleck - Lofer (Ö) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 19 | 9,518 | 9 | BGL 17 | Hochschwarzeck - Bischofwiesen | 0 | 0 | 0 | 5 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 20 | 12,858 | 34 | B 20 | Bischofwiesen - Bad Reichenhall | 3 | 0 | 14 | 26 | 8 | 0 | 0 | 10 |
| 21 | 4,896 | 22 | B 21 | Melleck - Schneizlreuth | 0 | 0 | 4 | 15 | 3 | 2 | 2 | 4 |
| 22 | 7,268 | 41 | B21 | Unterjettenberg - Bad Reichenhall | 3 | 0 | 6 | 37 | 4 | 0 | 0 | 9 |
| 23 | 7,099 | 17 | B 20 | Bad Reichenhall - Piding | 6 | 0 | 0 | 11 | 4 | 2 | 0 | 5 |
| 24 | 5,539 | 43 | St 2101 | Wegscheid - Bad Reichenhall | 4 | 2 | 0 | 39 | 4 | 0 | 0 | 6 |
| 25 | 9,522 | 0 | Autobahn A8 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 26 | 26,31 | 0 | Autobahn A8 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 27 | 7,972 | 0 | Österreich | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 28 | 39,51 | 0 | Österreich | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 29 | 103,979 | 0 | Österreich | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 30 | 9,139 | 0 | Österreich | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 191,539 | 520 | | | | 80 | 30 | 177 | 406 | 88 | 16 | 7 | 204 |
| | Anzahl der Ing-BW im strategischem Netz | | | | Alter als 50 Jahre < 1959 | Alter als 70 Jahre < 1949 | Alter als 80 Jahre < 1939 | befriedigender BW-Zustand | noch ausreichender BW-Zustand | nicht ausreichender BW-Zustand | ungenügender BW-Zustand | Abschürfung ungenügend |
| | | | | | Folge: Bei 207 Entwässerung abgängig | | | | | | | 19.642 km |

Nach einer Gegenüberstellung und Abwägung der verschiedenen Parameter hat sich für die Ermittlung des Hauptkennwertes Bauwerkszustand die Reduktion der zu berücksichtigen Parameter auf die Anzahl der Bauwerke (inkl. deren Bauwerkslänge) und der Bauwerkszustand als zielführend herausgestellt. Grundsätzlich würde durch die Basiskennzahl (berücksichtigt nur die Standsicherheit und Dauerhaftigkeit) der Erhaltungszustand besser beschrieben werden, aber vor allem bei älteren Bauwerken führt eine Wiederherstellung der Verkehrssicherheit meist zwangsläufig auch zu einer Sanierung des restlichen Bauwerks. Diesen Fällen (204 Stück) kann durch die Berücksichtigung der Bauwerksnote besser Rechnung getragen werden.

Kennwertermittlung

Wie bei den bisherigen Hauptkennwerten, soll die Berücksichtigung des Bauwerkszustandes in der Netzbewertung auch über eine Bewertungsmatrix erfolgen. Bestimmend für das Maß der Beeinträchtigung ist vor allem der Bauwerkszustand, der über die Bauwerksnote ausgedrückt wird. Vor allem die Bauwerke mit den schlechtesten Zustandsnoten sind dabei entscheidend. Sie bilden somit auch den Eingangswert des Bauwerkszustandes (BWZ_{mod}) für die Matrix. Der Eingangsparameter in die Matrix berechnet sich wie folgt: Die Bauwerksnoten (BWN) der beiden schlechtesten Zustandsbereiche eines Funktionsabschnitts werden zusammengezählt und durch die Anzahl der dabei zu berücksichtigenden Bauwerke geteilt. Der sich ergebende Notenbereich entspricht dem Bauwerkszustand - modifiziert.

$$BWZ_{mod} = \frac{\sum BWN_{schlechtster-Zustand} + \sum BWN_{zweit-schlechtster-Zustand}}{\text{Anzahl_berücksichtigte_Bauwerke}}$$

Der zweite bestimmende Wert für die Beeinträchtigung durch Ingenieurbauwerke ist die Anzahl der Bauwerke im Funktionsabschnitt. Sie bestimmt sich aus der Anzahl der Bauwerke, die bei der Zustandsnote berücksichtigt wurden. Da es einen großen Unterschied macht, ob ein Bauwerk z.B. 5m oder 200m lang ist, soll dieser Umstand in die Bewertung mit einfließen. Dies geschieht wie bei der Zustandsnote mit einem modifizierten Wert, der modifizierten Bauwerksanzahl (BWA_{mod}). Für die Ermittlung der modifizierten Bauwerksanzahl wird auf die Gesamtzahl der Bauwerke im Untersuchungsgebiet (ca. 560 Stück) und deren gesamte Bauwerkslänge (ca. 30 km) zurückgegriffen. Dividiert man die Gesamtlänge mit der Bauwerksanzahl, würde dies eine mittlere Bauwerkslänge von ca. 53,5 m (= ca. 50 m) ergeben. Bei der Ermittlung der modifizierten Bauwerksanzahl werden nun diese 50 m zugrunde gelegt. Man addiert die Bauwerkslängen der Bauwerke innerhalb der beiden schlechtesten Zustandsbereiche und teilt sie dann durch die 50 m, und erhält so den zweiten Eingangswert in die Matrix.

$$BWA_{mod} = \frac{\sum BWL_{schlechtster-Zustand} + \sum BWL_{zweit-schlechtster-Zustand}}{50}$$

Über die Matrix Zustand Ingenieurbauwerke (Abb. 138) wird im Anschluss der Hauptkennwert für den Funktionsbereich zur Berücksichtigung im strategischen Netz ermittelt.

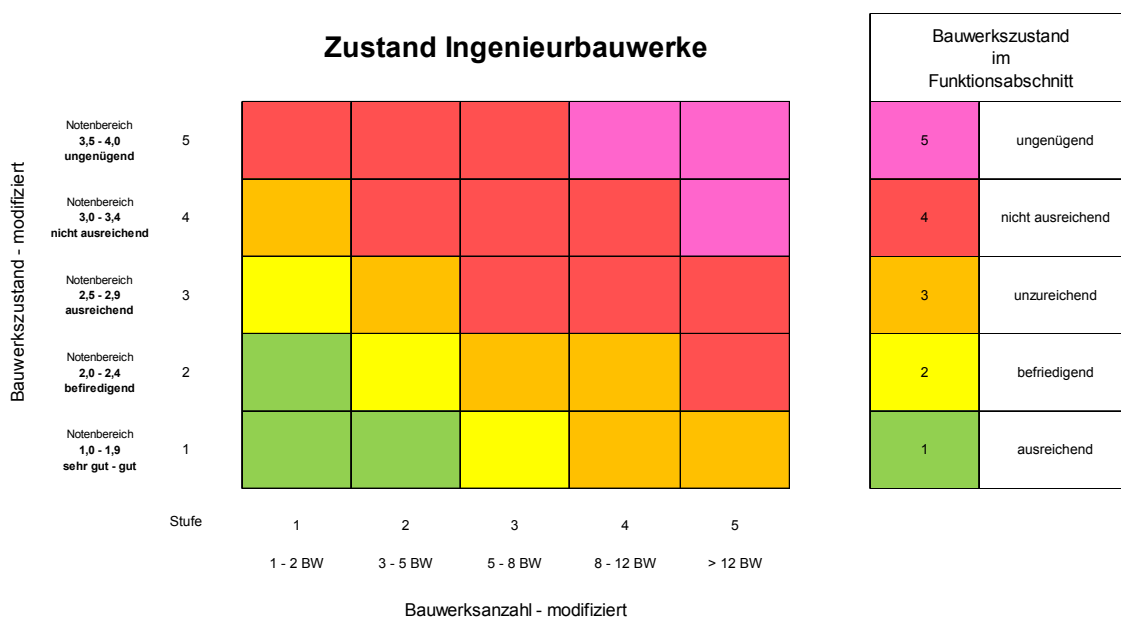


Abb. 138: Beurteilungsmatrix für den Hauptkennwert Straßenzustand im Funktionsabschnitt.

8.3 Kennwert 3: Bestehende Sicherungsbauwerke

Die Intention des Kennwertes - bestehende Sicherungsbauwerke - lässt sich am besten an einem Beispiel erklären. Der Funktionsabschnitt 12; B 305 Unterjettenberg – Wachterl ist 6,353 km lang. Über die letzten dreißig Jahre wurden in diesem Abschnitt an der Weißwand 16 Lawenstriche mit über 6.000 Sicherungsbauwerken verbaut (Abb. 139). Im Katastrophenwinter 2019 musste die Straße trotzdem gesperrt werden. Grund war ein noch nicht gesicherter Lawenstrich am Gegenhang.

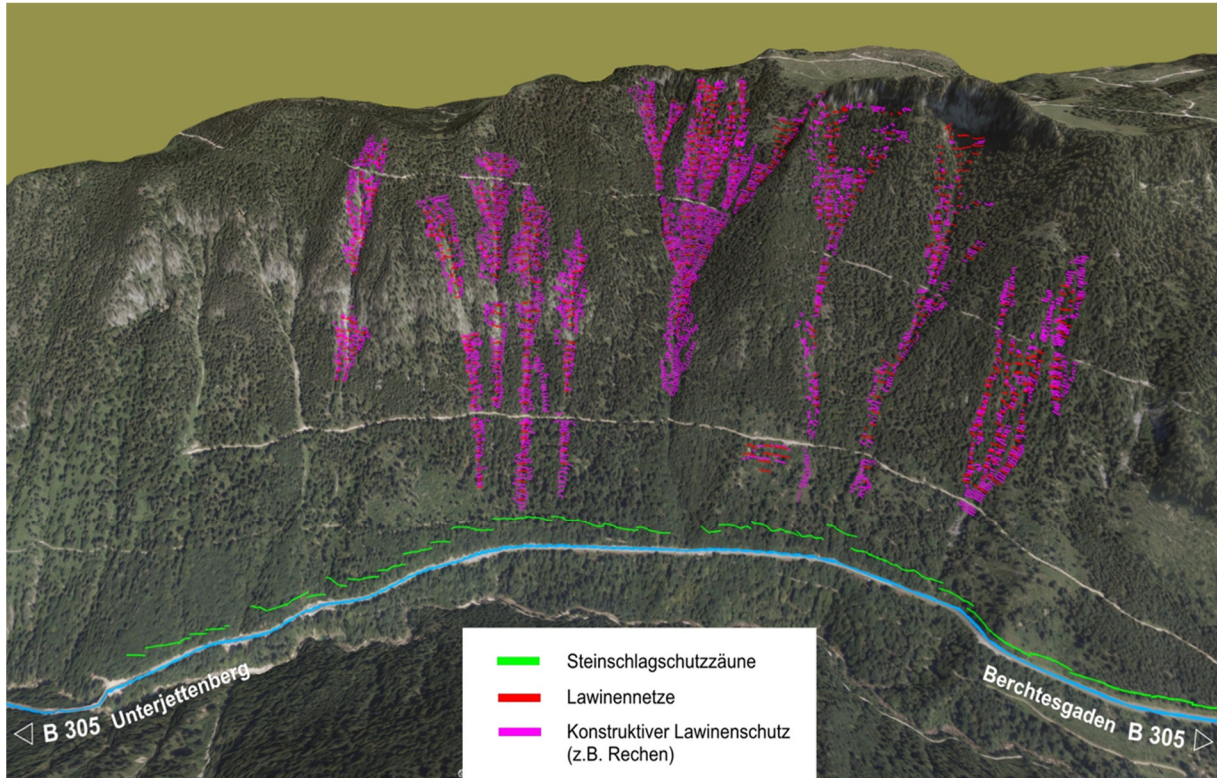


Abb. 139: Ansicht über den Bereich Weißwand mit Darstellung der errichteten Sicherungsbauwerke

Im Grunde kann der Kennwert für jede Prozessart oder für alle Gefahrenprozesse gemeinsam ermittelt werden und darüber Auskunft geben, welche Aufwendungen innerhalb einer Funktionsstrecke für alle Naturgefahren oder für nur eine Prozessart bereits aufgewendet wurde. Er ist vor allem in Verbindung mit anderen Kennwerten von Bedeutung wie folgende drei Beispiele verdeutlichen:

Beispiel 1: Wie der geschilderte Fall an der Weißwand zeigt, kann er in Verbindung mit der Naturgefahrenanalyse Aufschluss darüber geben, wie dringlich bzw. wie wirtschaftlich es ist, noch verbliebene Gefahren einer Prozessart in einem Funktionsabschnitt umfänglich durch technische Sicherungsbauwerke zu verbauen. Wird nur eine Teilverbauung gewählt, muss geprüft werden, ob nicht andere Lösungsmöglichkeiten in Erwägung zu ziehen sind. Bei einem Funktionsabschnitt wie der Weißwand wird man sich sicherlich dafür entscheiden, den einen verbliebenen Lawenstrich noch technisch zu verbauen. In Bereichen, in denen kaum noch Bauwerke vorhanden sind, könnte eine Lösung aber auch darin bestehen, mit den Sperrungen zu leben und die Mittel stattdessen in eine Verbesserung der Prognosewahrscheinlichkeit und der Umfahrungsstrecken zu investieren.

Beispiel 2: Der Kennwert gibt auch darüber Auskunft, mit welchem Betreuungs- und Wartungsaufwand für den Streckenabschnitt zu rechnen ist. Viele Bauwerke bedeuten kostenintensive Unterhaltungsarbeiten, viele Bauwerkskontrollen und -prüfungen, regelmäßige Eingriffe in Naturräume, etc.

Beispiel 3: In Verbindung mit den naturschutzrechtlichen Betrachtungen kann er Aufschluss darüber geben, wie stark in diesem Funktionsbereich bereits in naturschutzrechtliche Flächen eingegriffen wurde und ob weitere Eingriffe evtl. noch zu erwarten sind.

