

Johannes Stangl

Gravitative Naturprozesse im Nationalpark Gesäuse

Diplomarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades eines Magisters
an der Naturwissenschaftlichen Fakultät der
Karl - Franzens - Universität Graz

Betreuer: Ao. Univ. Prof. Dr. Gerhard Karl Lieb
Institut für Geographie und Raumforschung

2009

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne unerlaubte Beihilfe verfasst habe. Ich habe keine weiteren Quellen verwendet, außer den von mir im Literaturverzeichnis angeführten und wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht.

Gratkorn, im Dezember 2009

Johannes Stangl

Vorwort

Als ich im Sommer 2002 mein erstes Praktikum im Gesäuse absolvierte, stand ich erst am Anfang meines Studiums, genauso wie der Nationalpark erst vor seiner Gründung stand. Seit meinem ersten Sommer bei den Steiermärkischen Landesforsten habe ich weitere vier Sommer als Praktikant im Gesäuse gearbeitet und ab 2007 war ich dann hauptsächlich als Nationalpark-Ranger im Gebiet unterwegs. Durch diese vielschichtigen Arbeiten lernte ich den Nationalpark immer besser kennen. Vor allem bei der Grenzsteinerneuerung im Auftrag der Landesforste und der Naturrauminventur beim NP Gesäuse drang ich in die entlegensten Winkel vor. Während der vielen Sommermonate die ich im Gesäuse verbrachte, lernte ich die Bergwelt auch von der vermeintlich bedrohlichen Seite kennen, denn nicht nur einmal waren Strassen und Wege über Nacht durch Muren oder andere Naturprozesse versperrt. Genau diese dynamische Naturgewalt faszinierte mich vom ersten Tag weg. Als ich mich dann mit Daniel Kreiner, Leiter des Fachbereichs Naturschutz im NP Gesäuse, und meinem Diplomarbeitsbetreuer Gerhard Karl Lieb zusammensetzte und das Thema „Naturgefahren“ fiel, war die Wahl für mich getroffen.

An dieser Stelle möchte ich mich bei meinen beiden Betreuern vor allem für ihre Geduld mit mir bedanken. Ich kann dazu nur, so wie Gerhard Lieb mir mehrmals positiv zuredete, sagen: „*Gut Ding braucht Weile*“.

An der Fertigstellung dieser Arbeit waren weiters folgende Personen maßgeblich beteiligt, denen ich im nachfolgenden recht herzlich danken möchte. Ein großer Dank gilt dem leider kürzlich verstorbenen Albert Ernest, der mir freien Zugang zu seinem Archiv gewährte. Ebenso möchte ich den Steiermärkischen Landesforsten und im speziellen Andreas Holzinger meinen Dank für den Zugang zu ihren Archiven aussprechen. Bei Josef Hasitschka, Martin Streit, Dieter Zedlacher, Reinhard Thaler, Hans-Peter Scheb, Engelbert Schmied, Hr. Lambrecht und Christian Huber möchte ich mich für ihre Interview-Bereitschaft und die Bereitstellung verschiedenster Daten bedanken. Weiters danke ich Christoph Lauschmann, Katharina Palkovich und Martha Premm für das Redigieren des Textes.

Schließlich möchte ich mich bei meinen Freunden, ohne die mein Studium farblos gewesen wäre, und meiner Familie, die mich immer voll unterstützt hat, bedanken.

Kurzzusammenfassung / Abstract

Die Einschätzung von gravitativen Naturprozessen ist vor allem im Hochgebirge, zu dem auch der Nationalpark Gesäuse zählt, mit seiner hohen Dynamik oft äußerst schwierig. Neben den theoretischen Hilfsmitteln der Berechnung und Modellierung, trägt die Aufnahme vergangener Ereignisse wesentlich zum besseren Verständnis dieser Prozesse bei. Ziel der vorliegenden Arbeit war daher eine Bestandsaufnahme und eine Modellierung der gravitativen Naturprozesse im Nationalpark Gesäuse. Aufgrund der Datengrundlagen wurden aus der Menge der dieser Überkategorie zuzuordnenden Prozesse folgende ausgewählt: Lawine, Mure, Rutschung und Sturz-Ereignis bzw. Felssturz.

Die Bestandsaufnahme wurde auf Grundlage einer umfangreichen Literaturrecherche durchgeführt. Die Naturprozesse aus den verschiedenen Quellen (Bücher, Fotos, Archive etc.) wurden danach in die neu erstellte GRANAT-Datenbank übertragen und mit dem Geographischen Informationssystem (GIS) in einer Karte verortet.

Die GIS-Modellierung der vier Naturprozesse beschränkte sich auf die jeweilige Disposition im gesamten Projektgebiet (ca. 110 km²) und wurde mit Hilfe der qualitativen Indexmethode durchgeführt. Durch den Vergleich der Ergebnisse der Bestandsaufnahme mit denen der Dispositionsmodellierung konnte deren Aussagekraft überprüft und im Falle der Dispositionsmodellierung bestätigt werden.

The assessment of gravitative nature processes is often extremely difficult, particularly in high mountains with their high dynamics, among which the national park Gesäuse ranks. Beside theoretical aids like computation and modelling, the recording of past events contributes substantially to the understanding of these processes. The objective of this thesis was therefore to conduct an appraisal and a modelling of the gravitative nature processes in the national park Gesäuse and compare the respective results. Based on existing data the following processes were selected from the relevant group: avalanche, debris flow, slide and rockfall.

The appraisal was based on an extensive literature search. The nature processes documented in the different sources (books, photos, archives etc.) were then transferred into the newly created GRANAT data base and located in a map with the geographical information system (GIS). The GIS modelling of the four nature processes was limited to the respective susceptibility in the entire project area (ca. 110 km²) and was accomplished using the qualitative indexing method. The comparison of the results of the appraisal with those of the susceptibility-modelling showed that the results were matching and therefore conclusive.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	13
1.1	Zielstellung	13
1.2	Projektgebiet: Nationalpark Gesäuse	14
1.3	Methoden	15
2	Grundlagen	16
2.1	Vom Naturprozess zur Naturgefahr zum Naturprozess	16
2.2	Geomorphologische Grundlagen und Begriffsabgrenzung	18
2.2.1	Massenverlagerungen allgemein	19
2.2.2	Sturzereignisse	23
2.2.2.1	Naturräumliche Rahmenbedingungen für die Entstehung von Sturzereignissen	24
2.2.3	Rutschungen	26
2.2.3.1	Naturräumliche Rahmenbedingungen für die Entstehung von Rutschungen	28
2.2.4	Fließbewegungen	33
2.2.4.1	Naturräumliche Rahmenbedingungen für die Entstehung der Fließbewegung Mure	35
2.2.5	Lawinen	43
2.2.5.1	Naturräumliche Rahmenbedingungen für die Entstehung von Lawinen	45
3	Bestandsaufnahme	50
3.1	Quellen	52
3.1.1	Interviews	52
3.1.2	Historische Quellen	53
3.1.2.1	Historische Quellen zu den gravitativen Naturprozessen im NP Gesäuse	56
3.1.3	Allgemeine Quellenkritik	62
3.2	Die GRANAT(GRAvitative NATurprozess)-Datenbank	63
3.2.1	Statistischer Überblick über die Datensätze der GRANAT-Datenbank	65
3.3	Die Ereigniskarten auf Basis der GRANAT-Datenbank	69
3.3.1	Von der Datenbank zur Karte	71
3.3.2	Die Ereigniskarten	76
3.3.2.1	Karte der historischen Felsstürze	76
3.3.2.2	Karte der historischen Muren	77

3.3.2.3	Karte der historischen Lawinen.....	77
4	Dispositionsmodellierung.....	81
4.1	Methoden der Dispositionsanalyse.....	82
4.1.1	Die qualitative Indexmethode	83
4.2	Technische Grundlagen.....	85
4.2.1	Systemabgrenzung nach ZISCHG et al. (2002).....	86
4.2.2	Umsetzung der Modellierung mit Hilfe der Index-Methode im GIS.....	97
4.3	Die Dispositionsmodellierung der gravitativen Naturprozesse.....	100
4.3.1	Modellierung von Sturzereignissen.....	100
4.3.1.1	Die Sturzereignis-Dispositionskarte.....	103
4.3.2	Modellierung von Rutschungen	105
4.3.2.1	Die Rutschungs-Dispositionskarte	109
4.3.3	Modellierung von Muren	111
4.3.3.1	Die Muren-Dispositionskarte	113
4.3.4	Modellierung von Lawinen	118
4.3.4.1	Die Lawinen-Dispositionskarte.....	120
5	Zusammenschau	123
6	Literaturverzeichnis.....	125
	Anhang	138

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Übersichtskarte des NP Gesäuse (www.nationalpark.co.at).....	14
Abb. 2: Zwei Szenarien zur Risikowahrnehmung (Idee und Realisation: J. Bertens) (WEICHSELGARTNER, J., 2002, S. 21).....	16
Abb. 3: Naturgefahren- Einteilung (EGLI, T. 1996, S. 22).....	19
Abb. 4: Einteilung der Massenverlagerungen in den Alpen (nach LAATSCH und GROTTETHALER 1972 – verändert - In: KELLERER-PIRKLBAUER, 2002, S. 14).	20
Abb. 5: Naturprozess- Einteilung nach EGLI, T. 1996, verändert.....	22
Abb. 6: Histogramm der Abrisskanten stürzender Ereignisse nach der Lithologie (Rasterdaten) (RUFF, 2005, S. 83).....	26
Abb. 7: Translationarutschungen auf eben geneigter Gleitfläche (Bruchfläche) (LUZIAN, 2002, S.36).....	27
Abb. 8: Rotationsrutschungen auf gekrümmter (aber nur im Ausnahmefall kreisförmiger) Gleitfläche (Bruchfläche) (LUZIAN, 2002, S.37).....	27
Abb. 9: Verhältnis der Flächenbeträge von Mure und Einzugsgebiet in Abhängigkeit von der Vegetationsbedeckung und der Geologie im Einzugsgebiet (RIEGER, D., 1999, S.91)..	41
Abb. 10: Lawinenklassifikation (nach MUNTER W., 1999, In: HÜBL,J. et al., 2006, S. 36), verändert.....	45
Abb. 11: Häufigkeit von Schneebrettlawinen in Abhängigkeit von der Hangneigung (LAND TIROL, 2000, S.90).	47
Abb. 12: Mögliche Geländeformen, welche sich durch die Kombination von horizontaler und vertikaler Krümmung ergeben (nach DIKAU 1989 - In: RAUTER et al. 2006, S. 572).	49
Abb. 13: Lawinenkarte nach ERNEST, A. (NATIONALPARK GESÄUSE GMBH).....	57
Abb. 14: Beispiel für eine Auflistung der Katastrophenschäden der Landesforstverwaltung St.Gallen von 1973 (Archiv der Steiermärkischen Landesforste).....	58
Abb. 15: Projektgebietsgrenze mit digitaler Lawinen(links)- und Wildbacheinzugsgebietskarte(rechts), von der WLW zur Verfügung gestellt. Hintergrund:Orthophotos des BEV. Layout: Johannes Stangl.....	59
Abb. 16: Gefahrenkarte der Gemeinde Weng (Quelle: Gefahrenzonenplan der WLW-GBL Ennstal und Salzatal).....	60
Abb. 17: Schematische Darstellung der GRANAT-Datenbank und ihrer Attribute.....	64
Abb. 18: Verteilung der Datensätze mit Ortsangabe (n=596) nach Qualität der Ortsangaben	65

Abb. 19: Anzahl und Aufteilung aller Datensätze der GRANAT-Datenbank nach Quellen-Zugehörigkeit	66
Abb. 20: Anzahl und Aufteilung der mit GIS verorteten Datensätze der GRANAT-Datenbank nach Quellen-Zugehörigkeit.....	66
Abb. 21: (Links) Anzahl und Aufteilung aller Datensätze der GRANAT-Datenbank nach Ereignisart	67
Abb. 22: (Rechts) Anzahl und Aufteilung der mit GIS verorteten Datensätze der GRANAT-Datenbank nach Ereignisart	67
Abb. 23: Anzahl und Aufteilung der mit GIS verorteten Datensätze der GRANAT-Datenbank nach Ereignisart (zusammengefasst).....	68
Abb. 24: Verteilung aller Datensätze der GRANAT-Datenbank nach Ereignisjahr.....	68
Abb. 25: Verteilung der mit GIS verorteten Datensätze der GRANAT-Datenbank nach Ereignisjahr	69
Abb. 26: Schematische Darstellung der GRANAT-Datenbank mit Datenblättern, der rot markierte Teil stellt deren Verknüpfung dar.	70
Abb. 27: Artefakt-Bildung bei der Berechnung von Einzugsgebieten.....	71
Abb. 28: Ereignisanzahl (n=599) geordnet nach GRANAT-Datenbank ID ; die dazugehörigen Ereignis-Namen sind in Tab.43 im Anhang zu finden.....	74
Abb. 29: Infrastruktur und Kilometrierung im NP Gesäuse.	75
Abb. 30: Karte historischer Felsstürze.	78
Abb. 31: Karte historischer Muren.....	79
Abb. 32: Karte historischer Lawinen.	80
Abb. 33: Murauslösung in Abhängigkeit vom „Ladezustand“ des Systems (nach ZIMMERMANN et al. 1997 In: RIEGER, D., 1999, S.41).	81
Abb. 34: Konzept der Indexmethode mit einer Indizierung in drei Schritten nach JUANG et al. (1992) In: RUFF 2005, S. 87; verändert.....	83
Abb. 35: Digitales Höhenmodell (NATIONALPARK GESÄUSE GMBH).....	87
Abb. 36: Hangneigungskarte.....	88
Abb. 37: Expositionskarte.....	88
Abb. 38: Fließakkumulationskarte mit Single Flow-Algorithmus.....	89
Abb. 39: Fließakkumulationskarte mit Multi Flow-Algorithmus.....	89
Abb. 40: Grundlegende Algorithmen zur Berechnung des Fließverhaltens (Single Flow versus Multiple Flow) (SCHÄUBLE, H., 2004, S.9).....	90
Abb. 41: Einzugsgebietskarte.....	90

Abb. 42: Hauptgerinnekarte.....	91
Abb. 43: Geländewölbungskarte.....	92
Abb. 44: Geländeform-Karte.....	92
Abb. 45: Geländeform Klassifizierung, unter Benützung von großem (LN)- und kleinem (SN) Nachbarschafts TPI (JENNESS, J., 2006, S. 9).	93
Abb. 46: Grate-Karte.....	94
Abb. 47: Habitalp-Karte (NATIONALPARK GESÄUSE GMBH).....	94
Abb. 48: Geologische Karte nach AMPFERER (NATIONALPARK GESÄUSE GMBH).....	96
Abb. 49: Tektonische Störungen nach AMPFERER (NATIONALPARK GESÄUSE GMBH).....	97
Abb. 50: Schematische Darstellung der Übertragung ins Vektorformat mit anschließender Raster- Konvertierung.	98
Abb. 51: Schematische Darstellung der Übertragung ins Rasterformat.	99
Abb. 52: Schematische Addition zweier Raster-Datensätze mit dem Raster-Calculator in ArcMap.....	99
Abb. 53: Sturzereignis-Dispositionskarte.	104
Abb. 54: Rutschungs-Dispositionskarte.....	110
Abb. 55: Muren-Dispositionskarte.....	116
Abb. 56: Muren-Dispositionskarte und die Karte der historischen Muren im Vergleich.	117
Abb. 57: Lawinen-Dispositionskarte.....	121
Abb. 58: Lawinen-Dispositionskarte und Karte historischer Lawinen im Vergleich.	122
Abb. 59: Parameter zur GIS-gestützten Analyse der Murgangdisposition mit Angaben zu den jeweiligen Gewichtungsfaktoren (KELLERER-PIRKLBAUER, A., 2002, S. 45).....	138

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Übersicht über Volumen und Geschwindigkeit der Sturzereignisse.	23
Tab. 2: Indizes für die Hangneigung (RUFF 2005, S. 89).....	29
Tab. 3: Indizes für die Exposition (RUFF 2005, S. 89).....	29
Tab. 4: Vertikale und horizontale Hangwölbungen (REITERER 2001, S.9).....	30
Tab. 5: Indizes für die Lithologie (RUFF 2005, S. 89).....	30
Tab. 6: Klassifizierung des Gesteinsbestandes des Blattes 96 Blatt Ischl der ÖK 1:50 000 (REITERER 2001, S.7).....	31
Tab. 7: Indizes für die Lithologie (RUFF 2005, S. 90).	31
Tab. 8: Gewichtung der Kategorie Wälder und deren Unterkategorien (REITERER 2001, S.11).	32
Tab. 9: Indizes für die Vegetation (RUFF 2005, S. 92).....	32
Tab. 10: Indizes für die Erosionswirkung von Bächen anhand ihres Einzugsgebietes (RUFF 2005, S. 92).	33
Tab. 11: Unterscheidung einzelner Murtypen nach ihren Anrisszonen (nach ZIMMERMANN 1990a sowie HABERLI et al.1991) (RIEGER, D., 1999, S.3).....	35
Tab. 12: Wichtige Kriterien zur Unterscheidung von Mure und Hochwasser (zusammengestellt nach COSTA 1984 In: RIEGER, D., 1999, S.1).	35
Tab. 13:Gewichtung der Hangneigung (WANNENMACHER 2002, S.78).....	37
Tab. 14:Bewertung der Hang- und Gerinneneigung für die Muren-Disposition (KELLERER- PIRKLBAUER 2002, S.48).....	37
Tab. 15:: Gewichtung von Parametern und Klassen zur Modellierung des Murpotentials. Kursiv gedruckte Werte sind statistisch nicht abgesichert, müssen also unter Vorbehalt verwendet werden(RIEGER, D., 1999, S. 106).....	38
Tab. 16: Gesteinsbedingte Beeinflussung der Muren-Grunddisposition (KELLERER- PIRKLBAUER 2002, S.49).....	38
Tab. 17: Gewichtung der Geologie (WANNENMACHER 2002, S.76).....	38
Tab. 18: Art des Materialdepots für Murgänge: dreiteiliges System nach Bunza 1992 (KELLERER-PIRKLBAUER, 2002, S. 37).....	39
Tab. 19: Bewertung der Geschiebequellen für die Muren-Disposition (KELLERER- PIRKLBAUER 2002, S.48 und S. 113).....	39
Tab. 20: Gewichtung der Störungen (WANNENMACHER 2002, S.77).	40

Tab. 21: Abflussbeiwerte bei unterschiedlichen Landnutzungen und unterschiedlicher Hangneigung (mit Literaturangabe)(KELLERER-PIRKLBAUER, 2002, S.51).....	40
Tab. 22: Vegetationsformen nach Bedeckungsklassen (RIEGER, D., 1999, S.42-43).....	41
Tab. 23: Bewertung der Entfernung zu den Hauptgerinnen für die Muren-Disposition (KELLERER-PIRKLBAUER 2002, S.52).....	41
Tab. 24: Bewertung der Einzugsgebietsgröße für die Muren-Disposition (KELLERER-PIRKLBAUER 2002, S.52).....	42
Tab. 25: Mögliche historische Quellentypen nach BARNIKEL 2004 (S.37) und die dementsprechenden Quellen dieser Arbeit (die in Grau gehaltenen Quellen haben in dieser Arbeit keine Verwendung gefunden).....	53
Tab. 26: Vorgehensweise bei der Suche und Strukturierung von historische Quellen nach BARNIKEL 2004 (S.39) und diese Arbeit.....	54
Tab. 27: Fragen an Quellen, nach BARNIKEL 2004 (S.38); und dazu die von mir abgeänderten Fragen, Spaltennamen in der Datenbank, Zweck und Anmerkungen.....	55
Tab. 28: Beschreibung von Lawinen-Ereignissen an Bahn (links) vom 23.12.1919 und Straße (rechts) zwischen 7. und 8.2.1981 (ERNEST 2002, S.14 & S.194).....	56
Tab. 29: Farbliche Unterscheidung der Prozesse nach BUWAL 1995, S.15.....	76
Tab. 30: Maßstäbe und Verwendbarkeit der Methoden nach ALEOTTI und CHOWDHURY (1999) In: RUFF 2005, S. 86; verändert.....	82
Tab. 31: Aufstellung der Indizes zur Gewichtung der Ebenen nach RUFF 2005, S. 94.....	84
Tab. 32: Indizierung der Naturraumfaktoren, der Gruppen intern und der Gruppen extern für die Modellierung der Sturzereignisse.....	102
Tab. 33: Oben: Vertikale und horizontale Geländewölbungs-Indizierung nach REITERER (2001); Unten: Reklassifizierungstabelle.....	106
Tab. 34: Indizierung der Naturraumfaktoren, der Gruppen intern und der Gruppen extern für die Modellierung der Rutschungen.....	108
Tab. 35: Abflussbeiwerte bei unterschiedlichen Landnutzungen und unterschiedlicher Hangneigung nach KELLERER-PIRKLBAUER (2002, S.51) bzw. STANGL.....	112
Tab. 36: Indizierung des Naturraumfaktors Oberflächenabfluss. Klassenunterteilung nach KELLERER-PIRKLBAUER (2002, S.51).....	112
Tab. 37: Indizierung der Naturraumfaktoren, der Gruppen intern und der Gruppen extern für die Modellierung von Muren.....	115
Tab. 38: Indizierung der Naturraumfaktoren, der Gruppen intern und der Gruppen extern für die Modellierung von Lawinen.....	119

Tab. 39: Die in der Gefährdungseinschätzung verwendeten Faktoren und deren iterativ angepasste Gewichtung für den Bereich des Rhenodanubischen Flysch (KASSEBEER et al. 2003, S190).	138
Tab. 40: Externe Gewichtung der Ebenen nach WANNENMACHER 2002, S.80, verändert.	138
Tab. 41: Analyseschema (REITERER 2001, S.5-6).....	139
Tab. 42: Indizierung des Naturraumfaktors Habitatp(Bodenbedeckung) für die Dispositionsmodellierung der Prozesse Mure, Rutschung und Lawine, sowie der Zuordnung zu Landnutzungsklassen für die Murenmodellierung	147
Tab. 43: Die mit GIS verorteten historischen Ereignisse mit zugehöriger GRANAT-ID und Ereignisanzahl (n=599)	150

1 Einleitung

1.1 Zielstellung

Der NP Gesäuse ist reliefbedingt ein Gebiet mit überaus starker Aktivität im Bereich der gravitativen Naturprozesse. Da sich bis jetzt jedoch niemand intensiver damit auseinandergesetzt hat, war das Ziel meiner Diplomarbeit, Karten über die bestehenden und die potentiell möglichen gravitativen Naturprozesse im Nationalpark Gesäuse - ein relativ großes Projektgebiet für diese Fragestellung - zu erstellen. Zunächst musste darüber entschieden werden, welche gravitativen Naturprozesse in die Karten aufgenommen werden und auf Basis welcher Methoden die Karten entstehen sollten. Ich wählte die folgenden Prozesse: Lawinen, Muren, Rutschungen und Sturz-Ereignisse bzw. Felsstürze.

Zunächst machte ich eine Bestandsaufnahme mit Hilfe der Untersuchung von historischen Quellen, Archiven und Interviews. Ich setzte den Untersuchungsrahmen dafür auf die letzten rund 60 Jahre fest. Die erhobenen Daten der historisch belegten Ereignisse wurden in eine Datenbank eingespeist und sollten schließlich mit einem Geographischen Informationssystem (GIS) in Karten verortet werden.

Anschließend sollten anhand von Modellierungen mit dem Programm ArcGIS Karten erstellt werden, die die Anfälligkeiten für die einzelnen gravitativen Naturprozesse darstellen sollen. Eine Karte über potentiell mögliche gravitative Naturprozesse besteht üblicherweise aus Anriss- bzw. Ausbruchgebiet, Transitgebiet und Ablagerungsbereich. Diese drei Prozessabschnitte für alle gravitativen Naturprozesse zu berechnen, war für das Projektgebiet im Rahmen dieser Arbeit jedoch nicht möglich. Ich entschied mich für die Darstellung des ersten Prozessabschnittes (Ausbruchgebiet) anhand einer Dispositionsmodellierung.

1.3 Methoden

Für die Erstellung der Karten der Bestandsaufnahme wurde die Methode der Literaturrecherche gewählt, da das für ein Projektgebiet dieser Größe adäquat erscheint. Begonnen wurde mit Interviews lokaler SpezialistInnen. Dabei erhielt ich einen groben Überblick über das Vorkommen und die Verteilung der gravitativen Naturprozesse und wertvolle Hinweise auf Archive und andere Quellen. Diese untersuchte ich bei der nachfolgenden Recherche und sammelte dabei die Daten für die später erstellte GRANAT-Datenbank. Abschließend überführte ich die in der Datenbank gespeicherten Ereignisse mit dem Geographischen Informationssystem in die 3 Karten der historischen Ereignisse (Felssturz, Mure, Lawine).

Den zweiten Teil der Arbeit bildete eine GIS-Dispositionsmodellierung auf Basis der qualitativen Indexmethode nach JUANG et al. (1992). Diese Methode arbeitet mit einer differenzierten Indizierung von Naturprozess-relevanten Naturraumfaktoren. Das Ergebnis hängt vor allem von den verwendeten Datengrundlagen ab. Im vorliegenden Fall waren die vorhandenen Daten ausreichend gegeben - in Form von verschiedenen GIS-Daten des NP Gesäuses. Durch die guten Datengrundlagen einer geologischen Karte, einer Bodennutzungskarte (Habitalp) und einem Höhenmodell mit einer Auflösung von 10 Metern, war ein gut auflösendes Ergebnis sichergestellt. Abschließend wurden die Dispositionskarten durch die Überlagerung der indizierten Naturraumfaktoren generiert.

2 Grundlagen

2.1 Vom Naturprozess zur Naturgefahr zum Naturprozess

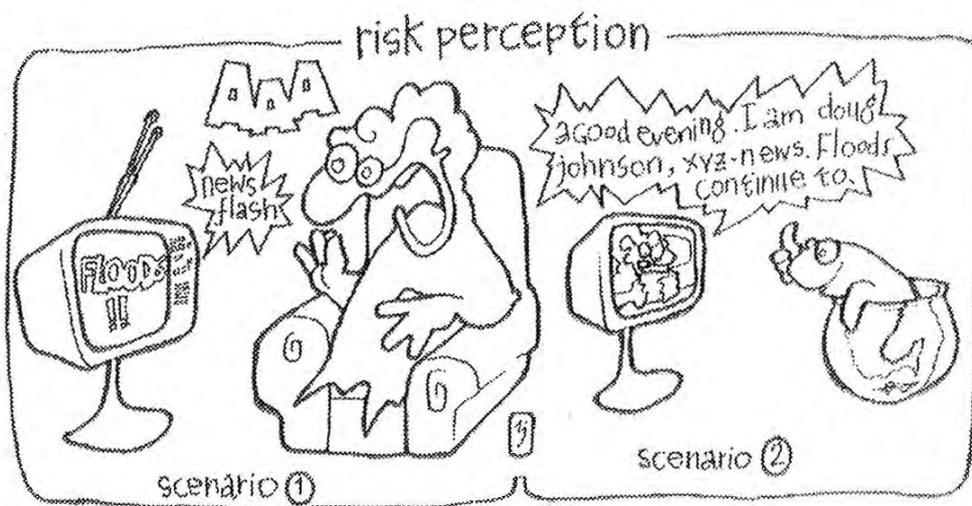


Abb. 2: Zwei Szenarien zur Risikowahrnehmung (Idee und Realisation: J. Bertens) (WEICHSELGARTNER, J., 2002, S. 21).

In der ÖROK Schriftenreihe Nr. 168 (2005) gibt es folgende Definition der Naturgefahr:

S.22: „Aus einem natürlichen Prozess drohendes Unheil. Umfasst sämtliche Vorgänge und Einflüsse der Natur, die für Menschen und/oder Sachwerte schädlich sein können“.

Hier wird deutlich, was HOLLENSTEIN (1997) mit „Die Bewertung von Risiken basiert auf den individuellen Wert- und Präferenzsystemen der Betroffenen“ beschreibt (S. 18).

Naturprozesse werden erst dann zu Naturgefahren, Naturrisiken bzw. zu dem aus dem englischen entnommenen Begriff „hazard“, wenn sie sich nicht mehr im menschenleeren Raum abspielen, sondern ein Individuum, eine Siedlung oder die zur deren Versorgung notwendige Infrastruktur schädigen oder zerstören.

Während der Auseinandersetzung mit einschlägiger Fachliteratur kommt man nicht umhin, immer wieder Wörter wie „gefährlich“, „katastrophal“, „zerstörerisch“, etc. zu lesen. Ganz zu schweigen von dem ohnehin in den Sprachgebrauch eingegangenen Begriff „Naturgefahren“.

Einzig im 4. Band der Alpensignale (Plattform Naturgefahren der Alpenkonvention (Hrsg.), 2006) wird von Naturereignissen gesprochen.

Natürlich hat es auch hier einen Sinneswandel (zum Beispiel gab es in Band 2 der Alpensignale (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit Referat Öffentlichkeitsarbeit (Hrsg.), 2004) noch das Kapitel Naturkatastrophen) in den letzten Jahren gegeben, der sich auch teilweise in der Literatur widerspiegelt. Jedoch verwendet man noch immer größtenteils den Ausdruck Naturgefahren und besonders in der Bevölkerung ist dieser stark verankert. Vor allem bei meinen Interviews habe ich das bemerkt. So war es wesentlich einfacher meine Diplomarbeit als Arbeit über Naturgefahren als über Naturprozesse zu erklären.

Weiters wurde bei den Recherchen deutlich, dass beinahe alle Ansätze im Naturgefahrenmanagement (oftmals auch Risikomanagement genannt) auf Gegenmaßnahmen, zur Naturgefahren - Beseitigung/-Ableitung/-Umleitung etc. abzielen, aber der umgekehrte Weg, die potentiell gefährdeten Gebiete zur baulichen Tabuzone zu erklären, selten besprochen wird.

LUZIAN (2002a) stellt in diesem Zusammenhang richtig fest, wenn er schreibt: *„Obwohl im 20. Jahrhundert die Naturereignisse an Zahl und Ausmaß abgenommen haben, nehmen die Schäden zu: Im dicht besiedelten Raum zeigen auch kleine Ereignisse große Wirkung. Gemeint ist damit folgendes: Wenn heute beispielsweise eine kleine Mure eine Brücke in einem Alpental zerstört, stehen womöglich 10000 Autos still, die Hotels erhalten keinen Nachschub (weder an Touristen noch an Verpflegung), die Medien tun das Ihrige dazu und der Ruf nach Versicherungen wird laut. Doch vor nur 50 Jahren hätte sich kein Mensch darum gekümmert. Außerdem hat die Bebauungsdichte stark zugenommen und es stehen heute oft viel mehr Häuser und Bauwerke dort, wo früher Wildbäche, Muren und Lawinen ihren Lauf nahmen. Die gegenwärtig installierten Systeme sind also sehr anfällig und die Reparaturkosten hoch“* (S.15).

Einzig der Gefahrenzonenplan weist Gebiete als Sperrzonen aus, jedoch wurden in diesen Bereichen oder deren Einzugsgebieten bereits oft Verbauungsmaßnahmen (Leitbauwerke, präventive Bauwerke...) vorgenommen, um den Siedlungsraum dennoch zu erweitern.

Mit der fortschreitenden Landflucht, mit der der periphere Raum in Österreich und im Untersuchungsgebiet im Speziellen zu kämpfen hat, wird es aber vermutlich in den nächsten Jahrzehnten zur fast vollkommenen Entvölkerung einzelner Alpentäler kommen. Dann wird

zu überlegen sein, ob die hohen Kosten der Schutzmaßnahmen in all diesen Tälern aufrecht erhalten werden sollten.

Der ansässigen Bevölkerung Johnsbachs bzw. Gstatterbodens und der Alpentäler allgemein sind die negative Einstellung den gravitativen Naturprozessen gegenüber nicht zu verdenken, da diese ihr Hab und Gut und die sie versorgenden Verkehrswege gefährden. Aber gerade in einem Nationalpark muss Platz für die Dynamik der Natur sein. Wenn man Bilder der Zwischenmäuerstrecke vom Anfang der 1950er Jahre betrachtet, sieht man diese Dynamik in all ihren geomorphologischen Facetten. Der Johnsbach, der sich ständig einen neuen Weg durch das Bachbett sucht, die Schuttzubringer, die die Tallandschaft neu formen und neue Freiflächen schaffen, sei es durch Lawinen oder durch Muren.

Auch wenn man die B 146 mit dem Auto entlang fährt, kann man links- und rechtsseitig der Enns Gräben sehen, die voll mit Schutt und Gehölz sind. Sie werden jedoch an ihrem natürlichen Lauf gehindert, indem sie an den künstlichen Engstellen - den Straßenbrücken - gestaut werden und das Geschiebe nicht in die Enns gelangt. Die Brückendurchlässe sind zu schmal bemessen, als dass sich die Gräben selbst entleeren könnten, dadurch wird ein menschlicher Eingriff nötig, der eigentlich in einem Nationalpark nicht stattfinden sollte.

Um den gravitativen Naturprozessen den von vornherein negativen Beigeschmack zu nehmen, wird in dieser Arbeit der Begriff „Naturgefahren“ vermieden. Bei Literaturziten wird der Originaltext verwendet.

Auf eine detaillierte Beschäftigung mit dem Risikobegriff wird in dieser Arbeit verzichtet. Für eine nähere Betrachtung wird auf die Arbeiten von WEICHELGARTNER (2002), MESSERLI (1989) und GEIPEL (1992) verwiesen.

2.2 Geomorphologische Grundlagen und Begriffsabgrenzung

Das Hochgebirge ist im Gegensatz zu Beckenlandschaften stets ein Ort vorwiegender Abtragung, die umso größer ist, je größer die Reliefenergie ist. Im Gesäuse ist die Reliefenergie sehr groß, mehr noch, sie ist ein wesentliches Merkmal dieses sechsten Nationalparks Österreichs und trägt somit zu einer verhältnismäßig starken Abtragung bei.

Diese reliefbedingte Abtragung entspricht weitestgehend der ersten der drei Naturprozess-Kategorien, die von EGLI (1996) definiert wurden. In dieser Unterteilung (Abb.3) ist jedoch von Naturgefahren die Rede und dementsprechend heißt die erste Kategorie auch „Gravitative Gefahren“



Abb. 3: Naturgefahren- Einteilung (EGLI, T. 1996, S. 22).

2.2.1 Massenverlagerungen allgemein

Abtragung kann allgemein gesehen durch die Wirkung der Gravitation oder durch ein Medium wie Wasser, Wind, Schnee oder Eis erfolgen. Die Gesamtheit aller Prozesse, die zur Abtragung führen, werden als Massenverlagerungen bezeichnet.

Rein gravitativ bedingte Verlagerungen von Gestein und Boden bezeichnet man meist als **Massenbewegungen** oder Massenselbstbewegungen. Hierzu gehören alle Arten von Sturzbewegungen, Rutschungsprozessen und Fließbewegungen.

Massenverlagerungen, die durch ein Medium, gleich ob Gletscher oder fließendes Wasser, erfolgen, heißen Massentransport und die Abtragung durch ein Medium ist der Massenschurf (STAHR, A., HARTMANN, T., 1999), wobei diese nur bedingt in dieser Arbeit Beachtung finden. Denn man muss in Betracht ziehen, dass die Gravitation selten die einzige Ursache für Massenselbstbewegungen ist und zum Beispiel die Durchfeuchtung des Materials auch zu solchen Vorgängen beitragen kann. Daher ist der Übergang von Massenselbstbewegung zu Massentransport als fließend einzuschätzen (LIEB, G. K., u.a., 1988).

Bei Recherchen über Massenbewegungen taucht immer wieder die Klassifizierung nach LAATSCH und GROTTENTHALER (1972) auf. Dieses System (Abb.4), das für die Alpen entwickelt wurde, kombiniert zwei Einteilungskriterien: die Bewegungsmechanik und die Geschwindigkeit der Bewegung:

		Bewegungsmechanik			
		Gleiten und trockenes Kriechen, Rutschen und Stürzen	Steifplastisches Kriechen, weichplastisches und quasiviskoses Fließen		Massenschurf und Massentransport
			am freien Hang	in Hangfurchen	
Bewegungstempo	Sehr langsame, nicht unmittelbar wahrnehmbare Bewegungen (von mm pro 10 Jahre bis cm pro Jahr)	Talzus Schub Gleiten und trockenes Kriechen lockerer Hangmassen	Erd- und Schutt-kriechen Soli-fluktion	Block-strom-kriechen Erd- und Schutt-strom-kriechen	Schurf und Transport durch gleitenden Schnee Schurf und Transport durch Gletscher
	Langsame bis schnelle, direkt wahrnehmbare Bewegungen (mm bis cm pro Tag)	Rutsche - Erd-rutsch * durch Translation * durch Rotation - Fels-rutsch - Berg-rutsch * durch Translation * durch Rotation * durch Ausquetschen	Erd- und Schutt-fließen	Erd- und Schutt-strom-fließen	Schurf durch Ernte-holz und -schlepper Narbenversatz durch Weidetiere Abspülen (=Schurf) und Transport durch Regenwasser Ausspülen durch Hangzugwasser
	Sehr schnelle Bewegungen (m pro Sekunde)	Massensturz - Steinschlag - Felssturz - Bergsturz	Erd- und Schutt-gang (Waldab-bruch)	Murgang	Schurf und Geschiebe-transport durch Fließgewässer Schurf durch Muren Schurf durch Lawinen Schurf und Massen-transport durch Wind

Abb. 4: Einteilung der Massenverlagerungen in den Alpen (nach LAATSCH und GROTTENTHALER 1972 – verändert - In: KELLERER-PIRKLBAUER, 2002, S. 14).

EGGER, H. (2003) bezieht sich in seiner Arbeit auf die Einteilung, die sowohl LATELTIN (1997) als auch HEINIMANN et al.(1998) verwenden.

Hierbei werden allgemein 3 Prozesstypen unterschieden:

- Fallen
- Gleiten
- Fließen

Fallen (Sturzprozesse): Ablösen von Fest- und/oder Lockergestein in einem steilen Hang entlang einer Fläche, auf welcher nur geringe oder keine Scherbewegungen stattfinden. Das Material stürzt größtenteils frei fallend, springend und/oder rollend.

Gleiten (Rutschprozesse): hangabwärts gerichtete Bewegung von Fest- und Lockergestein entlang von Gleitflächen oder entlang von verhältnismäßig dünnen Zonen intensiver Scherverformung.

Fließen (Fließprozesse): Räumliche, kontinuierliche Bewegung, bei der Scherflächen nur kurzzeitig ausgebildet, dicht angeordnet und gewöhnlich nicht erhalten sind. Die Geschwindigkeitsverteilung der bewegten Masse gleicht der einer viskosen Flüssigkeit. (EGGER, H., 2003)

Auch im Band Nr. 50 (Raumordnung und Naturgefahren) der ÖROK von 1986 werden die Massenbewegungen in drei Kategorien eingeteilt. In die Fallvorgänge (Stürze), die Gleitvorgänge (Rutschungen) und die Kriechvorgänge/Fließbewegungen (Talzuschub bis Mure). Innerhalb dieser Einteilung entsprechen die Beschreibungen denen von STAHR und HARTMANN (1999).

Für die vorliegende Arbeit wurde auf die oben genannte Kategorisierung von EGGER, H. 2003 zurückgegriffen, wobei die vorhandenen 3 Kategorien um eine weitere ergänzt wurde; die Lawine.

Die Lawine gehört zwar nach der Definition von STAHR und HARTMANN (1999) nicht zu den Massenbewegungen, da sie streng genommen kein Abtragungsprozess ist (abgesehen von teilweise auftretendem Lawinenschurf), jedoch ist sie Teil der Kategorie „Gravitative Naturprozesse“ nach EGLI (1996) und wurde deshalb ebenfalls in die Arbeit mitaufgenommen. Vor allem auch deshalb, weil das Gesäuse eine sehr aktive Lawinentätigkeit aufweist und sie eine große Rolle innerhalb des Naturprozess-Inventars spielt.

Die Arbeit von EGLI (1996) ist auch der Grund für den Titel dieser Arbeit, da der Begriff „gravitative Naturgefahren“, in dieser Arbeit weitergehend „gravitative Naturprozesse“ genannt, sowohl die oben erwähnten 3 Kategorien nach LATELTIN (1997), als auch den Naturprozess Lawine umfasst.

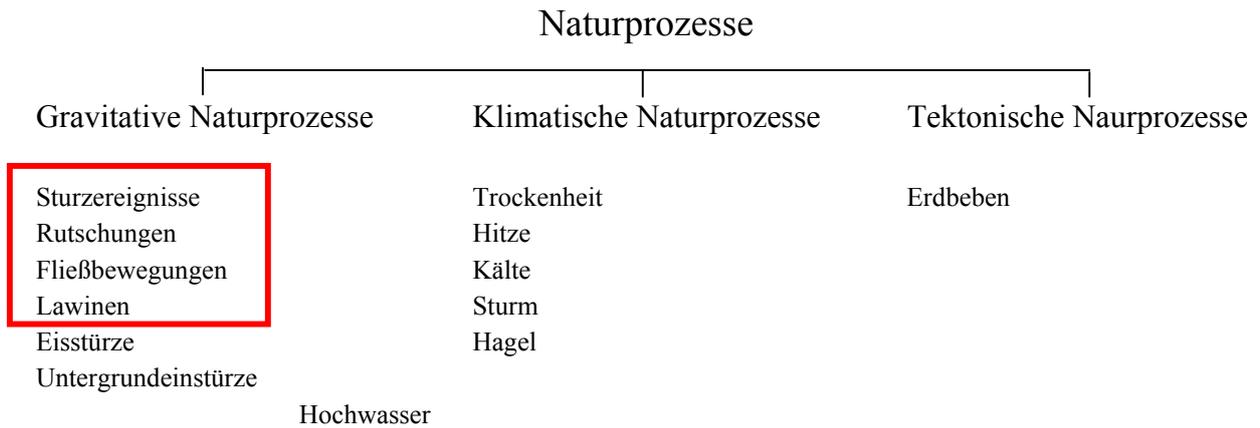


Abb. 5: Naturprozess- Einteilung nach EGLI, T. 1996, verändert.

Die obenstehende Abb.5 ist die auf Naturprozesse abgewandelte Naturgefahren-Kategorisierung von EGLI (1996). Es wurden nur einige Prozesse zusammengefasst und das Hochwasser zwischen die Kategorien „Gravitative Naturprozesse“ und „Klimatische Naturprozesse“ gestellt, da es ein Resultat beider Kategorien ist und somit eine Sonderstellung einnimmt.

Für die vorliegende Arbeit wählte ich die in Abb. 5 mit rot umrahmten Prozesse und klammerte die Eisstürze und Untergrundeinstürze aus. Eisstürze kommen im Projektgebiet des Nationalparks nicht vor und Untergrundeinstürze passen thematisch nicht zu den anderen vier Prozessen.

Dadurch ergeben sich folgende vier für diese Arbeit relevante gravitative Naturprozesse:

- Sturzereignisse
- Rutschungen
- Fließbewegungen
- Lawinen

2.2.2 Sturzereignisse

Steinschlag und Felssturz sind echte gravitative Prozesse. Abbruch und Ablösung erfolgen mehr oder weniger abrupt, meist an präformierten, richtungsgebenden geologischen Diskontinuitäten, Spalten und Klüften. Unterschieden werden in der Regel Steinschlag, Blockschlag, Felssturz und Bergsturz (LATELTIN, O., 1997 & HEINIMANN, H. et al., 1998, IN: EGGER, H., 2003).

<i>Sturzereignis</i>	<i>Volumen (m³)</i>	<i>Würfel mit Kantenlänge (m)</i>	<i>Geschwindigkeit (m/s)</i>
	nach: HÜBL, J. et al., 2006, S30		nach: LATELTIN, O., 1997 & HEINIMANN, H. et al., 1998, IN: EGGER, H., 2003, S.38
Steinschlag	bis 0,1	0,5	5-30
Blocksturz	bis 2	1,5	k.A.
Felssturz	bis 10 000	20-25	10-40
Bergsturz	>10 000	>20-25	>40

Tab. 1: Übersicht über Volumen und Geschwindigkeit der Sturzereignisse.

Steinschlag

Das Herabstürzen einzelner größerer Gesteinsbruchstücke, die in exponierten Steilwänden nicht liegen bleiben, nennt man Steinschlag. Der losgelöste Schutt stürzt zum Fuß der Felswand und bildet im Laufe der Zeit eine Schutthalde, auf der die groben Bestandteile am weitesten unten abgelagert werden. Die Schuttlieferung bzw. der Steinschlag erfolgt nicht gleichmäßig über die ganze Breite der Felswand. Das Material stürzt zumeist in bestimmten Steinschlag- oder Schuttrinnen zu Tal, die häufig besonders stark tektonisch beanspruchte Bereiche markieren (STAHR, A., HARTMANN, T., 1999).

Stärkste Wirkung entfaltet die Steinschlagdenudation in der Maximalzone der Frostwechselhäufigkeit. Vor allem in den Kalkalpen ist die Steinschlagdenudation ein wichtiger Bestandteil rezenter Reliefentwicklung (LIEB, G. K., u. a., 1988).

Felssturz

Geht der innere Zusammenhalt größerer Gesteinspartien verloren, kann es zum Felssturz kommen. Es handelt sich um denselben Vorgang wie beim Steinschlag, jedoch werden hier deutlich mächtigere Gesteinstrümmer in Bewegung gesetzt. Felsstürze sind, im Gegensatz zu Steinschlagereignissen, keine alltäglichen Vorgänge im Hochgebirge, kommen jedoch häufiger als man vermutet mag vor (STAHR, A., HARTMANN, T., 1999).

Bergsturz

Bergstürze sind Fels- und Schuttbewegungen, die mit hoher Geschwindigkeit (in Sekunden oder wenigen Minuten) aus Bergflanken niedergehen und im Ablagerungsgebiet ein Volumen von über 1 Mio. m³ besitzen oder eine Fläche von über 0,1 km² bedecken (ABELE, G., 1974.). STAHR und HARTMANN (1999) betrachten diese künstlich festgelegten Zahlen kritisch, da es zwischen Fels- und Bergstürzen in der Natur keine Grenzen gibt.

Außerdem muss an dieser Stelle erwähnt werden, dass der Begriff Bergsturz nicht ganz korrekt und etwas irreführend ist, da bislang noch kein ganzer Berg herabgestürzt ist. Nur Teile der Felsmassen, die ein Massiv aufbauen, vollziehen einen Sturz von ihm. In vielen Fällen stürzen die Gesteine nicht, sondern gleiten auf mehr oder weniger steil geneigten Bahnen zu Tal. Man unterscheidet daher prinzipiell zwischen einem Fallsturz und einem Schlipfsturz. Der Begriff des Bergsturzes hat sich jedoch in der Wissenschaft etabliert (STAHR, A., HARTMANN, T., 1999).

Viele Bergstürze haben ihre Ursache im Abschmelzen der eiszeitlichen Gletscher, da den durch den Gletscherschurf übersteilten Bergwänden das Widerlager des Eises fehlte.

Am Himbeerstein am westlichen Rand des Nationalparks Gesäuse ging ein solcher postglazialer Bergsturz nieder, sodass die Enns über lange Zeit aufgestaut und das Admonter Becken zu einem See wurde. Da ich mich in der vorliegenden Arbeit hauptsächlich mit Ereignissen der letzten 50 Jahre beschäftigt habe und es in dieser Zeit zu keinem der Definition entsprechendem Bergsturz kam, möchte ich auch nicht näher auf diese Massenbewegungen eingehen, sondern verweise auf die Arbeiten von HINTENAU (1995) und REMICH (2001).

2.2.2.1 Naturräumliche Rahmenbedingungen für die Entstehung von Sturzereignissen

Es gibt zwei Gruppen von Ursachen für Sturzereignisse:

1. Interne Ursachen: Bereits vorliegende Auflockerung des Gesteins. Vorhandene Großklüfte, Störungen (v. a. bei Sturzereignissen größeren Volumens) oder infolge von Druckentlastungen entstandene Entspannungsklüfte. Talwärts einfallende Schichtflächen dienen als besonders gute Gleitflächen.

2. Externe Ursachen: Die glaziale Erosion ist die wichtigste Ursache für große Sturzereignisse (die zahlreichen großen posthochwürmzeitlichen und spätglazialen Bergstürze, sind auf den Verlust des Widerlagers des Eises zurückzuführen, siehe Kapitel 2.2.2). Ein anderer Bergsturz oder die fluviale Unterschneidung können ebenfalls die Ursachen für ein Sturzereignis sein.

Bei einem Ereignis spielen jedoch beide Ursachen zusammen.

Unmittelbare Auslöser sind Erdbeben oder starke und andauernde Regenfälle. Bei kurzem Starkregen setzen sich meist nur kleinere Massen in Bewegung, für die Auslösung von größeren Sturzereignissen sind oft lang anhaltende, starke Regenfälle verantwortlich. So gehen viele Fels- und Bergstürze- in den Alpen im Sommer nieder. Der Grund dafür liegt in der Funktion des Regenwassers, das als Schmiermittel für die Gleithorizonte dient.

Die meisten Sturzereignisse finden im Kalk und Dolomit statt. Andere sedimentäre Gesteine, wie zum Beispiel Brekzien und Konglomerate, sind in dem Zusammenhang zu vernachlässigen. (ABELE, G., 1974)

Die zwei Faktoren, die man am besten für eine digitale Modellierung verwenden kann und die deshalb auch am öftesten in der Literatur in diesem Zusammenhang genannt werden, sind:

- 1. Geologie**
- 2. Hangneigung**

ad 1.) Geologie

RUFF (2005) hat in seiner Dissertation die vorhandenen Sturzereignisse auf ihr Ursprungsgestein analysiert. Abb.6 zeigt das Ergebnis der Auswertung. Das Quellgebiet der Sturzereignisse befindet sich hauptsächlich im homogenen Festgestein, dazu kommen einige höhere Felswände in kalkdominierten heterogenen Festgesteinen.

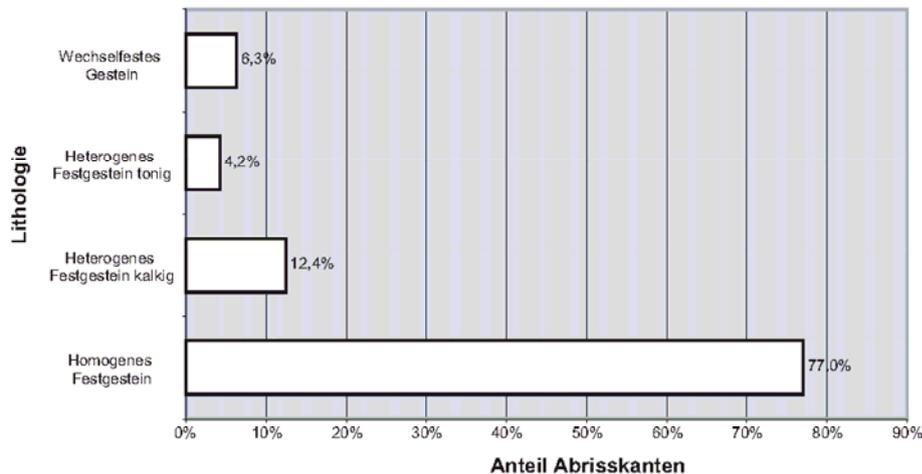


Abb. 6: Histogramm der Abrisskanten stürzender Ereignisse nach der Lithologie (Rasterdaten) (RUFF, 2005, S. 83).

ad 2.) Hangneigung

KASSEBEER et al. (2003) setzen den Schwellenwert, ab dem es zur Auslösung eines Sturzereignisses kommen kann, bei 50° an. RUFF (2005) setzt den Wert, an dem die gleitende Bewegung in ein Fallen übergeht, etwas niedriger, bei 45°, an.

In vielen hochalpinen Regionen ist Permafrost ein weiterer Faktor bei Sturzereignissen, dieser spielt im Aufnahmegebiet aber keine Rolle.

2.2.3 Rutschungen

Rutschungen sind eine häufige Form von Massenbewegungen im Hochgebirge. Es handelt sich um allein durch die Schwerkraft bedingte Verlagerungen labiler Gesteins- oder Bodenmassen am Hang ohne die Beteiligung eines Transportmediums. Wenngleich fließendes Wasser nach dieser Definition aus dem Rutschungsprozess ausgeschlossen ist, spielt es dabei eine entscheidende Rolle. Denn es setzt die Reibung zwischen den Gesteins- und Bodenteilchen herab, mindert die gegenseitige Anhaftung feiner Teilchen, die sogenannte Kohäsion, erhöht das Gewicht von Schutt- und Bodenmassen und übt einen Strömungsdruck auf die einzelnen Komponenten eines Lockermaterials am Hang aus. (STAHR, A., HARTMANN, T., 1999)

Es werden grundsätzlich 2 Typen von Rutschungen unterschieden:

- **Translationsrutschung:**

Rutschungen auf einer vorgegebenen Gleitfläche in Fest- und Lockergesteinen. Dabei rutscht eine Schicht über einer anderen ab. Die Gleitfläche ist daher bereits vorgeformt (Abb.7) (STAHR, A., HARTMANN, T., 1999).

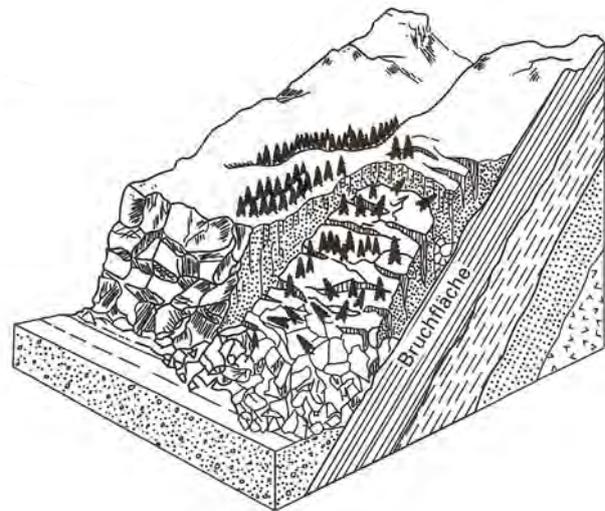


Abb. 7: Translationsrutschungen auf eben geneigter Gleitfläche (Bruchfläche) (LUZIAN, 2002, S.36).

- **Rotationsrutschung:**

Rutschungen in relativ mächtigen und homogenen Lockermaterialien wie Ton, Lehm und Gesteinsschutt. Deren Gleitflächen verlaufen mehr oder weniger kreisförmig. Die Gleitflächen entstehen hier erst im Augenblick des Rutschens, weil mechanisch wirksame, vorgeformte Schichtgrenzen im Lockergestein fehlen. Dabei erfährt die Rutschmasse eine Rotation um eine hangparallele Achse (Abb.8) (STAHR, A., HARTMANN, T., 1999).

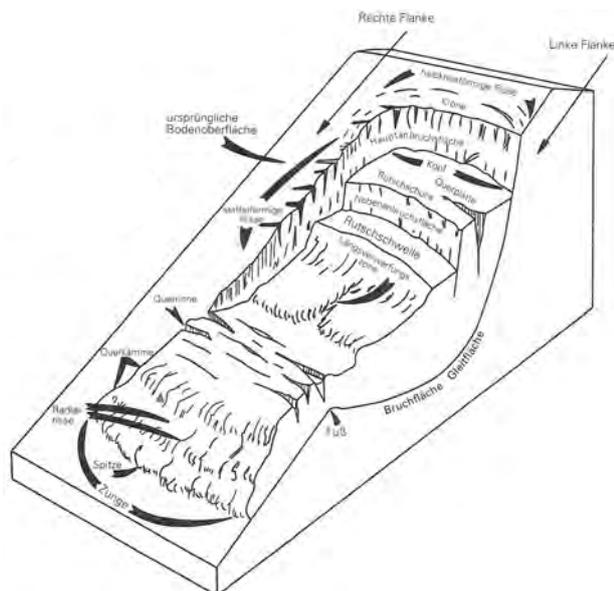


Abb. 8: Rotationsrutschungen auf gekrümmter (aber nur im Ausnahmefall kreisförmiger) Gleitfläche (Bruchfläche) (LUZIAN, 2002, S.37).

Darüber hinaus gibt es noch weitere Unterteilungen wie zum Beispiel nach Anbruchstypen (STAHR, A., HARTMANN, T., 1999, S.90 ff). Für diese Diplomarbeit ist eine so detaillierte

Unterteilung jedoch nicht nötig, da in den nachfolgenden Kapiteln nicht zwischen den unterschiedlichen Typen von Rutschungen unterschieden wird.

2.2.3.1 Naturräumliche Rahmenbedingungen für die Entstehung von Rutschungen

In der Regel ist eine Änderung der Hangstabilität der Auslöser für den Abgang von Rutschungen. Diese Änderung kann durch chemische und physikalische Verwitterung, durch Übersteilung der Hänge oder kurzfristig durch Erdbeben und menschlichen Einfluss wie etwa Straßenbau verursacht werden.

Kohäsion und die innere Reibung wirken der Rutschung entgegen. Die Reibung hängt von der Form und Größe der Bodenfraktion ab. Je mehr grobe Bestandteile sie enthält, desto größer ist die Reibung und desto stabiler ist der Hang (STAHR, A., HARTMANN, T., 1999). Direkter Auslöser sind aber meist Starkregenereignisse und Schneeschmelze, da aufgrund der Durchfeuchtung des Materials die innere Reibung sinkt und der Hang labil wird.

KASSEBEER et al. (2003), RUFF (2005), REITERER (2001) zählen eine Vielzahl an Faktoren für die Entstehung von Rutschungen auf, viele überschneiden sich, einige (wie etwa die Geländewölbung) führt beispielsweise nur REITERER (2001) an:

- 1. Hangneigung**
- 2. Exposition**
- 3. Geländewölbung**
- 4. Gesteinsart**
- 5. Abstand zu Störungen**
- 6. Vegetation**
- 7. Erosion**
- 8. Scheinbares Einfallen**
- 9. Bodenverhältnisse**
- 10. Seehöhe und Klima**

Die in den folgenden Tabellen genannten Indizes beziehen sich auf eine Modellierungsmethode, die in Kapitel 4.1.1 näher beschrieben wird. Die einzelnen Indizes stehen für die jeweilige Naturprozess-Anfälligkeit, von 0 keine, bis 1 sehr hohe Anfälligkeit.

ad 1.) Hangneigung

Nach RUFF (2005) (Tab.2) und REITERER (2001) (Anhang Tab.41) sind vor allem Hangneigungen zwischen 30° und 45° stark gefährdet. Geringere Neigungen sind nur mittel bis schwach gefährdet. Ebenso verhält es sich mit Hangneigungen über 50°, da in dieser Neigung das Material eher fällt bzw. stürzt als dass es talwärts rutschen würde.

<i>Hangneigung</i>	<i>I_I</i>
0°-10°	0,1
11°-20°	0,4
21°-30°	0,8
31°-40°	1
41°-50°	0,6
51°-60°	0,2
61°-90°	0,1

Tab. 2: Indizes für die Hangneigung (RUFF 2005, S. 89).

ad 2.) Exposition

Die Hangrichtung ist ebenfalls ein beeinflussender Faktor. Sowohl bei RUFF (2005) (Tab.3) als auch bei REITERER (2001) (Anhang Tab.41) wird das Hauptgefährdungspotential auf den Südhängen gesehen, da an diesen Hängen die Verwitterungsintensität durch den oftmaligen Frost-Tau Wechsel stärker ist als beispielsweise an Nordhängen. Dementsprechend sinkt das Gefährdungspotential gegen Norden.

<i>Hangrichtung</i>	<i>I_I</i>
Nord	0,2
Nordost	0,4
Ost	0,6
Südost	0,8
Süd	1
Südwest	0,8
West	0,6
Nordwest	0,4

Tab. 3: Indizes für die Exposition (RUFF 2005, S. 89).

ad 3.) Geländewölbung

Konvexe Hangprofile gelten als am meisten gefährdet, da hier die Abtragung am größten ist, während gerade Hangabschnitte eine geringere Abtragung aufweisen. Am geringsten ist die

Abtragung jedoch auf konkaven Flächen. In Tab.4 sind die vier möglichen Kombinationen aus konvexen/konkaven und vertikal/horizontalen Hangwölbungen aufgelistet und nach ihrem Gefahrenpotential beurteilt.

<i>Vertikal</i>	<i>Horizontal</i>	<i>Gefährdungspotential</i>
Konvex	Konvex	1
Konvex	Konkav	0.66
Konkav	Konvex	0.33
Konkav	Konkav	0

Tab. 4: Vertikale und horizontale Hangwölbungen (REITERER 2001, S.9).

ad 4.) Gesteinsart

RUFF (2005) (Tab.5) sieht wechselfeste Gesteine wegen ihres Tongehaltes sehr stark gefährdet. Seinen Ausführungen nach sind weiters auch wegen der vielen potenziellen Gleitflächen die heterogenen Festgesteine und der Hangschutt aufgrund seiner Verbreitung und schlechter Kompaktion sehr gefährdet. Mittlere Gefährdungen werden den homogenen Festgesteinen, Moränen und Terrassenschottern zugeordnet. Als schwach gefährdet werden fluviatile Ablagerungen, Felssturzmaterial und Schwemmfächer eingestuft. Zwar sieht auch REITERER (2001) (Tab.6) im Hangschutt ein großes Gefährdungspotential, jedoch schätzt er fluviatile Ablagerungen weit höher ein.

<i>Lithologie</i>	<i>I_l</i>
Fluviatile Ablagerungen	0,1
Schwemmfächer	0,2
Hangschutt	0,7
Felssturzmaterial	0,3
Moränenmaterial	0,6
Glaziofluviatile Ablagerungen	0,4
Homogenes Festgestein	0,5
Inhomogenes Festgestein, kalkdominiert	0,7
Inhomogenes Festgestein, tondominiert	0,8
Wechselfestes Gestein	0,9
Tektonische Melange	1

Tab. 5: Indizes für die Lithologie (RUFF 2005, S. 89).

<i>nicht gefährdet</i>	<i>gering gefährdet</i>	<i>durchschnittlich gefährdet</i>	<i>stark gefährdet</i>
Plassenkalk Tressenkalk Dachsteinkalk massig Dachsteinkalk gebankt Dachsteinkalk dolomitisiert Hauptdolomit Wettersteindolomit Gutensteiner Kalk Gutensteiner Dolomit Steinalmkalk) Steinalmdolomit Schreieralkalk Grünangerschichten (bunte Jurakalke) Buntdolomit Grauer und graugelber Bankkalk	Brekzie aus Hallstätter Kalk oder Dachsteinkalk Pötschenkalk Pötschdolomit Radiolarit, Kieselkalk Oberalmer Schichten Terrassenschotter	Hangbrekzie Hochmoor Bergsturzmasse, Felssturz, einzelne Blöcke Deltasedimente Allgäuschichten kieselig Raiblerschichten (Sandsteine und Tonmergel) Werfener Schichten (Schiefer, Sandsteine, Konglomerate)	Zerglittene Masse Rutschmasse Mure Sumpf, feuchte Wiese Flussablagerungen und Wildbachschutt Hangschutt Schwemmkegel, Schuttkegel Liegenschotter <u>Glazial:</u> - Kames- und Osschotter - Grundmoräne - Stauseeton - Eisrandstaukörper mit Schluffeinlagerungen - Moränenstreu - Seitenmoräne - Vorstoßschotter Gosaumergel – und Sandstein Roßfeldschichten Schrambachschichten (Mergel)
Hallstätterschichten mit: - Hangend Rotkalk, -graukalk, roter Bankkalk - Massig bis gebankter Hellkalk - Grauvioletter Bankkalk Pedataschichten (Kalk)	Kalke mit tonigen Einlagerungen	Holobien-schiefer Rotkalke und Rote Mergel (Grünanger-schichten)	Pedataschichten (Mergel und Arenite) Allgäuschichten, Fleckenmergel Kössener Schichten Haselgebirge Zlambachschichten Mergel, dunkler Kalkmergel

Tab. 6: Klassifizierung des Gesteinsbestandes des Blattes 96 Blatt Ischl der ÖK 1:50 000 (REITERER 2001, S.7).

ad 5.) Abstand zu Störungen

REITERER (2001) verweist auf den bedeutenden Einfluss von Störungen auf Massenbewegungen und bezieht deshalb größere Lineamente bei seiner Analyse mit ein. „Ausschlaggebend für das Gefährdungspotential ist die Nähe der Hangbereiche zur kartierten Störung. Je näher ein Hangbereich zur Störung liegt, desto größer ist das Gefahrenpotential für diesen Bereich“ (REITERER 2001, S.8). Auch RUFF (2005) sieht den Abstand zu Störungen als ein Kriterium für Rutschungen, wobei er die in Tab.7 gezeigten Abstände für seine Berechnung wählt:

	<i>Pufferzone</i>		
	1	2	3
Abstand zu Decken-Überschiebungen [m]	30	100	200
Abstand zu Überschiebungen [m]	20	100	200
Abstand zu Blattverschiebungen [m]	20	50	100
I₁	1	0,8	0,5

Tab. 7: Indizes für die Lithologie (RUFF 2005, S. 90).

Die hier beschriebenen Pufferzonen sind Umgebungsflächen die mit Hilfe eines GIS in verschiedenen Abständen vom Ausgangsobjekt (hier die Störungslinien) gezeichnet werden.

ad 6.) Vegetation

Grundsätzlich können Rutschungen auf bewachsenen als auch auf unbewachsenen Hängen auftreten. Die Wurzeln einer geschlossenen Vegetationsdecke stabilisieren einen Hang jedoch

bis zu einem gewissen Grad. Die Grenze der Rutschungsvorbeugung von Wurzeln liegt in der geringen Tiefe des entwickelten Wurzelsystems, dieses kann wiederum je nach Pflanzenart variieren. REITERER (2001) versucht diese Variabilität mit folgenden Einzelfaktoren in seine Untersuchung miteinfließen zu lassen:

- a. Baumartenzusammensetzung (ba_index)
- b. Altersbestand
- c. Mischungsverhältnisse
- d. Bestandesdichte in Form des Bestockungsgrades der Waldflächen.

Diese Einzelfaktoren wurden dann je nach ihrer Bedeutung für die Bodenstabilität unterschiedlich gewichtet und zum übergeordneten Faktor Wald zusammengefasst:

<i>Kategorie</i>	<i>Gewichtung</i>	<i>Unterkategorie</i>	<i>Gewichtung</i>
Wälder	0.6	<i>Baumart (ba_Index)</i>	0.3
		Alter	0.2
		Bestockung	0.2
		Mischungsverhältnisse	0.3

Tab. 8: Gewichtung der Kategorie Wälder und deren Unterkategorien (REITERER 2001, S.11).

RUFF (2005) geht nicht auf Einzelfaktoren ein, sondern unterteilt die Vegetation in vier Gruppen.

<i>Vegetation</i>	<i>I_v</i>
Wald	0,2
Wiese	0,6
Felszone (keine Vegetation)	0,8
Siedlung	0,4

Tab. 9: Indizes für die Vegetation (RUFF 2005, S. 92).

ad 7.) Erosion

Flüsse und Bäche tragen zur Erosion und damit auch zur Destabilisierung von Hängen bei. Je größer das darüber liegende Einzugsgebiet, desto größer die Erosionswirkung und desto größer die Rutschungsgefährdung.

RUFF (2005) hat mithilfe eines GIS die Fließakkumulation (engl. flow accumulation) berechnet, d. h. dass für jede Zelle des Höhenmodells die Größe des darüber liegenden Einzugsgebiets berechnet wurde (Kapitel 4.2.1).

Zusätzlich wurde von ihm noch eine Nachbarschaftsanalyse durchgeführt, um bei der Erosion kein Übergewicht zugunsten von Tiefenlinien (z.B. Bäche) zu schaffen.

Tab.10 zeigt das Ergebnis klassifiziert nach der ArcGIS-implementierten Klassifizierungsfunktion „natural breaks“ (natürlichen Klassen), deren Klassengrenzen sich durch die Minima des Histogramms definieren.

<i>Einzugsgebiet [m²]</i>	<i>I_f</i>
<30.000	0,2
30.000 – 160.000	0,4
160.000 – 600.000	0,6
600.000 – 3.100.000	0,8
3.100.000 – 5.460.000	1

Tab. 10: Indizes für die Erosionswirkung von Bächen anhand ihres Einzugsgebietes (RUFF 2005, S. 92).

ad 8.) Scheinbares Einfallen

Das scheinbare Einfallen von Schichtflächen ist ein Faktor, den RUFF (2005) in seiner Arbeit nennt. Da ich aber keine Daten über das Einfallen der Schichten vorliegen hatte, ist dieser Faktor nicht in meiner Analyse vertreten.

ad 9.) Bodenverhältnisse

REITERER (2001) standen für seine Arbeit detaillierte Daten der Standortkartierung der Österreichischen Bundesforste zur Verfügung. Da ich leider keine derartige flächendeckende, großmaßstäbige Bodeninformation zur Verfügung hatte, schloss ich diesen Faktor aus.

ad 10.) Seehöhe und Klima

REITERER (2001) verwendet den Faktor Höhenlage mit zwei Klassen (über und unter der Waldgrenze) und versucht damit den Parameter Klima in die Analyse zu integrieren.

Da ich für diese Methode aber keine weitere Bestätigung in der Literatur finden konnte und auch RUFF (2005) die Niederschlagsverteilung aufgrund fehlender Zeitreihen nicht miteinbezogen hat, habe ich diesen Faktor bei meiner Berechnung ausgeschlossen.

2.2.4 Fließbewegungen

Ein Aspekt der Differenzierung von Massenbewegungen ist neben der Bewegungs-Geschwindigkeit die Bewegungsmechanik. Hierin unterscheiden sich Rutschungen prinzipiell von den Fließbewegungen, die sich weitgehend bruchlos vollziehen. Das Gesteins- oder Bodenmaterial unterliegt mehr einer plastischen oder quasiviskosen Bewegung. Je nach

Wassergehalt können sich Erd- und Schuttmassen wie zäher Brei oder wie dünnflüssiger Honig den Hang hinunterbewegen (STAHR, A., HARTMANN, T., 1999).

Fließbewegungen können sehr viele verschiedene Formen annehmen. Sie können sehr langsam vor sich gehen, wie sich zum Beispiel Kriechbewegungen eines Hanges über viele Jahre und Jahrzehnte ziehen können, oder wie bei einem Talzus Schub sich ganze Bergflanken über Jahrhunderte talwärts bewegen. Gemein ist den langsamen Fließbewegungen die Ausbildung unruhig gestalteter Geländeoberflächen auf relativ engem Raum, dazu zählt ebenso die Solifluktion.

Das Schuttstromfließen, die sehr schnellen Erd- und Schuttgänge und Muren gehören den schnellen Fließbewegungen an. Eine **Mure** ist eine extrem schnelle Fließbewegung aus einem Gemisch aus Wasser und Feststoffen. Der Feststoffanteil variiert zwischen 30% und 60%, meist überwiegt aber der Wasseranteil. Der Schlamm und das Wasser setzen die Reibung herab, sodass Muren Spitzengeschwindigkeiten von über 100 km/h erreichen können. Sie treten meist episodisch nach starken Regenfällen und zur Zeit der Schneeschmelze auf.

LUZIAN, 2002 spricht bei einer Mure von einem Wildbach-Sonderfall, während im Wildbach-Normalfall das Wasser als Transportmittel das Geschiebe entlang der Gerinnesohle weiterbefördert, wird es bei einer Mure zu einem Gemengebestandteil. Von einem Murgang spricht man, wenn sich eine Mure mehrmals den gleichen topographischen Verlauf nimmt. (STAHR, A., HARTMANN, T., 1999, LATELTIN, O., 1997 & HEINIMANN, H. et al., 1998, IN: EGGER, H., 2003, LUZIAN, 2002, LIEB, G. K., u.a., 1988)

Prinzipiell unterscheidet man zwischen **Hangmure** und **Talmure**. Wie der Name schon andeutet, kommt erstere auf der topographischen Formation eines Hanges vor, während die Talmure in topographisch konkaven Bereichen (Tal, Rinne, ...) auftritt. Bei Talmuren liegt oft die Ursache bei einem Durchbruch, einer Verklausung oder einer plötzlichen Mobilisierung einer Bachschutt-Deponie. Eine gute Unterscheidung der beiden Murtypen nach Anrisszonen geben ZIMMERMANN 1990a sowie HABERLI et al. 1991:

	<i>Typ Hangmure (slope type starting zone)</i>		<i>Typ Talmure (valley type starting zone)</i>
Typ1:	Anrisszone liegt in einem steilen, meist schwach konsolidierten Schutthang. Die Ausbildung des Anbruches erfolgt häufig durch rückschreitende Erosion.	Typ3:	Die Anrisszone liegt in einem schuttgefüllten Felscouloir.
Typ2:	Die Anrisszone liegt im Kontaktbereich einer Felswand mit einer steilen Schutthalde. Das Wasser ist meist in der Felswand in einer Rinne konzentriert und versickert größtenteils in der Schutthalde	Typ4:	Größere Zwischendeponien von Bachschutt werden plötzlich mobilisiert.