Berücksichtigung bei einer Netzbewertung:

Der richtige Eingangsparameter in diesem Zusammenhang wäre eigentlich die Kosten der bisher verwirklichten Schutzmaßnahmen. Würde die Anzahl oder die Länge der Bauwerke berücksichtigt, könnte es zwischen den unterschiedlichen Sicherungsbauwerken zu enormen Verwerfungen kommen. Auch dies lässt sich an einem Beispiel am besten darstellen. Wird ein Lawenstrich, wie in der Weißwand verbaut, sind hierfür viele Bauwerke mit einer großen Bauwerkslänge erforderlich. Die Kosten eines großen Verbaugebietes belaufen sich auf ca. 1-2 Mio. €. Wird stattdessen eine ca. 150 m lange Schutzgalerie errichtet, ergibt sich ein Bauwerk mit nur 150 m Länge. Die Kosten dafür sind aber mindestens gleich hoch, voraussichtlich sogar deutlich höher. Aus diesem Grund ist der beste Eingangsparameter die Bauwerkskosten. Problem bei einer Berücksichtigung der Baukosten ist natürlich die Preissteigerung über die Jahre. Aus diesem Grund sollten nicht die wirklichen Baukosten, sondern immer der Wert des aktuell erforderlichen Investitionsvolumens für die Errichtung einer Maßnahme angesetzt werden. Dies kann über einen Preissteigerungsindex der Baukosten oder durch aktuell gehaltene Kennwerte für einzelne Sicherungsbauwerke ermittelt werden.

Ein zweiter Parameter für die Ermittlung des Kennwertes ist nicht vorgesehen. Somit wird der Kennwert ausschließlich durch die Baukosten der bestehenden Bauwerke bestimmt. Er wird als Kategorie ausgedrückt, die über ein Diagramm (Abb. 140) bestimmt wird.

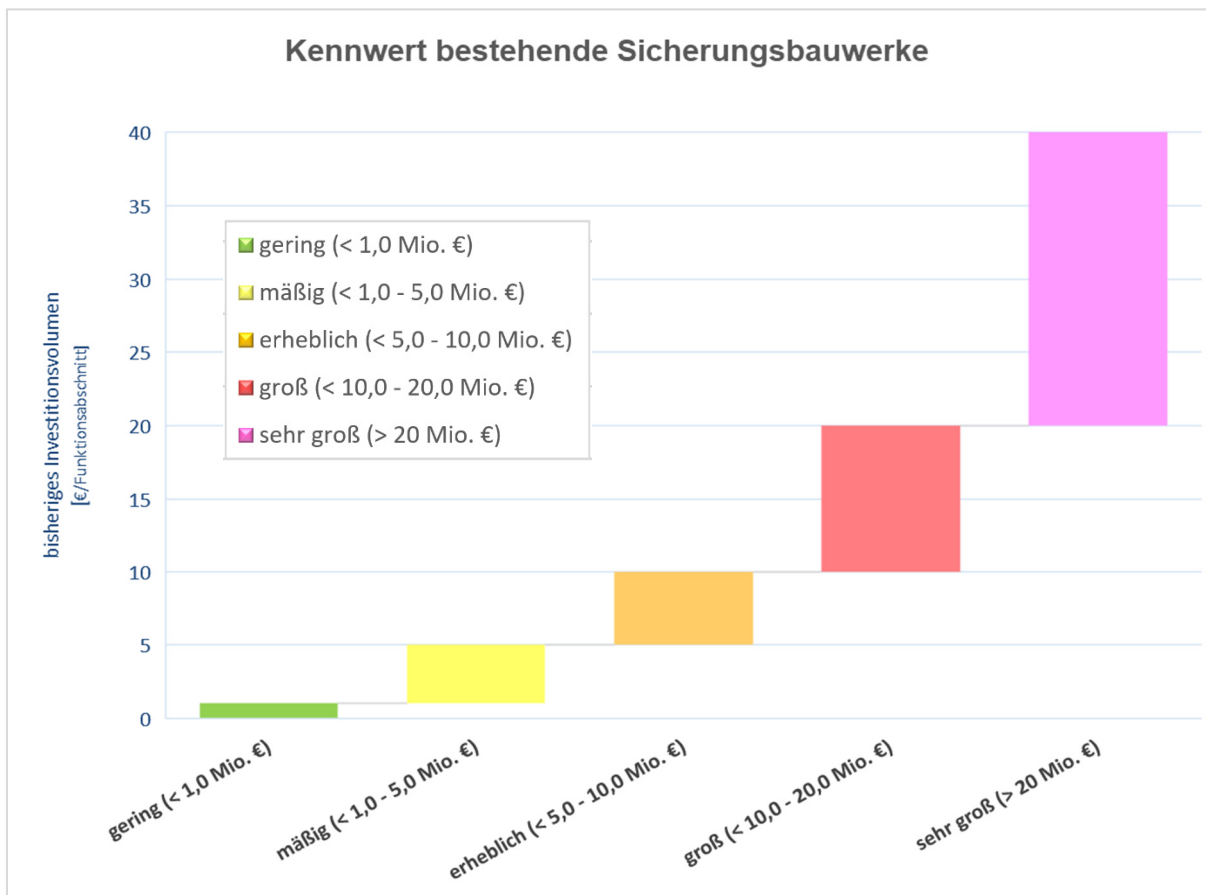


Abb. 140: Diagramm zur Bestimmung des Hauptkennwertes - bestehende Sicherungsbauwerke - im Funktionsabschnitt.

8.4 Kennwert 4: Naturschutzrechtliche Belange

Warum die naturschutzrechtlichen Belange eine so große Bedeutung haben, wurde bereits unter Punkt 7.2 ausführlich dargestellt. Ausschlaggebend ist die Art des Naturschutzgebietes und die Größe der Fläche. Der Kennwert naturschutzrechtliche Belange soll darüber Auskunft geben, wie schwer es aus naturschutzrechtlicher Sicht ist, die Erlaubnis für den Bau und die Unterhaltung von Schutzmaßnahmen zu erhalten. Denn auch jede Erhaltungsmaßnahme bedeutet ggf. eine neuerliche naturschutzrechtliche Genehmigung. Auch diese Beurteilung hängt von den Faktoren Größe des Eingriffes und Art des Schutzgebietes ab.

Berücksichtigung in der Netzbewertung

Wie bei naturschutzrechtlichen Verfahren üblich, muss auch bei der Bewertung der Eingriffe zwischen den verschiedenen Eingriffsphasen unterschieden werden. Zum einen entstehen Eingriffe durch das Bauwerk an sich. Zum anderen gibt es Eingriffe während des Baus und letztlich noch im Zuge der Unterhaltung der Schutzmaßnahmen. Diese drei Phasen sind getrennt voneinander zu untersuchen und final über eine Kennzahl abzubilden.

Phase 1: Eingriffe, die durch die Errichtung der Maßnahme selbst entstehen

Bei dieser Betrachtung wird die fertige Maßnahme nach dem Bau betrachtet und beurteilt. Sie richtet sich vornehmlich nach dem Flächenbedarf und der Wertigkeit der betroffenen Fläche (Abb. 141).

| | | Naturenschutzrechtlicher Eingriff (Endzustand) | | | | | Maß des naturschutzrechtlichen Eingriffes bei Neubaumaßnahmen (technische Sicherungsmaßnahmen) | | | | |
|-----------------------------------|---|--|---|---|---|--|--|--|---|-----------|-----------|
| Wertigkeit der betroffenen Fläche | Nationalpark | 5 | | | | | | | 5 | sehr groß | |
| | FFH-Gebiete, SPA-Vogelschutzgebiete | 4 | | | | | | | | 4 | groß |
| | Schutzgebiete mit Eingriff nach spezieller artenschutzrechtlicher Prüfung (saP) | 3 | | | | | | | | 3 | erheblich |
| | Biotope, Landschaftsschutzgebiete | 2 | | | | | | | | 2 | mäßig |
| | Gebiete ohne Schutzstatus | 1 | | | | | | | | 1 | gering |
| | Stufe | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | |
| | | Betroffene Fläche < 200 m ² | Betroffene Fläche > 200 m ² / < 500 m ² | Betroffene Fläche > 500 m ² / < 1.000 m ² | Betroffene Fläche > 1.000 m ² / < 2.000 m ² | Betroffene Fläche > 2.000 m ² | | | | | |
| | | Größe der betroffenen Fläche | | | | | | | | | |

Abb. 141: Beurteilungsmatrix für den naturschutzrechtlichen Eingriff der Schutzmaßnahme.

Phase 2+3: Eingriffe, die während des Baus und der späteren Unterhaltung der Maßnahmen entstehen

Bei der Bewertung der Eingriffe während des Baus oder der späteren Unterhaltung, findet häufig kein Flächenverbrauch mehr statt. Die Eingriffe richten sich dann eher nach Bauzeit, Lärm usw. und nehmen oft eine entscheidende Rolle ein. Auch sie können unter Umständen dazu führen, dass Maßnahmen nicht erstellt, bzw. nicht ordnungsgemäß unterhalten werden können. Für die Bewertung dieser Eingriffe kann

im Grunde aber eine ähnliche Matrix (Abb. 142) wie beim Neubau verwendet werden. Der erste Eingangsparameter ist dabei wieder die Art des Naturschutzgebietes, der zweite Parameter ist jedoch eine Abschätzung der Eingriffsintensität. Dabei sind Bauzustände oder die Unterhaltungsarbeiten zu beurteilen. Entscheidende Punkte sind Dauer und Zeitpunkt der Eingriffe, sowie die Art der Arbeiten und der Andienung. Es sollte unbedingt eine eigene Beurteilung für Bau- und Unterhaltungsphasen durchgeführt werden.

Naturschutzrechtlicher Eingriff (Bau + Unterhaltung)

| | | | | | | | Maß des naturschutzrechtlichen Eingriffs während des Baus oder der Unterhaltungsarbeiten | | |
|-----------------------------------|--|-------------------------------------|-------|-----------|------|-----------|---|---|-----------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | |
| Wertigkeit der betroffenen Fläche | Nationalpark | 5 | | | | | | 5 | sehr groß |
| | FFH-Gebiete, SPA- Vogelschutzgebiete | 4 | | | | | | 4 | groß |
| | Schutzgebiete mit Eingriff nach spezieller artenschutzrechtlicher Prüfung (saP) | 3 | | | | | | 3 | erheblich |
| | Biotop-, Landschafts- schutzgebiete | 2 | | | | | | 2 | mäßig |
| | Gebiete ohne Schutzstatus | 1 | | | | | | 1 | gering |
| Stufe | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | |
| | | gering | mäßig | erheblich | groß | sehr groß | | | |
| | | Beurteilung der Eingriffsintensität | | | | | | | |

Abb. 142: Beurteilungsmatrix für den naturschutzrechtlichen Eingriff bei der Herstellung und der späteren Unterhaltung.

Es macht keinen Unterschied, in welcher der drei Phasen naturschutzrechtliche Beeinträchtigungen entstehen und somit die Verwirklichung bzw. den Unterhalt einer Maßnahme erschweren. Aus diesem Grund sollte für die Bestimmung des Hauptkennwertes der ungünstigste Wert der drei Phasen für eine Bewertung herangezogen werden.

8.5 Kennwert 5: Forstrechtliche Belange

Die Gründe dafür, dass forstrechtliche Eingriffe berücksichtigt werden müssen, ergeben sich aus den Untersuchungen, die unter Kapitel 7.3 dargestellt sind. Ausschlaggebend sind die Art des betroffenen Waldes und die Größe der Eingriffsfläche. Der Kennwert zu den forstrechtlichen Belangen soll darüber Auskunft geben, wie groß die Folgen für die betroffenen Wälder sind, die sich durch die Herstellung von Schutzmaßnahmen ergeben. Da die naturschutzrechtlichen Eingriffe bereits unter Kapitel 8.4 mit abgedeckt sind, ist bei der forstrechtlichen Betrachtung nur der Waldeingriff selbst maßgebend.

Berücksichtigung in der Netzbewertung

Ausschlaggebende Eingangsparameter für eine Wertungsmatrix (Abb. 143) sind die betroffene Waldart nach Tab. 25 und die Waldfläche, die durch eine Schutzmaßnahme beeinträchtigt wird.

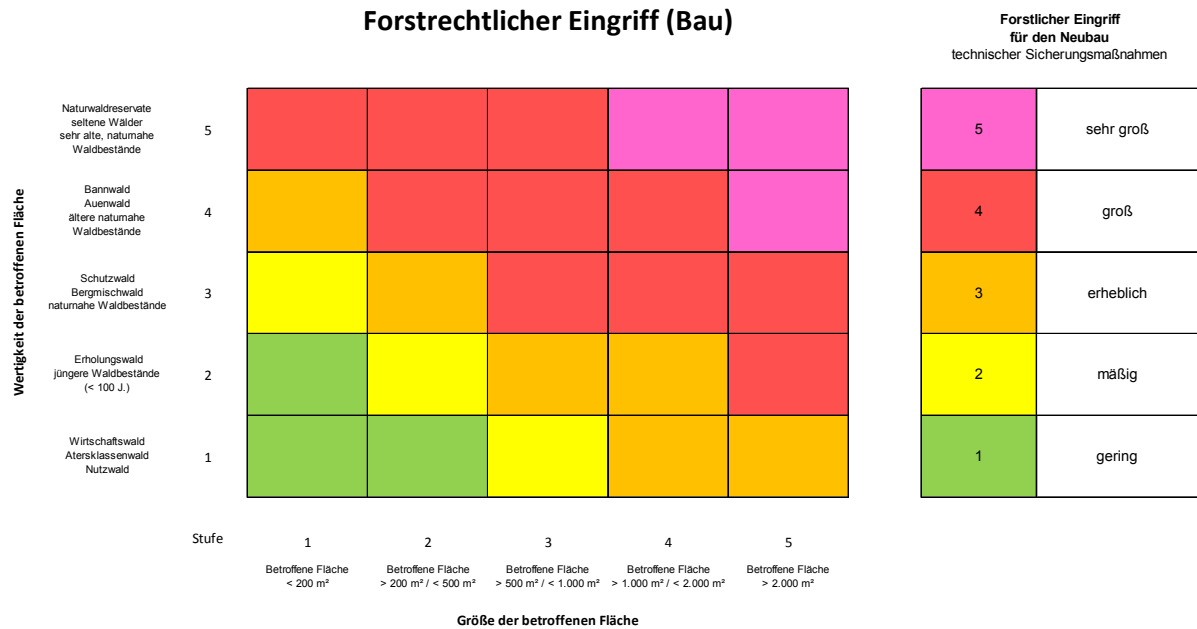


Abb. 143: Beurteilungsmatrix für den forstrechtlichen Eingriff bei der Herstellung von Schutzmaßnahmen.

8.6 Kennwert 6: Rechtliche Umsetzbarkeit

Um die rechtliche Situation in einem Funktionsabschnitt besser abschätzen zu können, wird die rechtliche Umsetzbarkeit von Schutzmaßnahmen über einen Kennwert bestimmt. Wie unter Kapitel 8.6 untersucht, hängt dieser von unterschiedlichen Faktoren ab. Maßgeblich bei der zeitlichen Komponente ist vor allem das benötigte Verfahren, das für eine Umsetzung erforderlich ist. Zum anderen ist es die Art der Betroffenheit in Verbindung mit deren Umfang und Qualität.

Berücksichtigung in der Netzbewertung

Für eine Berücksichtigung bei einer Netzbetrachtung sollten daher die potentiell Betroffenen grundsätzlich ermittelt werden (z.B. über Grundbuchauszug der Nachbargrundstücke). Zudem muss eine Abschätzung über die Qualität dieser Betroffenheit erfolgen. Sie reicht von gering betroffen bis existenzgefährdend. Einen Anhaltspunkt für den Eingangsparameter in die Bewertungsmatrix kann mittels einer Hilfsmatrix (Abb. 144) erfolgen.

| | | Ausmaß der Betroffenheit | | | | | Außmaß der Betroffenheit bei einer Maßnahmendurchführung (technische Sicherungsmaßnahmen) | |
|---------------------------------|---|---|--|--|---|--|--|-----------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| Qualität der betroffenen Fläche | Sperrgrundstücke Existenzbedrohung | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | sehr groß |
| | Private Flächen, Wohnbebauung | 4 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | groß |
| | Gewerbliche Land- und Forst- wirtschaftliche Flächen | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | erheblich |
| | Staatliche Flächen Kommunale Flächen | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | mäßig |
| | eigene Flächen | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | gering |
| Stufe | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| | | geringe Fläche ($< 200 \text{ m}^2$) | mäßige Fläche $200 \text{ m}^2 - 600 \text{ m}^2$ | erhebliche Fläche $600 \text{ m}^2 - 1.800 \text{ m}^2$ | große Fläche $1.800 \text{ m}^2 - 5.400 \text{ m}^2$ | sehr große Fläche $> 5.400 \text{ m}^2$ | | |
| | | Größe der betroffenen Fläche | | | | | | |

Abb. 144: Hilfsmatrix für eine Abschätzung der rechtlichen Betroffenheit.

Ausschlaggebend für das Ausmaß der Betroffenheit sollte immer das ungünstigste Grundstück sein. Oftmals legt es bereits das Verfahren fest, das für eine Genehmigung erforderlich ist. Maßgeblich für die Auswahl eines Verfahrens ist der absehbare Interessenskonflikt und der Aufwand, bzw. die Zeitschiene, in der ein Projekt verwirklicht werden soll. Besteht die Möglichkeit sich außerhalb einer Planfeststellung zu einigen, wird meist versucht, diese zu umgehen. Grund ist die zeitliche Schiene und der erforderliche Aufwand. Je formeller ein Verfahren ist, desto größer ist der Aufwand und der zeitliche Rahmen für die Genehmigung eines Projektes und somit der Umsetzung der Schutzmaßnahme.

Der Kennwert rechtliche Umsetzbarkeit soll somit vielmehr als Kombination aus Aufwand und grundsätzlicher Einschätzung über die rechtliche Genehmigungsfähigkeit von Schutzmaßnahmen in einem Funktionsabschnitt gesehen werden. Zum einen erleichtert die Einfachheit eines Verfahrens eine Umsetzung. Zum anderen kann sie dazu führen, dass ein Verfahren scheitert, da wie in Kapitel 7 beschrieben, nur ein Planfeststellungsverfahren eine Abwägung von Interessen zulässt. Alle anderen

Verfahren setzen die Zustimmung bzw. eine Einigung mit Betroffenen voraus. Eine Abschätzung bzw. Entscheidung, welcher Weg beschritten wird, basiert meist auf einer Abschätzung durch den Straßenbaulastträger, auf welchem Weg er glaubt, sein Ziel am schnellsten erreichen zu können.

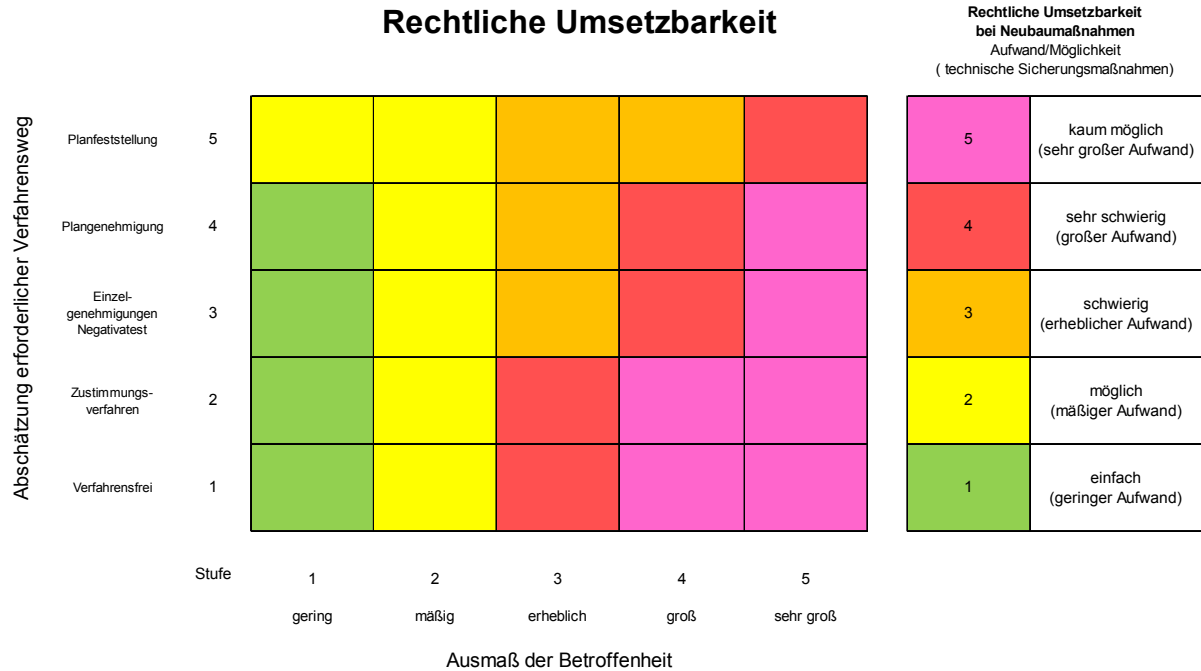


Abb. 145: Beurteilungsmatrix für die rechtliche Umsetzbarkeit bei der Herstellung von Schutzmaßnahmen.

Der Aufbau der Matrix (Abb. 145) basiert auf persönlichen Erfahrungen bei der Umsetzung von Schutzmaßnahmen. Sie berücksichtigt, dass Planfeststellungen bei Schutzmaßnahmen meist zum Ziel führen, da es sich um bestehende Straßen handelt und ein hochwertiges Ziel verfolgt wird, nämlich der Schutz von Verkehrsteilnehmern. Der Aufwand, die Zeit und die Auflagen, die aus einem formellen Verfahren resultieren, sowie die zusätzlichen Kosten sind im Vorfeld meist schwer abschätzbar.

8.7 Kennwert 7: Wirtschaftliche Bedeutung

Der Kennwert wirtschaftliche Bedeutung soll zum einen dazu dienen die Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen abzuwägen. Dabei soll jedoch vermieden werden, Todesfälle oder Unfallkosten zu monetarisieren und wirtschaftlich abzuwägen. Dafür sind die gesetzlichen Rahmenbedingungen in Deutschland nicht vorhanden. Der Kennwert soll vielmehr zeigen, ob es sinnvoller ist eine technische Sicherung durchzuführen oder eine Sperrung in Kauf zu nehmen.

Zum anderen zielt der Kennwert auf den Wert einer Strecke hinsichtlich ihrer Erschließungsfunktion ab. Wie bereits beschrieben dienen viele überregionale Straßen auch dem örtlichen Verkehr und regionalen Interessen. Auch wenn das Hauptaugenmerk dieser Straßen grundsätzlich auf der Verbindungsfunktion beruht, dürfen diese Anforderungen nicht komplett vernachlässigt werden. Wie in Punkt 2.2 dargestellt, ist der Tourismus das wirtschaftliche Rückgrat des Untersuchungsgebietes. Viele Gemeinden haben sich zu Tourismusgemeinschaften zusammengeschlossen. Attraktionen in einer Gemeinde sind oft lebensnotwendig für viele Nachbargemeinden. Stehen Streckenabschnitte regelmäßig oder zu besonderen Anlässen nicht zur Verfügung, kann dies schwere wirtschaftliche Folgen für eine ganze Region nach sich ziehen. Bestes Beispiel hierfür ist die B 305 zwischen Reith im Winkel und Ruhpolding. Die B305 verbindet sowohl die Gemeinde Ruhpolding als auch die Gemeinde Reith im Winkel mit dem Ski- und Loipengebiet Segatterl und dem Drei-Seen-Gebiet. Sie ist zudem Zufahrtstraße vieler Gemeinden zum wirtschaftlich wichtigsten Event des Jahres, dem Biatlon-Weltcup in der Chiemgauarena. Steht diese Straße, wie 2019 in den Wintermonaten wegen Lawinengefahr, nicht oder nur eingeschränkt zur Verfügung, hat das massive wirtschaftliche Folgen für die ganze Region.

Berücksichtigung in der Netzbewertung

Die Betrachtung der Wirtschaftlichkeit soll über die Beurteilungsmatrix „Wirtschaftlichkeit einer technischen Sicherung“ (Abb. 146) mit den beiden Hauptparametern „Kosten der Sicherungsmaßnahmen“ und die „wirtschaftliche Gesamtbedeutung des Funktionsabschnittes“ erfolgen.

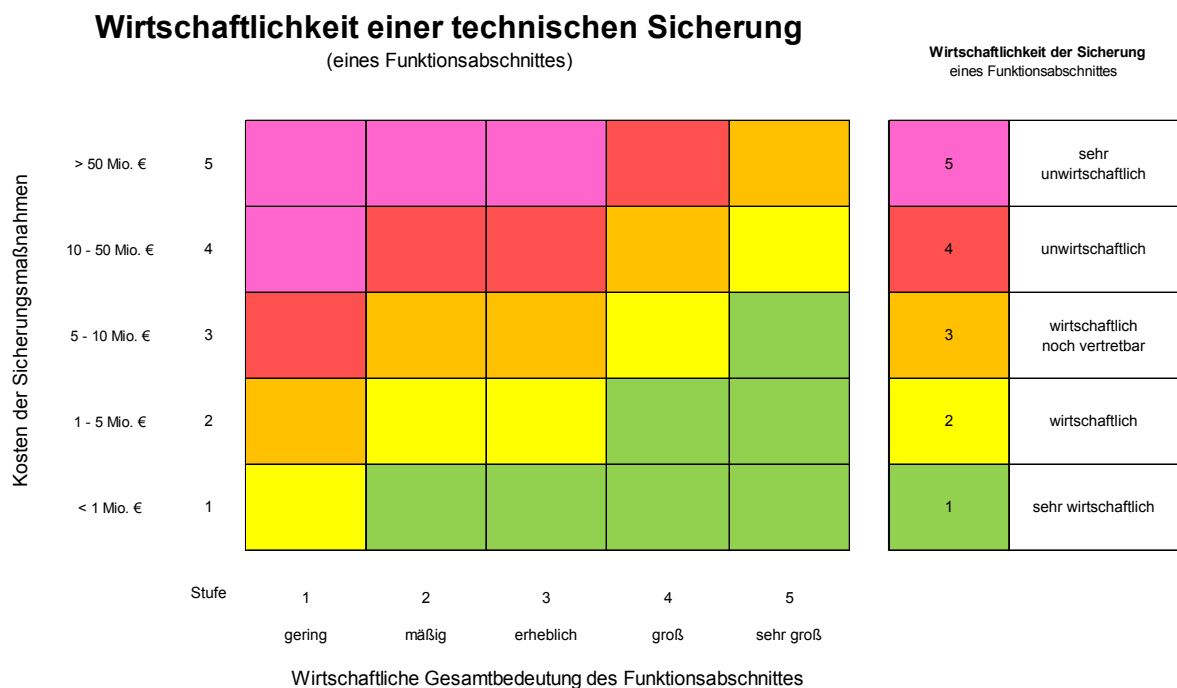


Abb. 146: Beurteilungsmatrix für die rechtliche Umsetzbarkeit bei der Herstellung von Schutzmaßnahmen.

Die Kosten der Sicherungsmaßnahmen, die anfallen um den Funktionsabschnitt vor Naturgefahren zu sichern, können dabei anhand der in den Ämtern vorhanden Schätzkostentabellen für Sicherungsbauwerke ermittelt werden.

Der Parameter „wirtschaftliche Gesamtbedeutung eines Funktionsabschnittes“ setzt sich im Wesentlichen aus zwei Faktoren zusammen. Ein Parameter ist dabei die regionale wirtschaftliche Betrachtung, also die wirtschaftliche Bedeutung eines Funktionsabschnittes für eine Gemeinde oder Landkreis. Der zweite Parameter ist eine allgemeine, volkswirtschaftliche Betrachtung. Er bestimmt sich aus den Aufwendungen, die entstehen, wenn eine Strecke wegen Naturgefahren gesperrt werden muss (Im Grunde den Umleitungskosten). Für eine genaue Berechnung kann dabei auf verschiedene Verfahren bzw. auf die Richtlinien für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen (FGSV 2002) zurückgegriffen werden. Beide Parameter müssen erst getrennt voneinander betrachtet und anschließend zusammengeführt werden.

Da diese Verfahren sehr aufwendig sind und sehr viele Grunddaten benötigen, kann eine erste Abschätzung auch über drei Hilfsmatrizen erfolgen. Dafür wird zuerst die „regionale wirtschaftliche Bedeutung“ (Abb. 147) und danach die „Umleitungsfolgekosten eines Funktionsabschnittes“ (Abb. 148) über eine Matrix abgeschätzt. Über die Matrix „wirtschaftliche Gesamtbedeutung“ (Abb. 149) werden beide Werte anschließen zusammengeführt und bilden den Eingangsparameter der Bewertungsmatrix.