Tab. 11: Unterscheidung einzelner Murtypen nach ihren Anrisszonen (nach ZIMMERMANN 1990a sowie HABERLI et al.1991) (RIEGER, D., 1999, S.3).

Im Kapitel 2.3.2 wird das Problem der genauen Abgrenzung der Begriffe Hochwasser, Wildbach und Mure angesprochen. So wird oft im Volksmund ein Hochwasser mit einem hohen Schadenspotential als Mure bezeichnet. Deshalb sei hier noch die Anleitung zur Abgrenzung nach Costa angeführt:

	<i>Mure</i>	<i>Hochwasser</i>
<i>Feststoffanteil [Gew.-%]</i>	70-90	Bis 40
<i>Dichte [g * cm⁻³]</i>	1,8-2,6	1,01-1,3
<i>Feststofffracht</i>	Während des Murgangs konstant	Während des Hochwassers variabel
<i>Deposition</i>	Nur als Ganzes; Mure bleibt en bloc stehen	Selektiv, abhängig von Korngröße und Fließgeschw.
<i>Sortierung</i>	Schlecht	Gut
<i>Schichtung</i>	schlecht	Gut

Tab. 12: Wichtige Kriterien zur Unterscheidung von Mure und Hochwasser (zusammengestellt nach COSTA 1984 In: RIEGER, D., 1999, S.1).

Da in dieser Arbeit nur auf die Muren eingegangen wird, fehlt hier eine nähere Beschreibung der andern Fließbewegungen. Für eine genauere Betrachtung wird auf STAHR und HARTMANN (1999) S.96 ff verwiesen.

2.2.4.1 Naturräumliche Rahmenbedingungen für die Entstehung der Fließbewegung Mure

Die naturräumlichen Rahmenbedingungen für Fließbewegungen variieren stark, da selbst bei der Unterkategorie Mure wiederum viele Unterscheidungen zu berücksichtigen sind. Zum Beispiel kommt es bei einer Talmure schon ab einer geringeren Hangneigung zur Auslösung als bei einer Hangmure.

Da für die Modellierung eine Beschäftigung mit dem kompletten Fließbewegungsinventar zu aufwändig wäre, habe ich mich für die im Gesäuse dominante Fließbewegung Mure entschieden. Außerdem wird in Kapitel 3. auch nur die Mure unter den Fließbewegungen bearbeitet, weshalb sich für die Modellierung ebendiese empfiehlt, denn dadurch kann die Modellierungskarte im Vergleich mit den Ergebnissen der Bestandsaufnahme auf ihre Richtigkeit hin überprüft werden.

Analog zu den Rutschungen habe ich bei meiner Recherche ebenfalls viele verschiedene Naturraumfaktoren gefunden, die für eine Murendisposition verantwortlich gemacht werden. Einige Faktoren überschneiden sich von Autor zu Autor, wenige werden nur einmal genannt:

- 1. Hangneigung**
- 2. Geologie**
- 3. Geschiebeverfügbarkeit**
- 4. Tektonik**
- 5. Oberflächenabfluss**
- 6. Vegetation**
- 7. Entfernung zum Hauptgerinne**
- 8. Geländewölbung**
- 9. Einzugsgebiet**
- 10. Wasserwegigkeit des Hangsubstrats**
- 11. Niederschlag**
- 12. Anthropogener Einfluss**
- 13. Seehöhe und Exposition**

Hangneigung und Geologie (Gesteinsart und Verfügbarkeit von Schutt) werden meist als die einflussreichsten Faktoren genannt (RIEGER, D., 1999, EGLI, T., 1996, WANNENMACHER, H., 2002). Alle oben aufgelisteten Faktoren (Ausnahme Faktor 11.) zählen zur Grunddisposition. Zum Mureignis kommt es aber meist erst bei Niederschlagsereignissen mit hoher Intensität, wie sie oft im Sommer auftreten, meist in Verbindung mit Gewittern. Der Niederschlag zählt somit zur variablen Disposition.

ad 1.) Hangneigung

Die Unterscheidung von Hang- bzw. Talmuren macht die Festsetzung eines eindeutigen Hangneigungs-Schwellenwertes, ab dem es zu Muren kommen kann, sehr schwierig. Grundvoraussetzung für Hangmuren sind nach COSTA (1984) steile Hänge im Anrissgebiet. ZIMMERMANN et al., 1997 nennen ein Mindestgefälle von etwa 25° in der Anrisszone. Bei WANNENMACHER (2002) (Tab.13) liegt der kritische Bereich für Hangmuren zwischen 25° und 35°.

<i>Hangneigung</i>	<i>Gewichtung</i>
0° - 5°	0
6° - 10°	50
11° - 15°	70
16° - 20°	80
21° - 25°	90
> 25°	100

Tab. 13: Gewichtung der Hangneigung (WANNENMACHER 2002, S.78).

Eine hilfreiche Zusammenstellung über die verschiedenen Neigungswinkel geben COROMINAS et al. (1996). Danach schwanken die Neigungswinkel im Bereich der Anrisszonen zwischen 20° und 45°, liegen aber in den meisten Fällen zwischen 40° und 45°. TAKAHASHI (1980) sowie LEWIN und WARBURTON (1994) geben als Untergrenze der kritischen Neigung sogar einen Wert von 15° an. Derart geringe Werte kommen wahrscheinlich nur in Verbindung mit Talmuren vor, wobei wohl meist der Bruch einer Verklauung das auslösende Ereignis darstellt (RIEGER, D., 1999). RIEGER (1999) bestätigt diese Werte, da sie sich mit dem Ergebnis seiner Untersuchung decken. Die Arbeiten von MOSER (1980) und EGLI (1996) beschreiben ähnliche Grenzwerte.

In Tab. 14 ist die Muren-Disposition nach KELLERER-PIRKLBAUER (2002) dargestellt. Diese Einteilung deckt sich größtenteils mit den zuvor genannten Autoren.

<i>Klasse</i>	<i>Neigung</i>	<i>Disposition</i>
1	0°-22° und 42°-50°	geringe Disposition
2	22°-32° und 38°-42	mittlere Disposition
3	32°-38°	hohe Disposition

Tab. 14: Bewertung der Hang- und Gerinneneigung für die Muren-Disposition (KELLERER-PIRKLBAUER 2002, S.48).

ad 2.) Gesteinsart

Der Hauptdolomit gilt als der Hauptschuttbildner in den Alpen, durch den riesige Schutthalden angelegt werden. Er ist als Verursacher von Muren bekannt und wird auch bei RIEGER (1999) (Tab.15) mit einem hohen Dispositionsfaktor belegt.

PARAMETER	Klasse bzw. verwendete Größe	Wert
Einzugsgebiet (EINZUG)	Fläche	in ha
Formfaktor (FORM)	Kreisförmigkeitsverhältnis	0-1
Geologie (GEOL.)	Hauptdolomit; Plattenkalk	3
	Aptychen- und Hornsteinkalke	2,3
	Wettersteinkalk	2,3
	Raibler Schichten	1
	Allgäu-Schichten	1(?)
	Kössener Schichten und Kalke	1
	Gosau-Schichten	0,1
	Gneis	1,4
	Glimmerschiefer	1,1
	Quarzit, Granit, Migmatit; Pegmatit; Aplit	0,6
	Lockermaterial	10
Oberflächenfaktor (OBER)	Oberfläche/Fläche	> 1
Neigung (NEIG)	mittlere Neigung	0-90
Vegetation (VEGET)	vegetationsfrei bzw. Pioniervegetation	2
	alpine Rasen, Zwergstrauchbewuchs, Krummholz, Wald	1

Tab. 15:: Gewichtung von Parametern und Klassen zur Modellierung des Murpotentials. Kursiv gedruckte Werte sind statistisch nicht abgesichert, müssen also unter Vorbehalt verwendet werden(RIEGER, D., 1999, S. 106).

Altschuttmassen und Altmoränen tragen ebenfalls zu einer höheren Muren-Disposition bei, letztere sind wegen ihres höheren Verfestigungsgrades aber widerstandsfähiger gegen Wasserangriffe als Jungmoränen. Besonders disponiert für Muren sind auch andere Quartärbildungen wie tonige Moränen und Gehängelehm. Die Raibler Schichten sind zwar keine Gesteinsart mit hoher Disposition, da sie sich jedoch als Wasserstauer verhalten, kommt es in ihrem Bereich vermehrt zu Muren. Auch die in Tab.16 und Tab.17 aufgelisteten Hangschutt, Schutthalden und junge Talverfüllungen allgemein werden mit einer hohen Disposition eingestuft (RIEGER, D., 1999; AULITZKY, H., 1973; LATELTIN, O., 1997 & HEINIMANN, H. et al., 1998 IN: EGGER, H., 2003; KELLERER-PIRKLBAUER 2002; WANNENMACHER 2002).

<i>Klasse</i>	<i>Gesteinsart</i>	<i>Disposition</i>
1	Grünschiefer	geringe Disposition
2	Granatführende Glimmerschiefer	mittlere Disposition
3	Hangschutt, Schutthalden, Glimmerschiefer	hohe Disposition
4	Phyllit, junge Talverfüllungen, Moränenmaterial	sehr hohe Disposition

Tab. 16: Gesteinsbedingte Beeinflussung der Muren-Grunddisposition (KELLERER-PIRKLBAUER 2002, S.49).

<i>Lithologie</i>	<i>Gewichtung</i>
Hangschutt	90
Hauptdolomit	90
Blockschutt	90
Seefelder Schichten	90
Ruttsbreccien	100
Moränenmaterial	80

Tab. 17: Gewichtung der Geologie (WANNENMACHER 2002, S.76).

ad 3.) Geschiebeverfügbarkeit

Geschiebeverfügbarkeit bedeutet, dass es Materialansammlungen (auch Feststoffdeponien genannt) im Einzugsgebiet von Muren gibt, die zu gegebener Zeit mobilisiert werden können. Zu den Feststoffdeponien gehören in erster Linie Ansammlungen von Verwitterungsschutt in den Gerinnesohlen, aber auch Altschuttablagerungen wie etwa Moränenreste. Muren größeren Ausmaßes finden eher im Altschutt statt. Demgegenüber finden Muren im Jungschutt öfter, aber mit geringerem Ausmaß statt, da sich das Wasser im Jungschutt leichter und in kürzeren Intervallen einschneiden kann und sich daher keine großen Materialdepots bilden können (ÖROK Band 50, 1986, RIEGER, D., 1999, Luzian, 2002a, S.26, KELLERER-PIRKLBAUER, 2002), vergleiche Tab.18 und Tab. 19.

Materialdepots für Murgänge	
Art des Depots	Beschreibung
• Jungschutt	Nach einer Entleerung des Jungschuttdepots wird das Geschiebepotential durch die kontinuierliche Lieferung langsam wieder aufgebaut. Diese kontinuierliche Nachlieferung von Material ist bereits der variablen Disposition zuzurechnen. Jungschutt-Geschiebequellen sind vorwiegend schuttgefüllte Bachstrecken. Diese können auch Ablagerungen von vorangegangenen Murgängen beinhalten.
• Altschutt	Bis das Geschiebematerial einmal vollständig ausgeräumt ist, besteht ein unlimitierter Nachschub von Material. In vielen montanen bis hochalpinen Einzugsgebieten liegen in Form von Moränen und Stauschotter große Altschuttdepots (z. B. Schesa Tobel bei Bludenz in Vorarlberg).
• Veränderlich feste Gesteinen	Bei veränderlich festen Gesteinen wird Schutt, wie bei Jungschuttdepots, laufend produziert, jedoch verhält sich dieses Festgestein bei Extremfällen wie Lockermaterial, d. h. das Verhalten entspricht eher einem Altschuttdepot. Als veränderlich feste Gesteine bezeichnet man etwa Phyllite oder glimmerreiche Schiefer.

Tab. 18: Art des Materialdepots für Murgänge: dreiteiliges System nach Bunza 1992 (KELLERER-PIRKLBAUER, 2002, S. 37).

Klasse	Geschiebequelle	Disposition
1	Kein potentiell Materialdepot	Keine oder geringe Disposition
2	Jungschuttdepot, Altschuttdepot, veränderlich festes Gestein	hohe Disposition

Tab. 19: Bewertung der Geschiebequellen für die Muren-Disposition (KELLERER-PIRKLBAUER 2002, S.48 und S. 113).

ad 4.) Tektonik

Wie bei den Rutschungen spielt auch hier bei den Muren die Tektonik eine Rolle. Einerseits ist die Entfernung zu den tektonischen Störungen ein Naturraumfaktor, der zur Murdisposition beiträgt, andererseits wird auch der Einfluss der Schichtlagerung und ihre Lage zur Hauptgefällsrichtung bei RIEGER (1999) erwähnt. So scheint sich eine Schichtlagerung, die parallel mit der Hauptgefällsrichtung einfällt, hemmend auf die Murentstehung auszuwirken. Die Schichtlagerung konnte ich nicht in meine Arbeit

miteinbeziehen, da mir die nötigen Grunddaten fehlten. Die Entfernung zu tektonischen Störungen mit höherer Muren-Disposition setzt WANNENMACHER (2002) mit 25m fest (Tab.20).

<i>Störungen</i>	<i>Gewichtung</i>
Störung (25m Puffer)	100
Keine Störung (>25m)	40

Tab. 20: Gewichtung der Störungen (WANNENMACHER 2002, S.77).

ad 5.) Oberflächenabfluss

Der relative Oberflächenabfluss beschreibt die Fähigkeit der verschiedenen Landnutzungsklassen, bei einer bestimmten Neigung Wasser abfließen zu lassen. So gibt es beispielsweise bei einer dichten Waldbedeckung auf einer annähernd ebenen Fläche beinahe keinen Oberflächenabfluss. Im Gegensatz dazu wird auf einer verbauten Fläche gleicher Neigung fast der gesamte Niederschlag abfließen (Tab.21). Je niedriger der Abfluss desto niedriger ist die Murdisposition (KELLERER-PIRKLBAUER, A. 2002).

Landnutzungs-klasse	Hangneigungsklassen		
	flach	mittel	steil
	(0 - 8°)	(8 - 26°)	(26 - 60°)
Dichte Waldbedeckung	0,0	0,1	0,2
Jungwald in niederen Lagen (Aufforstungsflächen)	0,1	0,3	0,5
Offener Wald im Bereich der "Kampfzone"	0,2	0,4	0,6
Waldfreie Flächen oberhalb der Baumgrenze	0,0	0,1	0,2
Grünflächen ohne Schibetrieb unterhalb der Baumgrenze	0,3	0,4	0,6
Liftrassen	0,4	0,5	0,7
Schipisten	0,4	0,5	0,7
Verbaute Flächen	1,0	1,0	1,0
Verkehrsflächen (geteert)	1,0	1,0	1,0
Schotterstraßen (Forststraßen)	0,8	0,9	1,0

Tab. 21: Abflussbeiwerte bei unterschiedlichen Landnutzungen und unterschiedlicher Hangneigung (mit Literaturangabe)(KELLERER-PIRKLBAUER, 2002, S.51).

ad 6.) Vegetation

Auf die Bedeutung der Vegetationsdecke im Hinblick auf den Massenabtrag ist in unzähligen Publikationen hingewiesen worden. Unterschiedliche Vegetationsbedeckung macht sich bemerkbar im Oberflächenabfluss, in der Versickerungs- und Speicherverhalten von Boden und Ausgangssubstrat und in der Festigung des Bodens durch das Wurzelwerk der Pflanzen. Nichtsdestotrotz kann die Vegetation ein Murereignis nur selten verhindern, aber sie kann die Intensität verringern.

RIEGER (1999) (Tab.22) unterteilt die Vegetation nach Vegetationsformen (Wald, Krummholz, Heide, Rasen) und kombiniert diese mit unterschiedlichen Bedeckungsklassen.

Nördliche Kalkalpen

Vegetationsfrei

Pioniervegetation: Schutt- und Felsspaltenfluren (flächenhafte Wiederbesiedlung)

Alpine Rasen: (v.a. Blaugras- Horstseggenrasen = Seslerion-Sempervivetum); Mähwiese

Zwergstrauchheide: (Wimpfern- Alpenrosenheide = Rhododendrum hirsuti)

Krummholz; lichter Bestand: (Latschengebüsch = Pinetum mugii; Grünerlengebüsch = Alnetum viridis); (Birken)

Krummholz; dichter Bestand: (Latschengebüsch = Pinetum mugii; Grünerlengebüsch = Alnetum viridis); (Birken)

Lichter Wald : (hochmontaner Fichtenwald = Piceetum indif.)

Wald: (hochmontaner Fichtenwald = Piceetum indif.)

Tab. 22: Vegetationsformen nach Bedeckungsklassen (RIEGER, D., 1999, S.42-43).

Weiters stellt RIEGER (1999) fest, dass Einzugsgebiete gleicher Größe etwa doppelt so große Muren hervorbringen, wenn sie weitgehend vegetationsfrei sind, verglichen mit den vegetationsbedeckten Einzugsgebieten (EG) (Abb.9).

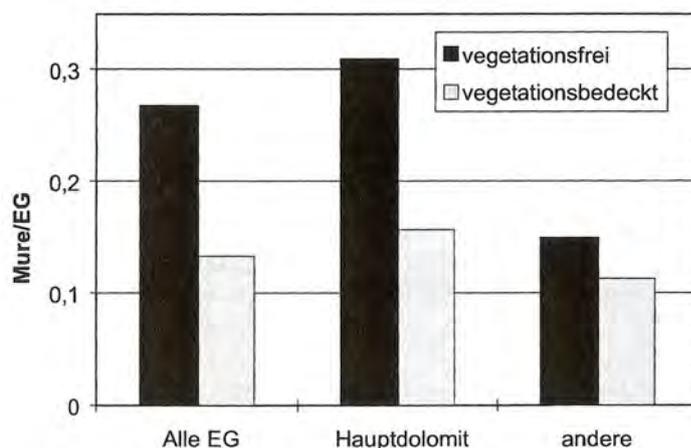


Abb. 9: Verhältnis der Flächenbeträge von Mure und Einzugsgebiet in Abhängigkeit von der Vegetationsbedeckung und der Geologie im Einzugsgebiet (RIEGER, D., 1999, S.91).

ad 7.) Entfernung zum Hauptgerinne

Muren orientieren sich immer an bereits vorhandenen fluvialen Gerinnen, die in der Folge wiederholt durch Muren betroffen sind und zu großen Anrisstrichern erweitert werden können (RIEGER, D., 1999). KELLERER-PIRKLBAUER (2002) unterteilt sein Untersuchungsgebiet in 3 Entfernungsklassen (<90m, 90-135m, >135m) zu den Hauptgerinnen und vergibt dementsprechend die Disposition (Tab.23).

Klasse	Entfernung zu Hauptgerinnen	Disposition
1	> 135m	geringe Disposition
2	90-135m	mittlere Disposition
3	< 90m	hohe Disposition

Tab. 23: Bewertung der Entfernung zu den Hauptgerinnen für die Muren-Disposition (KELLERER-PIRKLBAUER 2002, S.52).

ad 8.) Geländewölbung

Die Verwitterungsintensität wird auch von der relativen Lage im Gelände (z.B. in wasserstauer Mulde größere Verwitterungsrate als am Hang) gesteuert. Das Relief bzw. die Art des Landschaftsinventars ist auch ausschlaggebend für die Disposition, wobei besonders Terrassenkanten und Hangmulden größeres Gefahrenpotential aufweisen. Auch können zum Beispiel an Talverengungen und steilen Gerinneabschnitten große Blöcke und Unholz eine Blockade des Abflusses verursachen. Generell haben konvexe Landschaftselemente eine geringere Disposition als konkave.

(MOSER, 1980; KELLERER-PIRKLBAUER, 2002)

ad 9.) Einzugsgebiet

Die Bereitstellung von murfähigem Lockermaterial (fluviale Erosion; Verwitterungsprozesse) nimmt mit wachsender Größe des Einzugsgebietes zu. Der Abtransport dessen nimmt mit wachsender Größe des Einzugsgebietes ebenfalls zu (RIEGER, D., 1999). Auch KELLERER-PIRKLBAUER (2002) verwendet den Faktor Einzugsgebiet:

<i>Klasse</i>	<i>Einzugsgebietsgröße</i>	<i>Disposition</i>
1	0 - 0,056 km ²	geringe Disposition
2	0,056 - 0,225 km ²	mittlere Disposition
3	0,225 - 0,9 km ²	hohe Disposition
4	> 0,9 km ²	sehr hohe Disposition

Tab. 24: Bewertung der Einzugsgebietsgröße für die Muren-Disposition (KELLERER-PIRKLBAUER 2002, S.52).

ad 10.) Wasserwegigkeit des Hangsubstrats:

Die Quantifizierung dieses Faktor ist mit genauen und aufwendigen Messungen in den einzelnen Murgängen und deren Einzugsgebiet verbunden. Für meine Zielsetzung der Diplomarbeit wären solche Messungen unverhältnismäßig aufwendig.

ad 11.) Niederschlag

Bei RIEGER (1999) wurde, um den Einfluss der Schneeschmelze in Verbindung mit potentiell murenauslösenden Niederschlagsereignissen festzustellen, in zwei Ablationsperioden in den Hauptuntersuchungsgebieten die Schneedeckenentwicklung in Form einer Schneefleckenkartierung zu jeweils 2-3 Zeitpunkten erfasst. Eine solche Messreihe ist für meine Arbeit nicht vorgesehen gewesen. RIEGER (1999) selbst erwähnt, dass man in den seltensten Fällen in der Lage ist, bei einem Murreignis zuverlässige Aussagen über die beteiligte Niederschlagsintensität zu machen. Die extrem kleinräumige Variabilität von

Gewitterniederschlägen steht im Kontrast zu dem relativ weitmaschigen Netz von Niederschlagsmessstationen..

ad 12.) Anthropogener Einfluss

Der Mensch trägt auf mehrfache Weise zur Erhöhung der Muren-Disposition bei, beispielsweise durch Rodung von Bergwald oder durch Aufgabe von Almweiden und Bergmähdern, die dann wiederum an steilen Hängen zu Blaikensbildung und Lawinenschurf führen. Der Forststraßenbau kann auch zur Destabilisierung beitragen. Die Straße bildet einen Einschnitt in die geschlossene Oberfläche eines Hanges und kann dort zu einer erhöhten Durchfeuchtung und damit Labilisierung führen.(RIEGER, D., 1999, LUZIAN, 2002)

ad 13.) Seehöhe und Exposition

Für die Seehöhe konnte keine ursächliche Verknüpfung mit der Murtätigkeit bewiesen werden. Vielmehr soll eine mögliche Höhenabhängigkeit der Murtätigkeit indirekt über die anderen Naturraumfaktoren wie die Vegetation und die Geschiebeverfügbarkeit in die weitere Berechnung einfließen. Dies gilt auch für die Exposition. Denn *„Messungen verschiedener Autoren konnten nicht bestätigen, dass in Südexposition, wo unbestritten die meisten Frostwechsel auftreten, die Produktion von Verwitterungsschutt auch am intensivsten ist“* (RIEGER, D., 1999, S.79-80).

2.2.5 Lawinen

„Lawinen entstehen durch den plötzlichen, ruckartigen Abgang von größeren Schneemassen am Steilhang. Auf einer mehr oder weniger geneigten Unterlage setzt sich eine Schneedecke bei ihrer Umwandlung von Neu- zu Altschnee nicht nur lotrecht, sie kriecht auch ganz langsam hangabwärts. Durch den Wechsel von konkaven und konvexen Hangabschnitten oder durch andere Geländeunebenheiten werden Druck- und Zugspannungen innerhalb der Schneedecke wirksam“ (STAHR, A., HARTMANN, T., 1999, S.162).

Die Stabilität eines schneebedeckten Hanges hängt vom Verhältnis der auftretenden Spannungen zur jeweiligen Festigkeit ab. Die Wahrscheinlichkeit eines Lawinenabgangs steigt mit höherer Hangneigung und zunehmender Schneedecke, da hier die Spannungen

allgemein im Hang zunehmen. Andere Faktoren wie zum Beispiel der Schwimmschnee und Weak spots sind meist die Initialzündung für das Abgehen von Lawinen. Obwohl der Schwimmschnee, eine manchmal nur millimeterdünne Zwischenschicht, die wie ein Kugellager fungiert, zwar die Stabilität der Schneedecke stark herabsetzt, braucht es zur Auslösung oft so genannte Weak Spots. Das sind besonders schwache Stellen in der Schneedecke, an denen Initialbrüche entstehen, die zu einer Lawine werden können.

(STAHR, A., HARTMANN, T., 1999)

Es gibt mehrere Kategorisierungen von Lawinen. Die Grundlegendste und meist verwendete ist jedoch die Unterscheidung zwischen **Schneebrettlawine** und **Lockerschneelawine**. Für erstere ist eine gewisse Festigkeit im Schneesverband Voraussetzung, um auftretende Spannungen großflächig übertragen zu können. Sie brechen entlang einer scharfen Linie ab und bewegen sich auf einer vorgeformten Gleitfläche, die aus einer schwachen Schneesicht wie Schwimmschnee oder eingeschneitem Oberflächenreif gebildet wird. Auch die Bodenoberfläche kann als Gleitbahn dienen. Der Schnee setzt sich dabei nahezu gleichzeitig über die gesamte Breite des Anrisses in Bewegung und zerbricht dabei in einzelne Schollen. Die Geschwindigkeit von Schneebrettern liegt bei 50 km/h und mehr. Rund 90 % der Lawinenunfälle werden von diesem Lawinentyp verursacht.

Im Gegensatz zu Schneebrettlawinen haben Lockerschneelawinen einen punktförmigen Anriss. Durch eine Gefügestörung geht der labile innere Zusammenhalt einer größeren Ansammlung locker gelagerten Schnees schnell verloren. Teilchen stößt an Teilchen und an Masse zunehmend entsteht eine Lawine mit charakteristischer Birnenform. Fließende Lockerschneelawinen erreichen meist Geschwindigkeiten von bis zu 100 km/h (STAHR, A., HARTMANN, T., 1999).

Neben dieser Kategorisierung nach der Form des Anrisses gibt es noch viele andere, von der Form ihrer Bahn (flächenhaft-runsenförmig) über die Feuchtigkeit (Trockenschneelawine-Nassschneelawine) bis zum Schadensgrad (Katastrophenlawine-Schadenslawine). In LAND TIROL (2000, S.97) gibt es eine gute tabellarische Zusammenfassung dieser Kategorien. Für die vorliegende Arbeit reicht aber die Lawinenklassifikation nach MUNTER (1999) (Abb.10).

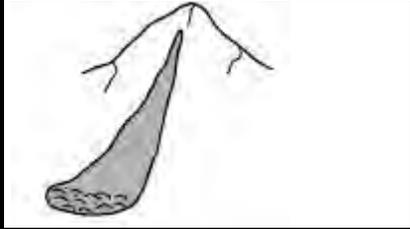
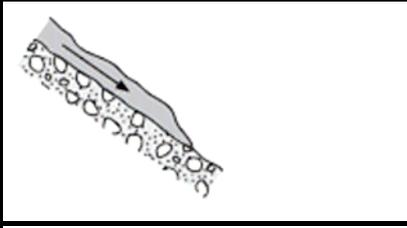
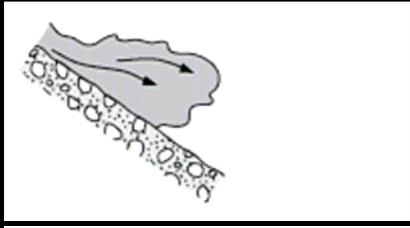
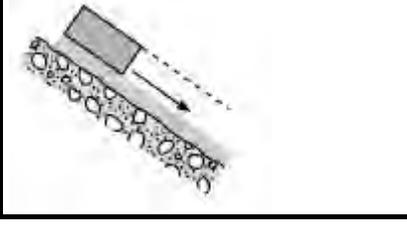
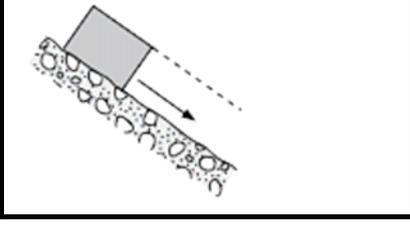
<i>Form des Anrisses</i>	Schneebrett: linienförmig, scharfkantig	Lockerschneelawine: punktförmig
		
<i>Form der Bewegung</i>	Fließlawine	Staublawine
		
<i>Lage der Gleitfläche</i>	Oberlawine	Bodenlawine
		

Abb. 10: Lawinensklassifikation (nach MÜNTER W., 1999, In: HÜBL, J. et al., 2006, S. 36), verändert.

2.2.5.1 Naturräumliche Rahmenbedingungen für die Entstehung von Lawinen

Folgende Naturraumfaktoren haben Einfluss auf die Lawinendisposition:

- | | | |
|-----------------------------------|---|-----------------|
| 1. Neuschnee | } | Schneedecke |
| 2. Schneedeckenaufbau | | |
| 3. Temperatur | } | Witterung |
| 4. Wind | | |
| 5. Hangneigung | } | Geländefaktoren |
| 6. Exposition | | |
| 7. Vegetation | | |
| 8. Bodenrauigkeit und Geländeform | | |

Wetter und Schneedecken-Faktoren können für die hier durchgeführte GIS-Berechnung nicht verwendet werden, da die Parameter regional zu stark variieren. Die einzige Ausnahme bildet der Faktor Wind.

ad 4.) Wind

„Schon W. Paulcke hat den Wind als den „Baumeister der Lawinen“ bezeichnet. Der Einfluss des Windes auf den fallenden und abgelagerten Schnee stellt einen der wichtigsten lawinenbildenden Faktoren dar“ (LAND TIROL, 2000, S.17). Durch Wind werden Schneemassen verfrachtet und auf der Leeseite der Bergrate und Rücken abgelagert. Es entstehen Tribschneeablagerungen, oft mit darüber liegenden Wechten. Dieser oft kompakt gelagerte Tribschnee ist nicht selten der Auslöser von Schneebrettlawinen.

Die Höhenwinde werden trotz ihrer Hauptwindrichtung (im Gesäuse Westwinde) durch Rücken, Grate und Täler abgelenkt und verhindern dadurch eine Generalisierung der Windrichtung. Dadurch ist eine schematische Beurteilung von Verfrachtungen des Schnees aufgrund einer „Hauptwindrichtung“ im Gebirge äußerst problematisch. (LAND TIROL, 2000; STAHR, A., HARTMANN, T., 1999)

ad 5.) Hangneigung

Für die Auslösung einer Schneebrett- und einer Lockerschneelawine gibt es unterschiedliche Neigungsbereiche.

So wird für die Schneebrettlawine in LAND TIROL (2000) eine Neigung zwischen 30° und 50° als am häufigsten lawinenanfällig genannt, wobei der Kernbereich zwischen 35° und 40° liegt (Abb.11). Diesen Kernbereich nehmen LUZIAN (2002) und RAUTER et al. (2006) zwischen 35° und 45° an. Grundsätzlich ist in diesen Arbeiten aber ein Neigungsbereich zwischen 25° und 50° als typisch für Schneebrettlawinen genannt.

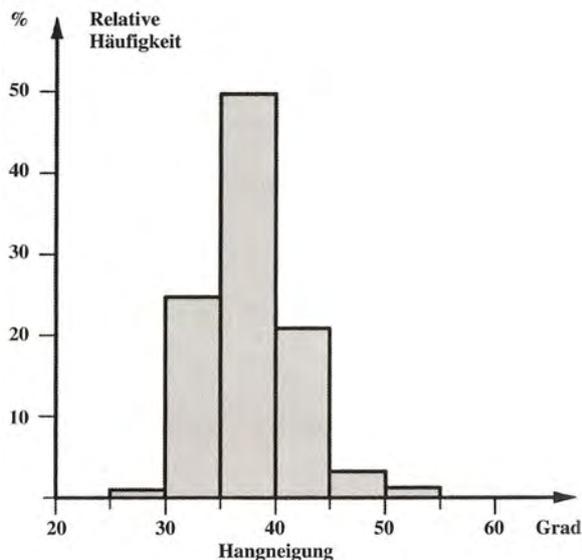


Abb. 11: Häufigkeit von Schneebrettlawinen in Abhängigkeit von der Hangneigung (LAND TIROL, 2000, S.90).

Die Lockerschneelawinen entstehen von selbst meist in steileren Hängen zwischen 40° und 60°, bevorzugt beginnen sie unter Felsgelände (Herabfallen von Schnee u. a.) (LAND TIROL 2000). Für STAHR und HARTMANN (1999) liegt die minimale Hangneigung für Lockerschneelawinen bei 35°, aber auch sie führen an, dass der Großteil in Hängen >40° abgehen. Sie sehen die höchste Lawinenanfälligkeit an Hängen mit einer Neigung zwischen 28° und 45°. Prinzipiell können ihrer Meinung nach auf flacheren Hängen keine Lawinen abgehen. Jedoch kann es in Extremfällen (hohe Schneedecke, extremer Schneedeckenaufbau mit Schwimmschnee) auch bei einer Hangneigung ab 10° zu Lawinenabgängen kommen. In einem stimmen LUZIAN (2002), RAUTER et al. (2006) und LAND TIROL (2000) aber überein, dass hauptsächlich steile Hänge mit einer Neigung von 20° bis 60° lawinenanfällig sind. An Hängen über 60° bleibt kein Schnee im größeren Ausmaß liegen, wodurch es dort zu keinen Lawinenanrissen kommt.

ad 6.) Exposition

Die Hangrichtung ist ebenfalls von großer Bedeutung, sie ist jedoch unterschiedlich einzuschätzen, je nach Jahreszeit, Schneefall- und Windperioden. Südhänge stabilisieren sich im Hochwinter durch die stärkere Sonneneinstrahlung relativ schnell im Vergleich zu Nordhängen. Dort kommt es beispielsweise durch den fehlenden Abbau der Oberflächenreif-Kristalle zu erhöhter Schwimmschneebildung und damit zu erhöhter Lawinenanfälligkeit.

Im Spätwinter wiederum kommt es auf Südhängen aufgrund der kompletten Durchfeuchtung der Schneedecke und der damit verbundenen Destabilisierung zu vermehrter

Lawinentätigkeit. Ähnlich verhalten sich auch Ost- und Westhänge zu bestimmten Zeiten, so sind im Spätwinter Osthänge bereits am Vormittag und Westhänge am Nachmittag besonders anfällig für Lawinen. Der Grund dafür ist, dass auf der Alpennordseite die Niederschläge hauptsächlich von Westen bis Norden kommen und damit in Kammlagen die Ost- bis Südosthänge am meisten Schnee bekommen. An Nordhängen kann es andererseits auch durch eine Südföhnlage zu erhöhten Tribschneemengen kommen. (LAND TIROL 2000)

ad 7.) Vegetation

Die Vegetation hat durch ihren Einfluss auf die Oberfläche auch eine große Wirkung auf die Lawinentätigkeit. An vegetationslosen (z. B. Fels) oder nur von einer Grasschicht bedeckten Hangabschnitten ist die Lawinendisposition höher als an Flächen mit hoch wachsenden Pflanzen (Sträucher, Bäume etc.). Den besten Schutz vor Lawinenabbrüchen bietet ein dichter mehrstufiger Wald. Der Schnee kann hier nicht so leicht und in so großen Mengen vom Wind verfrachtet werden, dadurch werden Tribschneeablagerungen verhindert. Zusätzlich verhindern die Baumkronen durch die Interzeption, dass der gesamte Schnee am Boden zu einer mächtigen Schneedecke wächst. Außerdem können Sträucher und Bäume die Schneedecke punktförmig abstützen. Diese Funktion geht aber schnell verloren, wenn der Bestand lockerer ist. Auch bei winterkahlen Laub- und Lärchenbeständen muß die dispositionsschwächende Wirkung des Waldes in Frage gestellt werden.