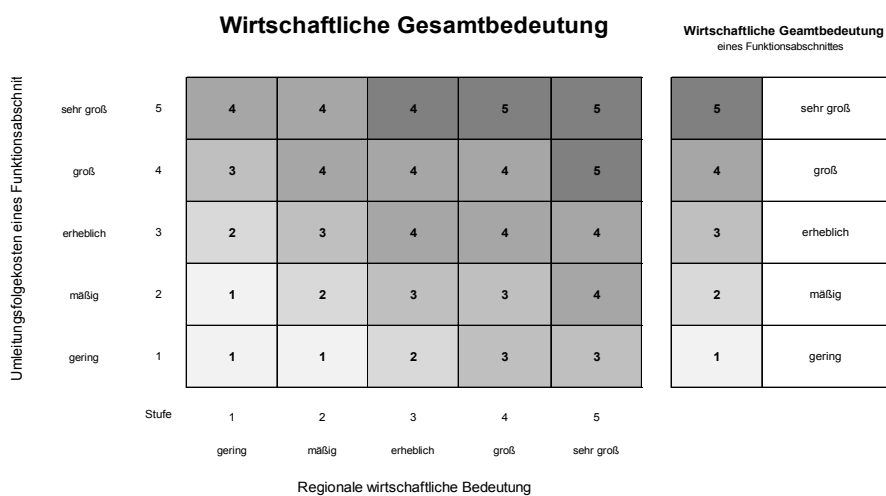
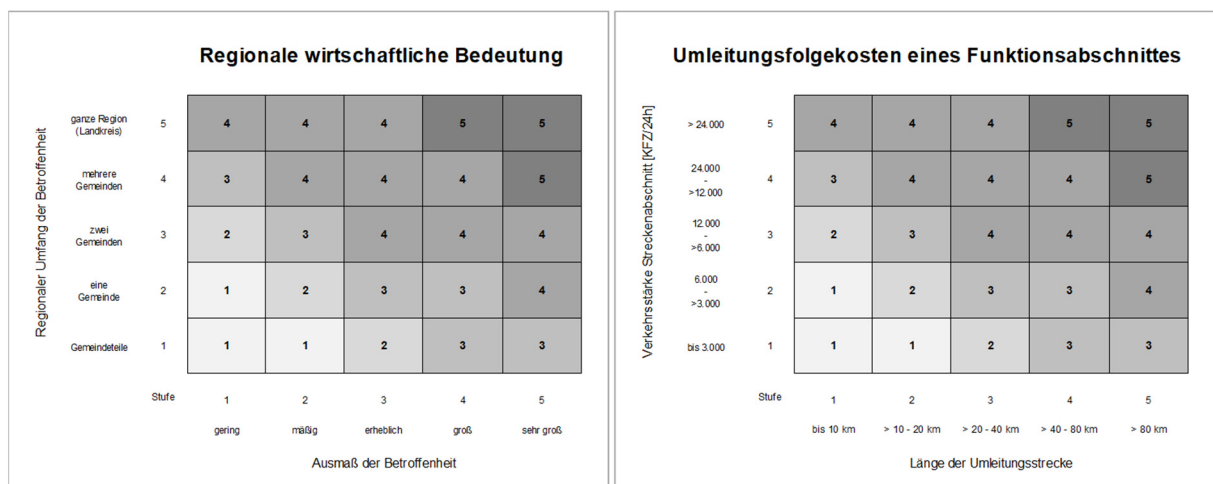


Abb. 147-149: Hilfsmatrizen für die Ermittlung des Parameters „Wirtschaftliche Gesamtbedeutung“

9 Neues Konzept zum Umgang mit Naturgefahren an übergeordneten Straßen (Bundes-, Staats-, und Kreisstraßen) in den südöstlichen Alpenlandkreisen BGL und TS

In den vorangegangenen Kapitel 4, 5 und 6 wurden grundlegende Untersuchungen zum Thema Naturgefahren an Straßen durchgeführt. Es wurden Naturgefahrenereignisse, sowie vorhandene Sicherungsbauwerke und Schutzmaßnahmen erfasst und ausgewertet. Des Weiteren wurden die Projekte untersucht, die in den letzten Jahren zum Schutz vor Naturgefahren im Untersuchungsgebiet abgewickelt wurden. Basierend auf diesen Grundlagedaten wurde für das überregionale Straßennetz in den südlichen Landkreisen Berchtesgadener Land und Traunstein eine Methode für die Erstellung einer Naturgefahrenanalyse aufgezeigt. Des Weiteren wurde ein Verfahren zur Ermittlung wichtiger Kennwerte für einen systematischen Umgang der Naturgefahren in einem Straßennetz entwickelt.

Als letzter Punkt bleibt noch eine Systematik aufzuzeigen, wie die ermittelten Kennwerte und die Naturgefahrenanalyse der vorherigen Kapitel, am effektivsten genutzt werden können. Ziel ist ein strategisches Konzept für den Umgang der Naturgefahren am übergeordneten Streckennetz zu erstellen.

Kennwerte

Dafür ist es wichtig in einem ersten Schritt nochmals kurz zu resümieren, für was die einzelnen Kennwerte stehen.

1.) Netzfunktion

Die Netzfunktion gibt Auskunft darüber, wie gut ein Funktionsabschnitt im Falle einer Sperrung umgeleitet werden kann. Dies betrifft zum einen Sperrungen die im Zuge einer Gefahrensituation (Lawinensperrung) erfolgen müssen und zum anderen gibt er einen Anhaltspunkt mit welchen Problemen im Falle einer Sperrung wegen Baumaßnahmen (Bau einer Galerie) zu rechnen ist.

Wird geplant den Funktionsabschnitt öfter im Zuge von Gefahrenlagen zu sperren (z.B. Monitoring an einem Murgerinne mit automatischer Streckensperre), sollte dieser Wert verbessert werden (z.B. Umbau der Knotenpunkte zu Kreisverkehren)

2.) Zustand der Straße

Der Kennwert gibt Auskunft wann und in welchem Umfang im Funktionsabschnitt mit einer Unterhaltungsmaßnahme an der Straße zu rechnen ist. Diese Information kann einerseits genutzt werden um Speerrungen aufeinander abzustimmen. Er kann aber auch Anhaltspunkt dafür sein, bis wann Sicherungsmaßnahmen ggf. abgeschlossen sein müssen. Grundberäumungen, Felssprengungen, usw. sollten grundsätzlich vor einer Straßenerhaltungsmaßnahme durchgeführt werden.

3.) Zustand der Ingenieurbauwerke

Über den Kennwert erhält man einen Überblick, in welchem baulichen Zustand sich die Brücken oder Stützbauwerke im betreffendem Funktionsabschnitt befinden. Er ist wichtig um Maßnahmen und Straßensperren aufeinander abzustimmen und um ggf. auch gemeinsame Bauwerke (z.B. Galerie) zu planen, oder neue Bauwerke so zu planen, dass sie auf die Naturgefahrenanforderungen ausgelegt sind (z.B. Vergrößerung des Durchflussquerschnitts)

4.) Bestehende Sicherungsbauwerke

Über diesen Kennwert kann man das bisherige Investitionsvolumen ablesen, das im Funktionsabschnitt bisher aufgewendet wurde, um vor Naturgefahren zu schützen. Er kann Entscheidungshilfe sein, in welcher finanziellen Höhe weitere bauliche Maßnahmen vertretbar sind. Wurden z.B. bereits mehrere Lawinenrinnen verbaut, macht es keinen Sinn, die letzte nicht auch noch zu verbauen und so zukünftig Sperrungen auszuschließen. Der Wert lässt aber auch Rückschlüsse zu, mit welchen Unterhaltungsaufwendungen im Abschnitt zu rechnen ist. Aus den Erfahrungen im Staatlichen Bauamt Traunstein, stehen Baukosten und Unterhaltungsaufwand bei Sicherungsbauwerken oft in einem festen Verhältnis zueinander.

5.) Naturschutzrechtliche Belange

Hiermit kann die grundsätzliche Wertigkeit der angrenzenden Schutzgebiete abgeschätzt werden. Er zeigt zudem, wie Baumaßnahmen bzw. die Schutzmaßnahmen selbst, aus naturschutzrechtlicher Sicht bewertet werden und lässt Rückschlüsse zu, wie groß der Widerstand bei einer Baumaßnahme, oder späteren Unterhaltungsmaßnahme sein wird.

6.) Forstrechtliche Belange

Der Kennwert gibt Auskunft über die grundsätzliche Waldwertigkeit und zeigt, im welchem Maße Waldflächen betroffen wären.

7.) Rechtliche Umsetzbarkeit

Damit kann das Ausmaß der Betroffenheit (Qualität und Quantität) z.B. von Anliegern abgeschätzt werden. Des Weiteren stellt er dar, welches Verfahren der Baulastträger vor einer Umsetzung von Schutzmaßnahmen voraussichtlich durchlaufen muss.

8.) Wirtschaftlichkeit

Dieser Kennwert gibt Auskunft darüber, ob ein geplanter technischer Aufwand für den Bau von Schutzmaßnahmen, für den betrachteten Funktionsabschnitt noch wirtschaftlich ist oder nicht.

9.1 Ergebnisdarstellung

In einem zweiten Schritt, soll für jeden Funktionsabschnitt eine Naturgefahrenanalyse nach der in Kapitel 6 dargestellten Methode erstellt werden.

Im Anschluss werden für jeden Funktionsabschnitt die ermittelten Werte der Risikoanalyse und die acht Kennwerte in einem Diagramm dargestellt. Diese Visualisierung hilft, um Zusammenhänge leichter zu erkennen und eine Schutzstrategie für den einzelnen Abschnitt als auch für das gesamte Netz zu konzipieren. Es sollten in jedem Funktionsabschnitt immer zwei getrennte Diagramme verwendet werden. Eine sehr übersichtliche Darstellung kann über die Verwendung eines Netzdiagramms erreicht werden.

In Diagramm eins „Naturgefahrenanalyse“ (Abb. 150) werden die Werte der Risikoanalyse, in Diagramm 2 „Kennwerte“ (Abb. 151) die ermittelten Kennwerte des Funktionsabschnittes eingetragen.

Hinweis:

In den Diagrammen sind die Werte für Eisschlag und Hochwasser mit dargestellt, obwohl sie in dieser Arbeit aufgrund fehlender Daten nicht behandelt werden konnten. Die Berücksichtigung bei den Beispielen erfolgt auf einer fachlichen Einschätzung.

Kennwerte Funktionsabschnitt XY

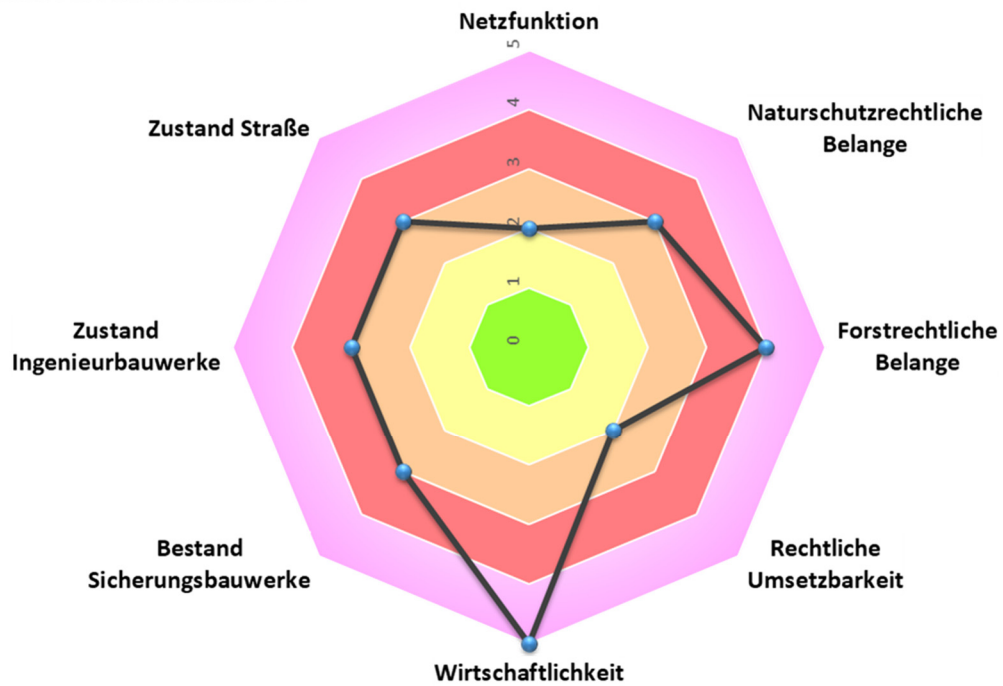


Abb. 150: Fiktives Netzdiagramm zur beispielhaften Darstellung der Kennwerte in einem Funktionsabschnitt.

Naturgefahrenanalyse Funktionsabschnitt XY

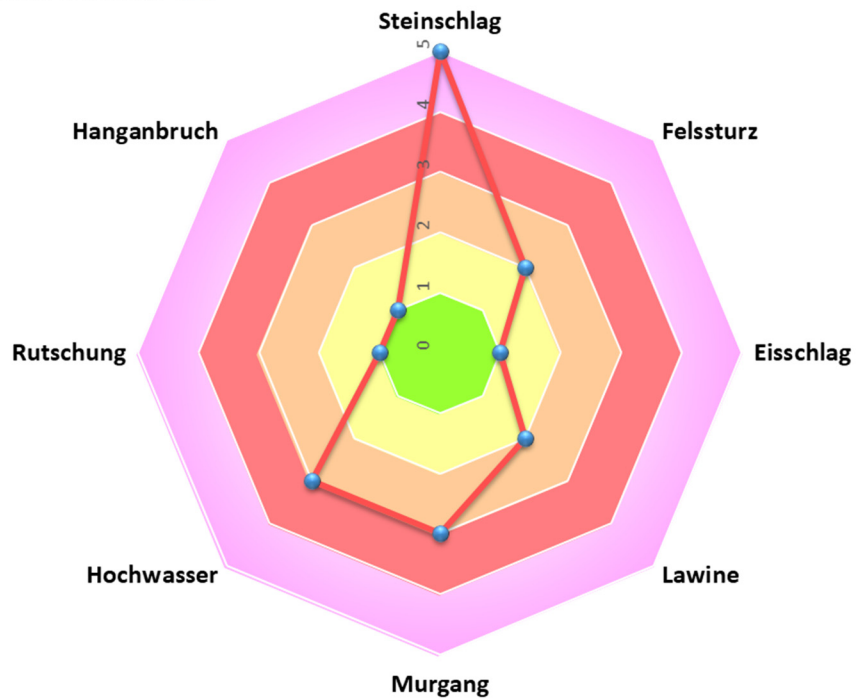


Abb. 151: Fiktives Netzdiagramm zur beispielhaften Darstellung der Naturgefahrenanalyse in einem Funktionsabschnitt.

Beispielhafte Analyse an einem fiktiven Abschnitt (Abb. 150 u. 151)

Tab 32: Auswertung - Fiktives Netzdiagramm - Kennwerte (Abb. 150).

| | | |
|-------------------------------|---|--|
| Netzfunktion | 2 | ⇒ Umleitungen sind gut möglich. |
| Zustand Straße | 3 | ⇒ Eine kurzfristige Erhaltungsmaßnahme ist nicht absehbar. |
| Zustand Ingenieurbauwerke | 3 | ⇒ Eine kurzfristige Sanierungsmaßnahme von Bauwerken ist unwahrscheinlich. |
| Bestand Sicherungsbauwerke | 3 | ⇒ Im Funktionsabschnitt sind bereits Sicherungsbauwerke zwischen 5,0 und 10,0 Mio. € verbaut. |
| Naturschutzrechtliche Belange | 3 | ⇒ Naturschutzrechtlich liegen hochwertige Schutzgebiete vor, ein FFH-Gebiet ist nicht betroffen. |
| Forstrechtliche Belange | 4 | ⇒ Es liegen hochwertige Bergmischwälder vor. Eingriffe in den Wald sind zu minimieren. |
| Rechtliche Umsetzbarkeit | 2 | ⇒ Von Schutzmaßnahmen dürften nur Staatswaldflächen betroffen sein |
| Wirtschaftlichkeit | 5 | ⇒ Der Funktionsabschnitt hat eine sehr hohe wirtschaftliche Bedeutung. |

Tab. 33: Auswertung - Fiktives Netzdiagramm - Naturgefahrenanalyse. (Abb. 151)

| | | |
|-------------|---|---|
| Steinschlag | 5 | ⇒ Es liegt eine sehr hohes Steinschlagrisiko vor. |
| Felssturz | 2 | ⇒ Das Felssturzrisiko ist mäßig. |
| Eisschlag | 1 | ⇒ Eisschlag erreicht die Straße nicht, bzw. stellt kein Risiko dar. |
| Lawine | 2 | ⇒ Die Lawinengefahr ist mäßig. |
| Murgang | 3 | ⇒ Die Risiken durch Muren sind erheblich. |
| Hochwasser | 3 | ⇒ Die Risiken durch Hochwasser sind erheblich. |
| Rutschung | 1 | ⇒ Es liegen keine aktiven Rutschungen vor. |
| Hanganbruch | 1 | ⇒ Es liegen keine Hanganbruchsrisiken vor. |

Anhand der Risikoanalyse und der Kennwerte ist ein Schutzkonzept auszuarbeiten. Durch die hochwertigen Wald- und Naturschutzflächen werden Schutzmaßnahmen, die sich weit in das Gelände ziehen (z.B. Wildbachverbauungen) nur schwer umsetzbar sein. Da die Umleitungssituation (Netzfunktion) eine Sperrung ohne größere Probleme zulässt, sollte dringend über ein Monitoring, ggf. mit automatischer Sperreinrichtung und Umleitungsbeschilderung nachgedacht werden. Auf Grund der hohen wirtschaftlichen Bedeutung muss geprüft werden, wie sich Sperrungen diesbezüglich auswirken. Diese beiden Interessen müssen ggf. gegeneinander abgewogen werden, bevor ein Schutzkonzept für den Funktionsabschnitt ausgearbeitet wird.

9.2 Beispiel 1: Abschnitt B 21 - Unterjettenberg / Bad Reichenhall

Funktionsabschnitt 22: Naturgefahrenanalyse und Kennwerte (siehe Seite 151)

Allgemeines

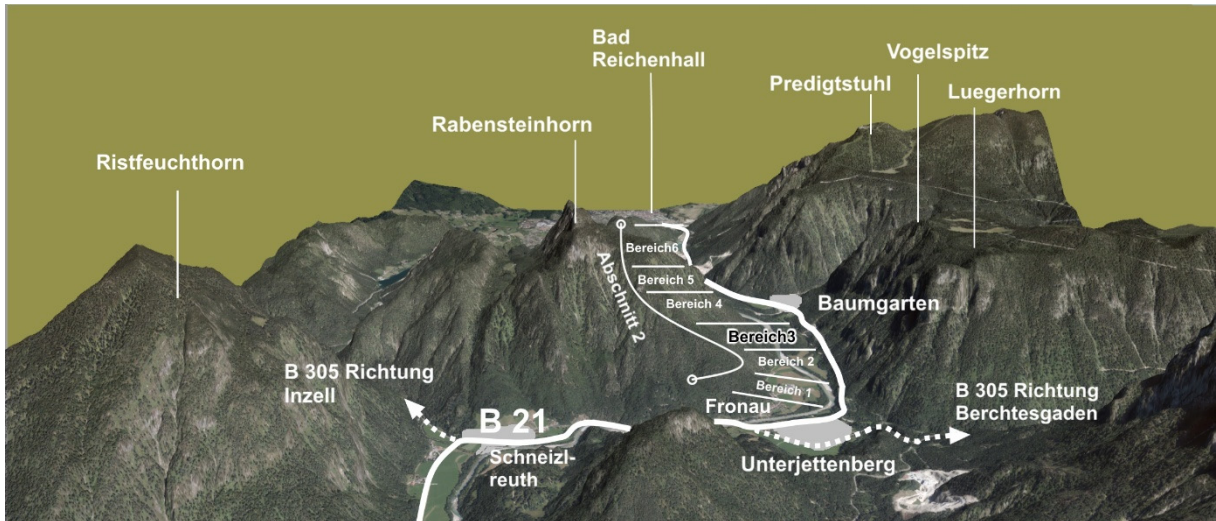


Abb. 152: Fiktives Netzdiagramm zur beispielhaften Darstellung der Kennwerte in einem Funktionsabschnitt.

Für die Naturgefahrenanalyse wurde der Funktionsabschnitt 22 in 6 Bereiche (Abb. 152) unterteilt. Die bestimmenden Bereiche für die Gefahrenanalyse sind (Abb. 153 u. 154) der Bereich 3 - Lawine, Stein Schlag, Felssturz, der Bereich 4 - Murgang und der Bereich 2 - Felssturz. Maßgeblich für die Einschätzung der Gefahren waren die Ereignisse (Abb. 155 – 157) und die dadurch gewonnenen Erkenntnisse.

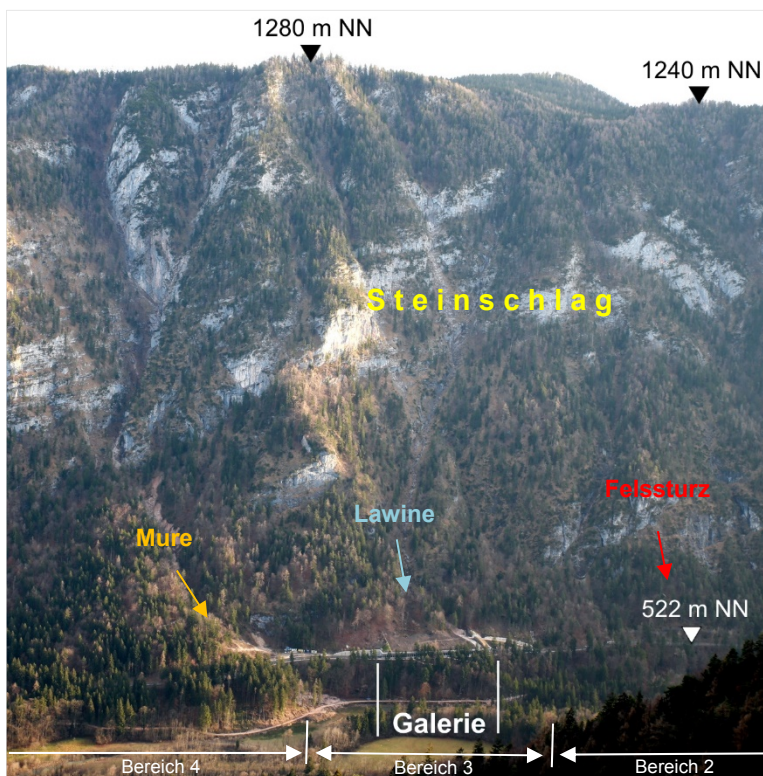


Abb. 153: Bestimmende Gefahrenbereiche für die Prozesse

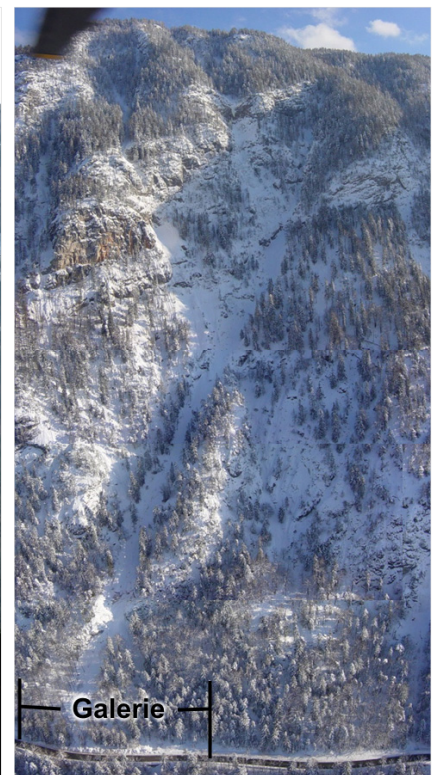


Abb. 154: Situation Bereich 3 im Winter

Maßgebende Ereignisse und Erhebungen vor Ort



Abb. 155-157: Maßgebliche Ereignisse und erfasste Gefahrenobjekte (StBA TS - Bildarchiv).

Funktionsabschnitt 22

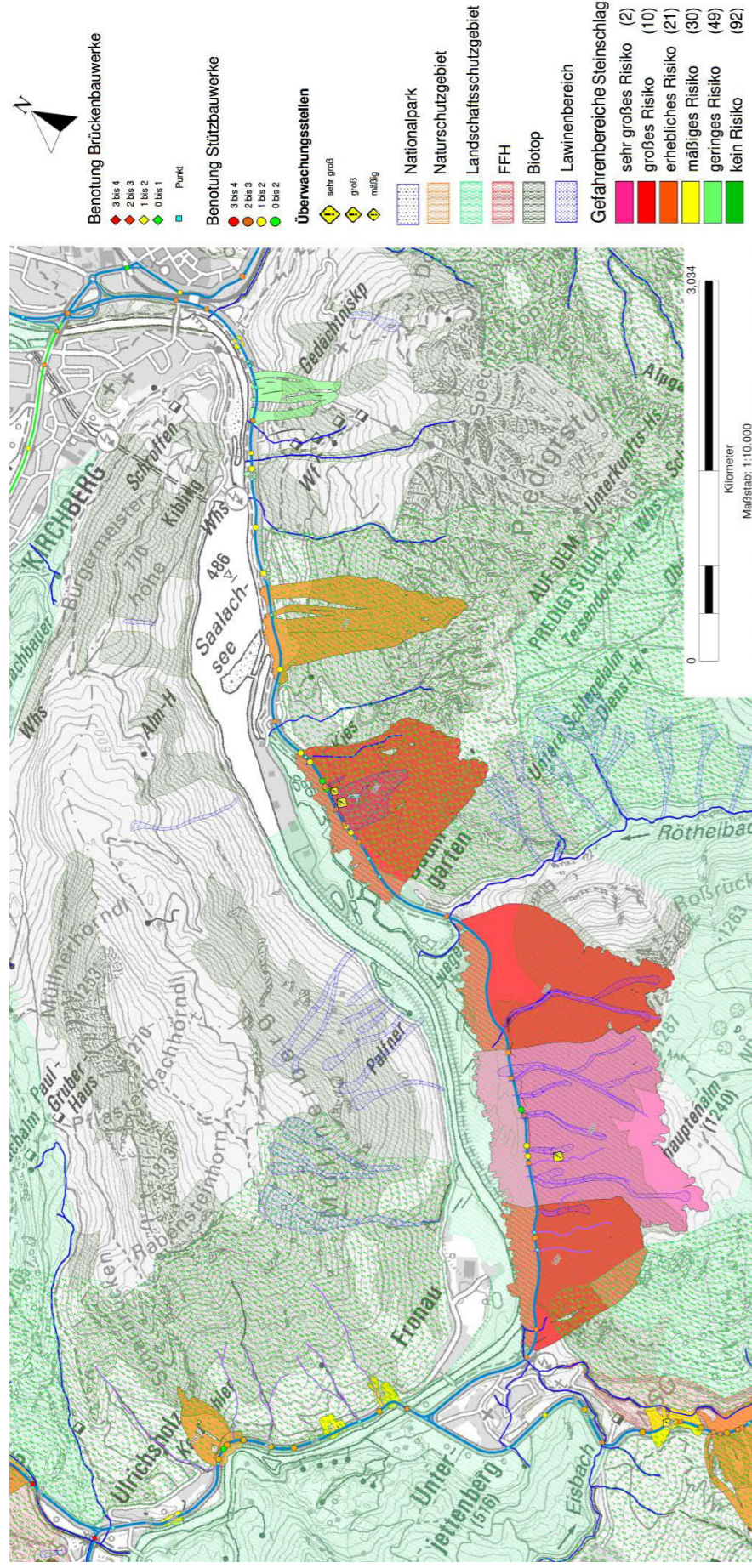


Abb. 158: Lageplan Funktionsabschnitt 22: Darstellung der Gefahren und der naturschutzrechtlich relevanten Gebiete