Eine reine Strauchvegetation (Latschen, Erlen, Alpenrose) kann unterschiedliche Auswirkungen haben. Einerseits stabilisiert sie die Schneedecke bis zu einer gewissen Schneehöhe (ähnlich einer rauen Oberfläche), danach, wenn der Schnee die Vegetation überragt, steigt die Lawinendisposition an solchen Hängen. Es wird eine einheitliche Setzung der Schneedecke verhindert und es kommt, verursacht durch die vegetationsbedingten Hohlräume, zur Bildung von grobkristallinen Schwimmschnee. (LAND TIROL, 2000; STAHR, A., HARTMANN, T. 1999; RAUTER et al. 2006)

ad 8.) Bodenrauigkeit und Geländeform

Eine hohe Bodenrauigkeit der Oberfläche unter der Schneedecke setzt die Lawinendisposition herab, jedoch nur, wie beim Faktor Vegetation beschrieben, bis zu einer gewissen Schneehöhe. Konkave Geländeformen wie Mulden, Täler und Rinnen sind prinzipiell lawinenanfälliger als Gipfel, Rücken und Grate (= konvexe Geländeform). RAUTER et al. 2006 kombinieren horizontale und vertikale Krümmung und erhalten dadurch neun mögliche Geländeformen (Abb.12). Für die Berechnung der Lawinenabbruchgebiete verwendet er aber

nur jene sechs Formen (eingerahmt), welche eine ebene oder konkave horizontale Krümmung aufweisen.

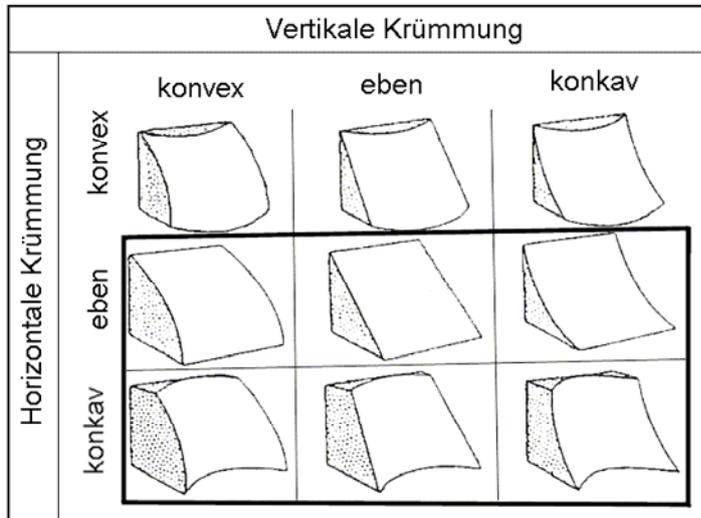


Abb. 12: Mögliche Geländeformen, welche sich durch die Kombination von horizontaler und vertikaler Krümmung ergeben (nach DIKAU 1989 - In: RAUTER et al. 2006, S. 572).

3 Bestandsaufnahme

„Für eine Aussage über potenzielle Massenbewegungen im regionalen Maßstab ist ein genaues Studium der Verbreitung aktueller und historischer Massenbewegungs-Ereignisse unerlässlich. So kann ein Verständnis für die stabilisierenden bzw. destabilisierenden Faktoren erlangt werden“ (KASSEBEER, W., RUFF, M., 2003, S188). Man sollte sich für eine Voraussage von Massenbewegungen, in meinem Fall eine Dispositionsmodellierung, zuvor das Naturprozess-Inventar ansehen, aufnehmen und im Idealfall auch analysieren. Mit einer Bestandsaufnahme und einer Analyse der Daten kann etwa die Anfälligkeit der verschiedenen Ausprägungen (z.B. Dachsteinkalk) der Naturraumfaktoren (z.B. Geologie) gegenüber den gravitativen Naturprozessen (z.B. Stürze), speziell für das Projektgebiet bestimmt werden. Allgemein kann eine ausführliche Bestandsaufnahme die sonst schwer berechenbaren, Antworten über Rekurrenz-Intervalle u. ä. geben.

In den letzten Jahren wurde mit mehreren Projekten im Alpenraum versucht, systematisch historische Massenbewegungen aufzunehmen und zu analysieren. LUZIAN (2002b) hat dies für den gravitativen Naturprozess Lawine durchgeführt. Ziel war es, eine Datenbank mit allen dokumentierten Schadenslawinen Österreichs zu erstellen. In dieser Datenbank wurden auch verschiedene lawinenspezifische Faktoren einbezogen, um weitergehende Aussagen, Vergleiche etc. treffen zu können.

Ein anderes Projekt, HANG (Historische Analyse von Naturgefahren im Alpenraum), beschäftigt sich ausschließlich mit historischen Naturprozessen, diese werden aufgenommen und analysiert, um genauere Kenntnisse zu deren Frequenz und Stärke zu erarbeiten.

DOMODIS („Documentation of Mountain Disasters“) wiederum beschäftigt sich mit einer standardisierten Unwetterdokumentation und den dazu nötigen organisatorischen Strukturen. Hier wird ebenfalls die Analyse früherer Ereignisse, unter anderem basierend auf Dokumenten und Zeugenaussagen, als ein wichtiger Ansatz angesehen. Dieses Projekt sieht zusätzlich vor, dass alle aktuellen Ereignisse sofort nach einem einheitlichen System dokumentiert, archiviert und nach Möglichkeit auch analysiert werden.

Prinzipiell muss festgehalten werden: „Was nicht gemeldet wurde, scheint in der Statistik nicht auf“ (LUZIAN 2002b, S.13).

Allen drei Projekten ist gemein, dass sie nur Ereignisse dokumentieren, bei denen Schaden verursacht wurde. Das ist ein generelles Problem der Bestandsaufnahme von naturdynamischen Prozessen, denn man findet in historischen Quellen nur Ereignisse, die Schaden an Mensch oder Eigentum verursachen. Für eine Bestandsaufnahme, die als Grundlage für eine spätere Modellierung dienen soll, ist aber ein Inventar über das ganze Projektgebiet nötig. Denn menschenferne Bereiche, in denen es zu keinem dokumentierten Schaden kommen kann, gehen in einer solchen Analyse unter und es kommt dabei zu einem Übergewicht zugunsten menschnaher Flächen. Als Ergebnis werden manche Naturraumfaktoren über- und andere unterbewertet.

Wenn man wirklich eine Modellierung auf den Ergebnissen einer Bestandsaufnahme aufbauen will, dann sehe ich nur eine Lösung: Zusätzlich zu der Literaturrecherche auch eine genaue Geländekartierung der historischen Ereignisse durchzuführen, damit man auch menschenferne Gebiete in die Analyse einbeziehen kann. Eine solche Geländekartierung für ein Projektgebiet wie das des NP Gesäuses ist aber überaus zeitaufwändig und konnte deshalb in meiner Modellierung nicht berücksichtigt werden.

Zeitlicher Untersuchungsrahmen

Historische Quellen können Ereignisse nennen, die mehrere Jahrhunderte in der Vergangenheit liegen. Andererseits kann das älteste dokumentierte Ereignis eines Projektgebietes auch erst einige Jahrzehnte zurückliegen. Ausschlaggebend dafür ist meist die Siedlungsgeschichte des ausgewählten Gebietes. Oft geben die verwendeten Quellen diesen zeitlichen Rahmen vor, da die dominierende historische Quelle, zum Beispiel ein Archiv, ab einem bestimmten Zeitpunkt mit Aufzeichnungen beginnt. Je kürzer der zeitliche Untersuchungsrahmen in die Vergangenheit reicht, desto genauer sind die Aufzeichnungen und desto dichter ist das Ereignisnetz. Daher sehe ich mich in der Wahl meines zeitlichen Untersuchungsrahmens, mit folgender Aussage bestätigt: *“Die historische Naturgefahrenforschung zieht ihre Berechtigung aus der Erhebung und Analyse zeitgenössischer oder allenfalls zeitnaher Dokumente. Eine zu große zeitliche Kluft zu vielen nachzeitigen Erhebungen verfälscht Wert und Aussagekraft echter historischer Analysen“* (BARNIKEL, 2004, S. 44).

Vorgehensweise

Da ich die Region schon einigermaßen gut kannte, versuchte ich als erstes die Personen zu kontaktieren, von denen ich wusste, dass sie eine Kompetenz im Bereich der gravitativen

Naturprozesse haben. So kam ich über die Interviews zu den Archiven, in denen ich zunächst Daten sammelte (Kopien von Schadensberichten, eingescannte Fotos,...), diese danach in einer Datenbank speicherte, um schlussendlich damit in einem GIS eine Ereignis-Karte zu erstellen.

3.1 Quellen

3.1.1 Interviews

In vielen Fällen sind Informationen über frühere Ereignisse nur noch in der Erinnerung lokaler Experten und Einwohner vorhanden, daher ist die Datenakquisition mittels der Methode des Interviews ein wichtiger Teil der Bestandsaufnahme (HÜBL, J. et al., 2006). Die Nachteile des Interviews sind offensichtlich. Einerseits sind dies die subjektiven Aussagen, vor allem wenn die Interview-Partner direkt vom Naturprozess betroffen waren. Andererseits haben die Interviewten nur selten Notizen oder detailliertere Aufzeichnungen gemacht, wodurch Aussagen über Datum und Größe von Ereignissen angezweifelt werden können. Als hilfreich hat sich diese Methode jedoch vor allem dadurch gezeigt, dass mir die Interview-Partner oft Hinweise auf Archive und andere historische Quellen gaben.

Eine Zusammenfassung der von mir geführten Interviews ist im Anhang beigefügt. Die Interviews haben mir vor allem in der Anfangsphase meiner Diplomarbeit geholfen, einerseits einen Überblick über die Verteilung der gravitativen Naturprozesse im NP und andererseits, wie bereits erwähnt, Hinweise auf entsprechende historische Quellen zu bekommen. Von den meisten Interview-Partnern wurden zwar bestimmte Ereignisse genannt, jedoch konnte ich diese nicht in meine Datenbank aufnehmen, da sie zu ungenau beschrieben waren. Meist bekam ich eine Beschreibung wie „Felssturz Buchstein (St. Gallener-Seite), auch ca. 2002 oder 2003“.

3.1.2 Historische Quellen

Hierbei handelte es sich größtenteils um die Durchsicht von Textdokumenten nach verwertbaren Aufzeichnungen von Naturprozessen. Dabei habe ich vor allem Archive auf Dokumente, Bildzeugnisse und andere Hinweise durchsucht. Bei sehr vielen historischen Quellen kann man sich, ebenso wie bei den Interviews, nicht auf die Objektivität der Autoren verlassen. So schreibt BARNIKEL (2004, S. 39): *„Der Bildungsstand des Verfassers, sprachliche Moden, die Leserlichkeit, vor allem auch der Zweck der Niederschrift sind unter Umständen limitierende Faktoren, die schriftliche Aufzeichnungen ungenauer erscheinen lassen als präzise naturwissenschaftliche Messungen.“* Dies trifft jedoch nicht auf den verwendeten Teil meiner Daten zu, da diese nur Aussagen über den Ort und die Zeit treffen und ich diese nicht durch Subjektivität verändern konnte. Jedoch könnten z. B. die Daten der Förster Ungenauigkeiten aufweisen, wie zum Beispiel die Abgrenzung zwischen den Begriffen Hochwasser, Mure und Rutschung. Weiters stellt BARNIKEL fest, dass man bei der Analyse von schriftlichen Dokumenten bei weitem nicht so häufig auf beispielsweise Sturz-Ereignisse stößt wie auf Überflutungen. Neben den Archiven gibt es noch eine Vielzahl an verwendbaren schriftlichen Quellen, BARNIKEL (2004) hat in seiner Arbeit eine Zusammenschau verschiedener Autoren erstellt:

<i>Quellentypen nach BARNIKEL 2004</i>	<i>Dementsprechende Quellen dieser Arbeit</i>
Abhandlungen, Annalen	Bücher (z.B. von Ernest, A.,2001), Gemeindechronik, Polizei-Postenchronik
Zeitungen, Periodika	z.B. Tageszeitungen, Lokalzeitungen („Da schau her“)
Wildbach- und Lawinenkataster	Kollaudierungsopperate und Gefahrenzonenplan sowie das Archiv der WLV
Allgemeine Verwaltungsakten	Akten Polizei, Bergrettung und Straßenmeisterei
Handelsaufzeichnungen	
Buchhaltungen privater Landgüter	Archiv der Landesforste, seit 2002 auch NP Archiv
Witterungstagebücher und Messjournale	
Persönliche Schriftstücke (Briefe, Tagebücher)	Tagebuchaufzeichnungen der Förster
Historische Karten und Bildquellen	Landesforste- Fotoarchiv, Hasitschka- Fotoarchiv, NP- Fotoarchiv,
Religiöse Notizen	
Sagen und Legenden	
Inschriften	

Tab. 25: Mögliche historische Quellentypen nach BARNIKEL 2004 (S.37) und die dementsprechenden Quellen dieser Arbeit (die in Grau gehaltenen Quellen haben in dieser Arbeit keine Verwendung gefunden).

Tabelle 26 ist eine Auflistung von verschiedenen Fragen, die man nach BARNIKEL (2004) den vorliegenden Quellen stellen kann. Die grün gefärbten Fragen sind für meine Arbeit von Relevanz und die blau markierte Frage ist von mir zusätzlich hinzugefügt worden. Die Fragen mit rotem Schriftzug zielen auf eine andere Forschungsfrage ab, hauptsächlich dadurch bedingt, da sich die Arbeit von BARNIKEL (2004) mit einer weitaus größeren Zeitspanne beschäftigt und er als Ergebnis die Ereignisse noch nach dem Schadensausmaß klassifiziert. Diese Recherche in verschiedenartigsten Archiven und die damit verbundene Zusammenführung von Dokumenten ermöglichte mir das Anlegen einer breiten Wissensbasis in Form einer Datenbank. Zusammenfassend wird in Tabelle 27 die Vorgehensweise bei der Suche und Strukturierung von historischen Quellen dargestellt:

BARNIKEL, F.M., 2004	diese Arbeit
1. Finden relevanter Archive 2. Sammeln entsprechender Quellen 3. Chronologischer Aufbau der Ereignisse 4. Strukturierung der Ereignisse <ul style="list-style-type: none"> • Konstruktion/Zerstörung von Bauwerken • Prozess der Zerstörung • Änderungen im hydrologischen Verhalten • Flusstopographie • Klimainformationen 	1. Finden relevanter Archive 2. Sammeln entsprechender Quellen 3. Überprüfung der Quellen 4. Strukturierung der Ereignisse <ul style="list-style-type: none"> • Ereignis • Qualität (entscheidet über die Verwendung) • Alter (entscheidet über die Verwendung) • Genauigkeit

Tab. 26: Vorgehensweise bei der Suche und Strukturierung von historische Quellen nach BARNIKEL 2004 (S.39) und diese Arbeit.

<i>Fragen nach Barnikel 2004</i>	<i>Von mir abgeändert oder hinzugefügt</i>	<i>Der Frage entsprechende Spalte(n) in der GRANAT-Datenbank</i>	<i>Zweck der Frage</i>	<i>Anmerkung</i>
Welche Naturereignisse traten auf (Hochwasser, Muren, Massenbewegungen)?	Welche Naturereignisse traten auf?	"Ereignis",	Beschreibung des Ereignisses	Es waren auch für meine Diplomarbeit nicht relevante Ereignisse dokumentiert (Hochwasser, ...). Der Vollständigkeit halber habe ich diese trotzdem aufgenommen
Welche Angaben über Auswirkungen und Schäden sind vorhanden und lassen diese sich lokalisieren?	Gibt es Angaben über Schäden? Lassen sie sich lokalisieren?	"Schaden an", "Schadenshöhe", "Einheit"	Für eine weiterführende Auswertung der Datenbank habe ich, sofern ein Schaden quantitativ beschrieben war, diesen vermerkt	Mit "Einheit" ist die Währung oder auch Festmeter gemeint, da es verschiedene Angaben gibt
Wie wurden sie erklärt (Regenfälle, Schneeschmelze etc.) und sind diese Erklärungen aus heutiger Sicht haltbar?	Gibt es nähere Angaben jedweder Art?	"Ort", "Revier", "Gemeinde", "Bezirk"	Zum Erstellen der Karte ist es wichtig zu wissen, wo das Ereignis stattfand. Für eine weiterführende Auswertung der Datenbank habe ich, sofern der genaue Ort nicht beschrieben war, zumindest das Revier, die Gemeinde oder den Bezirk vermerkt	
Gibt es einen zeitlichen und örtlichen Zusammenhang mit signifikanten Nutzungsänderungen (Forstrodungen, Almwirtschaft)?		"Sonstiges1", "Sonstiges2"	Um weitere Informationen zu dokumentieren, z.B.: wie hoch die Straße/Bahn verschüttet wurde	Die unüblichen Bezeichnungen "Sonstiges1", "Sonstiges2" rühren daher, dass das MS Access nur eine gewisse Anzahl von Lettern in jeder Zelle zulässt und ich dadurch öfters mehr Platz brauchte
Wurden präventive Maßnahmen ergriffen (und waren diese erfolgreich)?				
Lassen sich aus den Schadensereignissen der Vergangenheit Schlüsse für die aktuelle Situation ziehen?				
Wo liegen die Grenzen des historischen Datenmaterials?	Sind die Daten für eine Verortung genau genug? Wann ist es passiert?	"Quelle" "Datum von", "Datum bis"	z.B.: So kann man im Nachhinein auch noch Datensätze von ungenauen Quellen nachforschen. Option auf Verschneldung mit Extremwetterereignissen	

Tab. 27: Fragen an Quellen, nach BARNIKEL 2004 (S.38); und dazu die von mir abgeänderten Fragen, Spaltennamen in der Datenbank, Zweck und Anmerkungen.

3.1.2.1 Historische Quellen zu den gravitativen Naturprozessen im NP

Gesäuse

Privatarchiv Albert Ernest & Lawinenkarte nach Ernest, unveröffentlicht

Herr Ernest gilt als „Vater“ des steirischen Lawinenwarndienstes und war lange Zeit Leiter der Lawinenkommission-Gesäuse. Er hat mir Zugang zu seinem 6 Bände umfassenden Archiv gegeben. Da allerdings sein im Eigenverlag veröffentlichtes Buch (ERNEST 2002) eine Zusammenfassung dieses Archivs darstellt, habe ich hauptsächlich dieses Werk für die Bestandsaufnahme verwendet. Albert Ernest war vor allem für die Sicherheit der Bahnstrecke durch das Gesäuse und später auch für die Bundesstraße verantwortlich. Dementsprechend sind zum größten Teil nur Ereignisse dokumentiert, die die Bahn und später die Bundesstraße betroffen haben. Herr Ernest recherchierte für diese Daten in den Archiven der Bundesbahnen und der Straßenmeisterei. Spätere Ereignisdokumentationen beruhen auf seiner eigenen Arbeit. Lawinenereignisse werden hier meist mit einem Bahn- oder Straßen-Kilometer angegeben. Zusätzlich sind Verschüttungs-Breite und -Höhe standardmäßig erfasst.

Strecke Hieflau - Hochsteg:			Auf der Straße kam es zu Verschüttungen in folgenden Bereichen:
Bahnkilometer	Länge /	Höhe	
103,6/7	10 m /	-	<u>Krummschnabel:</u> 8 m lang, 6,5 m breit, 0,75 m hoch,
103,795 – 103,890	95 m /	-	110 m lang, 7 m breit, 1,5 m hoch,
103,930 – 103,936	6 m /	-	84 m lang, 7 m breit, 1,4 m hoch,
103,980 – 104,000	20 m /	-	<u>Haidlmauer:</u> 82 m lang, 6,5 m breit, 1,6 m hoch,
Strecke Johnsbach – Ges. Eingang:			<u>Haspelgraben:</u> 18 m lang, 6,5 m breit, 1,8 m hoch,
114,8/9	25 m /	6 m	<u>Schmiedtenbichl:</u> 65 m lang, 8 m breit, 1,7 m hoch,
	25 m /	4 m	<u>Lettmaierkogel:</u> 55 m lang, 7 m breit, 1,8 m hoch,
	40 m /	2 m	40 m lang, 7 m breit, 1,3 m hoch,
114,900 – 115,100	60 m /	1 m	<u>Zigeunerbichl:</u> 38 m lang, 7 m breit, 2,2 m hoch,
	24 m /	7 m	<u>Leier:</u> 32 m lang, 5 m breit, 1,6 m hoch,
115,1/2	50 m /	1 m	
115,3/4	16 m /	2 m	
115,4/5	45 m /	2 m	
115,7/8	20 m /	1 m	
117,3/4	23 m /	2 m	

Tab. 28: Beschreibung von Lawinen-Ereignissen an Bahn (links) vom 23.12.1919 und Straße (rechts) zwischen 7. und 8.2.1981 (ERNEST 2002, S.14 & S.194).

Die Lawinenkarte nach ERNEST ist ein Shapefile des NP Gesäuses, dass dieser in Anleitung von Albert Ernest erstellt hat. Es beinhalten mehrere Lawinengänge, die relativ ungenau eingezeichnet wurden.



Abb. 13: Lawinenkarte nach ERNEST, A. (NATIONALPARK GESÄUSE GMBH).

Quellenkritik:

Es werden nur Ereignisse genannt, die Siedlungen und Infrastruktur betreffen. Außerdem sind die Bahn- und Straßen-Kilometer Werte mit Vorbehalt zu verwenden. Bei Gesprächen mit Mitarbeitern der Bezirksbauleitung Liezen und der Landesbaudirektion wurde mir bestätigt, dass die Genauigkeit der Straßenkilometerangaben bei Ereignissen oft um einige hundert Meter von der vom Startpunkt der Straße (im Fall der B146 ist das Liezen) gemessenen Distanz, abweichen kann. Dies war für die spätere Verwendung mit GIS von großer Relevanz. Die Genauigkeit der Kilometersteine an der Bahnstrecke ist wesentlich höher. Die Lawinenkarte gibt einen Überblick über mehrere Lawinenereignisse, zu denen es aber leider kein Ereignisdatum oder Anzahl gibt.

Archive der Steiermärkischen Landesforste

Die Steiermärkischen Landesforste haben über die letzten rund 60 Jahre ein detailliertes Archiv angelegt. In diesem Archiv findet man zu den unterschiedlichsten Themen eines Forstbetriebs genaue Aufzeichnungen über eine lange Zeitperiode. Unter anderem gibt es für jedes Jahr eine Auflistung der Katastrophenschäden in Form einer Tabelle, in der zumindest Datum, Ort und vor allem Schadenshöhe dokumentiert sind. Diese Schäden wurden dann bei der Steiermärkischen Landesregierung gemeldet, um eine teilweise Rückerstattung der Schäden durch den Katastrophenfonds zu bekommen.

Katastrophenschäden 1973 im Bereich der Landesforstverwaltung St. Gallen

Nr.	politische Gemeinde	Revier	Datum	Ursache des Schadens	beschädigtes Objekt	Art des Schadens	Schadenshöhe
1	St. Gallen	St. Gallen	Juli 1973	Hochwasser	Forststraße Spitzbach	1) Zerstörung der Holzschlachten auf 30 m Länge 2) Austritt des Spitzbaches auf einer Länge von 40 m (Ausrisse in der Fahrbahndecke) 3) Zerstörung der Fahrbahndecke auf 1 km Länge	S XXXXXXXXXX
2	Weißbach	Unterlaussa	Juli 1973	heftige Regenfälle	Forststraße Rutscher	Zerstörung der Fahrbahn auf 1 km Länge	XXXXXXXXXX
3	St. Gallen	Weißbach	August 1973	Wolkenbruch	Forststraße Neuweg	Zerstörung der Fahrbahn auf 6 km Länge	XXXXXXXXXX
4	Ländl	Tamischbach	August 1973	Hochwasser + Wolkenbruch	Forststraße Tamischbach	1) Zerstörung der Bachüberfahrt auf einer Länge von 20 m 2) Schäden in der Fahrbahndecke auf einer Länge von 3 km	XXXXXXXXXX
Gesamtsumme:							XXXXXXXXXX

St. Gallen, am 15.10.1973

Abb. 14: Beispiel für eine Auflistung der Katastrophenschäden der Landesforstverwaltung St.Gallen von 1973 (Archiv der Steiermärkischen Landesforste).

Im Archiv waren zu diesen Ereignissen oft auch noch detailliertere Angaben zu finden, zum Beispiel Aufzeichnungen der einzelnen Förstereien.

Quellenkritik:

Die Qualität der Daten der Steiermärkischen Landesforste variierten zwischen unbrauchbar ungenau und hervorragend detailliert. Manchen Ereignissen wurde mehr Beachtung geschenkt und anderen weniger. Grundsätzlich sind viele Ereignisse auch namentlich verortet (bei einem großer Teil der Ereignisse ist aber Revier oder Gemeinde genannt), aber eine detaillierte Beschreibung über z. B. das Anrissgebiet einer Lawine und die Höhe der Ablagerungen fehlen zum größten Teil. Die Schadenshöhen geben am ehesten noch Aufschluss über die Größe des Ereignisses, sind aber kaum zu interpretieren, da jegliche Zusatzinformationen fehlen. In Abb.14 konnte ich diese Information jedoch aus Datenschutzgründen nicht abbilden.

Ein weiteres Problem ist auch hier in der Unterscheidung der Naturprozesse zu sehen, da selbst für die Wissenschaft beispielsweise die Prozesse Hochwasser, Wildbach und Mure nicht klar voneinander abzugrenzen sind. Für einen Laien ist das dementsprechend noch schwieriger. Allgemein betrachtet, liefert das Archiv, bei vorheriger Ausfilterung ungenauer Daten, aber einen wichtigen Beitrag für die Bestandsaufnahme.

Archive der Wildbach und Lawinenverbauung- GBL Unteres Ennstal- Salzatal (Admont) & Digitale Gefahrenkarten

Bis Herbst 2007 gab es zwei verschiedene Gebietsbauleitungen (GBL) für das steirische Ennstal. Das Gesäuse fiel in den Zuständigkeitsbereich der GBL-Unteres Ennstal-Salzatal. Ich habe deshalb am Anfang meiner Recherche noch in deren Büro in Admont nach brauchbaren Daten gesucht. Die wichtigste Quelle der WLW waren für mich nicht die Gefahrenzonenpläne, sondern die Gefahrenkarten. Sie zeigen in einer Karte des Maßstabs 1:50.000 im Überblick die Einzugsgebiete von Muren und Lawinengängen, die Gefährdungspotential haben. Bei meinem Interview mit DI Streit von der GBL „Mittleres Murtal und Mürztal“ habe ich dann sogar diese Karten in digitaler Form (Shapefile) zur Verfügung gestellt bekommen.

Die Gefahrenzonenpläne selbst beschäftigen sich mit der möglichen Gefährdung von Siedlungen und spielten deshalb für meine Arbeit keine wesentliche Rolle. Aber einige wenige Datensätze meiner Datenbank stammen aus dem Gefahrenzonenplan, nämlich aus der „Wildbach- und Lawinenchronik“, die zum Inhalt des textlichen Teils des GZP gehört. Als eine weitere mögliche Quelle wurde mir bei der WLW auch die Kollaudierungsoperatere genannt, das sind Dokumentationen über den Verbau beispielsweise von Murgängen.

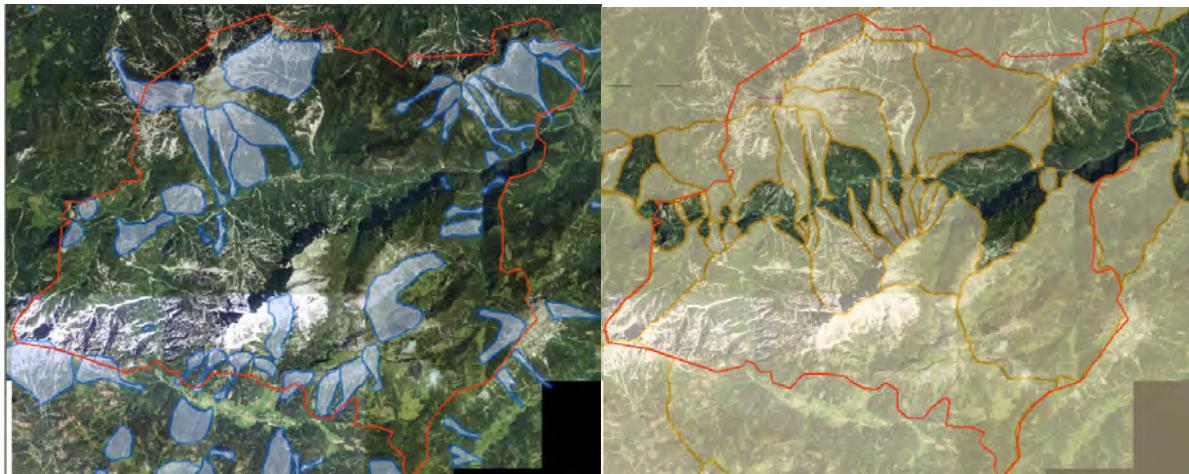


Abb. 15: Projektgebietsgrenze mit digitaler Lawinen(links)- und Wildbacheinzugsgebietskarte(rechts), von der WLW zur Verfügung gestellt. Hintergrund:Orthophotos des BEV. Layout: Johannes Stangl.

Die Bereiche des Projektgebiets, die dem Bezirk Leoben angehören, sind eigentlich Teil des Arbeitsgebietes der GBL Mittleres Murtal und Mürztal, werden aber aus praktischen Gründen ebenfalls von der GBL Ennstal mitbetreut.

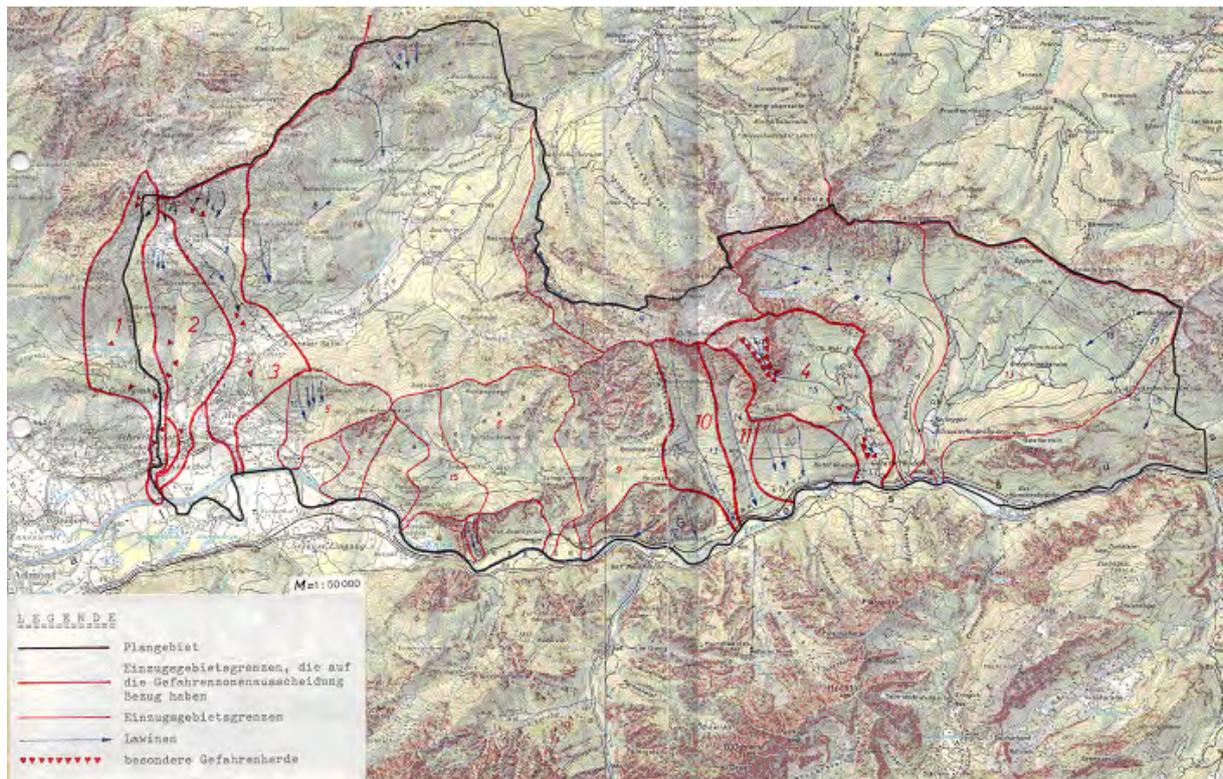


Abb. 16: Gefahrenkarte der Gemeinde Weng (Quelle: Gefahrenzonenplan der WLV-GBL Ennstal und Salztal).

Quellenkritik:

Die Qualität der Daten der WLV ist sehr gut, jedoch hatte ich mir von der Quantität mehr erwartet. Ich habe leider in keinem der genannten Archive viele Eintragungen gefunden. Daher war mein Hauptgewinn der Recherche bei der WLV die Digitalen Gefahrenkarten, die auch einige sonst nicht in Quellen erwähnte Ereignisse enthielten.

NP-Gesäuse Archiv

Da der Nationalpark erst 2002 gegründet wurde, ist noch kein umfangreiches Archiv vorhanden. Aber zu einigen Ereignissen nach 2002 findet man bereits Eintragungen im NP-Foto-Archiv. Leider gibt es bis jetzt noch keine systematische Dokumentation von gravitativen Naturprozessen im NP Gesäuse.

Quellenkritik:

Die Fotos des NP sind alle qualitativ hochwertig, aber es fehlen genaue Beschreibungen wie zum Beispiel das Ereignisdatum. Zwar wird bei den Digitalfotos das Aufnahmedatum in der Datei verzeichnet, aber oft wurden die Fotos Wochen später aufgenommen, zum Beispiel nachdem der Schnee von den Forststraßen weggeschmolzen ist. Vor allem dadurch konnte ich kein Ereignis finden, dass ich eindeutig zeitlich und örtlich zuordnen konnte.

Privatarchiv Dr. Josef Hasitschka

Dr. Hasitschka besitzt ein umfangreiches Archiv über die Region Gesäuse. Unter anderem hat er auch sehr viele historische Fotos archiviert, von denen er mir einige für die Arbeit relevante zur Verfügung gestellt hat. Zusätzlich konnte er mir verschiedenste lokale Literaturquellen nennen, in denen möglicherweise Naturprozesse genannt werden. Darunter auch einige seiner eigenen Arbeiten, in denen er historische gravitative Naturprozesse erwähnt hatte. Das waren vor allem Werke über die Almen des Gesäuses.

Quellenkritik:

Das Archiv und die Arbeiten von Dr. Hasitschka haben mir einige Ereignisse aufgezeigt, die fernab der Verkehrsadern stattgefunden haben. Die Berichte sind wissenschaftlich fundiert und mit Quellen untermauert.

Straßenmeisterei St. Gallen

Da Herr Ernest sehr viele Eintragungen für seine Arbeit den Archiven der Straßenmeisterei entnommen hat, versuchte auch ich bei dieser Institution nachzurecherchieren. Allerdings wurde mir kein Zugang gewährt, mit der Erklärung: „Wir haben keine Aufzeichnungen mehr über ältere Ereignisse“. Auf meine Frage, ob es aktuelle Aufzeichnungen gäbe, bekam ich die Antwort, dass nichts für mich Interessantes mehr dokumentiert würde.

Polizei bzw. Alpingendarmerie

Von einigen meiner Interview-Partner wurde mir die Polizei, vormals Gendarmerie, als potentielle Quelle genannt. Für das Gesäuse ist der Polizei-Posten in Admont verantwortlich. Mir wurde vom Alpingendarmerie-Leiter Huber des Bezirks Liezen empfohlen, mir eine Empfehlung des Landespolizeikommandos ausstellen zu lassen, um eine reibungslose Recherche auf dem Polizeiposten zu sichern. Als ich mit dieser Empfehlung den Posten in Admont besuchte, bekam ich von einem hilfsbereiten Mitarbeiter die Postenchronik von Admont zur Durchsicht überreicht. Leider sind in solchen Chroniken der Polizei nur Ereignisse mit Personenschaden aufgezeichnet und selbst dort nur mit einem ungenauen Lagevermerk, nämlich der des Gemeindegebiets.

Daten aus Meldungen der Bundesgendarmerie (Alpingendarmerie):

Wie man den Interviews (siehe Anhang) mit DI Schmied und DI Streit entnehmen kann, wurde mir erst später bekannt, dass die Polizei zwischen 1973 und 1994 für Lawinen eine Meldepflicht hatte. Im Winter 1967/1968 hat die Forstliche Bundesversuchsanstalt damit

begonnen, alle Schadenslawinen zu dokumentieren und statistisch aufzubereiten. Danach versuchte man ein bundesweit einheitliches System einzuführen und betraute damit die Bundesgendarmerie. Im Winter 1993/1994 wurde diese Arbeit von Seiten der Gendarmerie eingestellt. LUZIAN (2002b) hat seine Schadenslawinendatenbank auf diesen Daten aufgebaut. Zwar hat er auch Kritik an den Daten geäußert (Hauptgrund waren Unklarheiten bei Themenpunkten des Meldeformulars wie: „Örtlichkeit“, erfasste Personen“, „verschüttete Personen“, „Art der Gebäude“, „Lage des Anbruchgebietes bezüglich der aktuellen Waldgrenze“, „Form des Anrisses“, „Wassergehalt des Schnees“ und „Lawinenbildung“), die aber meine Arbeit, Erstellung einer Ereigniskarte auf Basis der Bestandsaufnahme, nicht beeinflusst hätte. Die für die jeweilige Region zuständige GBL der WLW bekam in diesen zwanzig Jahren einen Durchschlag zu jedem Ereignis.

Beim Admonter Posten gibt es, so wurde mir dort erklärt, solche Aufzeichnungen nicht, oder zumindest nicht mehr. Und da die WLW ihre Durchschläge im Zuge der Zusammenlegung der GBL nach Liezen vernichtet haben („da wir in diesem Fall keine primäre Aufbewahrungspflicht haben“, sagt DI Schmied), sind diese Daten für meine Bestandsaufnahme verloren.

Quellenkritik:

Die Postenchronik war für mich nicht genau genug, um in meine Datenbank aufgenommen zu werden. Die Qualität der Lawinen-Meldeformulare der Alpingendarmerie wäre für meine Arbeit ausreichend gewesen, da ich mich vor allem mit dem Ort des Lawinenabgangs und der Häufigkeit (d.h. Datum) beschäftige. Aus diesem Grund ist es sehr bedauernd, dass ich diese Daten nicht einbeziehen konnte.

3.1.3 Allgemeine Quellenkritik

Die von mir verwendeten Quellen sind ausreichend um sich einen Überblick über das Projektgebiet zu verschaffen. Jede der Quellen hat Fehler, welche aber durch die genaue Prüfung und einer Ausfilterung ungenauer Daten minimiert werden können. Um eine noch größere Anzahl mit Quellen belegter Ereignisse zu bekommen, müsste man sich noch viel ausführlicher mit der Bestandsaufnahme auseinandersetzen. Dann könnte man zum Beispiel auch die Handelsunterlagen der Holzverarbeitenden Industrie in der Region unter die Lupe

nehmen und so beispielsweise über den Schadh Holzverkauf Ereignisse rekonstruieren. Meines Erachtens müssten Straßenmeisterei und Polizei ebenfalls relevante Daten haben, die man möglicherweise auch noch aufspüren kann.

3.2 Die GRANAT(GRAvitative NATurprozess)- Datenbank

Da sich der Datenumfang der Bestandsaufnahme schon bei meiner ersten Quelle, dem Privatarchiv von Albert Ernest, als überaus groß herausstellte, kam ich zu dem Entschluss, die Daten nicht in einer Tabelle abzuspeichern, sondern damit eine Datenbank zu erstellen. Vor allem die Vorteile kombinierter Abfragen und die spätere Verknüpfung der Datenbank mit den Ereigniskarten über eine Geodatenbank waren für meine Wahl vordergründig. Außerdem wählten sowohl LUZIAN (2002b) als auch BARNIKEL (2004) ebenfalls die Datenbank als Speicherart. Ein weiterer Grund war auch die Idee, mit dieser Datenbank vielleicht eine laufende systematische Erhebung der gravitativen Naturprozesse im Nationalpark Gesäuse zu begründen.

Die GRANAT-Datenbank enthält jedoch nicht nur gravitative, sondern auch andere Naturprozesse wie Orkan, Hochwasser, Hagel und Schneedruck. Diese Einträge habe ich ausnahmslos aus dem Landesforste-Archiv. Da die Recherche in diesem Archiv ohnehin überaus aufwändig war, beschloss ich, andere Naturprozesse in die Datenbank mitaufzunehmen, denn der Mehraufwand war gering und die Daten könnten für eine andere bzw. spätere wissenschaftliche Bearbeitung interessant sein. Für die weitere Bearbeitung und die Erstellung der Ereigniskarten spielen sie aber keine Rolle.

Nach einer detaillierten Durchschau der gesammelten Daten aus den einzelnen Quellen musste ich bestimmte quellenübergreifende Themen bestimmen, die die Merkmale meiner Datenbank werden sollten. Ich wählte eine Kombination der Merkmale mit dem höchsten Informationsgehalt aus allen Quellen. Abb.17 stellt die Datenbank mit allen Attributen dar.

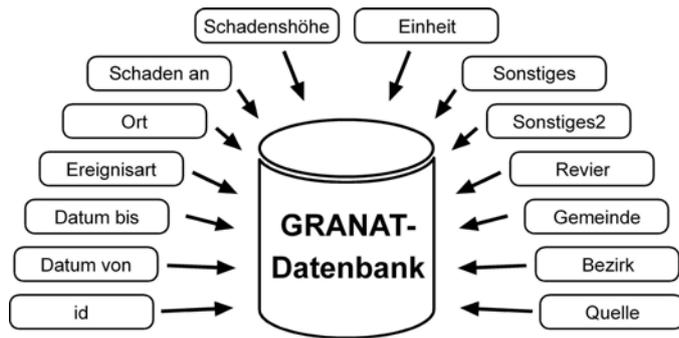


Abb. 17: Schematische Darstellung der GRANAT-Datenbank und ihrer Attribute

Die Übertragung der Quelleninformationen in die Datenbank vollzog sich unterschiedlich schnell. Das Landesforste-Archiv hat viele Daten in Form von Tabellen, die ohne großen Zeitaufwand übertragen werden konnten. Bei einem Teil dieser tabellarischen Daten steckte jedoch noch mehr Information in Form von Briefwechseln oder anderen Dokumenten im Hintergrund, die ebenfalls in die Datenbank aufgenommen werden mussten. Diese Aufnahmen und auch die Recherche des Privatarchivs Albert Ernest waren vergleichsweise aufwändiger. Die Datenübertragung aus den anderen Archiven war zwar ebenfalls sehr zeitintensiv, jedoch war die Anzahl viel geringer.

Probleme bei der Eingabe gab es vor allem bei dem Attribut „Schaden an“ bzw. „Schadenshöhe“. Beide Merkmale sind in allen Daten der Landesforste zu finden und beschreiben, da es sich um einen Meldungsbericht an den Katastrophenfonds handelt, meist die Beschädigung von Forststraßen oder Gebäuden bzw. die Schadenshöhe in Schilling und später in Euro. Um auch die bedauerlichen tödlichen Vorfälle, die vor allem im Privatarchiv Albert Ernest dokumentiert sind, in die Datenbank mit aufnehmen zu können, habe ich das Attribut „Einheit“ (Schadenseinheit) hinzugefügt, die neben Schilling und Euro auch die Ausprägung Menschenleben umfasst. Die Schadenshöhe wiederum war oft nur pauschal für mehrere Datensätze angegeben. In diesem Fall habe ich den Betrag durch ihre Anzahl geteilt und dementsprechend zugeordnet.

Einige Daten waren nicht eindeutig zeitlich zugeordnet, da in vielen Fällen beispielsweise die Förster erst im Frühjahr an entfernte Orte ihres Reviers gelangen konnten und erst zu diesem Zeitpunkt das Ereignis aufnahmen. Wegen solchen und anderen zeitlich ungenauen Fällen teilte ich die Angabe zum Ereigniszeitpunkt in die Attribute „Datum von“ und „Datum bis“. Dadurch konnte ich Monats-, Jahres-, aber auch Tagesangaben in die Datenbank eintragen, ohne die Vergleichbarkeit der Daten zu verlieren. Da ich möglichst viel Information in der Datenbank speichern wollte, habe ich die Attribute „Sonstiges“ und „Sonstiges2“

hinzugefügt. Sie beinhalten genau die erwähnten zusätzlichen Informationen und da die Software ACCESS, mit der ich die Datenbank erstellt habe, nur Texte im Ausmaß von maximal 255 Zeichen zulässt, musste ich zwei Merkmale für diese Information verwenden.

3.2.1 Statistischer Überblick über die Datensätze der GRANAT-Datenbank

Da das Ziel der Bestandsaufnahme die Erstellung von Ereigniskarten und nicht die statistische Auswertung der Datenbank war, gebe ich hier nur einen Überblick über die Datensätze. Insgesamt hat die GRANAT-Datenbank 899 Datensätze. Sie haben unterschiedlichen Informationsgehalt, manche besitzen zu jedem Merkmal genaue Ausprägungen, andere geben nur Information über Ereignisart und Ort.

Einen Sonderfall nehmen die 30 Datensätze der Quellen „WLV-Digitale Gefahrenkarte“ und „Lawinenkarte nach Ernest“ ein. Diese Ereignisse übernahm ich aus den digitalen Karten. Dort waren sie nur mit einer Ortsbezeichnung versehen, andere Informationen fehlten. Es fehlt damit im Gegensatz zu allen anderen Datensätzen auch die zeitliche Zuordnung. Vor allem der Umstand, dass diese Lawinen- und Murgänge fernab der Infrastruktur situiert waren und mir Daten dieser Art nur in geringer Anzahl zur Verfügung standen, ließ mich diese Ereignisse trotz des niedrigen Informationsumfangs in meine Datenbank aufnehmen. Ein weiterer Grund hierfür war auch die hohe Qualität der Quellen. Von diesen 899 Datensätzen hatten 596 eine Ortsangabe und machten damit grundsätzlich eine Verortung möglich. Die Qualität dieser Ortsangaben war allerdings unterschiedlich (Abb.18).

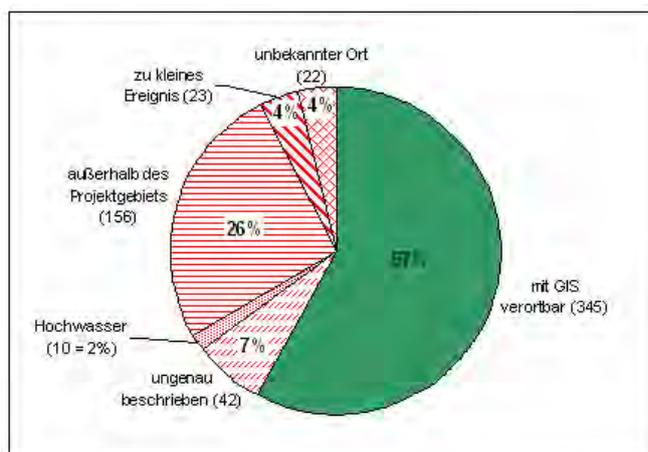


Abb. 18: Verteilung der Datensätze mit Ortsangabe (n=596) nach Qualität der Ortsangaben

Manche Datensätze hatten auch Ortsangaben, die ich trotz Einbeziehung der Alpenvereinskarte (beinhaltet viele umgangssprachliche Flurnamen) und ortskundiger Personen der Kategorie „unbekannter Ort“ zuweisen musste. Die größte Anzahl (156) an nicht-verortbaren Datensätzen hatte die Kategorie „außerhalb des Projektgebietes“. Dies ist vor allem auf die Quelle „Landesforste-Archiv“ zurückzuführen, da bei deren Schadensberichtstabellen alle Reviere der Landesforste aufgelistet und damit auch Daten von Bereichen außerhalb des Nationalparks in die Datenbank aufgenommen wurden. Durch ungenaue Ortsangaben, andere Naturprozesse (Hochwasser) und Ereignisse mit zu kleinem Ausmaß (nicht eindeutig zuzuordnen) reduzierte sich die Zahl der letztendlich mit GIS verortbaren Datensätze auf 345.

Die folgenden Abbildungen zeigen die Quellenzugehörigkeit einerseits aller Datensätze (Abb.19) und andererseits der mit GIS verorteten Datensätze (Abb.20).

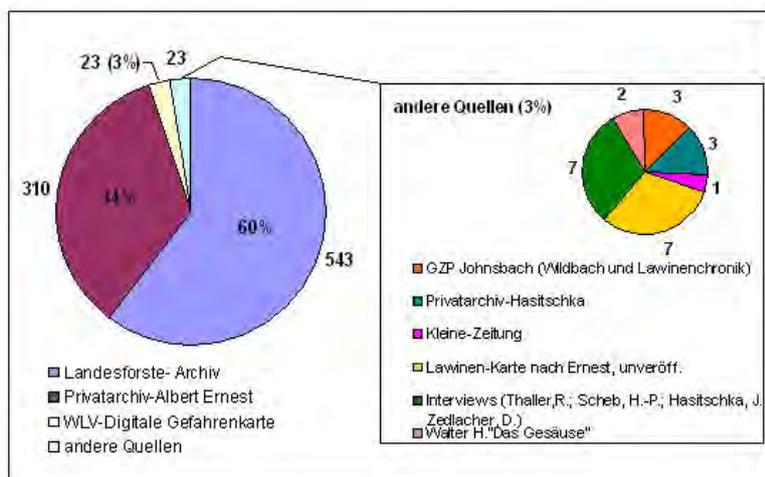


Abb. 19: Anzahl und Aufteilung aller Datensätze der GRANAT-Datenbank nach Quellen-Zugehörigkeit

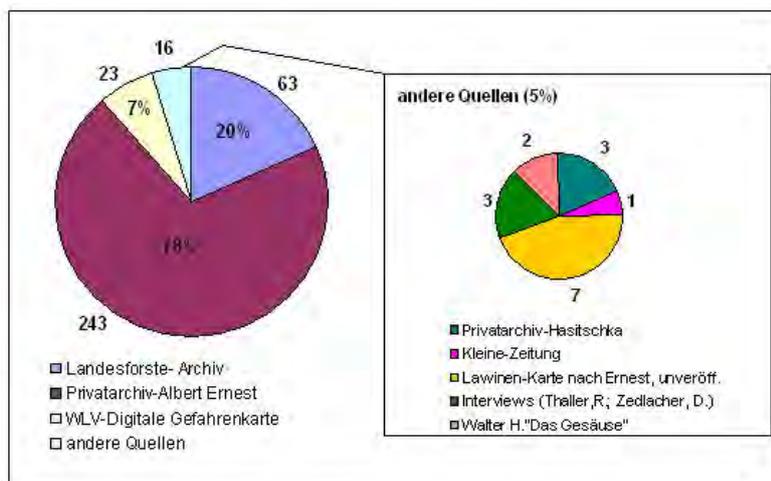


Abb. 20: Anzahl und Aufteilung der mit GIS verorteten Datensätze der GRANAT-Datenbank nach Quellen-Zugehörigkeit

Der Vergleich zwischen allen und den mit GIS verorteten Datensätzen nach der Aufteilung der Ereignisart (Abb.21 und 22) zeigt ebenfalls eine Dominanz - 80% der verorteten Ereignisse sind Lawinen. Dies ist einerseits auf den großen Anteil des Privatarchivs von Albert Ernest zurückzuführen, das hauptsächlich Lawinenereignisse dokumentiert. Andererseits kann man für das Gesäuse wohl generell annehmen, dass Lawinen den weitest verbreiteten und häufigsten gravitativen Naturprozess darstellen.

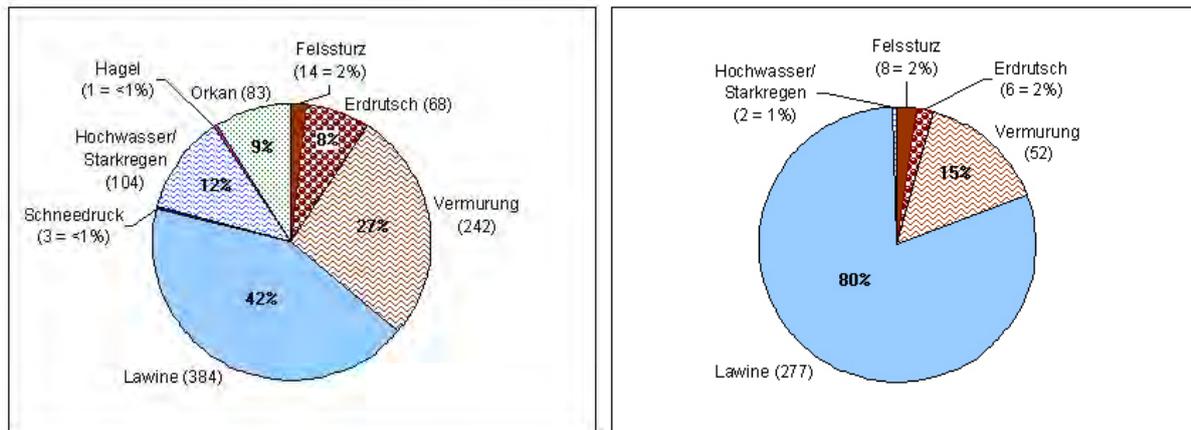


Abb. 21: (Links) Anzahl und Aufteilung aller Datensätze der GRANAT-Datenbank nach Ereignisart

Abb. 22: (Rechts) Anzahl und Aufteilung der mit GIS verorteten Datensätze der GRANAT-Datenbank nach Ereignisart

Hagel und Orkan sind keine gravitativen Naturprozesse und fehlen dadurch ebenso in dem Diagramm der mit GIS verorteten Datensätze wie auch der Schneedruck, der nicht zu meinen ausgewählten Prozessen zählt. Dasselbe gilt auch für die Ereignisart Hochwasser, die zwei dennoch eingetragenen Hochwasserereignisse (Abb.22) wurden von mir nach einer genaueren Recherche der Kategorie Vermurung zugeordnet. Die 68 in der Datenbank eingetragenen Erdrutsch-Datensätze sind alle zu ungenau beschrieben, als dass ich sie mit GIS verorten hätte können. Die sechs übrigen wurden von mir, wie zuvor die Hochwasserereignisse, den Vermurungen angerechnet.

Da die Unterscheidung der Übergangsformen zwischen Hochwasser, Wildbach, Mure und Erdrutsch für Laien allgemein äußerst schwierig ist, musste ich jeden Datensatz mit großer Sorgfalt betrachten. Beinahe alle Erdrutsch-Datensätze entstammen dem Landesforste-Archiv und bezogen sich meist auf sehr kleine Ereignisse, z.B. die Böschungen von Forststraßen. Der Ort des Ereignisses war meist nur mit Revier oder Forststraße beschrieben und somit nicht zu verwenden. Damit verblieben für die Verortung mit GIS Felssturz, Mure und Lawine mit der in Abb.23 dargestellten Verteilung:

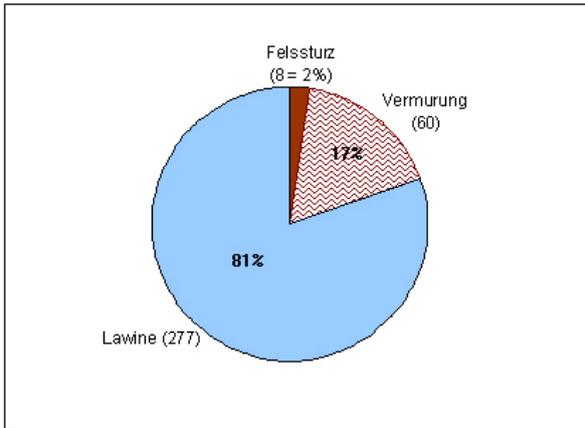


Abb. 23: Anzahl und Aufteilung der mit GIS verorteten Datensätze der GRANAT-Datenbank nach Ereignisart (zusammengefasst)

Die Abbildungen 24 und 25 zeigen die zeitliche Verteilung der Datensätze. Die Einteilung der Zeitabschnitte ist uneinheitlich (die ersten vier und die darauf folgenden zwei Zeitangaben stellen Zusammenfassungen in zuerst 25 Jahresschritten und dann in 10 Jahresschritten dar). Dies war für eine bessere Darstellung nötig, da sich vom 19. Jahrhundert nur zehn und für die Zeitspanne 1900-1920 nur fünf Eintragungen in der Datenbank befinden. Mein zeitliches Hauptaugenmerk lag auf der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts.

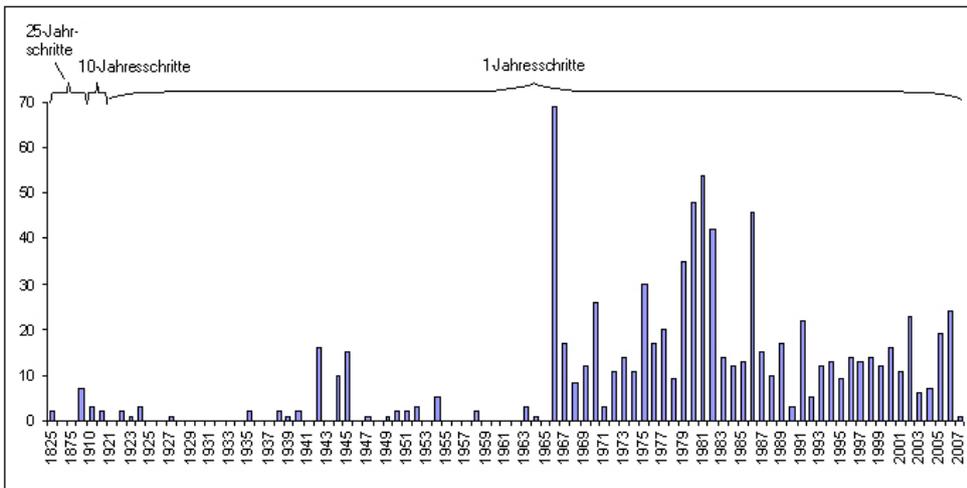


Abb. 24: Verteilung aller Datensätze der GRANAT-Datenbank nach Ereignisjahr

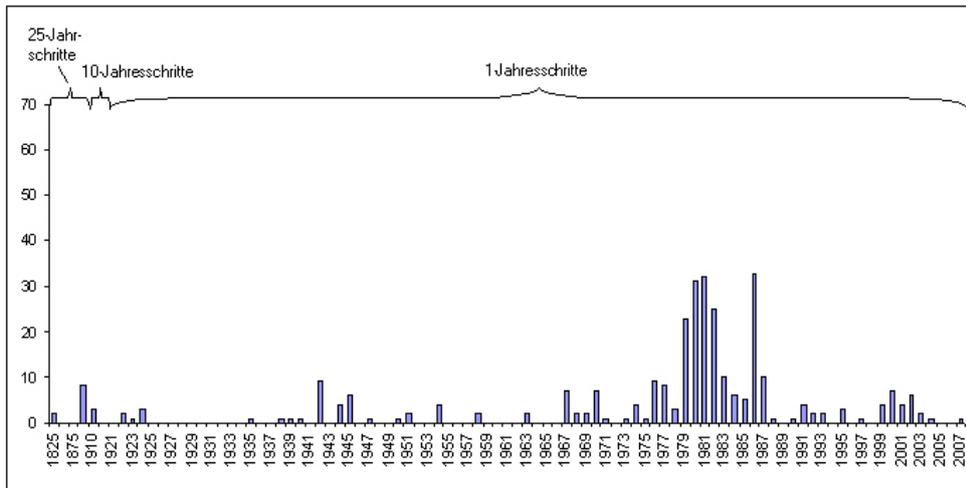


Abb. 25: Verteilung der mit GIS verorteten Datensätze der GRANAT-Datenbank nach Ereignisjahr

Der Vergleich der beiden Abbildungen zeigt eine ähnliche Verteilung der Datensätze. Das heißt, es wurden über die gesamte Zeitreihe gesehen annähernd gleich viele Datensätze als „nicht verortbar“ eingeschätzt. Dies gilt nur für das Jahr 1966 nicht, da hier bei Abb.24 noch der höchste Wert erzielt wurde und in Abb.25 kein einziges Ereignis mehr aufscheint. Dies ist darauf zurückzuführen, dass in diesem Jahr ein Orkan erhebliche Windwurfschäden verursachte und diese Ereignisart, wie oben beschrieben, für die Verortung nicht verwendet wurde.

3.3 Die Ereigniskarten auf Basis der GRANAT-Datenbank

Viele Datensätze hatten Informationen über den Ereignisort in Form von Bahn- und Straßen-Kilometer angegeben. Alle diese Daten speicherte ich in das Bahn/Strasse-Unterdatenblatt unter den Attributen „BAHN_vonKM“, „BAHN_bisKM“, „Strassen/Bahn-KM“, „BAHN_Länge(km)“, „Verschüttungslänge(km)“, „STRASSE_Verschüttungsbreite(m)“ und „Verschüttungshöhe(m)“ ab. Um die verortungsfähigen Datensätze später mit den Polygonzügen der GIS-Karten verknüpfen zu können, erstellte ich ein Unterdatenblatt mit dem Namen „Verortet“, das unter anderem das Attribut „GRANAT-ID“ beinhaltet. Dieses Merkmal enthielt bei den verschiedenen Datensätzen die Merkmalsausprägungen 1-149, die zu den GRANAT-IDs der dazugehörigen Ereignis-Polygone in der GIS-Karte passte. Dadurch war eine Verknüpfung mit einer Geodatenbank möglich.

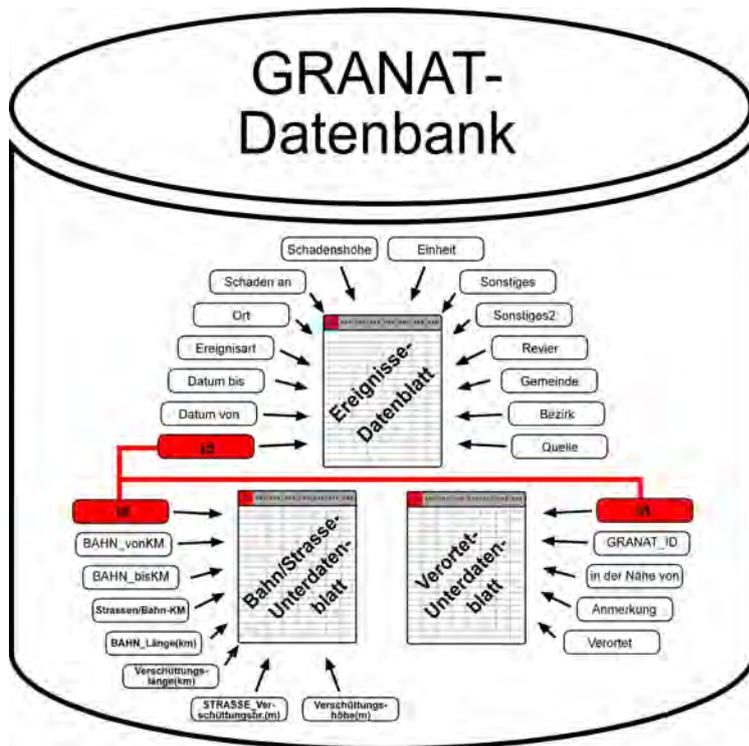


Abb. 26: Schematische Darstellung der GRANAT-Datenbank mit Datenblättern, der rot markierte Teil stellt deren Verknüpfung dar.

Für die nicht verorteten Datensätze, bei denen ich aber ein bestimmtes Ereignis im Verdacht hatte, habe ich die Merkmale „in der Nähe von“ und „Anmerkungen“ hinzugefügt. Das Datenbank-Merkmal „Verortet“ mit den möglichen Ausprägungen Ja/Nein habe ich eingefügt, um die Abfrage nach verorteten Datensätze zu erleichtern.

Für die Digitalisierung der Mur- und Lawinengänge im GIS nahm ich das Habitalp-Shapefile (Kapitel 4.2.1) zur Hilfe. Diese Bodennutzungskarte unterscheidet sehr detailliert verschiedene Vegetationseinheiten, Fels, Schutt etc. und gab mir damit die Basis, um beispielsweise Lawinengänge einzeichnen zu können. Allgemein versuchte ich bei der Erstellung der Ereignis-Polygone mit einer kombinierten Betrachtung von Zusatzinformationen (Attribut „Sonstiges“ in der Datenbank und Skizzen in den Unterlagen) über Hangneigungskarten bis hin natürlich zu den Orthofotos eine möglichst genaue Karte zu erstellen.

Bei der Gestaltung der Karte der historischen Muren stellte ich nicht nur die Murgänge selbst, sondern auch deren Einzugsgebiete dar, da diese Art der Darstellung für Murenereignisse üblich ist. Leider gab es für den NP Gesäuse weder eine digitale noch eine genaue analoge Einzugsgebietskarte, deshalb musste ich diese Karte selbst generieren. Mit den Hydrologie-Funktionen des Spatial Analysts habe ich zuerst ein sehr genaues Gewässernetz erstellt, um

danach auf dessen Basis die Einzugsgebiete zu berechnen. Der Weg zur Erstellung dieser Einzugsgebietskarte war von vielen Problemen begleitet. Eines davon war, dass das verwendete Höhenmodell des NPs nur eine Auflösung von 10 m hatte und dadurch an vielen Einzugsgebietsgrenzen die Berechnung fehlerhaft war (Abb.27). Diese Artefakte musste ich durch langwierige manuelle Nachbesserungsarbeiten korrigieren. Die Karte der historischen Felsstürze erstellte ich in einem eigenen Shapefile und zeichnete die einzelnen Felsstürze mit Hilfe von Orthofotos und Aufnahmen aus den Fotoarchiven manuell ein.

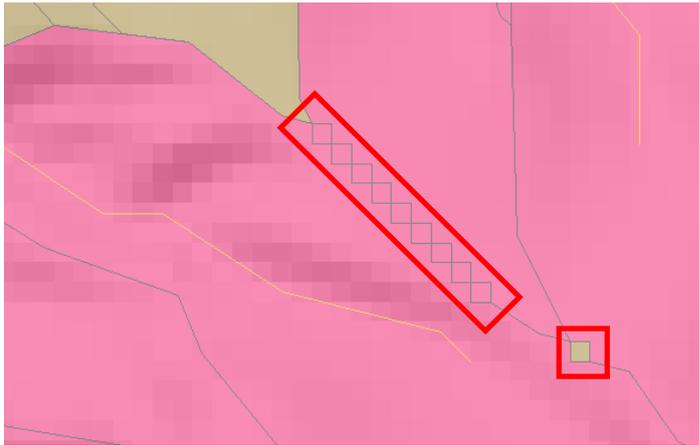


Abb. 27: Artefakt-Bildung bei der Berechnung von Einzugsgebieten.

3.3.1 Von der Datenbank zur Karte

Durch die unterschiedlichen Ortsangaben in den verschiedenen Quellen wählte ich drei unterschiedliche Arten zur Übertragung ins GIS:

1. Übertragung der Daten mit Bahn- bzw. Straßenkilometerangabe
2. Übertragung der Daten der „WLV-Digitale Gefahrenkarte“ und „Lawinenkarte nach Ernest“
3. Übertragung der sonstigen Daten

ad 1.)

Die meisten Datensätze der Quelle „Privatarchiv-Ernest“ hatten neben einer Ortsangabe auch die von den Bahn- bzw. Straßenmeisterei-MitarbeiterInnen notierten Bahn- und Straßenkilometerangaben. Oft waren auch nur Kilometerangaben ohne jegliche Ortsangabe eingetragen worden. Derartige Daten überträgt man am besten mit dem GIS-Werkzeug

„Linear-Referencing“ des Spatial-Analyst. Dazu braucht man als Basis eine sogenannte „Route-Datei“, das ist eine Straßenkarten-Datei mit integrierter fortlaufender Kilometerangabe. Mit einem weiteren GIS-Werkzeug kann danach jede Kilometerangabe als Punkt auf der Straßen-Route eingezeichnet werden. Zuerst versuchte ich die Kilometrierung selbst durchzuführen, indem ich mit einem GPS die Kilometersteine an der Straße bzw. die Masten der Bahn-Oberleitung, die eine Kilometerangabe aufwiesen, eingemessen habe. Wie ich aber kurze Zeit später von der Straßenmeisterei St. Gallen und einem Freund bei den ÖBB erfuhr, sind beide Kilometerangaben ungenau. Die Kilometerzahlen an den Masten sind gerundete Werte und die Kilometersteine an der Straße entsprechen nicht der aktuellen Kilometrierung, da es nach Streckenverlegungen (Abb.29) nicht zu einer gesamten neuen Kilometrierung kommt. Ich wandte mich daher direkt an die ÖBB und die Landesbaudirektion Steiermark, um digitale Bahn- und Straßeninformationen in Form von Route-Daten zu erbitten. Beide Institutionen waren sehr hilfreich und übermittelten mir die gewünschten Daten umgehend. Sie wiesen mich aber ebenfalls darauf hin, dass die digitalen Kilometrierungen von denen im Gelände abweichen. Bei den Daten der ÖBB war das mögliche Fehlerprofil nicht so hoch, aber bei der Straßenkilometrierung wurde mir eine Ungenauigkeit von bis zu 200m vorausgesagt. Daher führte ich die lineare Referenzierung nur bei den ÖBB-Daten durch. Anhand dieser Punkte versuchte ich hangaufwärts die Ereignisse zu rekonstruieren und einzuzeichnen.

Die Kilometerangaben der MitarbeiterInnen der Straßenmeisterei bezogen sich auf die Kilometersteine im Gelände, einige Datensätze beinhalteten aber auch konkrete Ortsangaben. Ich verortete zunächst die Datensätze mit Ortsangabe und ordnete diesen danach die restlichen Datensätze auf Basis des Vergleichs der Kilometerangabe zu.

ad 2.)

Diese Ereignisse lagen bereits in digitaler Form vor, sie waren aber nur sehr grob verortet bzw. ungenau dargestellt. Auf Basis der vorhandenen digitalen Karten zeichnete ich die Ereignisse in meine Karten ein und nahm sie erst danach als Datensätze in die Datenbank auf.

ad 3.)

Alle anderen Daten wurden auf die bereits erwähnte Weise in die Karte übertragen.

Insgesamt wurden in die drei verschiedenen Ereigniskarten 149 gravitative Naturprozesse-Ereignisse eingezeichnet (siehe Anhang Tab.43).

Aufteilung nach Ereignisart:

- 77 Lawinenereignisse
- 66 Murenereignisse
- und 6 Felsstürze

Viele Datensätze der Datenbank waren nicht nur einer dieser 149 Ereignisse zuzuordnen, denn oft gab es in den Archiven für eine Eintragung mehrere Ortsnennungen (z. B. Tamischbachturm: Scheibenbauernkar und Haindlkar). Daher befinden sich in der Abb.28 weit mehr Ereignisse (599) als die beschriebenen 345 verortbaren Datensätze. Diese Abbildung gibt einen Überblick über die 149 gravitativen Naturprozesse und ihrer Ereignisanzahl. Vor allem der Naturprozess mit der GRANAT-ID 99 sticht aus der Menge heraus. Es handelt sich dabei um die relativ kleine Krummschnabel-Lawine.