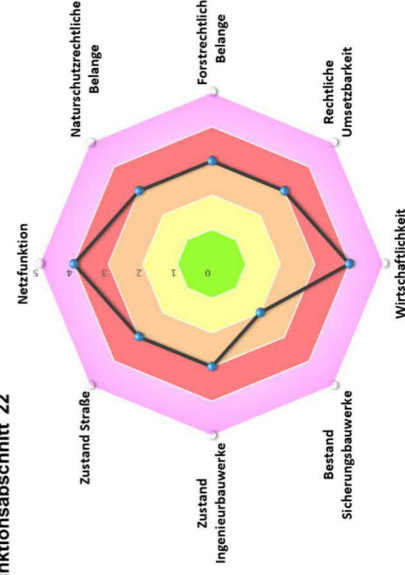
Kennwerte

| | | |
|-------------------------------|---|---|
| Netzfunktion | 4 | <ul style="list-style-type: none"> Die Umleitungsänge ist mit 10 km gering. Zwei Knotenpunkte sind derzeit schlecht für Umleitungen geeignet. Umleitungen führen zu einer Verdoppelung der Verkehrsstärke auf der Umleitungsstrecke. |
| Zustand Straße | 3 | <ul style="list-style-type: none"> Dringlichkeitsklasse 4 Erhaltungsabschnitt ca. 2,5 km |
| Zustand Ingenieurbauwerke | 3 | <ul style="list-style-type: none"> Notenbereich 3 (Stufe 3) Mehrere Linienbauwerke (Stufe 2) |
| Bestand Sicherungsbauwerke | 2 | <ul style="list-style-type: none"> Nur vereinzelt Steinschlagschutzbauwerke vorhanden (Investitionsvolumen bisher ca. 1,5 Mio. €). |
| Naturschutzrechtliche Belange | 3 | <ul style="list-style-type: none"> Biotope und Landschaftsschutzgebiete Voraussichtlicher Flächenbedarf 1.000 – 2.000m² Eingriffe Bau und Unterhalt (mäßig) |
| Forstrechtliche Belange | 3 | <ul style="list-style-type: none"> Es liegen Schutzwaldflächen vor. Wald ist stark geschädigt. Betroffene Fläche für Einzeleingriff < 500 m² |
| Rechtliche Umsetzbarkeit | 2 | <ul style="list-style-type: none"> Nur Privatflächen betroffen Großteils nur Grunddienstbarkeiten Benötigter Eigentumsübergang < 1.800 m² Einzelgenehmigung erforderlich |
| Wirtschaftlichkeit | 4 | <ul style="list-style-type: none"> Umleitungsfolgekosten (2) Regionale Wirtschaftsbedeutung (3) Wirtschaftliche Gesamtbedeutung (3) Voraussichtliche Kosten der Sicherungsmaßnahmen 25 Mio. € |

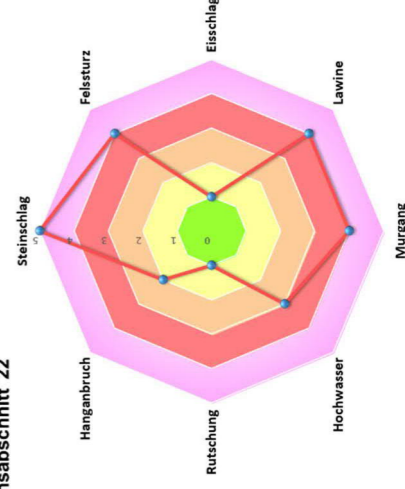
Natureffahrenanalyse

| | | |
|-------------|---|---|
| Steinschlag | 5 | <ul style="list-style-type: none"> Es liegt ein sehr hohes Steinschlagrisiko vor. |
| Felssturz | 4 | <ul style="list-style-type: none"> Es sind mehrere Felssturzbereiche vorhanden. Gefahren vor allem im Bereich < 100 m³ Nur manche Bereiche unterliegen einem Monitoring. Monitoring aller Blöcke nicht möglich. |
| Eisschlag | 1 | <ul style="list-style-type: none"> Eisschlag existiert nur in den Lawinen-/Murgängen. Bisher ist kein Ereignis bekannt, das die Straße erreichte. |
| Lawine | 4 | <ul style="list-style-type: none"> Die Straße ist technisch nicht geschützt. Kleine Ereignisse erreichen die Straße. Seltene bis sehr seltene Ereignisse werden von den Lawinenkommissionen erkannt. Schwierig zu beurteilen sind die häufig bis seltenen Ereignisse. |
| Murgang | 4 | <ul style="list-style-type: none"> Kleine und große Ereignisse erreichen regelmäßig die Straße (Kat.5). DTV ca. 6.900 KFZ |
| Hochwasser | 3 | <ul style="list-style-type: none"> Es kommt regelmäßig zu Überflutungen der Straße. Führt zu Hinterspülung der Bauwerke. |
| Rutschung | 1 | <ul style="list-style-type: none"> Es liegen keine aktiven Rutschungen vor. In GHK keine Bereiche ausgewiesen. |
| Hanganbruch | 2 | <ul style="list-style-type: none"> Es liegen vereinzelt größere Vorschädigungen vor (mehrere Baumwurzelteiler aufgestellt). Geschätzte Rutschfläche 100 - 500 m² Tiefe > 0,5 m |

Kennwerte Funktionsabschnitt 22



Natureffahrenanalyse Funktionsabschnitt 22



Folgerungen:

Tab. 34: Auswertung Naturgefahrenanalyse und Kennwerte – Funktionsabschnitt 22. Auswertung

| Prozessart | Abwägung | Maßnahmenvorschlag |
|-------------|---|--|
| Steinschlag | Es liegt ein sehr hohes Steinschlagrisiko vor, das zu reduzieren ist | ⇒ Erstellung von Steinschlagschutzzäunen. ⇒ Teilweise: Kombibauwerk (Lawine / Mure) Langfristig: Risikoreduktion auf (1) anstreben |
| Felssturz | Es liegt ein großes Felssturfrisiko vor. Ein Monitoring ist nicht für alle Bereiche geeignet. Baulicher Schutz ist nur bedingt möglich. | ⇒ Monitoring an den gefährlichsten Bereichen Maximalziel: Risikoreduktion auf (3) anstreben |
| Eisschlag | Vernachlässigbar | Ggf. über Steinschlagschutzzaun mit abgedeckt |
| Lawine | Lawinen gehen über Rinnen zu Tal Straße bisher nicht geschützt → alle Ereignisse treffen die Straße Häufige (kleine) Ereignisse baulich sichern Seltene bis sehr seltene (große) Ereignisse über Lawinenkommissionen abgedeckt Häufige bis seltene Ereignisse: Prognosesicherheit erhöhen oder baulich sichern Wegen Naturschutz und rechtlicher Situation möglichst straßennahe Verbauung | ⇒ Kleinereignisse müssen baulich zurückgehalten werden (kombi. Steinschlag) ⇒ Verbesserung der Prognosesicherheit (z.B. zusätzliche Schneemessstation) ⇒ Umleitungssituation verbessern (Knoten) Automatisierte Sperrmöglichkeit + Umleitungsbeschilderung ⇒ Bei der am schwersten zu beurteilenden Rinne (Vogelspitz): Schutz auch vor seltenen Ereignissen - Kombibauwerk (Steinschlag / Mure) Mittelfristig: Risikoreduktion auf (2/3) anstreben |
| Murgang | Murgerinne treffen meist direkt auf die Straße. Keine Rinne ist verbaut Straße bisher nicht geschützt → Die meisten Ereignisse treffen die Straße Häufige (kleine) Ereignisse baulich sichern Seltene bis sehr seltene (große) Ereignisse über Monitoring abdecken Häufige bis seltene Ereignisse: Prognosesicherheit erhöhen oder baulich sichern Wegen Naturschutz und rechtlicher Situation straßennahe Verbauung | ⇒ Häufige, (kleine) Ereignisse baulich sichern (Wälle, Murnetze) ⇒ Alle seltener als häufig auftretenden Ereignisse erfordern sehr kostenintensive Bauwerke und verschieben naturschutzrechtliche u. forstrechtliche Belange auf (4) ⇒ Verbesserung der Prognosesicherheit (z.B. Murwarnanlage an einer Rinne) ⇒ Umleitungssituation verbessern (Knoten) Automatisierte Sperrmöglichkeit + Umleitungsbeschilderung Langfristige Risikoreduktion (3) |
| Hochwasser | Siehe Murgang | |
| Rutschung | Keine weitere Veranlassung | |
| Hanganbruch | Vornehmlich Kleinflächen | ⇒ Beobachtung, ggf. bei Schutzzaundimensionierung berücksichtigen ⇒ >100 m ² ingenieurbiologische Maßnahmen |

Aufgrund der oben aufgeführten Bewertung wurde ein integrales Schutzkonzept für den ganzen Funktionsabschnitt erstellt. Es wurde, basierend auf den Gesamtfestlegungen, für jeden einzelnen Bereich angepasst (Abb. 159). Teile dieses Konzeptes, z.B. die Schutzgalerie Baumgarten (Abb. 160) sowie ein Geschieberückhaltebecken für 30-jährige Ereignisse (inkl. einer Murgangüberwachungsanlage Abb. 161) wurden bereits umgesetzt. Des Weiteren ist der Umbau der Knotenpunkte in Kreisverkehre in Planung.

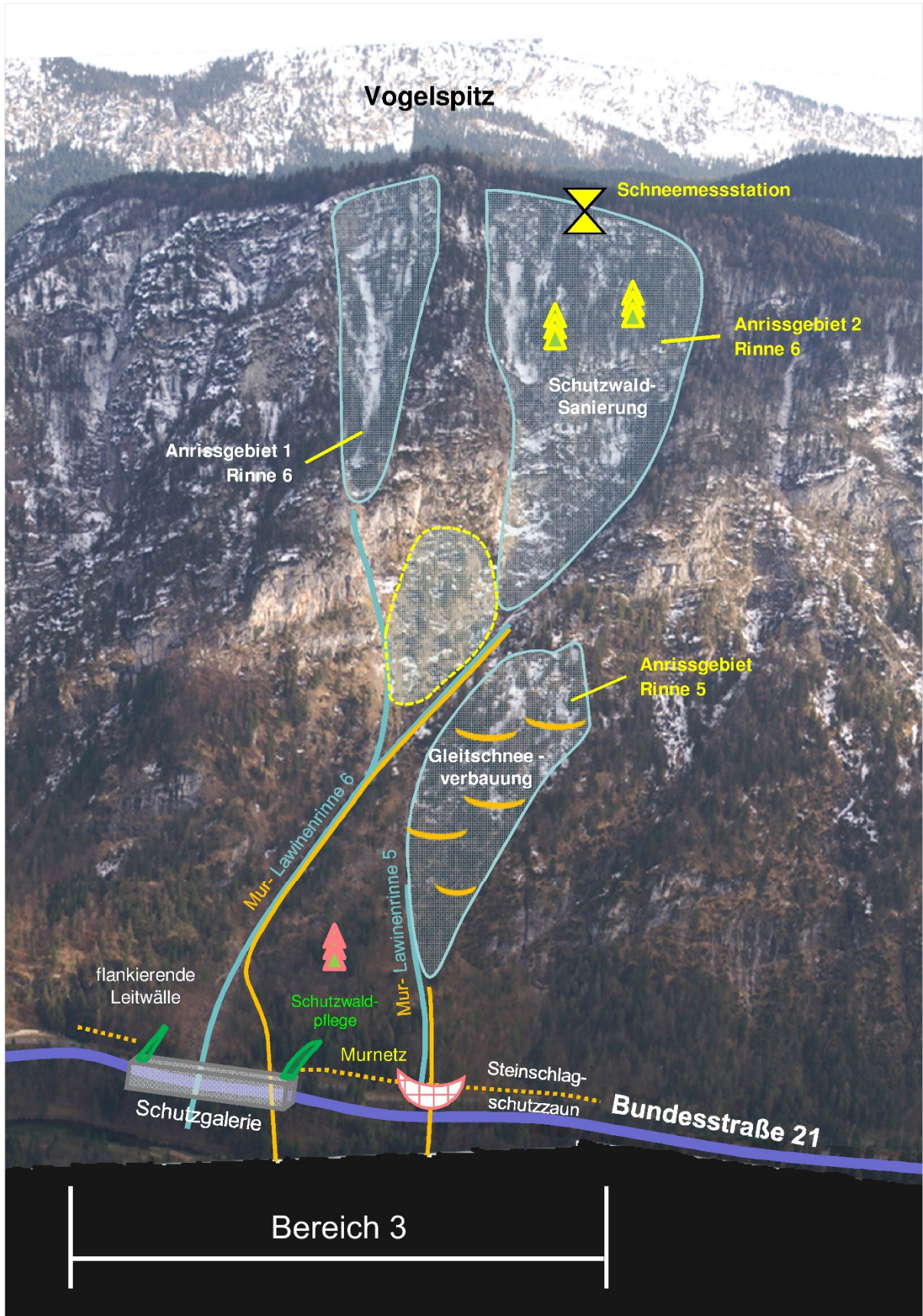


Abb. 159: Geplante Schutzmaßnahmen im Bereich 3 des Funktionsabschnittes 22 (StBA TS - 2014).



Abb. 160: Schutzgalerie Baumgarten (StBA TS - Bildarchiv).



Abb. 161: Netzsperrre mit Überwachungsanlage Murgang (StBA TS - Bildarchiv).

10 Diskussion / Fazit

Durch die neu erstellte Naturgefahrenatenbank konnten wichtige Erkenntnisse im Hinblick auf die Art, die Häufigkeit und den Schadensumfang von Naturgefahrenereignissen im Untersuchungsgebiet gewonnen werden. Zudem ist sie Basis und wichtiger Bestandteil jeder Naturgefahrenanalyse. Nur durch eine systematisierte, einheitliche und EDV-gestützte Erfassung lassen sich wichtige Einzelereignisse sicher und zeitnah erfassen. Zudem können über sie Schlüsselereignisse herausgefiltert und einer Detailerfassung zugeführt werden. Diese Schlüsselereignisse sind für die Kalibrierung und Validierung von Simulationen und Berechnungen von elementarer Bedeutung. Sie stellen sicher, dass die Ergebnisse der Realität entsprechen. Aus diesem Grund sollte die Ereigniserfassung ausgebaut und professionalisiert werden, um den Wissensstand stetig zu erweitern und zu verbessern. Nur so können evtl. Veränderungen (z.B. durch den Klimawandel) nachvollzogen und bestehende Strategien zeitnah angepasst werden.