Ereignisanzahl geordnet nach GRANAT-Datenbank ID

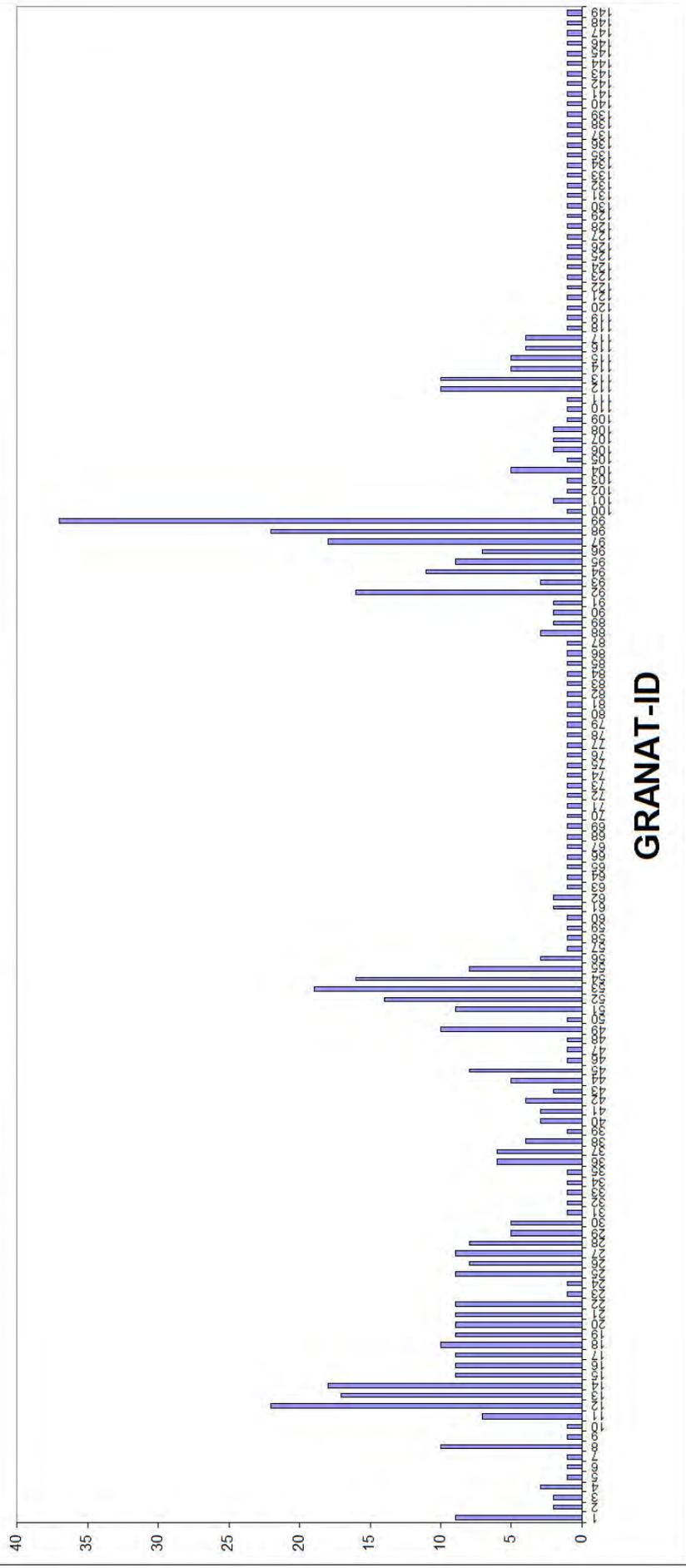
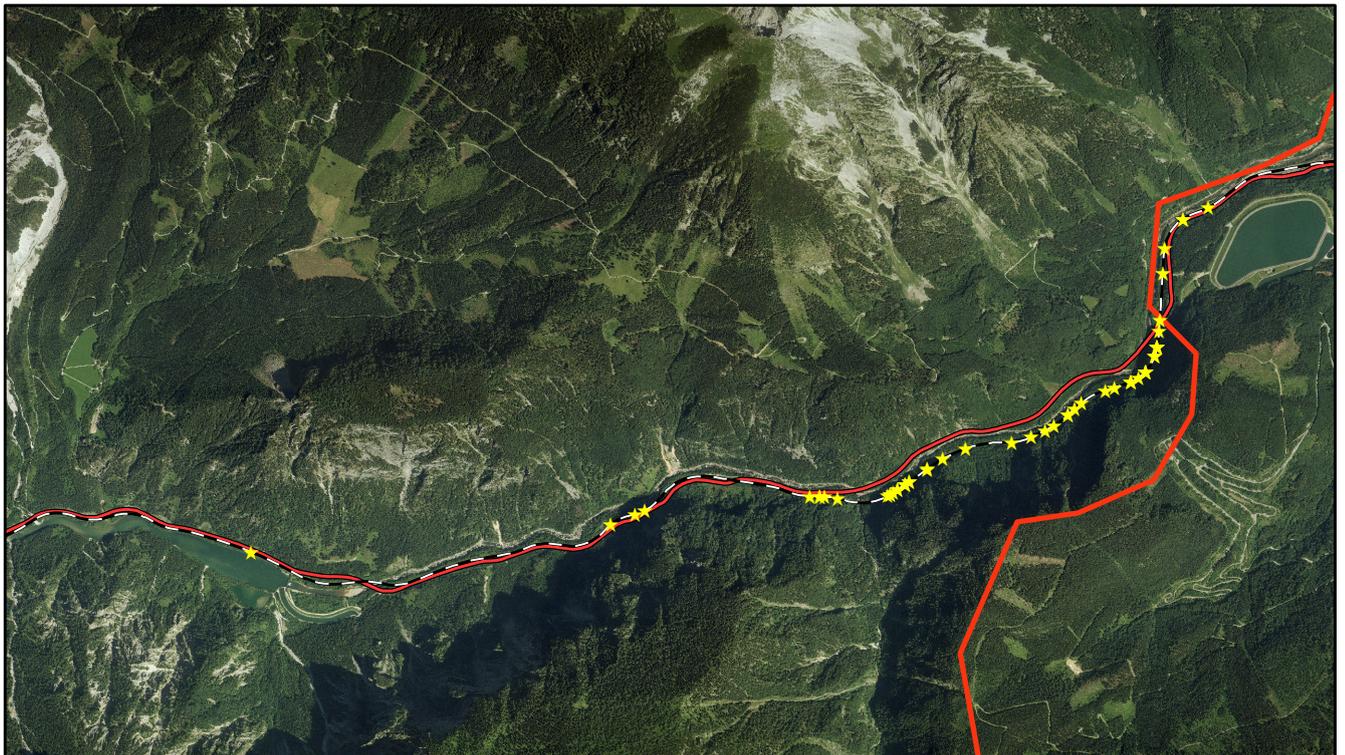
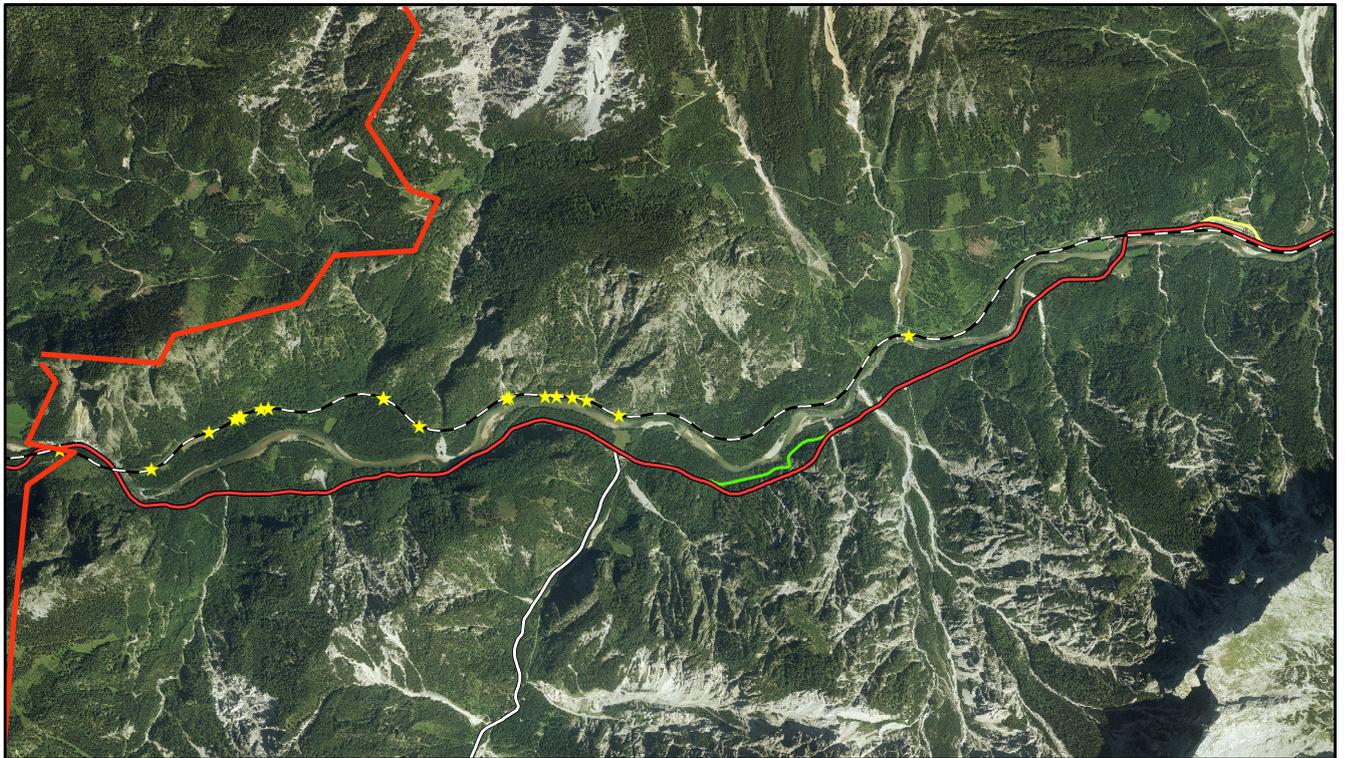


Abb. 28: Ereignisanzahl (n=599) geordnet nach GRANAT-Datenbank ID ; die dazugehörigen Ereignis-Namen sind in Tab.43 im Anhang zu finden

Öffentliche Straßen und Bahnstrecke mit punktuell verorteten Ereignissen

Abb.29



Maßstab: 1:42.000

0 500 1.000 2.000 3.000
Meter



— Bundesstraße 146
(Stand 2009)
— Bundesstraße 146
(vor 2005)
— Bundesstraße 146
(vor 2002)

— Landesstraße 743
- - - Bahnstrecke
★ verortete Ereignisse
nach Ernest, A.

— Projektgrenze

Datengrundlagen: NP Gesäuse, ÖBB,
Landesbaudirektion Steiermark

Bearbeitung & Layout: Johannes Stangl

Erstellungsdatum: November 2009

3.3.2 Die Ereigniskarten

Für die Kartendarstellung der Ereignisse hielt ich mich an den „Symbolbaukasten zur Kartierung der Phänomene“ des BUWAL (1995). Dieser Kartierungs-Leitfaden beinhaltet neben der grundsätzlichen farblichen Unterscheidung (Tab.29) auch genaue Vorgaben über die Darstellungsart der Randphänomene von den Ereignissen Mure, Lawine, Rutschung, Sturz und Hochwasser. Da die kartierten Ereignisse meiner Arbeit jedoch nicht so detailliert waren, um Randphänomene zu beinhalten, habe ich den Symbolbaukasten in vereinfachter Form angewandt.

<i>Prozess</i>	<i>Farbe</i>
Lawine	hellblau
Murgänge	violett
Felssturz	dunkelrot

Tab. 29: Farbliche Unterscheidung der Prozesse nach BUWAL 1995, S.15.

3.3.2.1 Karte der historischen Felsstürze (Abb.30)

Während meiner Recherche in den verschiedenen Archiven und anderen Quellen konnte ich nur Informationen zu sechs Felsstürzen finden. Zu den anderen Sturz-Ereignissen, wie Bergsturz und Steinschlag, gab es keinerlei Eintragungen. Diese sechs Ereignisse bilden den Inhalt von Abb.30.

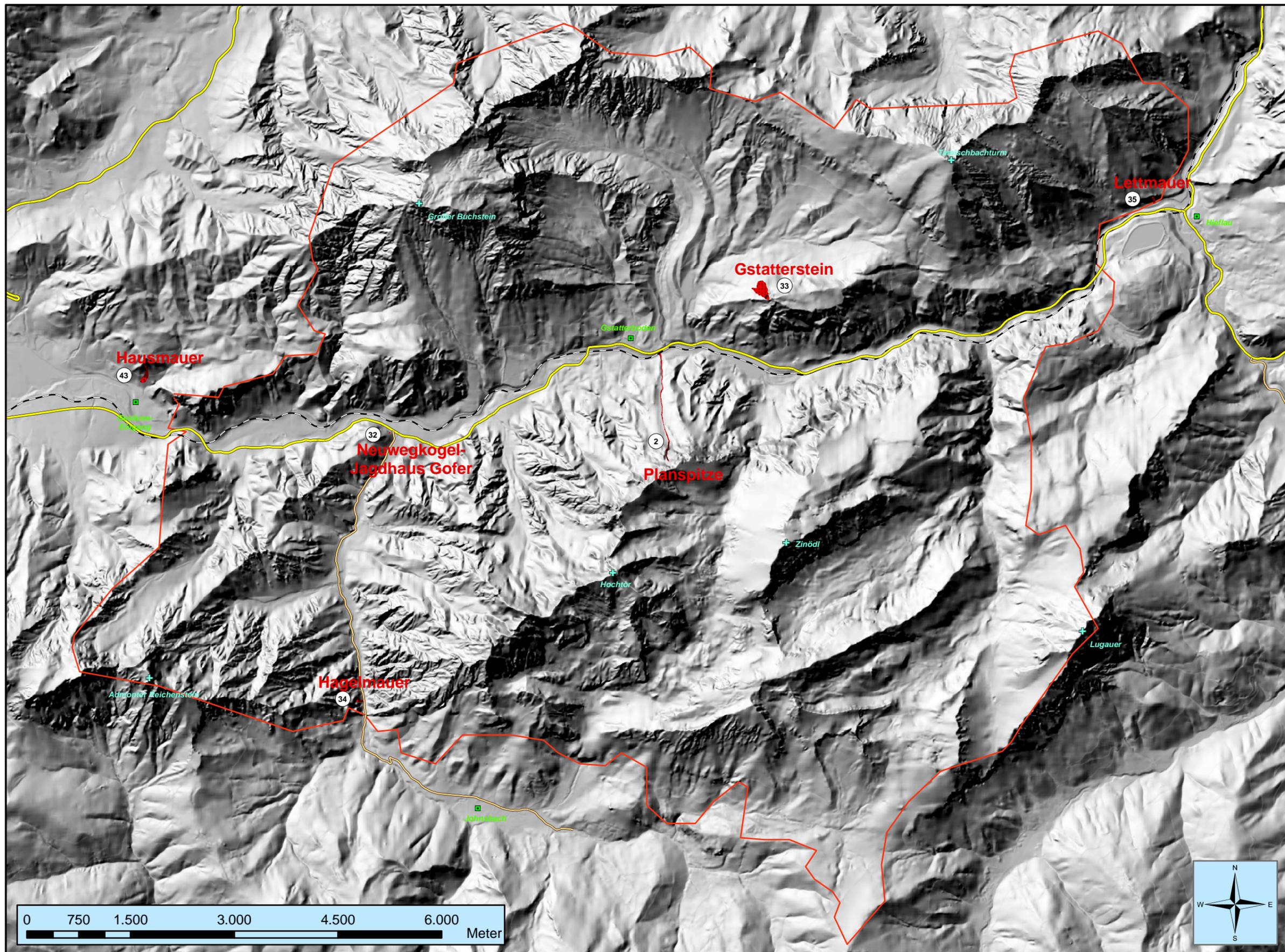
Das Ereignis an der Hausmauer liegt zwar knapp außerhalb des Projektgebietes, aber da ich ohnehin nur wenige Felsstürze verorten konnte, beschloss ich, diesen trotzdem in die Karte aufzunehmen. Da das BUWAL (1995) Felssturz-Ereignisse in Ablösungs-, Transit- und Ablagerungsgebiet unterteilt, habe auch ich diese Unterteilung vorgenommen und nach deren Darstellungs-Vorgaben eingezeichnet.

3.3.2.2 Karte der historischen Muren (Abb.31)

Die Verteilung der Muren-Ereignisse auf der Abb.31 weist ein deutliches Übergewicht im Westen des Projektgebiets, genauer gesagt zwischen Gesäuse-Eingang und der Staumauer bei Gstatterboden auf. Das ist darauf zurückzuführen, dass, wie auch in anderen Kapiteln behandelt, im Dolomitbereich am meisten mit Muren gerechnet werden muss. Zwei Einzugsgebiete stechen aus der Karte hervor; einerseits der Ritschengraben-Murgang im Westen mit einem Einzugsgebiet, das zwar größtenteils außerhalb des Projektgebietes, aber dessen Murenhauptaktivität im NP liegt. Andererseits fällt das im Vergleich zu dem relativ kurzen Murgang große Einzugsgebiet des Hartelsgrabens im Osten auf. Dass keine weiteren Murgänge im Oberlauf eingezeichnet sind, hängt mit dem Fehlen von Datensätzen und der siedlungsfernen Lage zusammen. Das Fehlen von Murgängen im Bereich südlich des Hochtors ist ebenfalls auf die abgelegene Lage - und damit die fehlenden Infrastrukturschäden - zurückzuführen.

3.3.2.3 Karte der historischen Lawinen (Abb.32)

Die Lawinen-Ereignisse habe ich in der Karte als Polygonzüge mit einer unterbrochenen Außenlinie eingezeichnet. Dies entspricht nach dem Kartierungsvorschlag von BUWAL (1995) einem vermuteten Lawinengang. Zwar habe ich mit den Datensätzen der GRANAT-Datenbank den Beweis der jeweiligen Lawinenereignisse, aber durch das Fehlen von Fotos oder Karten mit genauen Informationen über Anriss-, Transit und Ablagerungsgebiet, sind Ungenauigkeiten in den von mir eingezeichneten Lawinen-Polygonen nicht auszuschließen. Die Karte der historischen Lawinen (Abb.32) beinhaltet die höchste Anzahl an eingezeichneten Ereignissen. Auch hier fällt die Dominanz infrastrukturnaher Lawinen auf. So sind etwa im Hinterwinkel, im Sulzkar oder im Langgries nur wenige oder gar keine Ereignisse dokumentiert.



Legende

- Projektgrenze
- Bundesstraße
- Landstraße
- Bahnstrecke
- + Gipfel
- Siedlungen

Felssturz

- Abbruchgebiet
- Transitgebiet
- Ablagerungsgebiet
- 24 GRANAT-Datenbank-ID (Siehe Anhang Tab.35)

Maßstab
1:55.000

Datengrundlage:
NP Gesäuse GmbH,
Steiermärkische
Landesforste

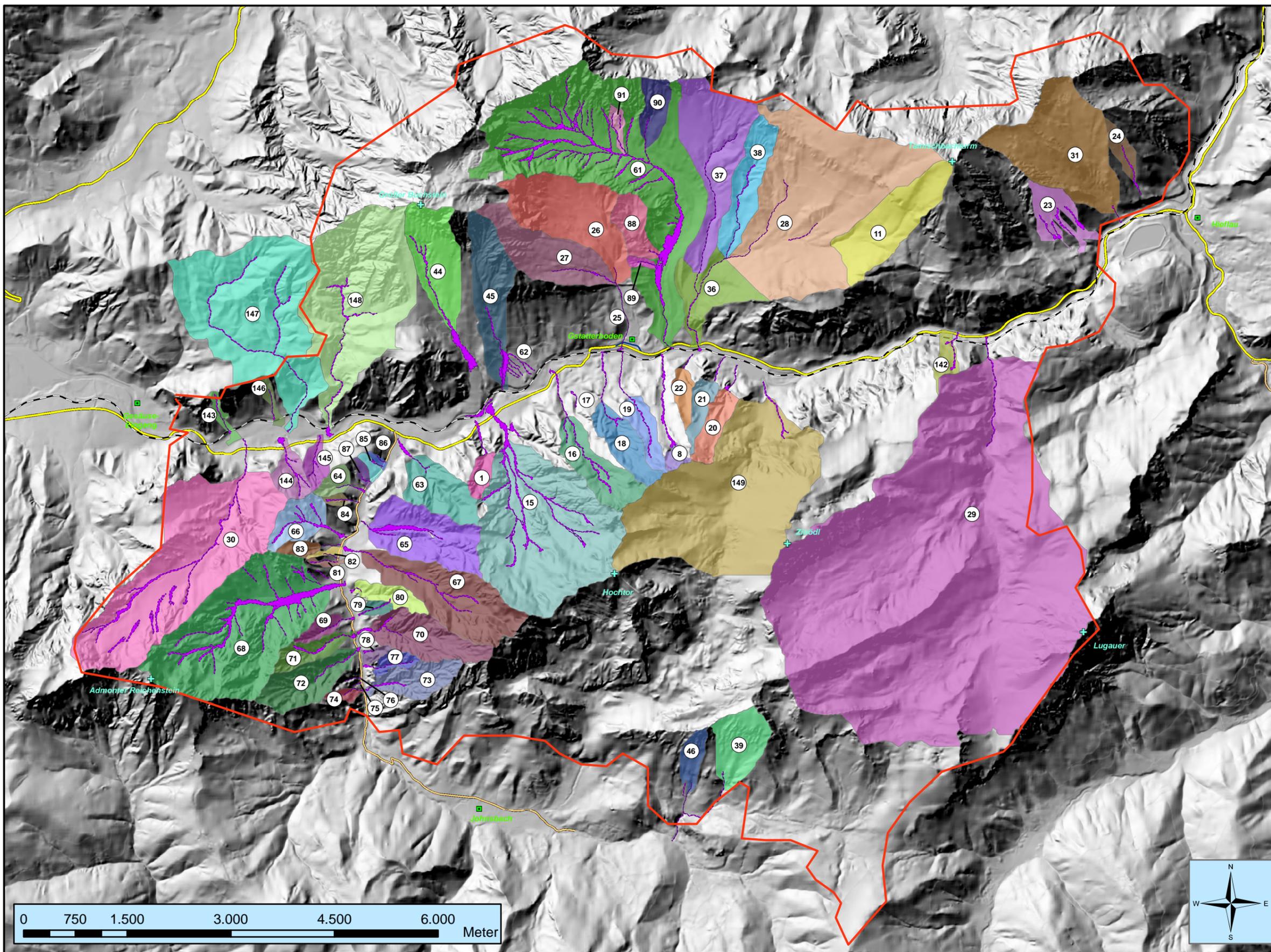
**Datenbearbeitung
und Layout:**
Johannes Stangl

Erstellungsdatum:
November 2009



Karte der historischen Muren

Abb.31



Legende

- Projektgrenze
- Bundesstraße
- Landstraße
- Bahnstrecke
- + Gipfel
- Siedlungen

Muren

- Muren-Einzugsgebiete
- Murgänge
- 24 GRANAT-Datenbank-ID (Siehe Anhang Tab.43)

Maßstab
1:55.000

Datengrundlage:
NP Gesäuse GmbH,
Steiermärkische
Landesforste, WLV

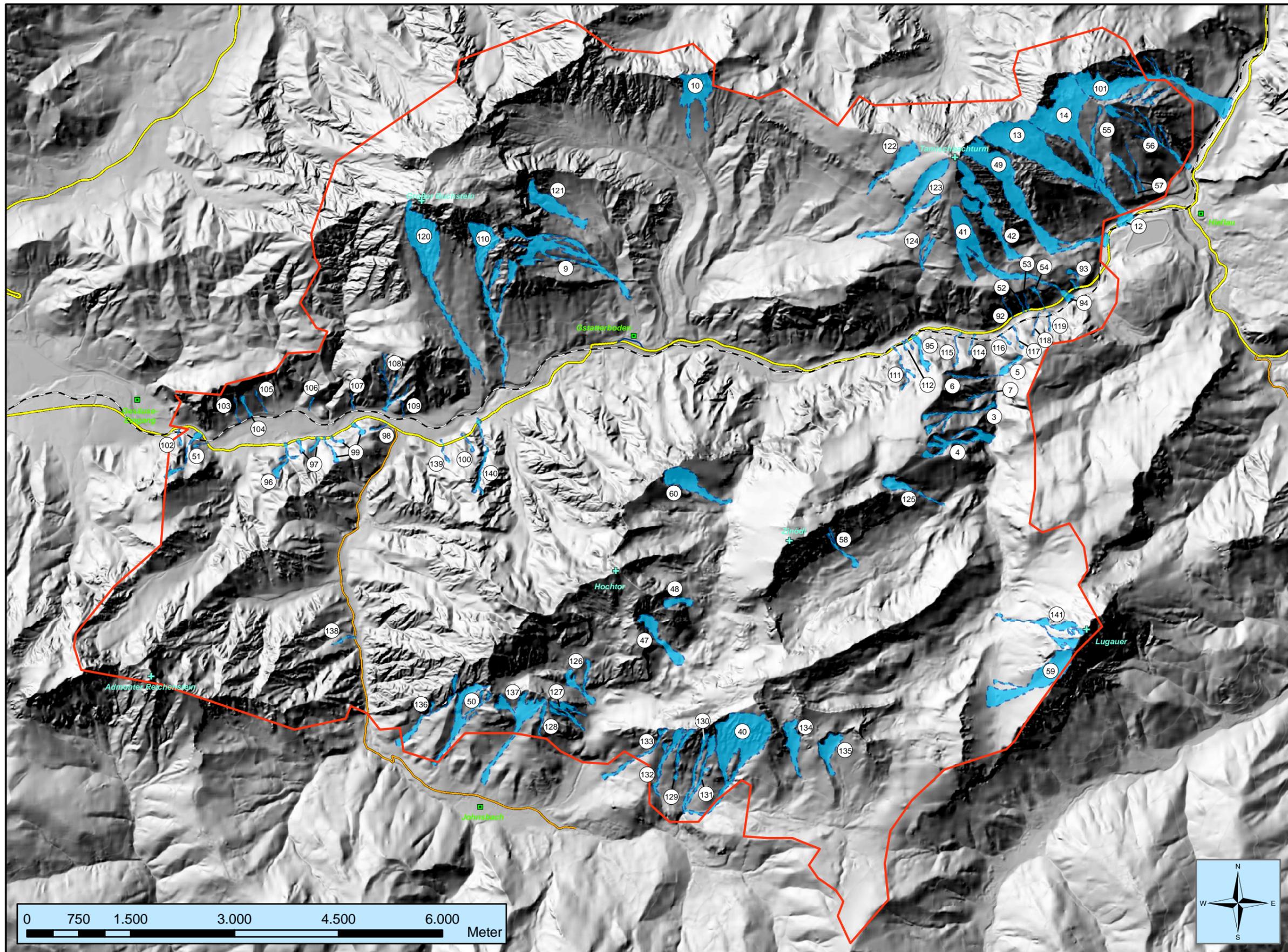
Datenbearbeitung
und Layout:
Johannes Stangl

Erstellungsdatum:
November 2009



Karte der historischen Lawinen

Abb.32



Legende

- Projektgrenze
- Bundesstraße
- Landstraße
- Bahnstrecke
- + Gipfel
- Siedlungen

Lawinen

- Lawinengang
- 24 GRANAT-Datenbank-ID (Siehe Anhang Tab.43)

Maßstab
1:55.000

Datengrundlage:
NP Gesäuse GmbH,
Steiermärkische
Landesforste, WLV

Datenbearbeitung
und Layout:
Johannes Stangl

Erstellungsdatum:
November 2009



4 Dispositionsmodellierung

Nach KIENHOLZ et al. (1993) wird bei der Modellierung geomorphologischer Prozesse zwischen Dispositionsmodell und Prozessmodell unterschieden. Das Dispositionsmodell beschreibt die Disposition („Veranlagung“) von Flächen für einen bestimmten Naturprozess. Prozessmodelle hingegen simulieren den Ablauf des Naturprozesses. Bei dem in dieser Arbeit verwendeten Modell handelt es sich um ein Dispositionsmodell, das, wie oben beschrieben, die „Veranlagung“ des Projektgebietes für die gravitativen Naturprozesse Sturzereignisse, Rutschungen, Fließbewegungen und Lawinen ermittelt.

Verschiedene Naturraumfaktoren (Beispiel Mure: Hangneigung, Vegetation...) beeinflussen aufgrund ihrer individuellen Disposition (Beispiel Hangneigung: flach = niedrige Disposition, steil = hohe Disp., sehr steil = niedrige Disp.) die allgemeine Disposition einer Fläche. Naturraumfaktoren wiederum, die über lange Zeit die gleiche Disposition aufweisen, gehören zur Grunddisposition (Beispiel Mure: Hangneigung, Einzugsgebietsgröße...). Faktoren, die zeitlich stark variieren, gehören der variablen Disposition an (Niederschlag, Materialdepots ...) (Abb.33).

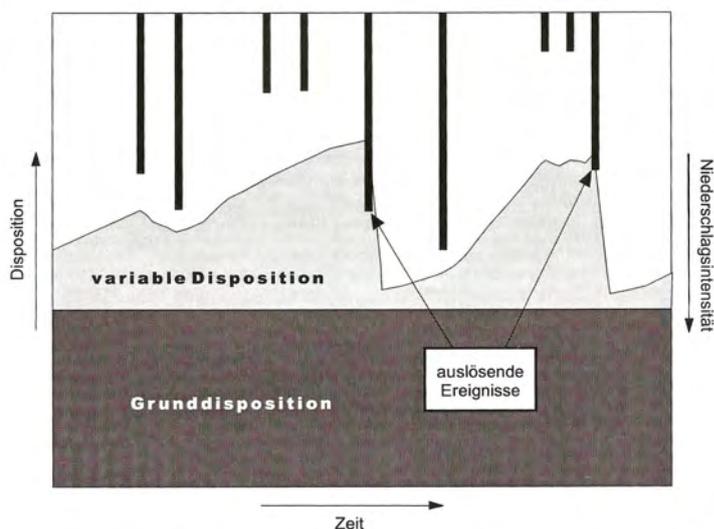


Abb. 33: Murauslösung in Abhängigkeit vom „Ladezustand“ des Systems (nach ZIMMERMANN et al. 1997 In: RIEGER, D., 1999, S.41).

4.1 Methoden der Dispositionsanalyse

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, die Disposition von gravitativen Naturprozessen zu berechnen. ALEOTTI und CHOWDHURY (1999) geben dazu einen Überblick (Tab.30). Obwohl deren Arbeit sich eigentlich nur auf Rutschungen bezieht, sind die dargestellten Methoden auch auf andere Naturprozesse anwendbar. Grundsätzlich werden qualitative und quantitative Ansätze unterschieden. Welche Methode angewandt werden kann, ist unter anderem von den vorhanden Daten und dem betrachteten Maßstab abhängig.

	Methode	Vorteile	Nachteile	Maßstab		
				Groß (1.000- 10.000)	Mittel (25.000- 50.000)	Klein (100.000- 500.000)
Qualitativ	Geomorphologische Feldanalyse	Analyse vieler Parameter, detailliert	sehr subjektiv und zeitaufwändig	+	+	-
	Indexmethode	Automation, Standardisierung	Subjektiv bei der Indizierung	+	+	-
	Logische Analyse	Vergleich mehrerer Hänge, mathematisch korrekt	Benötigt viele Daten (Monitoring)	+	-	-
Quantitativ	Statistik	Objektiv, automatisiert, standardisiert	Aufwändige Datensammlung und -bearbeitung	-	+	+
	Deterministisch	Objektiv, quantitativ	Sehr genaue Kenntnis des Gebietes notwendig	+	-	-
	Probabilistisch	Objektiv, Unsicherheiten können betrachtet werden	Wahrscheinlichkeiten der Ereignisse schwierig zu bestimmen	-	-	+
	Neuronale Netze	Objektiv, Fachwissen über Zusammenhänge nicht notwendig	Ergebnisse schwierig nachzuvollziehen und zu bewerten	+	+	-

Tab. 30: Maßstäbe und Verwendbarkeit der Methoden nach ALEOTTI und CHOWDHURY (1999) In: RUFF 2005, S. 86; verändert.

Da die vorliegende Arbeit im mittleren Maßstabs-Niveau liegt, sind nur vier Methoden relevant: Geomorphologische Feldanalysen, Neuronale Netze, Statistische Methode und Indexmethode. Die ersten beiden habe ich nach Abwägung der in Tab.30 Angeführten Vor- und Nachteile ausgeschlossen. Demnach sind die Index- und die statistische Methode am besten für Einschätzungen im mittleren Maßstab geeignet. Die statistische Methode vergleicht die Flächen der kartierten historischen oder aktuellen (hängt von der Aufnahmemethode ab, Literaturrecherche oder Geländeaufnahmen) Naturprozesse mit den Karten aller relevanter Naturraumfaktoren um die Disposition der verschiedenen Faktorenkategorien (z.B. Laubwald, Mischwald etc.) bestimmen zu können. Ein derartiger Vergleich der Ergebnisse meiner Bestandsaufnahme mit verschiedenen Naturraumfaktoren wäre sehr aufwändig und nicht objektiv, denn die nicht flächendeckenden Datengrundlagen würden manche

Naturraumfaktoren über- und andere unterbewerten. Für die Dispositionsmodellierung wurde daher in dieser Arbeit die Indexmethode verwendet.

4.1.1 Die qualitative Indexmethode

Bei der Indexmethode werden prozessrelevante Naturraumfaktoren (z.B.: Hangneigung, Hangrichtung,...) getrennt analysiert, nach ihrer Bedeutung gewichtet und schlussendlich überlagert. Die Analyse erfolgt in einem dreiteiligen Entscheidungsbaum nach JUANG et al. (1992) (Abb. 34). Dabei werden die ausgewählten Faktoren zuerst in getrennten Ebenen erfasst und jeweils ihre Disposition beurteilt (I_1). Danach werden die einzelnen Ebenen zu Gruppen zusammengefasst und nach ihrer Bedeutung innerhalb der Gruppe (Gruppe-intern) gewichtet (I_2). In einem letzten Schritt werden dann die Gruppen untereinander (Gruppen-extern) gewichtet (I_3). Die Disposition einer Naturraumfaktoren-Ebene (D_{Ebene}) ergibt sich dann durch die Multiplikation der drei Indizes.

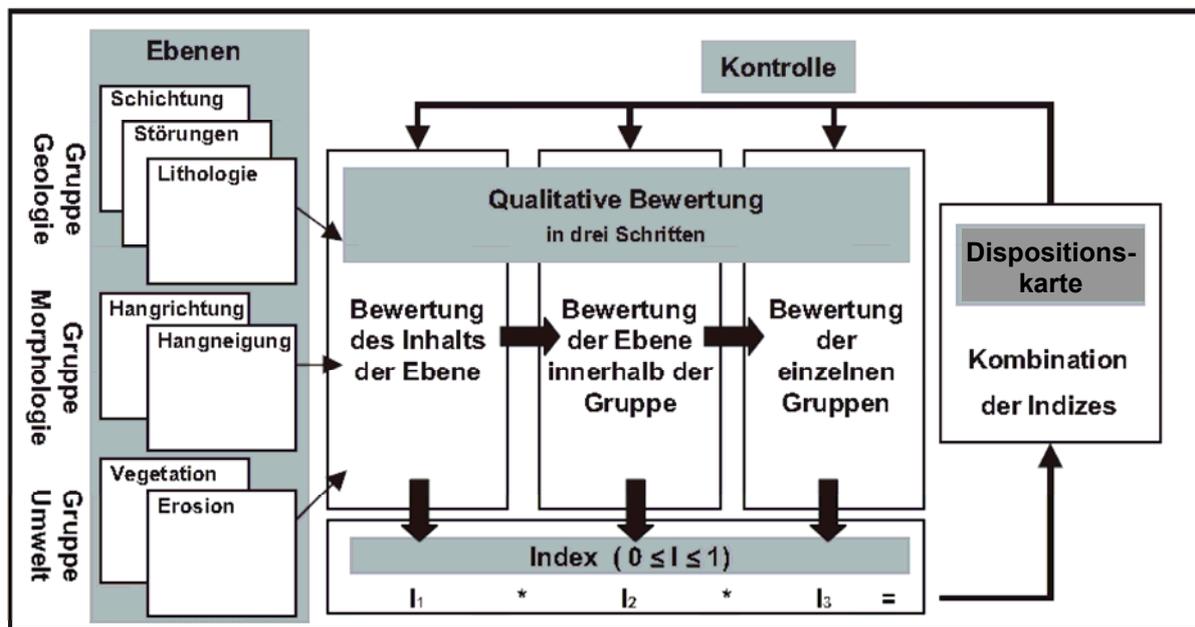


Abb. 34: Konzept der Indexmethode mit einer Indizierung in drei Schritten nach JUANG et al. (1992) In: RUFF 2005, S. 87; verändert.

Der für die Gewichtungen vergebene Wertebereich liegt zwischen 0 und 1, wobei 0 die niedrigste und 1 die höchste Disposition aufweist. Zusätzlich ist noch darauf hinzuweisen, dass die Summe der Indizes in der zweiten (I_2)- und dritten (I_3) Bewertung 1 ausmachen muss

(Tab.31). Durch die Gewichtungen, die von Experten getroffen werden, ist die Index-Methode allerdings bis zu einem gewissen Grad subjektiv.

Ebene	Gruppe	Bewertung Ebene (I ₂)	Bewertung Gruppe (I ₃)	Gesamtindex (I _G = I ₂ * I ₃)
Hangneigung	Morphologie	0,6	0,4	0,24
Exposition		0,4		0,16
Lithologie	Geologie	0,6	0,5	0,30
Scheinbares Einfallen		0,3		0,15
Abstand zu Störungen		0,1		0,05
Erosion	Umwelt	0,6	0,1	0,06
Vegetation		0,4		0,04
		Je Gruppe $\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$

Tab. 31: Aufstellung der Indizes zur Gewichtung der Ebenen nach RUFF 2005, S. 94.