Eine der größten Herausforderungen werden zukünftig die bestehenden, aber auch die neu zu errichtenden Sicherungsbauwerke sein. Die enorme Anzahl der bestehenden Bauwerke, verbunden mit den stetig steigenden Anforderungen und Auflagen aus Natur- und Landschaftsschutz werden eine neue Strategie und einen Kompromiss aller Seiten erfordern, um die Funktionstüchtigkeit und somit die Sicherheit der Straßen zu gewährleisten. Für viele Problemfelder (z.B. Bauwerksprüfung) sind erst noch Lösungskonzepte zu entwickeln. Auf Grund der in den letzten Jahren eingetretenen Ereignisse (Katastrophenwinter 2019), die große Schäden an den Bauwerken zur Folge hatten, wurde deutlich, wie dringlich diese Probleme sind.

Die Analyse der bisherigen Schutzprojekte hat gezeigt wo und welche Probleme bei der Planung und der Umsetzung von Schutzmaßnahmen bisher aufgetreten sind. Die herausgearbeiteten Kennwerte zeigen die Problemfelder auf und die entwickelten Methoden erleichtern hoffentlich ihre Bewertung. Eine leichtere und umfängliche Bewertung soll dazu beitragen, ein optimiertes Gesamtkonzept für den Umgang mit Naturgefahren in einem stark betroffenen Straßennetz, zu entwickeln und zu etablieren. Ein Gesamtkonzept Naturgefahren darf sich nicht darauf beschränken die Straßen vor Naturgefahren zu schützen, es muss auch die Funktionstüchtigkeit des restlichen Netzes im Falle von Ereignissen und dem Ausfall einzelner Verbindungen sicherstellen.

Eine systematische Naturgefahrenanalyse ist dafür die wichtigste Grundvoraussetzung. Die in dieser Arbeit aufgezeigte Methode kann dabei nur ein erster Schritt sein. Sie hat nicht die Tiefe und die Qualität des in der Schweiz verwendeten Systems einer Risikoanalyse (bestehend aus Gefahren-, Expositions- und Konsequenzenanalyse). Aber sie soll zeigen, dass auch unter rechtlich anderen Voraussetzungen und mit einer deutlich reduzierten Datengrundlage grundsätzlich die Möglichkeit besteht, einen risikobasierten Ansatz im Umgang mit Naturgefahren zu verfolgen. Durch die Verwendung der Risikomatrix-Methode ist zudem sichergestellt, dass auch neue Erkenntnisse und bessere Verfahren bei einer Prozessart oder in einem Funktionsabschnitt jederzeit in das Gesamtkonzept integriert werden können.

Sowohl die Verfahren zur Ermittlung der beeinflussenden Kennwerte als auch die Verbesserung der Simulationen und Prognosen (Monitoringmethoden) für die Erstellung einer Naturgefahrenanalyse müssen weiterentwickelt und präzisiert werden. Eine anschließende Betrachtung des Gesamtnetzes, ggf. mit Verfahren der Wahrscheinlichkeitsberechnung bzw. der Risikoberechnung können evtl. dafür sorgen unser Straßennetz auch in Bezug auf zukünftig Extremszenarien deutlich zu verbessern.

Die Ergebnisse und die Anwendung der aufgezeigten Methodik in dieser Arbeit können hoffentlich bereits jetzt dazu beitragen, die unterschiedlichen Problemfelder zu veranschaulichen, ein größeres Verständnis über die Fachgrenzen hinweg zu erzeugen und dadurch Kompromisse und interdisziplinäre Ansätze im Hinblick auf die Entwicklung einer Gesamtstrategie für das Straßennetz zu erleichtern.

11 Literaturverzeichnis:

- Ad-hoc-Arbeitsgruppe Geologie (2016): Gefahrenhinweiskarten geogener Naturgefahren in Deutschland, Leitfaden der Staatlichen Geologischen Dienste (SGD). – 88 S., Geol. Jb., A164, Stuttgart (Schweizerbart).
- Alpenkonvention (2019): Naturgefahren Risiko - Governance – Alpenzustandsbericht. – 96 S., Alpensignale – Sonderserie 7, Innsbruck, Bozen.
- Arbeitskreis Sicherungsbauwerke (2019): Musterbauwerksskizzen - Sicherungsbauwerke gegen Naturgefahren. – 20 S., Bayerischen Bauministeriums, München, unveröff.
- ARS (25/1999): Allgemeines Rundschreiben Straßenbau, Abteilung Straßenbau, Sachgebiet 05.7: Brücken und Ingenieurbau, DIN 1076, Ingenieurbauwerke im Zuge von Straßen und Wegen, Überwachung und Prüfung (Ausgabe 1999-11). – 3 S., Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn.
- ARS (20/2013): Allgemeines Rundschreiben Straßenbau, Abteilung Straßenbau, Sachgebiet 05.1: Brücken- und Ingenieurbau, Anweisung Straßeninformationsdatenbank, Segment Bauwerksdaten. – 5 S., Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn.
- ASB-ING (2013): Erhaltung. Anweisung Straßeninformationsbank - Segment Bauwerksdaten ASB-ING. – 111 S., Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Abteilung Straßenbau, Bundesanstalt für Straßenwesen, Sammlung Brücken- und Ingenieurbau, Bonn.
- ASR A5.2 - Technische Regel für Arbeitsstätten (2018): Anforderungen an Arbeitsplätze und Verkehrswege auf Baustellen im Grenzbereich zum Straßenverkehr, Straßenbaustellen. – 20 S., Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft, Ausschuss für Arbeitsstätten – ASTA, Berlin.
- ASTRA - Bundesamt für Straßen (2012): Methodik für eine risikobasierte Beurteilung, Prävention und Bewältigung von gravitativen Naturgefahren auf Nationalstraßen. – 98 S, Bundesamt für Straßen, ASTRA 89001, V2.20, Bern.
- BAFU - Bundesamt für Umwelt (2016): Umgang mit Naturgefahren in der Schweiz. – 129 S., Bericht des Bundesrats in Erfüllung des Postulats 12.4271 Darbellay vom 14.12.2012, Bern.
- BAFU - Bundesamt für Umwelt (2016a): Schutz vor Massenbewegungsgefahren. Vollzugshilfe für das Gefahrenmanagement von Rutschungen, Steinschlag und Hangmuren. – 98 S., Bundesamt für Umwelt, Umwelt-Vollzug Nr. 1608, Bern.
- Bayerische Staatsregierung (2006): Interpellation. Umsetzung der Alpenkonvention in Bayern. – 70 S., Bayerischer Landtag, 15. Wahlperiode, Drucksache 15/5263, München.
- BASt - Bundesanstalt für Straßenwesen (2020): Brücken an Bundesfernstraßen - Altersstruktur. – 10 S., Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach.
- BASt - Bundesanstalt für Straßenwesen (2020a): Konzept zur Bewertung des Verkehrsablaufs an Knotenpunkten mit und ohne LSA. – 138 S., Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik Heft V 324, Forschungsprojekt FE 03.0424/2007/DGB, Bergisch Gladbach.

- BAST - Bundesanstalt für Straßenwesen (2015): Straßenverkehrszählung/SVZ 2015 – Methodik und Ergebnisse. – 72 S., Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik Heft V 327, Bergisch Gladbach.
- BAYERN ATLAS: <https://geoportal.bayern.de/bayernatlas>, Geologische Karte von Bayern, Bayerisches Landesamt für Umwelt, abgerufen: 2.6.2020.
- BAYSYS: www.baysis.bybn. – Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr, Straßenbauverwaltung: Bayerisches Straßeninformationssystem (2020). Datenbank TT-SIB, München.
- Bründl, M. & Romang, H. (2009): Risikokzept für Naturgefahren – Leitfaden Teil B Anwendung des Risikokzept: Prozess Lawine. – 422 S., Nationale Plattform für Naturgefahren PLANAT, Bern.
- BWG - Bundesamt für Wasser und Geologie (2003): Hochwasserabschätzung in schweizerischen Einzugsgebieten. – 117 S., Bundesamt für Wasser und Geologie, Berichte des BWG, Serie Wasser, Bern.
- Dietrich, A. (2020): Debris Flows in the Northern Alps – Activity, Erosivity and Anticipated Volumes. – 196 S., Dissertation, Technische Universität München.
- Dietrich, A., & Krautblatter, M. (2016): Evidence for enhanced debris-flow activity in the Northern Calcareous Alps since the 1980s (Plansee, Austria). – *Geomorphology* 287, 144-158.
- DIN 1076:1999-11: Ingenieurbauwerke im Zuge von Straßen und Wegen - Überwachung und Prüfung. – DIN-Normenausschuss, Berlin.
- DIN 18918:2019-12 - Entwurf: Vegetationstechnik im Landschaftsbau - Ingenieurbauweisen - Sicherungen durch Ansaaten, Bepflanzungen, Bauweisen mit lebenden und nicht lebenden Stoffen und Bauteilen, kombinierte Bauweisen. – DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau), Berlin.
- Dorren, L., Loup, B. & Raetzo, H. (2012): Einsatz von Modellen in der Schweizer Sturzgefahrenbeurteilung. – Wildbach und Lawinenverbau, Verein der Diplomingenieure der Wildbach- und Lawinenverbauung Österreichs, 169, 256-267.
- Evans, S.G. & Hungr, O. (1993): The assessment of rock fall hazards at the base of talus slopes. - *Canadian Geotechnical Journal*, 30, 620-636.
- Feistl, T., Bebi, P., Teich, M., Bühler, Y., Christen, M., Thuro, K. & Bartelt, P. (2014): Observations and modeling of the braking effect of forests on small and medium avalanches. – *Journal of Glaciology*, 60 (219), 124-138.
- FGSV - Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2015): Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS). – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Straßenentwurf, Köln, Berlin.
- FGSV - Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2012): Richtlinien für die Anlage von Landstraßen RAL Ausgabe 2012. – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Straßenentwurf, R1, Köln.

- FGSV - Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2006): Straßenentwurf: Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen (RASt 06). – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Straßenentwurf, R1, Köln.
- FGSV - Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2006a): Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien zur Zustandserfassung und -bewertung von Straßen. – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Straßenentwurf, ZTV ZEB-StB 06, mit korrigiertem Nachdruck 2018 unter Berücksichtigung des BMV ARS 6/2018, Köln, Berlin.
- FGSV - Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2002): Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen EWS - Stand und Entwicklung. – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln, Berlin.
- GDI-Bayern: www.gdi.bayern. – Bayerisches Staatsministerium der Finanzen und für Heimat, Geodateninfrastruktur Bayern, Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung.
- GEORISK: <https://www.lfu.bayern.de/gdi/wms/geologie/georisiken>, Bayerisches Landesamt für Umwelt, abgerufen: 2.6.2020.
- GEOTEST (2012): B21 Belastungsermittlung Schutzgalerie Murgangprozesse. – 24 S., Geotest AG (Bericht Nr. 2612 0200.1), Davos, unveröff.
- GEOTEST AG & Ingenieurbüro André Burkard AG (2009): 3D - Steinschlag, Murgang und Lawinensimulationen inkl. Berichte zur Bundesstraße 21. – 32 S., GEOTEST AG & Ingenieurbüro André Burkard AG, Davos, unveröff.
- Granig, M. (2012): Grundlagen und Anwendungen von Lawinensimulationsmodellen. – Verein der Diplomingenieure der Wildbach- und Lawinerverbauung Österreichs (Hrsg.), Wildbach und Lawinerverbau, 169, Wien, 68-77.
- Hübl, J. (2012): Anwendungsbereich und Grenzen der Prozessmodellierung von gravitativen Naturgefahren in Praxis und Wissenschaft. – Wildbach und Lawinerverbau, Verein der Diplomingenieure der Wildbach- und Lawinerverbauung Österreichs, 169, 18-27.
- Hungr, O., Morgenstern, N.R. & Wong, H.N. (2007). Review of benchmarking exercise on landslide debris runout and mobility modelling. Proceedings of the International Forum on Landslide Disaster Management, Hong Kong, Vol. II, 755-812.
- iC Consulente (2018): Erstellen eines 3D – Modells für die Rutschung Kälbergraben in Leapfrog. – 24 S., iC Consulente, Salzburg.
- Ing. Büro B. Gebauer (2018): Photogrammetrische Aufnahme Rutschungsbereich B 20 Eisenrichter Berg, Bericht. – 26 S., Ing. Büro B. Gebauer, Traunstein, unveröff.
- Ing. Büro B. Gebauer (2017): Statische Berechnung der Hangbrückenkonstruktion am Bodenbergr. – 335 S., Ing. Büro B. Gebauer, München, unveröff.
- Ing. Büro B. Gebauer (2016): Steinschlagsimulation im Bereich Windeck. – 21 S., Ing. Büro B. Gebauer, Traunstein, unveröff.

IÜG - Informationsdienst Überschwemmungsgefährdete Gebiete:

<http://geoportal.bayern.de/bayernatlas-klaskik>. – Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg.

KLIWA - Kooperation der Bundesländer Baden-Württemberg, Bayern, Rheinland-Pfalz & Deutscher Wetterdienst (2017): Klimawandel im Süden Deutschlands - Herausforderungen und Anpassungen. – 14 S., LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Stuttgart.

Koch, K., Kanold, A., Dabizzi, D., Troycke, A. & Binner, S (2013): Kartierung und Bewertung von FFH-Wald-Lebensraumtypen im Hochgebirge. – LWF aktuell 95, Forstwirtschaft in Natura 2000 Gebieten, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Amberg, 16 - 20.

Krummenacher, B. & Franciosi, G. (2009): Risikokzept für Naturgefahren – Leitfaden Teil B Anwendung des Risikokzept: Prozess Permanente Rutschungen. – 28 S., Nationale Plattform für Naturgefahren PLANAT, Bern.

Krummenacher, B. & Tobler, D. (2009): Risikokzept für Naturgefahren – Leitfaden Teil B Anwendung des Risikokzept: Prozess Spontane Rutschung / Hangmuren. – 30 S., Nationale Plattform für Naturgefahren PLANAT, Bern.

Krummenacher, B., Pfeifer, R., Tobler, D., Keusen, H. R., Liniger, M. & Zinggeler, A. (2005): Modellierung von Stein- und Blocks Schlag; Berechnung der Trajektorien auf Profilen und im 3-D Raum unter Berücksichtigung von Waldbestand und Hindernissen. – 9 S., Fan-Forum ETH Zürich, Zollikofen.

Lateltin, O.; Tripet, J.-P. & Bollinger, D. (1997): Empfehlungen. Berücksichtigung der Massenbewegungsgefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten. – 42 S., Bundesamt für Raumplanung-BRP, Bundesamt für Wasserwirtschaft-BWW, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft-BUWAL, Bern.

LfU - Bayerisches Landesamt für Umwelt (2020): Methoden-Bericht zur Gefahrenhinweiskarte Bayern. Vorgehen und technische Details. – 30 S., Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg.

LfU - Bayerisches Landesamt für Umwelt (2020a): https://www.lfu.bayern.de/geologie/geo_karten_schriften/gk25. – Geologische Karte 1:25.000, WMS-Dienst, Digitale Karten.

LfU - Bayerisches Landesamt für Umwelt (2020b): Arbeitshilfe. Spezielle artenschutzrechtliche Prüfung. Prüfablauf. – 24 S., Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg.

LfU - Bayerisches Landesamt für Umwelt (2020c): Managementpläne für Gebiete von gemeinschaftlicher Bedeutung. – 18 S., Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg.

LfU - Bayerisches Landesamt für Umwelt (2016): Geologische Übersicht von Bayern im Postkartenformat. – 1 S., Geologische Karten und Schriften, Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg.

LfU - Bayerisches Landesamt für Umwelt (2015): Wildbachbericht Bayern. Teil 1: Grundlagen, Gefahren, Herausforderungen. – 109 S., Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz, München.

- LfU - Bayerisches Landesamt für Umwelt (2014): Bayerische Kompensationsverordnung (BayKompV). Arbeitshilfe zur Biotopwertliste. Verbale Kurzbeschreibungen. – 107 S., Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg.
- LfU - Bayerisches Landesamt für Umwelt (2013a): Georisiken im Klimawandel. Gefahrenhinweiskarte Alpen und Alpenvorland. Landkreis Berchtesgadener Land. – 53 S., Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg.
- LfU - Bayerisches Landesamt für Umwelt (2013b): Georisiken im Klimawandel. Gefahrenhinweiskarte Alpen und Alpenvorland. Landkreis Traunstein. – 54 S., Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg.
- LfU - NATURRAUM:
https://www.lfu.bayern.de/natur/naturraeume/doc/haupteinheiten_naturraum.pdf.
Übersichtskarte der Naturraum-Haupteinheiten und Naturraum-Einheiten Bayerns, Bayerisches. – 1 S., Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg.
- Lied, K. (1977): Rockfall problems in Norway. - Istituto Sperimentale Modelli e Strutture (ISMES) Publication, Bergamo, 51-53.
- Liener, S. (2000): Zur Feststofflieferung in Wildbächen. - Geographica Bernensia, Geographisches Institut Bern, Dissertation Universität Bern.
- Loat, R. & Petrascheck, A. (1997): Berücksichtigung der Hochwassergefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten. Empfehlungen. – 32 S., Bundesamt für Wasserwirtschaft BWW, Bundesamt für Raumplanung-BRP, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft-BUWAL.
- Mayer, K. & V. Poschinger, A. (2005): Creation of danger and hazard maps for rock falls in a regional scale. A comparison between an empirical and a numerical model. – European Geosciences Union General Assembly 2005, Geophysical Research Abstracts, Wien.
- Meißl, G. (1998): Modellierung der Reichweite von Felsstürzen: Fallbeispiele zur GIS-gestützten Gefahrenbeurteilung aus dem Bayerischen und Tiroler Alpenraum. – 249 S., Innsbrucker geographische Studien, Institut für Geographie, Dissertation Universität Innsbruck.
- PLANAT - Nationale Plattform Naturgefahren (2008): <http://www.planat.ch> . – Webseite. Version: 2008. Zugriff: 30.7.2008.
- PLANAT - Nationale Plattform Naturgefahren (2018): Umgang mit Risiken aus Naturgefahren. Strategie 2018 – 30 S., Bundesamt für Umwelt, Bern.
- PLANAT - Nationale Plattform Naturgefahren (2008): Strategie Naturgefahren Schweiz, Risikomanagement in der Praxis - Beispiele zum Umgang mit Naturgefahren. – 125 S., Projekt A2, Bundesamt für Umwelt, Bern.
- PLANAT & BAFU - Nationale Plattform Naturgefahren & Bundesamt für Umwelt (2009): Risikokonzept für Naturgefahren. Leitfaden. - 420 S., Bundesamt für Umwelt, Bern.
- OBB - Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern, für Bau und Verkehr (2017): Erhaltungsmanagement der Bundes- und Staatsstraßen in Bayern, Zustandserfassung und Bewertung. – 31 S., Oberste Baubehörde, IID2, München.

- OBB - Oberste Baubehörde im Staatsministerium des Inneren (2016): Ergebnisniederschrift der ministeriumsübergreifenden Besprechung vom 4.02.2016 auf Grundlage der Arbeiten der AG "Bestehende Schutzbauwerke". – 5 S., München, unveröff.
- OBB - Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern, für Bau und Verkehr (2008): Koordiniertes Erhaltungs- und Bauprogramm 2008-2011 Verfahrensdokumentation. – 9. S, Oberste Baubehörde, II D2, München.
- ONR 24810:2017-02-15: Technischer Steinschlagschutz - Begriffe, Einwirkungen, Bemessung und konstruktive Durchbildung, Überwachung und Instandhaltung. – Österreichisches Normungsinstitut (ON), Wien.
- Onofri, R. & Candian, C. (1979): Indagine sui limiti di massima invasione dei blocchi franati durante il sisma del Friuli del 1976. – Reg. Aut. friuli Venezia Giulia, Cluet, Trieste, 1-42.
- Perroud, M. & Bader (2013): Klimaänderung in der Schweiz - Indikatoren zu Ursachen, Auswirkungen, Massnahmen. – 86 S., Bundesamt für Umwelt, & Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie, Umwelt-Zustand Nr. 1308, Bern u. Zürich.
- Preh, A. (2018): Felsstürze – Sturzprozess. – Berichte der Geologischen Bundesanstalt, 125, Tagungsband „Gefahren durch Steinfall und Felssturz, St. Pölten, 59–65.
- Preh, A. & Mölk, M. (2018): Steinschlagmodelle. – Berichte der Geologischen Bundesanstalt, 125, Tagungsband „Gefahren durch Steinfall und Felssturz, St. Pölten, 18-24.
- Risch (1993): Erläuterungen zur geologischen Karte 1: 25.000 Blatt Nr. 8343 Berchtesgaden West. – Bayerisches Geologisches Landesamt, München.
- Romang, H. & Bründl, M. (2009): Risikokzept für Naturgefahren – Leitfaden Teil B: Anwendung des Risikokzeptes: Prozess Murgang. – 38 S., Nationale Plattform für Naturgefahren PLANAT, Bern.
- Romang, H., Böll, A., Bollinger, D., Hunzinger, L., Keusen, H.R., Kienholz, H., Koschni, A. & Margreth, S. (2008): Beurteilung der Wirkung von Schutzmassnahmen. – 289 S., Nationale Plattform Naturgefahren PLANAT, Bern.
- Sättele, M., Krautblatter, M., Bründl, M. & Straub, D. (2016): Forecasting rock slope failure: how reliable and effective are warning systems? – Landslides, 13, 737–750.
- SFIG - Schweizer Fachgruppe für Ingenieurgeologie (2004): Gefahreinstufung Rutschungen i.w.S - Permanente Rutschungen, spontane Rutschungen und Hangmuren. – 17 S., Bundesamt für Wasser und Geologie, Arbeitsgruppe Geologie und Naturgefahren, Zollikofen.
- Sellmeier, B. (2015): Quantitative parameterization and 3D run out modelling of rockfalls at steep limestone cliffs in the Bavarian Alps. – 148 S., Springer Theses, Recognizing Outstanding Ph.D. Research, Heidelberg etc.
- Sellmeier, B., Krautblatter, M. & Thuro, K. (2014): Failure and mobilization analysis of mid-magnitude rockfalls on a steep limestone slope in the Bavarian Alps.- In: Lollino, G., Giordan, D., Thuro, K., Carranza-Torres, C., Wu, F., Marinos, P. & Delgado, C. (2014): Engineering Geology for Society and Territory – Volume 6, XII IAEG Congress, Torino, September 2014, 15–19.

- SIB-BW (2013): Grundlage der neuen Version 1.9 des Programmsystems SIB-Bauwerke.– Fachgruppe „Bauwerke“ der Dienstbesprechung „IT-Koordinierung der Bund/Länder-Fachinformationssysteme (IT-Ko)“
- Statistikatlas Bayern (2019):
https://www.statistik.bayern.de/produkte/datenbanken_karten/statistikatlas.
– Bayerisches Landesamt für Statistik.
- STMELF - Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (2019):
Ergebnisse der Waldzustandserhebung 2019. – 21 S., Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, München, 4-5.
- STMUV - Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz (2016): Verzeichnisse der Gewässer zweiter Ordnung und der Wildbäche. – 2 S., Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz, Bekanntmachung vom 12. Feb. 2016, Az. 52e-U4502-2010/3-103.
- STMUV (2013):
https://www.stmuv.bayern.de/themen/naturschutz/eingriffe/begruendung_baykomp.pdf. – 38 S., Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz: Begründung zur Bayerischen Kompensationsverordnung.
- StBA TS - Staatliches Bauamt Traunstein (2019): Interner Bericht: Dokumentation der Straßensperren im Katastrophenfall 2019. — 5 S.; Staatliches Bauamt Traunstein, unveröff.
- StBA TS - Staatliches Bauamt Traunstein (2013): B 21 Bauwerksentwurf Schutzgalerie am Saalachsee. – Traunstein, unveröff.
- StBA TS - Staatliches Bauamt Traunstein (Bildarchiv): Historisches und Neuzeitliches Bildarchiv des Staatlichen Bauamtes Traunstein.
- Thuro, K., Valley, B., Eberhardt, E. & Raetzo, H. (2006): Ursachen, Trigger und Prozesse der Rutschung Hellbüchel, Lutzenberg, Kanton Appenzell, Schweiz. - Felsbau 24 (3), 68-74.
- Tobler, D., Riner, R. & Pfeifer, R. (2013): Modeling Potential Shallow Landslides over Large Areas with SliDisp+. – In: Margottini et al. (Hrg.): Landslide Science and Practice, 3, Berlin, Heidelberg, 37-45.
- Utelli, H.H., Arnold, P., Hunzinger, L., Gruner, U., Kipfer, A., Perren, B. & Cajos, J. (2012): Management von gravitativen Naturgefahren auf Nationalstraßen in der Schweiz - Methodik Risikokzept und dessen Anwendung. – Interpraevent, Conference Proceedings, 12th Congress, Grenoble, France, 1115 -1126.
- Wieczorek, F.G., Morrissey, M.M., Iovine, G. & Godt, J. (1999): Rockfall Potential in the Yosemite Valley, California. - <http://pubs.usgs.gov/of/1999/ofr-99-0578/>. Abruf am 25. März 2015.
- Winkler, C., Burchard, U. & Bründl, M. (2009): Risikokzept für Naturgefahren – Leitfaden Teil B Anwendung des Risikokzept: Prozess Sturz. – 32 S., Nationale Plattform für Naturgefahren PLANAT, Bern.
- Winkler, C., Gauderon, A. & Bründl, M. (2009): Risikokzept für Naturgefahren – Leitfaden Teil B Anwendung des Risikokzept: Prozess Hochwasser. – 30 S. Nationale Plattform für Naturgefahren PLANAT, Bern.

Zangerl, Ch., Prager, Ch., Brandner, R., Brückl, E., Felli, W., Tentschert, E., Poscher, G. & Schönlaub, H. (2008): Methodischer Leitfaden zur prozessorientierten Bearbeitung von Massenbewegungen. – Geo.Alp, 5, 1–51.

Gesetzestexte

BayKompV - Bayerische Kompensationsverordnung vom 7. August 2013 (GVBl. S. 517, BayRS 791-1-4-U).

BayNatSchG - Bayerisches Naturschutzgesetz vom 23. Februar 2011 (GVBl. S. 82, BayRS 791-1-U), das zuletzt durch Gesetz vom 21. Februar 2020 (GVBl. S. 34) geändert worden ist.

BayStrWG - Bayerisches Straßen- und Wegegesetz in der in der Bayerischen Rechtssammlung (BayRS 91-1-B) veröffentlichten bereinigten Fassung, das zuletzt durch § 9 des Gesetzes vom 24. Juli 2019 (GVBl. S. 408) geändert worden ist.

BayWaldG - Bayerisches Waldgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 22. Juli 2005 (GVBl. S. 313, BayRS 7902-1-L), das zuletzt durch § 3 Abs. 2 des Gesetzes vom 27. April 2020 (GVBl. S. 236) geändert worden ist.

BayWG - Bayerisches Wassergesetz vom 25. Februar 2010 (GVBl. S. 66, 130, BayRS 753-1-U), das zuletzt durch § 5 Abs. 18 des Gesetzes vom 23. Dezember 2019 (GVBl. S. 737) geändert worden ist.

FStrG - Bundesfernstraßengesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 28. Juni 2007 (BGBl. I S. 1206), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 29. Juni 2020 (BGBl. I S. 1528) geändert worden ist.

Bundesnaturschutzgesetz vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2542), das zuletzt durch Artikel 290 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist.

Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung in der Fassung der Bekanntmachung vom 24. Februar 2010 (BGBl. I S. 94), das zuletzt durch Artikel 117 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist.

EG-Artenschutzverordnung Nr. 338/97 des Rates vom 9. Dezember 1996 über den Schutz von Exemplaren wildlebender Tier- und Pflanzenarten durch Überwachung des Handels (ABl. L 61 vom 3.3.1997, S. 1); Letzte konsolidierte Fassung vom 15.12.2012, zuletzt geänderte Artenanhänge durch Verordnung (EU) 2017/160 vom 20 Januar 2017 (ABl. L 27 vom 1.2.2017, S. 1.)

RICHTLINIE 2009/147/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 30. November 2009 über die Erhaltung der wildlebenden Vogelarten.