Für die Überlagerung der einzelnen Faktoren müssen Homogenbereiche definiert werden, in denen die Indizes konstant sind. Diese Bereiche können Polygone oder, wie in meinem Fall, Quadrate (Rasterzellen) sein. Die Gesamt-Disposition (D_{Gesamt}) einer jeden solchen Rasterzelle ergibt sich aus der Summe aller Naturraumfaktoren-Ebenen: $D_{\text{Gesamt}} = D_{\text{Ebene1}} + D_{\text{Ebene2}} + D_{\text{Ebene3}} + \dots$ Als Ergebnis bekommt man für ein ganzes Projektgebiet meist einen weit gestreuten Wertebereich der Disposition für die einzelnen Quadrate. Für eine bessere Lesbarkeit hat RUFF 2005 das Ergebnis, unter Verwendung des Jenks-Algorithmus, in fünf Stufen nach Wendepunkten unterteilt.

Vorteile dieser Index-Methode:

- die Möglichkeit einer standardisierten Datenerhebung, was für eine bessere Vergleichbarkeit der Arbeiten sorgt
- die Automation mit Hilfe eines GIS-Programms
- Flexibilität, d. h. man kann durch den Vergleich des Ergebnisses der Dispositionsanalyse mit der Bestandsaufnahme die Indizes (I₂) und (I₃) nachjustieren, um ein möglichst realitätsnahes Ergebnis zu erzielen

(JUANG et al. 1992; RUFF 2005; KASSEBEER et al. 2003; REITERER 2001; RIEGER 1999; ZOBL 2001; WANNENMACHER 2002).

4.2 Technische Grundlagen

Die wichtigste technische Grundlage für die Dispositionsmodellierung war selbstverständlich das Geographische Informationssystem. Im speziellen die GIS-Applikationen ArcMap und ArcView der Firma ESRI. Eine nähere allgemeine Erklärung des Geographischen Informationssystems findet man in Kapitel 3.

Massenbewegungen und GIS

Anders als in der Klimatologie und Hydrologie gibt es in der Geomorphologie erhebliche Probleme bei der Prognose mit GIS. Gerade in der Risikoforschung sind aber exakte räumliche Voraussagen nötig, um potentiellen Schaden auszuschließen. Die exakte Gefahrenzonen - Modellierung erweist sich als schwierig, da vielfach die Einzelprozesse noch nicht verstanden werden. Gründe dafür sind:

- Über die sehr dynamisch und schnell ablaufenden Naturprozesse gibt es kaum aussagekräftige Daten, bzw. sind die Messungen äußerst schwierig.
- Deshalb erfolgt eine mathematische Modellierung mit vielen unbekanntem Größen, oft wird durch Approximation eine Annäherung versucht.
- Für das Hochgebirge ist die Datenlage allgemein schlecht und die Datenerhebung aufwändig.
- Durch hohe räumliche Variabilität sind vorhandene Messungen oft fehlerbehaftet.

Der entscheidende Vorteil eines GIS liegt besonders darin, dass die Prozesse in einem größeren räumlichen Kontext untersucht werden können und die Ergebnisse auf eine gewisse Weise übertragbar gemacht werden. In der Literatur wird immer wieder angeführt, dass man aus Mangel an guten Modellen und Grunddaten, auf die Verwendung möglichst einfacher Modelle (mit Schwerpunkt auf geomorphologischen Parametern) zurückgreifen sollte (RIEGER 1999; KELLERER-PIRKLBAUER 2001). Für eine nähere Beschäftigung mit dem Thema „Massenbewegungen und GIS“ verweise ich auf RUFF 2005, RIEGER 1999, ZIMMERMANN et al. 1997, LIENER et al. 1996, PROSKE et al. 1994, VAN WESTEN 1993 und STÖTTER 1992.

4.2.1 Systemabgrenzung nach ZISCHG et al. (2002)

Die Systemabgrenzung versucht alle relevanten Elemente und deren kausale Zusammenhänge in einem Untersuchungsgebiet zu erfassen und zu beschreiben. Die **geographische Systemgrenze** ergibt sich aus der Fragestellung, in meinem Fall ist dies die Nationalparkprojekt-Grenze. Für die GIS-Modellierung stellte sich aber die Außengrenze der Habitalp-Untersuchung als am besten geeignet heraus. Zu diesem Zweck wurde auf Grundlage des vorhandenen Habitalp-Shapefiles eine eigene Datei mit dem Polygonzug der Außengrenze erstellt. Die **inhaltliche Systemgrenze** setzt fest, mit welchen Prozessen man sich beschäftigt. Im vorliegenden Fall sind das: Sturzereignisse, Rutschungen, Fließbewegungen und Lawinen. Die **konditionelle Systemgrenze** beschreibt mit Hilfe der Naturraumfaktoren die Umweltbedingungen.

Konditionelle Systemgrenze (Datengrundlagen)

Da ich mich für die Indexmethode und damit für die Überlagerung von Raster-Daten entschieden habe, ist ein wichtiges Kriterium die Auflösung der Datengrundlagen. Sie entscheiden über die Genauigkeit des Ergebnisses. Die meisten Naturraumfaktoren lassen sich aus dem Digitalen Höhenmodell (DHM) ableiten, daher ist die Wahl des DHMs von grundlegender Bedeutung. Folgende Naturraumfaktoren-Ebenen wurden für die Modellierung herangezogen:

- 1) Hangneigung (slope)
 - 2) Exposition (aspect)
 - 3) Fließ-Akkumulation (flow accumulation)
 - a) Allgemein (mit Single Flow-Algorithmus)
 - b) Flow accumulation mit Multi Flow-Algorithmus
 - 4) Einzugsgebiet (watershed)
 - 5) Hauptgerinne
 - 6) Geländewölbung (curvature)
 - a) Allgemein
 - b) Vertikale und horizontale Geländewölbung
 - 7) Geländeform (landform)
 - 8) Grate
- } Direkt oder indirekt aus DHM abgeleitet

- 9) Habitalp (Bodenbedeckung)
- 10) Oberflächenabfluss
- 11) Geologie
- 12) Geschiebepotential
- 13) Tektonik (Entfernung zu Störungen)

Digitales Höhenmodell (DHM):

Das für die Arbeit verwendete DHM wurde mir vom NP Gesäuse zur Verfügung gestellt (Abb.35). Die Auflösung beträgt 10m. Verglichen mit EGGGER 2003 (20m), RUFF 2005 (25m) oder REITERER 2001 (50m), habe ich eine recht detaillierte Auflösung.

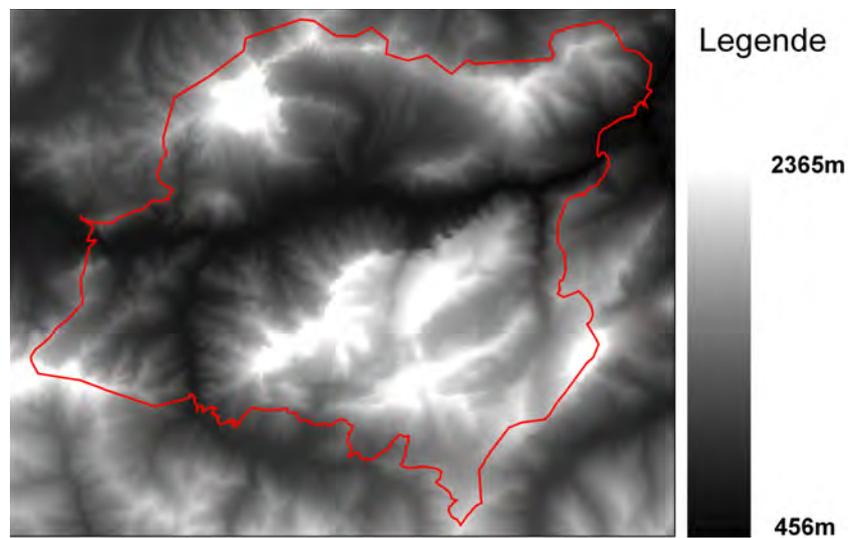


Abb. 35: Digitales Höhenmodell (NATIONALPARK GESÄUSE GMBH).

ad 1) Hangneigung (slope) RASTER

Die Hangneigung wird mittels „Slope-Funktion“ im Spatial-Analyst erstellt. Durch den Höhenvergleich jeder Zelle des Höhenmodells mit ihren jeweils acht Nachbarzellen, berechnet die Funktion die maximale Änderung unter den Zellen und gibt sie in Form einer Hangneigungskarte (in Grad) aus (Abb.36).

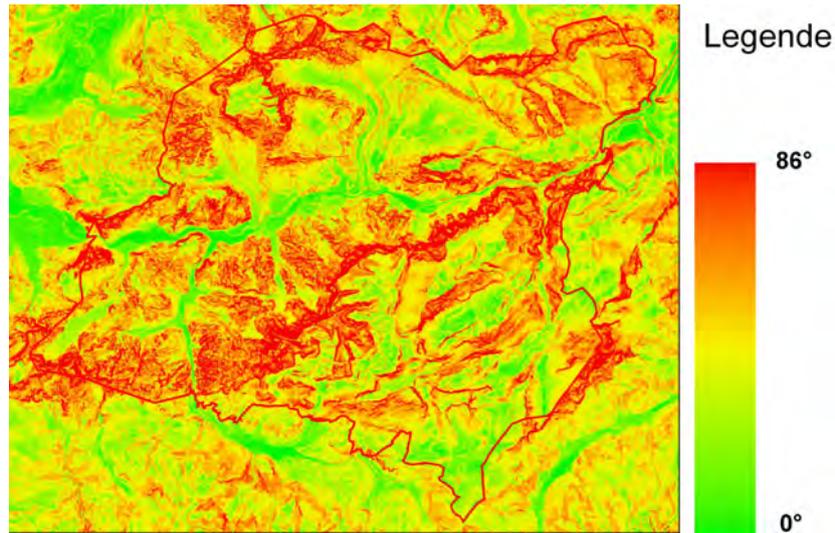


Abb. 36: Hangneigungskarte.

ad 2) Exposition (aspect) RASTER

Die Hangrichtung wird ebenfalls durch eine Nachbarschaftsanalyse ermittelt. Die mit der „Aspect-Funktion“ erstellte Expositionskarte (Abb.37) gibt die Hangrichtung zwischen 0 und 360 Grad an.

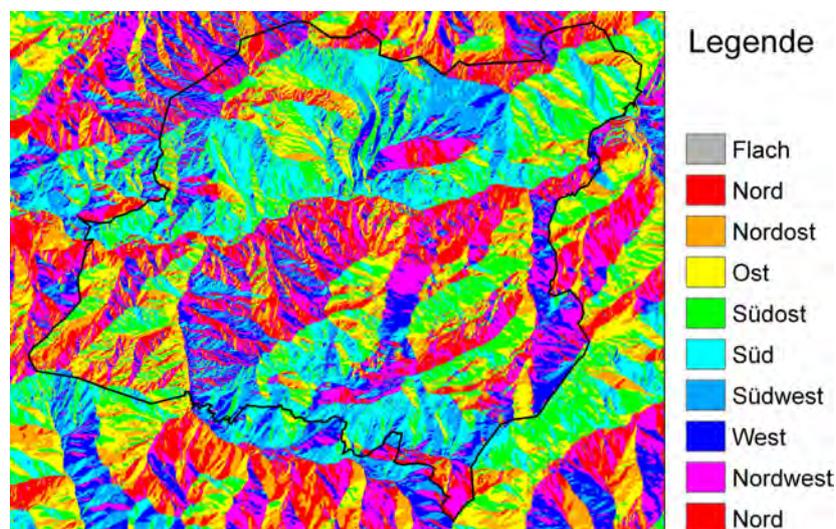


Abb. 37: Expositionskarte.

ad 3) Fließ-Akkumulation (flow accumulation) RASTER

a) Allgemein (mit Single Flow-Algorithmus)

Die „flow accumulation-Funktion“ gehört zu den Hydrologie-Werkzeugen des Spatial-Analyst. Hierbei wird auf Grundlage eines DHMs für jede Rasterzelle des DHMs das darüber liegende Einzugsgebiet berechnet. D. h. dass jeder Rasterzellenwert einer flow accumulation-Datei die Anzahl an Rasterzellen angibt, die an eben dieser Zelle zusammenfließen (Abb.38).

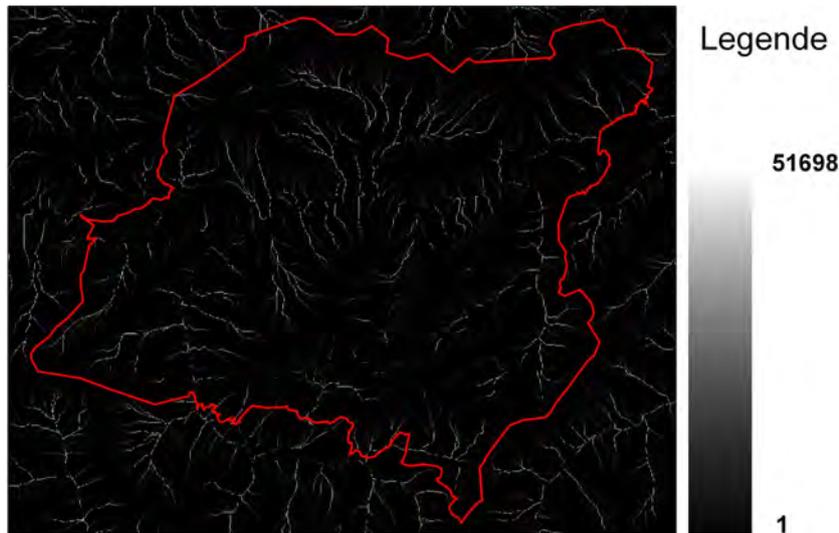


Abb. 38: Fließakkumulationskarte mit Single Flow-Algorithmus.

b) Flow accumulation mit Multi Flow-Algorithmus

Um die Sammelwirkung eines Bachabschnittes nicht nur auf Tiefenlinien (z. B. Bäche) zu beschränken, habe ich eine weitere Fließ-Akkumulations-Datei erstellt. Durch die Extension „Hydro Tools 1.0“ war es möglich, mit der Auswahl des Multiple Flow-Algorithmus die Sammelwirkung nicht nur auf eine Nachbarzelle zu beschränken, sondern auf mehrere zu verteilen (Abb.40) und damit ein flächigeres Ergebnis (Abb.39) zu bekommen, als das beim oben genannten Single Flow-Algorithmus der Fall ist.



Abb. 39: Fließakkumulationskarte mit Multi Flow-Algorithmus.

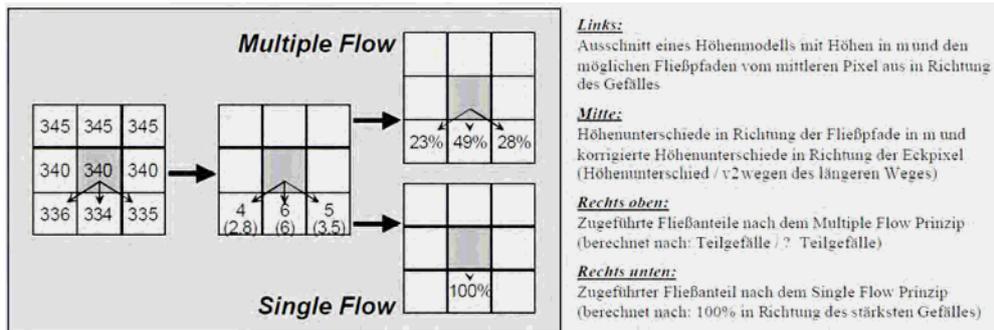


Abb. 40: Grundlegende Algorithmen zur Berechnung des Fließverhaltens (Single Flow versus Multiple Flow) (SCHÄUBLE, H., 2004, S.9)

ad 4) Einzugsgebiet (watershed) RASTER

Um eine weitere flächige Aussage über die Erosionswirkung und damit über die Größe des Einzugsgebiets machen zu können, habe ich das für die Bestandsaufnahme erstellte Einzugsgebiets-Shapefile (Abb.41) verwendet, um die Fläche jedes Teil-Einzugsgebiets zu berechnen. Das Ergebnis wurde in einer eigenen Spalte in der dazugehörigen Tabelle abgespeichert.

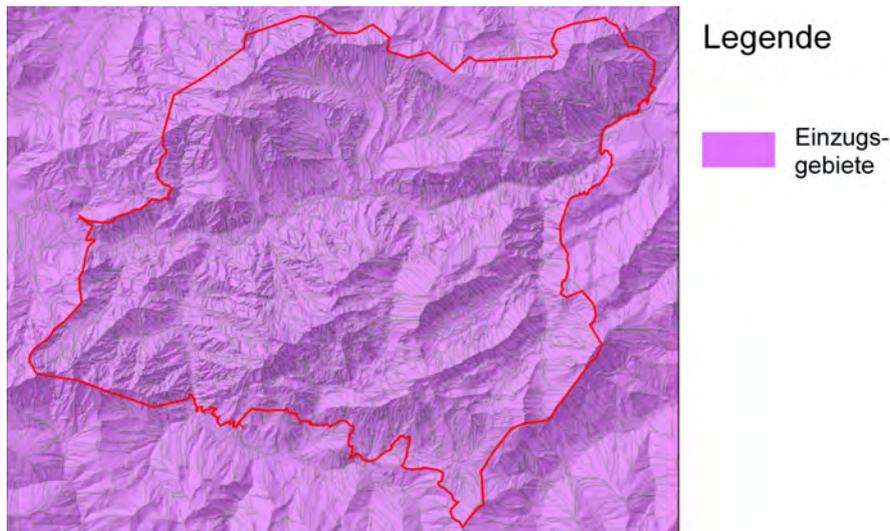


Abb. 41: Einzugsgebietskarte.

ad 5) Hauptgerinne VEKTOR

Das Fließgewässernetz (Abb.42) wurde ebenso während der Bestandsaufnahme für die Einzugsgebiets-Generierung mit GIS erstellt. Es basiert also auch auf dem DHM und besitzt zusätzlich eine hierarchische Gewässergliederung nach STRAHLER. Da für die Dispositionsmodellierung kein zu detailliertes Gewässernetz nötig war, wurden die Nebengewässer entfernt, indem ich die Gewässerabschnitte von geringerem hierarchischem Niveau ausschloss.

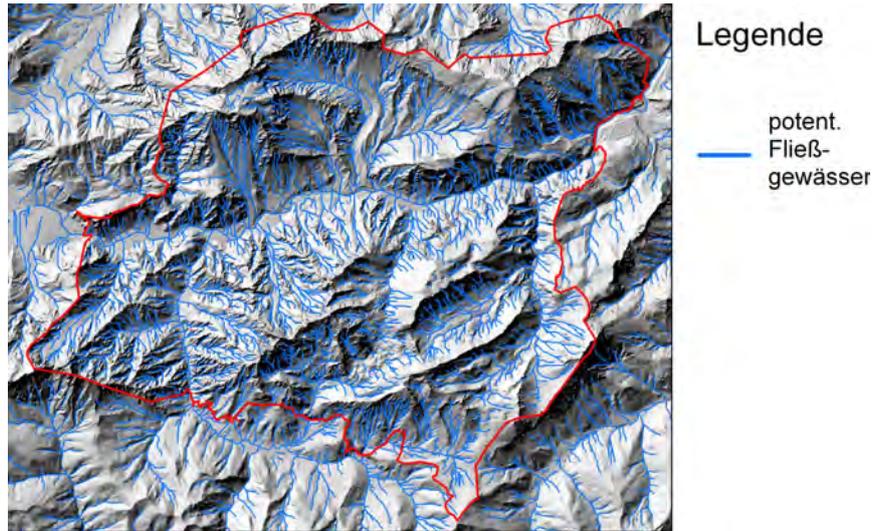


Abb. 42: Hauptgerinnekarte.

ad 6) Geländewölbung (curvature) RASTER

a)Allgemein

Die „curvature-Funktion“ des Spatial-Analyst berechnet, ebenfalls mit einer Nachbarschaftsanalyse, die Geländewölbung (Abb.43). Diese ist eine automatisch generierte Kombination aus „profile“ (vertikaler)- und „plan“ (horizontaler)- curvature. Ein positiver curvature-Wert beschreibt, dass die Rasterzelle konvex ist, während ein negativer Wert konkave Zellen anzeigt. Je höher der Wert der Zelle, desto extremer ist die jeweilige Wölbung ausgeprägt. Der Wert 0 bedeutet keine Geländewölbung, d. h. eine ebene Fläche.



Abb. 43: Geländewölbungskarte.

b) Vertikale- und Horizontale Geländewölbung RASTER

Bei der Verwendung der „curvature-Funktion“ kann der Benutzer auch auswählen, dass die vertikale (profile-) und die horizontale Geländewölbung (plan-curvature) als separate Dateien abgespeichert werden. Eine positive plan-curvature bedeutet konvexe und eine negative bedeutet eine konkave Wölbung. Die profile-curvature verhält sich dazu umgekehrt.

ad 7) Geländeform (landform) RASTER

Diese Karte (Abb.44) wurde mit der frei im Internet verfügbaren extension „Topographic Position Index“ (TPI) der Software ArcView 3.x erstellt. Der TPI ist ein Klassifizierungssystem, das, einfach gesagt, die Differenz zwischen einem Seehöhen-Rasterzellenwert und dem Durchschnittswert der Seehöhen-Rasterzellen in einer bestimmten Umgebung um eben diese Zelle angibt (Abb.45).

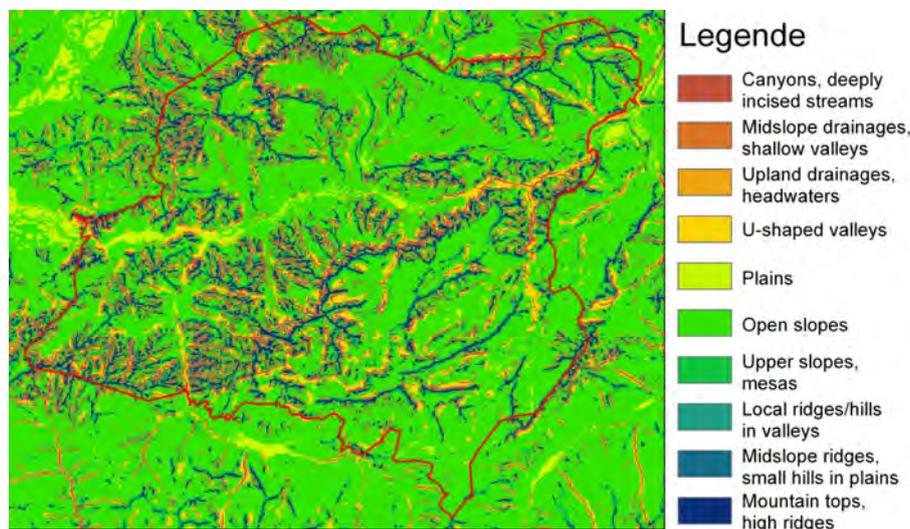


Abb. 44: Geländeform-Karte.

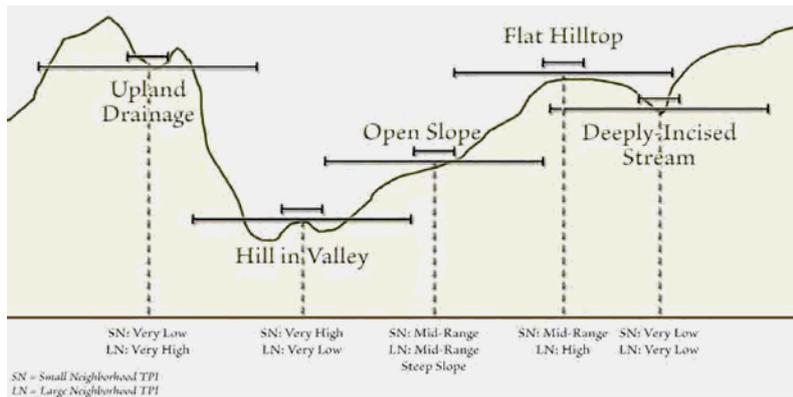


Abb. 45: Geländeform Klassifizierung, unter Benützung von großem (LN)- und kleinem (SN) Nachbarschafts TPI (JENNESS, J., 2006, S. 9).

Positive Werte bedeuten, dass die Zelle höher ist als ihre Umgebung und damit zu der Geländeform Tal hintendiert, während negative Werte eher Rücken und Grate anzeigen. Je höher der TPI, positiv als auch negativ, desto stärker ist die Geländeform ausgeprägt.

Die Extension gibt als Ergebnis nicht nur die Werte aus, sondern sie klassifiziert sie nach folgenden 10 Geländeformen:

- Canyons, deeply incised streams
- Midslope drainages, shallow valleys
- Upland drainages, headwaters
- U-shaped valleys
- Plains
- Open slopes
- Upper slopes, mesas
- Local ridges/hills in valleys
- Midslope ridges, small hills in plains
- Mountain tops, high ridges

ad 8) Grate VEKTOR

Durch die vorhergehende Erstellung der beiden Dateien „Topographic Position Index“ und Geländewölbung hatte ich eine gute Ausgangsbasis für die Erstellung eines Gebirgsgrate-Datensatzes. Zu diesem Zweck extrahierte ich aus beiden Dateien die Bereiche, die die Grate über der Waldgrenze repräsentierten und die damit über eine Seehöhe von >1500m haben mußten. Das waren für den Geländeform-Datensatz die Kategorie „Mountain tops, high ridges“ und für den Geländewölbungs-Datensatz die Rasterzellen mit einem hohen positiven

Wert. Mit dieser Grundlage und den Orthophotos als zusätzliche Hilfe digitalisierte ich die Grate (Abb.46) im Untersuchungsgebiet.

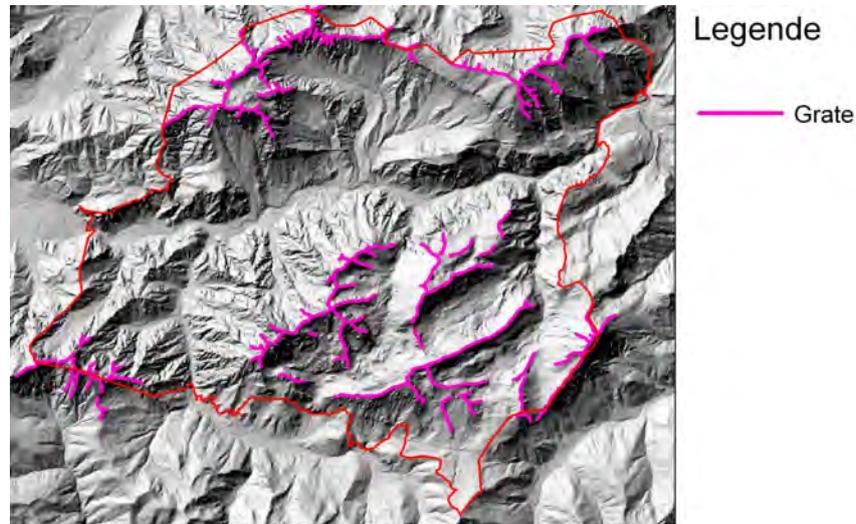


Abb. 46: Grate-Karte.

ad 9) Habitallp (Bodenbedeckung) VEKTOR

Dieser Datensatz (Abb.47) ist das Produkt einer flächendeckenden Luftbildinterpretation von Biotopen und Nutzungstypen im NP Gesäuse (im Maßstab 1:3.000). Das „Habitallp-Projekt“ beschäftigt sich mit der Diversität alpiner Lebensräume (11 Projektgebiete über dem Alpenbogen verstreut) und versucht für diese ein längerfristiges Monitoring in Form einer standardisierten Methode zu entwickeln.

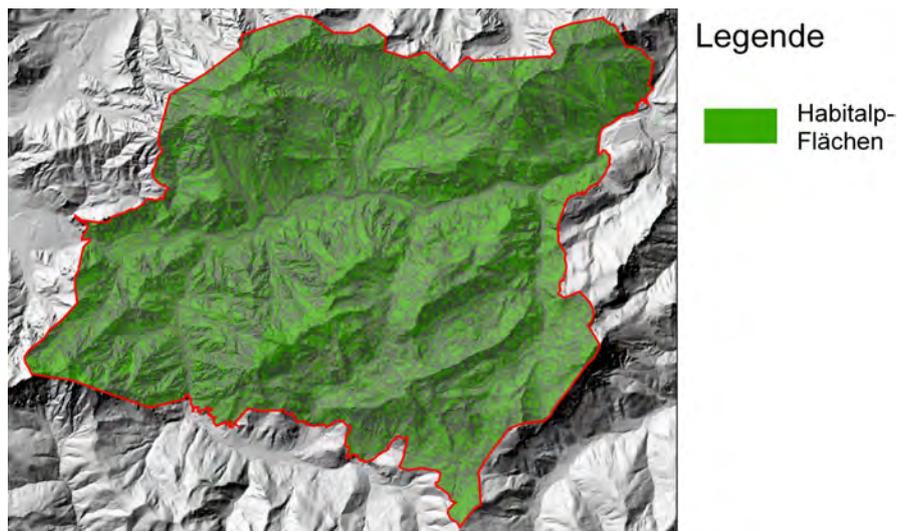
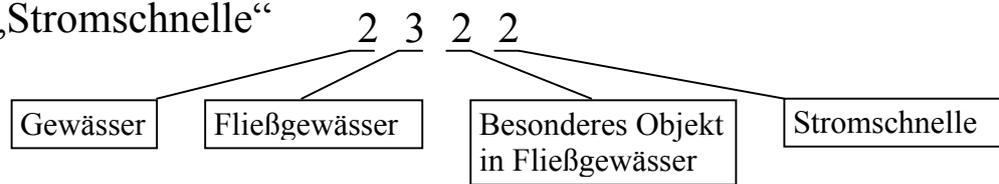


Abb. 47: Habitallp-Karte (NATIONALPARK GESÄUSE GMBH).

In zwei Bearbeitungsschritten wurde das gesamte Natura2000-Gebiet Gesäuse, das sich größtenteils mit dem NP-Gebiet deckt, zwischen 2005 und 2006 in über 8400 Einzelpolygone unterteilt und nach einem Habitattypen-Schlüssel interpretiert. Dieser Schlüssel („HT“-

Attribut des habitatp-shapefiles) ist ein 4-stelliges Zahlensystem, deren 1000er, 100er und 10er Stellen eine hierarchische Gliederung darstellen. Beispiel:

Habitattyp „Stromschnelle“



In der Luftbildinterpretation für das Untersuchungsgebiet kommen 103 unterschiedliche Habitattypen vor. Für manche Modellierungen war eine weitere Unterteilung der Habitattypen nötig, so wurden die beiden Habitattypen „4245-Rasen über 1600m“ und „5850-Kalkfelsen“ von mir hinzugefügt. Im Anhang in Tab.42 sind diese Veränderungen unter der Tabellenspalte „Anmerkungen“ vermerkt.

ad 10) Oberflächenabfluss VEKTOR

Diese Datei entspricht in der Polygonstruktur exakt der Bodenbedeckungs-Datei, denn die Bewertung des Oberflächenabflusses wurde auf den Habitatp-Datensatz angewandt, da dieser die beste Informationsebene für Vegetation und Nutzungsart darstellt.

ad 11) Geologie VEKTOR

Die NP Gesäuse GmbH besitzt in ihrem Datenbestand eine digitale geologische Karte (Abb.48). Diese stellt die digitalisierte Version der Geologischen Karte von AMPFERER dar, ist jedoch nicht in der Ausdehnung der gedruckten Karte vorhanden, sondern beschränkt sich auf das Nationalpark-Projektgebiet. Bei der Kontrolle der Datei fielen mir einige Fehler auf; grundsätzlich gab es von vielen Polygonen Überlappungen und Duplikate, die ich mit der Extension „dissect overlaps“ selektierte und entfernte. Außerdem hat die digitale geologische Karte Lage-Verzerrungen, die sich an manchen Stellen durch eine Nicht-Übereinstimmung mit den Orthophotos bemerkbar machen. Diese Ungenauigkeit ist aufgrund des Bearbeitungsmaßstabs für meine Arbeit jedoch vernachlässigbar.

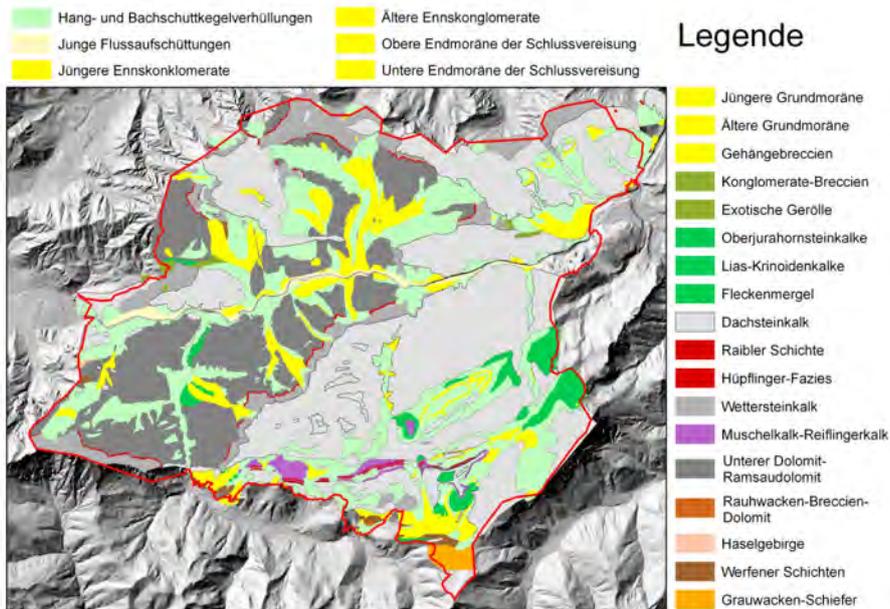


Abb. 48: Geologische Karte nach AMPFERER (NATIONALPARK GESÄUSE GMBH).

ad 12) Geschiebepotential VEKTOR

Ähnlich wie der Oberflächenabfluss in der Geometrie dem Habitalp-Shapefile gleicht, so entspricht die Polygonstruktur des Geschiebepotentials dem des Geologie-Shapefiles. Unterschiedlich nur in Klassifizierung, wird bei dieser Datei das Hauptaugenmerk auf Materialdepots gelegt.

ad 13) Tektonik (Entfernung zu Störungen) VEKTOR

Analog zur Geologie wurden die tektonischen Linien, ebenfalls auf Grundlage der geologischen Karte von AMPFERER, als Shapefile (Linie) digitalisiert (Abb.49) und abhängig vom Naturprozess unterschiedlich gepuffert.

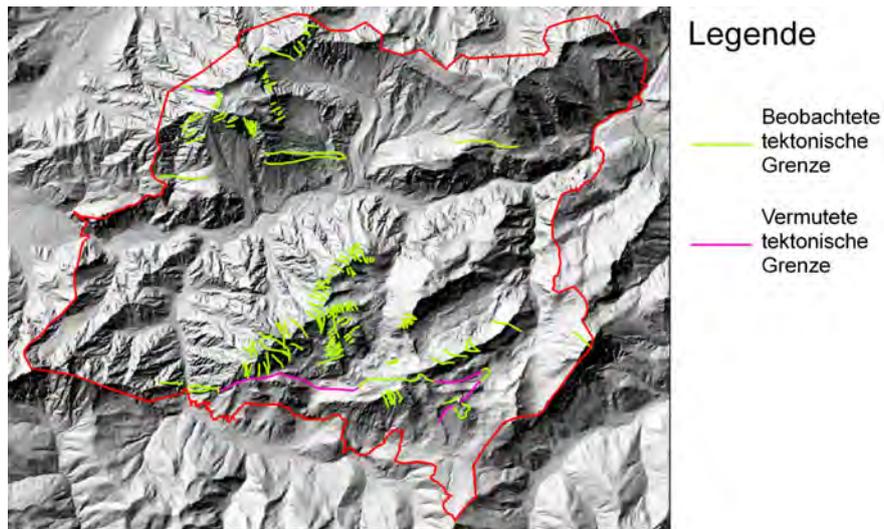


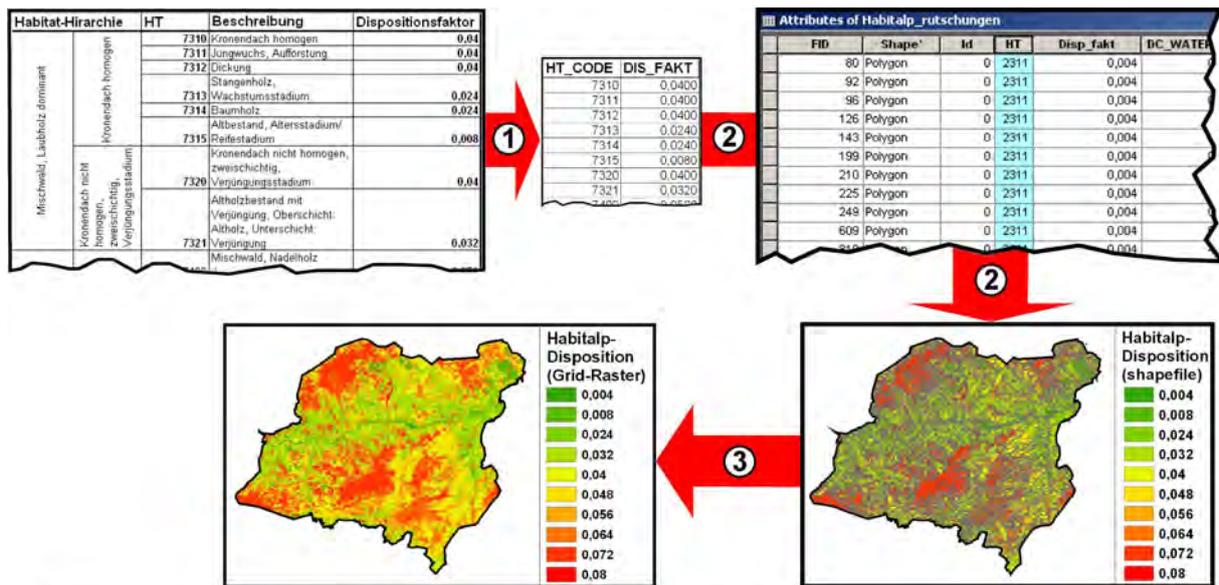
Abb. 49: Tektonische Störungen nach AMPFERER (NATIONALPARK GESÄUSE GMBH).

4.2.2 Umsetzung der Modellierung mit Hilfe der Index-Methode im GIS

Für die GIS-Umsetzung der Index-Methode nach JUANG et al. (1992) verwendete ich die Software ArcGis. Nachdem ich, nach eingehender Literaturrecherche, die Indizierung nach dem dreiteiligen Entscheidungsbaum durchgeführt und die Werte in Tabellenform abgespeichert hatte (Kap. 2.2), mussten diese Daten ins GIS übertragen werden. Da die Naturraumfaktoren-Ebenen im Vektor-(Bodenbedeckung, Hauptgerinne ...) und Raster-Datenformat (Hangneigung, Exposition ...) vorlagen, wurden zwei verschiedene Wege gewählt:

1.) Übertragung ins Vektor-Format (Abb.50):

Die Tabellen wurden als dbf-Dateien exportiert und mit der GIS-Funktion „Join“ in die vorhandenen dbf-Tabellen der Shapefiles integriert. Abschließend wurden die Shapefiles in eine Rasterdatei umgewandelt, um die Kombinierbarkeit mit den anderen Dateien für die weitere Modellierung zu sichern.



① Exportieren ins DBF-Format ② Join, Verbinden mit dem DBF des Shapefiles ③ Convert to Raster

Abb. 50: Schematische Darstellung der Übertragung ins Vektorformat mit anschließender Raster-Konvertierung.

2.) Übertragung ins Rasterformat (Abb.51):

Um Rasterdaten neue Werte zu geben, führt man im allgemeinen eine Reklassifizierung durch. Die Extension „Spatial-Analyst“ von ArcGis gewährleistet solche so genannten „reclass“-Prozesse, jedoch mit der Beschränkung, nur ganze Zahlen als Ergebnis zu liefern. Das erwies sich aber als Hauptproblem, denn bei der Index-Methode verwendet man ausschließlich Werte zwischen 0 und 1.

Daher wurden die Daten zuerst im Tabellenkalkulationsprogramm Excel mit einer Zahl (meist 10000) multipliziert, um die Dezimalzahl (Float) in eine ganze Zahl (Integer) umzuwandeln. Mit diesen Werten wurden die Naturraumfaktoren reklassifiziert. Die Werte der Rasterdaten lagen jetzt jedoch als „Integer“ (ganze Zahlen) vor, sodass für die abschließende Division (wiederum meistens mit der Zahl 10000), die Dateien mit der ArcToolbox-Funktion „Float“ in eine Fließkomma-Rasterdatei umgewandelt wurde. Schließlich wurde für die Division der „Raster-Calculator“ der Extension „Spatial-Analyst“ verwendet.

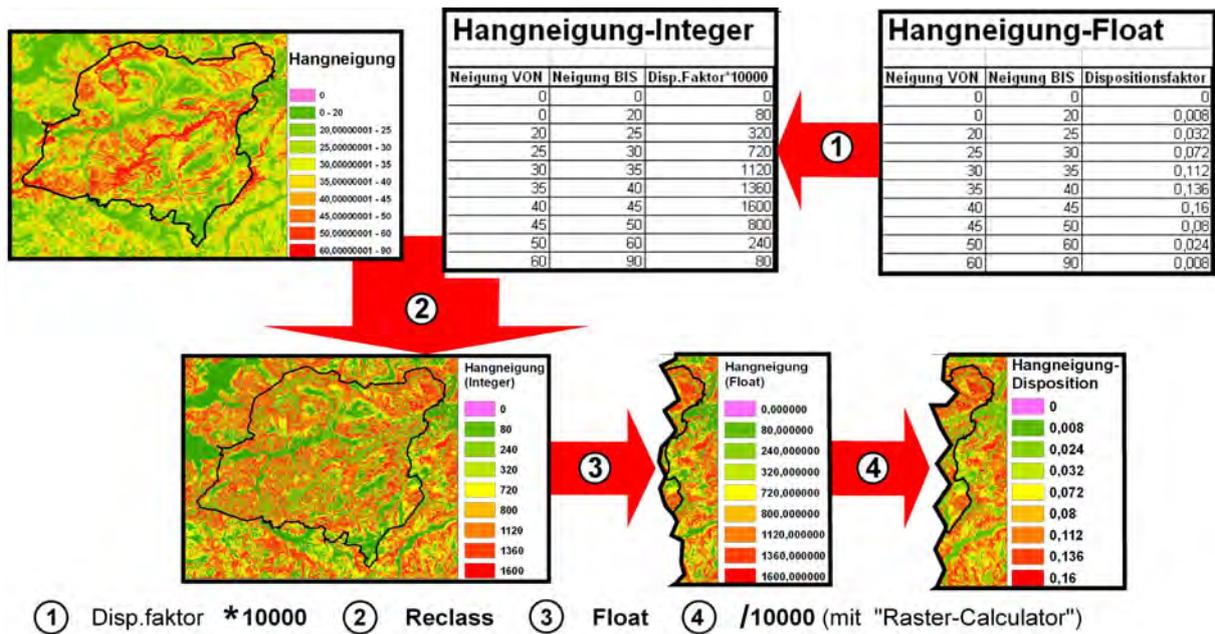


Abb. 51: Schematische Darstellung der Übertragung ins Rasterformat.

Der Raster-Calculator gibt bei einer Rechnung mit beliebig vielen Raster-Ebenen als Ergebnis immer nur die geographische Ausbreitung des „kleinsten gemeinsamen Nenners“ aus (Abb. 52). Daher mussten die betreffenden Daten-Ebenen (im vorliegenden Fall waren es nur Vektordaten) mit der Systemgrenze mit der ArcToolbox-Funktion „Union“ zusammengeführt werden.

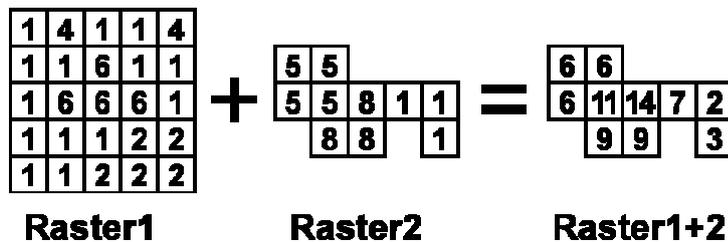


Abb. 52: Schematische Addition zweier Raster-Datensätze mit dem Raster-Calculator in ArcMap.

Nachdem alle Naturraumfaktoren-Ebenen, nach Abwicklung der oben genannten Prozesse, mit ihrer jeweils Naturprozess-abhängigen Disposition als klassifizierte Raster-Datei vorlagen, konnte ich mit der Überlagerung der Ebenen nach der Indexmethode beginnen. Hierfür verwendete ich wiederum den „Raster-Calculator“, mit dem die einzelnen Dispositions raster addiert wurden (siehe das folgende Beispiel 1). Die Summe der Raster-Dateien stellt somit das Endergebnis der Dispositionsanalyse der vier Naturprozesse dar.

Beispiel 1:

Muren-Dispositionsanalyse

$$D_{\text{Mure}} = D_{\text{Habitatp}} + D_{\text{Oberflächenabfluß}} + D_{\text{Tektonik}} + D_{\text{Fließakkumulation}} + D_{\text{Geländewölbung}} + D_{\text{Hangneigung}} + D_{\text{Hauptgerinne}} + D_{\text{Geologie}} + D_{\text{Geschiebeverfügbarkeit}}$$

Da durch die Addition auch Rasterzellen eine Disposition erlangten, die sie aufgrund einer 0-Bewertung einer der Naturraumfaktor-Ebenen (z.B. Lawine, Hangneigung über 60°) eigentlich gar nicht haben dürften, erstellte ich durch eine Multiplikation der gleichen Rasterdaten, die ich für die Addition verwendet habe, eine so genannte Disposition-Null Datei.

Beispiel 2:

Muren-Dispositionsanalyse

$$D_{\text{Mure_null}} = D_{\text{Habitatp}} * D_{\text{Oberflächenabfluß}} * D_{\text{Tektonik}} * D_{\text{Fließakkumulation}} * D_{\text{Geländewölbung}} * D_{\text{Hangneigung}} * D_{\text{Hauptgerinne}} * D_{\text{Geologie}} * D_{\text{Geschiebeverfügbarkeit}}$$

Diese Datei reklassifizierte ich, sodass alle Zellen mit einem Wert >0 in den Wert 1 umgewandelt wurden und die 0er-Zellen ihren Wert behielten.

Diese Datei, $D_{\text{Mure_null}}$, wurde noch mit der D_{Mure} -Datei multipliziert, um alle Bereiche mit Null-Disposition auch als solche im Endergebnis darzustellen zu können. Schlussendlich wurde der weit gestreute Wertebereich der Disposition, wie bei Ruff, unter Verwendung des Jenk-Algorithmus in folgende fünf Kategorien unterteilt: sehr schwach, schwach, mittel, stark und sehr stark.

4.3 Die Dispositionsmodellierung der gravitativen Naturprozesse

4.3.1 Modellierung von Sturzereignissen

Die Dispositionsmodellierung mit der Indexmethode und mit den vorhandenen Datengrundlagen macht eine Unterscheidung zwischen den einzelnen Sturzereignis-Prozessen unmöglich. Daher habe ich eine allgemeine Modellierung von Sturzereignissen durchgeführt.

Zusätzlich zu den in Kapitel 2.2.2.1 genannten Naturraumfaktoren Geologie und Hangneigung habe ich den Faktor Tektonik in Form des Tektonik-Datensatzes nach AMPFERER in die Modellierung miteinbezogen. Zwar haben RUFF (2005) und KASSEBEER et al. (2003), auf die ich mich in diesem Kapitel hauptsächlich stütze, die Tektonik nicht einbezogen, aber da die Tektonik mehrmals in der Literatur als wichtiger Teil der Disposition von Sturzereignissen genannt wird, habe ich sie miteinbezogen und in Form einer Pufferung, also als Entfernung zu Störungen dargestellt. Zu diesem Zweck habe ich drei Pufferringe mit den in Tab.32 stehenden Distanzen erstellt und den restlichen Raum (vom äußersten Pufferring bis zur Systemgrenze = Habitalp-Außengrenze) ebenso bewertet.

Die Indizierung

Auf Grundlage des Kapitels 2.2.2.1 wurden die Naturraumfaktoren gewählt und nach den dort beschriebenen Kriterien bewertet. Das bedeutet, dass Indexwerte für die unterschiedlichen Merkmalsausprägungen (z.B. 0°-50°) der Naturraumfaktoren (z.B. Hangneigung) vergeben wurden.

Aufgrund der geringen Anzahl an Naturraumfaktoren war die Vergabe der internen (I_2) und externen (I_3) Gruppen-Indizes besonders wichtig. Denn bei einer geringen Veränderung, beispielsweise des I_2 der Tektonik, hätte sich gleichzeitig das Verhältnis zu den restlichen beiden Naturraumfaktoren stark verändert. Durch die Index-Methode war es mir jedoch möglich, die Indizes solange zu kalibrieren, bis ich ein ansprechendes Ergebnis erreicht hatte (Tab.32).

Naturraumfaktor	Merkmalsausprägung	GIS-Code	Naturraumfaktor-Index I ₁	Gruppe intern-Index I ₂	Gruppen-Name	Gruppen extern-Index I ₃	I _{Gesamt} =I ₁ *I ₂ *I ₃			
Geologie	Hang- und Bachschuttkegelverhüllungen	1	0		Geologie	0,6	0			
	Junge Flussaufschüttungen	2	0				0			
	Jüngere Ennskonglomerate	3	0				0			
	Ältere Ennskonglomerate	4	0,05				0,018			
	Obere Endmoräne der Schlussvereisung	5	0				0			
	Untere Endmoräne der Schlussvereisung	6	0				0			
	Jüngere Grundmoräne	8	0				0			
	Ältere Grundmoräne	9	0				0			
	Gehängebreccien	10	0,05				0,018			
	Konglomerate-Breccien	12	0,05				0,018			
	Exotische Gerölle	15	0	0,6			0			
	Oberjurahornsteinkalke	18	0,5				0,18			
	Lias-Krinoidenkalke	19	0,5				0,18			
	Fleckenmergel	20	0				0			
	Dachsteinkalk	22	0,9				0,324			
	Raibler Schichten	26	0,05				0,018			
	Wettersteinkalk	30	0,9				0,324			
	Muschelkalk-Reiflingeralk	31	0,8				0,288			
	Unterer Dolomit-Ramsaudolomit	33	1				0,36			
	Rauhawacken-Breccien-Dolomit	34	1				0,36			
	Haselgebirge	35	0,05				0,018			
	Werfener Schichten	37	0,1				0,036			
	Grauwacken-Schiefer	45	0,1				0,036			
	Tektonik (Entfernungen)	25m	25	1						0,24
		50m	50	0,5			0,4			0,12
		75m	75	0,25						0,06
		mehr als 75m	>75	0,05						0,012
	Hangneigung	0°bis 50°	50	0				Topographie	0,4	0
		50°bis 90°	>50	1			1			0,4

Tab. 32: Indizierung der Naturraumfaktoren, der Gruppen intern und der Gruppen extern für die Modellierung der Sturzereignisse.

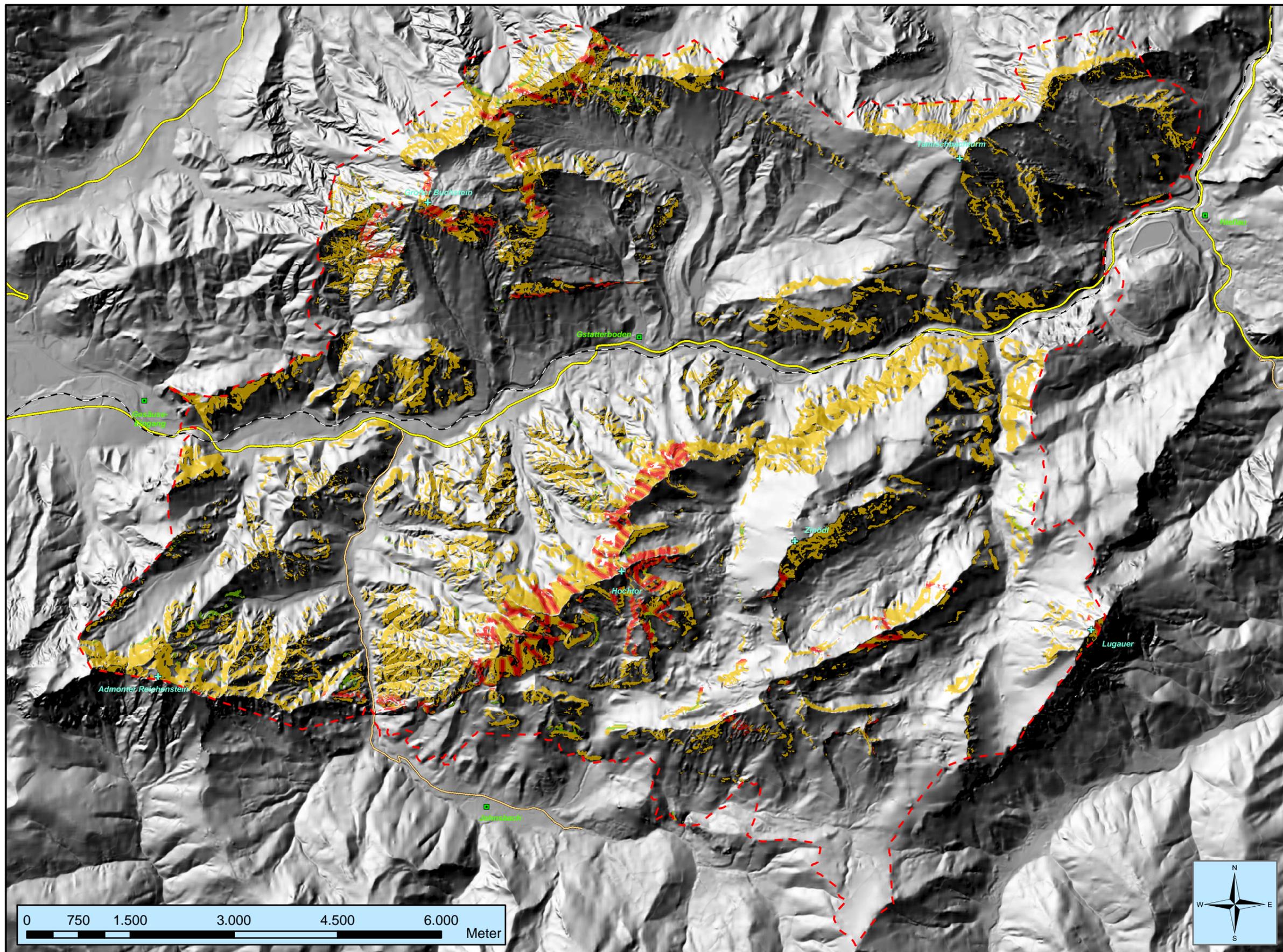
4.3.1.1 Die Sturzereignis-Dispositions-karte (Abb.53)

Nach der Indizierung folgte die Übertragung der Werte ins GIS. Anschließend führte ich die Berechnung der Gesamtdisposition mit dem „Raster-Calculator“ durch (Kapitel 4.1.3). Die Dispositions-karte zeigt im Vergleich zu den anderen Dispositions-karten ein ganz anderes Bild. Den größten Flächenanteil im Projektgebiet haben nämlich die Dispositions-klassen „Null“, „Sehr schwach“ und „schwach“ sind nur vereinzelt vertreten, der Rest verfällt an die Klassen „mittel“, „stark“ und „sehr stark“.

Da hier bei der Indexmethode nur drei und damit sehr wenige Ebenen überlagert wurden, können einzelne Ebenen dominieren und in der Karte herausstechen. So kann man zum Beispiel deutlich die Pufferzonen der Ebene „Tektonik“ in Abb.53 im Bereich Hochtorg- und Buschstein-Gruppe erkennen. An drei Beispielen lässt sich aber die Aussagekraft der Sturzereignis-Dispositions-karte bestätigen: Die in Realität als überaus sturzaktiv einzuschätzende Nordwand der Hochtorggruppe ist in der Dispositions-karte mit einer hohen Dichte an „sehr starker“, „starker“ und „mittlerer“ Disposition bewertet. Dasselbe gilt für die Süd-wand des Großen Buchsteins und die südost-exponierten Hänge des Zinödls.

Sturzereignis-Dispositions-karte

Abb.53



Legende

- Projektgrenze
- Bundesstraße
- Landstraße
- Bahnstrecke
- Gipfel
- Siedlungen

Sturzereignis-Disposition

- Null
- Sehr schwach
- Schwach
- Mittel
- Stark
- Sehr stark

Maßstab
1:55.000

Datengrundlage:
NP Gesäuse GmbH
Bearbeitung & Layout:
Johannes Stangl
Erstellungsdatum:
November 2009



4.3.2 Modellierung von Rutschungen

Für die Rutschungsmodellierung verwendete ich eine größere Anzahl an Naturraumfaktoren als bei den Sturzereignissen. Dies entspricht auch meiner Literaturrecherche, denn KASSEBEER et al. (2003), RUFF (2005) und REITERER (2001) verwendeten zumindest sieben Naturraumfaktoren (Tabellen 31, 39, 41).

Die Tektonik wurde wie zuvor bei den Sturzereignissen mit der Entfernung zu Störungen dargestellt. Die dazu generierten Pufferringe unterscheiden sich jedoch in Anzahl und Distanzen von jenen der Sturzereignissen (Tab.34). Hangneigung, Exposition, Geologie und der Habitatp-Datensatz wurden ohne weitere, als die in Kapitel 4.2.1-Systemabgrenzung genannte Bearbeitung für die Modellierung verwendet. Um die Erosion nicht auf Tiefenlinien zu beschränken, wählte ich einerseits die ebenfalls in Kapitel 4.2.1 erwähnte Fließakkumulation mit dem Multi Flow-Algorithmus und andererseits die Einzugsgebiete mit der gemittelten Fließakkumulation. Diesen Datensatz habe ich mit dem „zonal statistic“-Werkzeug der Arc-Toolbox (Spatial Analyst/Zonal/zonal statistic) erstellt. Das Einzugsgebiets-Shapefile wurde dabei mit dem Fließakkumulations-Raster verschnitten, indem eine zonale Statistik (in diesem Fall der Mittelwert der Fließakkumulation) für jedes Polygon des Einzugsgebiets-Datensatzes durchgeführt wird. Das Ergebnis ist ein Raster-Datensatz von Teileinzugsgebieten mit dem Mittelwert der jeweiligen Fließakkumulation.

Der Geländewölbungs-Datensatz ist in Anlehnung an REITERER (2001) (Anhang Tab.40) eine Kombination aus vertikaler (profile) und horizontaler (plan) Geländewölbung (curvature). Zu diesem Zweck musste ich die zwei zuvor separat generierten Datensätze reklassifizieren, um später die möglichen Kombinationen klar auseinander kennen zu können. Hierzu wählte ich die Zahlen von 1 bis 4, da diese durch eine Multiplikation untereinander zu verschiedenen Produkten führen.

Nachdem die curvature-Daten reklassifiziert wurden, multiplizierte ich die beiden mit Hilfe des Raster-Calculators. Als Ergebnis bekam ich einen Raster-Datensatz mit vier unterschiedlichen Werten (3,4,6,8). Die Übertragung der Indizes auf die Raster-Datei erfolgte nach der Methode, die in Kapitel 4.1.3 erklärt wurde.

	<i>Vertikal (profile)</i>	<i>Horizontal (plan)</i>	I_1
Stark konvex	konvex (negativ)	konvex (positiv)	1
konvex	konvex (negativ)	konkav (negativ)	0,66
konkav	konkav (positiv)	konvex (positiv)	0,33
Stark konkav	konkav (positiv)	konkav (negativ)	0,05
eben	0	0	0
	<i>Vertikal (profile)</i>	<i>Horizontal (plan)</i>	<i>Vertikal * Horizontal</i>
Stark konvex	1	3	3
konvex	1	4	4
konkav	2	3	6
Stark konkav	2	4	8

Tab. 33: Oben: Vertikale und horizontale Geländewölbungs-Indizierung nach REITERER (2001); Unten: Reklassifizierungstabelle.

Die Indizierung

Die Indizes wurden nach den Kriterien, die in Kapitel 2.2.3.1 ausführlich beschrieben sind, vergeben. Bei einigen Naturraumfaktoren stimmten die Quellen bei der Dispositionseinschätzung überein, in dem Fall war die Indizierung für mich einfach. Aber oft variierten die Einschätzungen, so dass ich weitere Literaturrecherchen durchführen musste, um eine aussagekräftige Dispositionsbewertung vergeben zu können.

Die Vergabe der Gruppen-internen und Gruppen-externen Indizes erfolgte ebenfalls nach intensiver Beschäftigung mit einschlägiger Literatur. Die Hauptwerke, auf die ich mich bei der Rutschungs-Dispositionsmodellierung stütze, sind KASSEBEER et al. (2003), RUFF (2005) und REITERER (2001), deren Gruppenindizierung im Anhang nachzulesen sind (Tabellen 31, 39, 41).

Naturraumfaktor	Merkmalsausprägung	GIS-Code		Naturraumfaktor-Index I ₁	Gruppe intern-Index I ₂	Gruppen-Name	Gruppen extern-Index I ₃	I _{Gesamt} =I ₁ *I ₂ *I ₃
		Vertikal (profile)	Horizontal (plan)					
Hangneigung	0°			0				0
	0° bis 20°			0,05				0,008
	20° bis 25°			0,2				0,032
	25° bis 30°			0,45				0,072
	30° bis 35°			0,7	0,4			0,112
	35° bis 40°			0,85				0,136
	40° bis 45°			1				0,16
	45° bis 50°			0,5				0,08
	50° bis 60°			0,15				0,024
	60° bis 90°			0,05				0,008
Geländewölbung	Stark konvex		Horizontale konvex (>0)	1		Topographie		0,12
	konvex		konkav (<0)	0,66	0,3		0,4	0,0792
	konkav		konvex (>0)	0,33				0,0396
	Stark konkav		konkav (<0)	0,05				0,006
	eben		0	0				0
	Flach		-1	0				0
Exposition	Nord (0° bis 22,5°)		0-22,5	0,3				0,036
	Nordost (22,5° bis 67,5°)		22,5-67,5	0,4				0,048
	Ost (67,5° bis 112,5°)		67,5-112,5	0,6				0,072
	Südost (112,5° bis 157,5°)		112,5-157,5	0,85	0,3			0,102
	Süd (157,5° bis 202,5°)		157,5-202,5	0,9				0,108
	Südwest (202,5° bis 247,5°)		202,5-247,5	0,8				0,096
	West (247,5° bis 292,5°)		247,5-292,5	0,6				0,072
	Nordwest (292,5° bis 337,5°)		292,5-337,5	0,4				0,048
	Nord (337,5° bis 360°)		337,5-360	0,3				0,036
	0 bis 1 Rasterzelle		0-1	0,01				0,0006
1 bis 2 RZ		1-2	0,01				0,0006	
2 bis 5 RZ		2-5	0,05				0,003	
5 bis 10 RZ		5-10	0,1				0,006	
10 bis 20 RZ		10-20	0,2				0,012	
20 bis 50 RZ		20-50	0,6				0,036	
50 bis 100 RZ		50-100	0,7				0,042	
100 bis 200 RZ		100-200	0,75				0,045	
200 bis 500 RZ		200-500	0,85				0,051	
500 bis 1000 RZ		500-1000	0,9				0,054	
mehr als 1000 RZ		>1000	1				0,06	
Einzugsgebiete	0 bis 1 Rasterzelle		0-1	0,01		Umwelt		0,0006
	1 bis 2 RZ		1-2	0,01			0,2	0,0006
	2 bis 5 RZ		2-5	0,05				0,003
	5 bis 10 RZ		5-10	0,1				0,006
	10 bis 20 RZ		10-20	0,2				0,012
	20 bis 50 RZ		20-50	0,6				0,036
	50 bis 100 RZ		50-100	0,7				0,042
	100 bis 200 RZ		100-200	0,75				0,045
	200 bis 500 RZ		200-500	0,85				0,051
	500 bis 1000 RZ		500-1000	0,9				0,054

FlieBakkumulation (Single-Flow)	0 bis 10 RZ 10 bis 20 RZ 20 bis 50 RZ 50 bis 100 RZ 100 bis 150 RZ 150 bis 200 RZ 200 bis 250 RZ 250 bis 300 RZ 300 bis 350 RZ 350 bis 400 RZ mehr als 400 RZ	0-10 10-20 20-50 50-100 100-150 150-200 200-250 250-300 300-350 350-400 >400	0,05 0,1 0,15 0,2 0,25 0,3 0,4 0,5 0,7 0,9 1	0,3		0,003 0,006 0,009 0,012 0,015 0,018 0,024 0,03 0,042 0,054 0,06
Habitatp	Siehe Anhang Tab.42				0,4	Siehe Tab.32
Geologie	Hang- und Bachschuttkegelverhüllungen	1	1	0,6	Geologie	0,24
	Junge Flussschüttungen	2	1	0,6		0,24
Tektonik (Entfernung zu Störungen)	Jüngere Ennskonglomerate	3	0,6	0,4	0,4	0,144
	Ältere Ennskonglomerate	4	0,6	0,6		0,144
	Obere Endmoräne der Schlussvereisung	5	0,6	0,6	0,4	0,144
	Untere Endmoräne der Schlussvereisung	6	0,6	0,6		0,144
	Jüngere Grundmoräne	8	1	0,6	0,4	0,24
	Ältere Grundmoräne	9	1	0,6		0,24
	Gehängebreccien	10	0,6	0,6	0,4	0,144
	Konglomerate-Breccien	12	0,6	0,6		0,144
	Exotische Gerölle	15	0,6	0,6	0,4	0,144
	Oberjurahornsteinkalke	18	0,1	0,1		0,024
	Lias-Krinoidekalke	19	0,1	0,1	0,4	0,024
	Fleckenmergel	20	1	0,1		0,24
	Dachsteinkalk	22	0,1	0,1	0,4	0,024
	Raibler Schichten	26	0,6	0,6		0,144
	Wettersteinkalk	30	0,1	0,1	0,4	0,024
	Muschelkalk-Reiflängerkalk	31	0,4	0,4		0,096
	Unterer Dolomit-Ramsaudolomit	33	0,1	0,1	0,4	0,024
	Rauhwacken-Breccien-Dolomit	34	0,6	0,6		0,144
	Haselgebirge	35	1	0,6	0,4	0,24
	Werfener Schichten	37	0,6	0,6		0,144
	Grauwacken-Schiefer	45	0,4	0,4	0,4	0,096
	25m	25	1	0,8		0,16
	75m	75	0,8	0,5	0,4	0,128
	150m	150	0,5	0,1		0,08
	mehr als 150m	>150	0,1			0,016

Tab. 34: Indizierung der Naturraumfaktoren, der Gruppen intern und der Gruppen - 108 - extern für die Modellierung der Rutschungen.

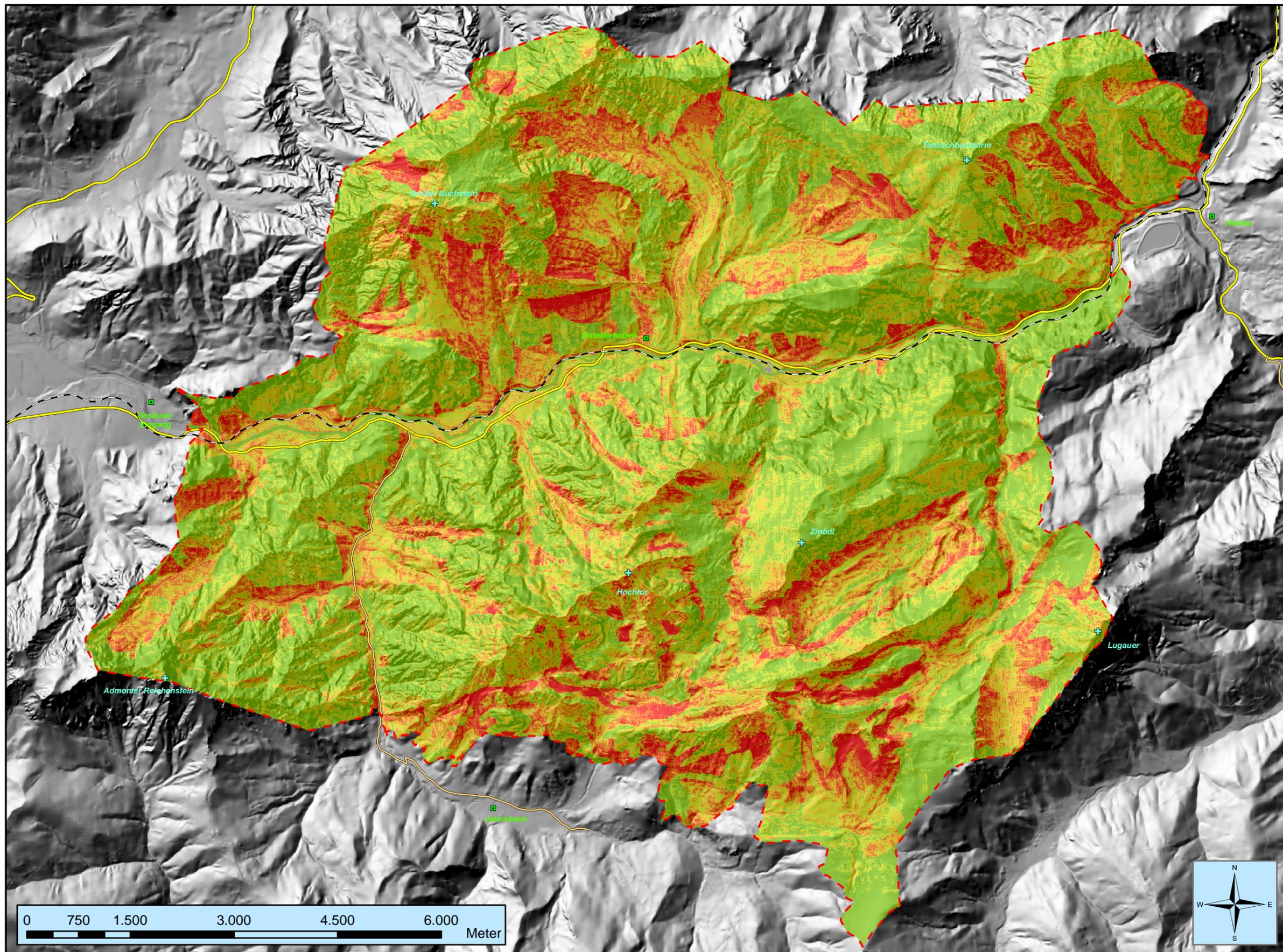
4.3.2.1 Die Rutschungs-Dispositionskarte (Abb.54)

Der letztendliche Abschluss der Vorarbeiten wie Datenbearbeitung und Indizierung bildete die Erstellung der Dispositionskarte. Dieser Prozess ist in Kapitel 4.1.3 erklärt. Da ich während meiner Recherche zu dem Kapitel 3 keine verortbaren historischen Rutschungsereignisse finden konnte, fehlte mir hier der Vergleich, um die Aussagekraft der Dispositionskarte zu bewerten. Während meiner Interviews mit lokalen Fachleuten der Naturprozess-Thematik bekam ich auch keine Informationen über Gebiete mit großer Rutschungstätigkeit. So kann man die Richtigkeit der Rutschungs-Dispositionskarte nur durch Geländeerhebungen und durch den Vergleich mit kommenden Ereignissen überprüfen.

Allgemein können aber bestimmte Gebiete in der Projektregion aufgrund der Dispositionskarte als rutschungsanfälliger als andere eingeschätzt werden. Dazu zählen das Gebiet um die Buchsteingruppe („Kühgraben“, „Rotgraben“, „Rohr“ und „Hinterwinkel“), die Kare im Südosten des Tamischbachturms und allgemein der Südosten des Projektgebiets. Viele der Gebiete mit sehr hoher Disposition haben klare Grenzen, die sich durch die Dominanz der Ebene „Geologie“ bei der Indizierung ergeben.

Rutschungs-Dispositions-karte

Abb.54



Legende

- Projektgrenze
- Bundesstraße
- Landstraße
- Bahnstrecke
- Gipfel
- Siedlungen

Rutschungs-Disposition

- Null
- Sehr schwach
- Schwach
- Mittel
- Stark
- Sehr stark

Maßstab
1:55.000

Datengrundlage:
NP Gesäuse GmbH
Bearbeitung & Layout:
Johannes Stangl
Erstellungsdatum:
November 2009



4.3.3 Modellierung von Muren

Bei der Modellierung der Fließbewegungen habe ich mich auf Muren beschränkt (Kapitel 4.2.4.1). Dabei habe ich insgesamt neun Naturraumfaktoren einbezogen. Hangneigung, Fließakkumulation, Habitatp, Geschiebepotential und Geologie wurden in den vorangegangenen Kapiteln bereits beschrieben. Die Generierung des Geländewölbungs-Datensatzes ist ebenfalls im Kapitel 4.2.4.1 erklärt. Die Klassifizierung in fünf Kategorien, von konkav bis konvex, habe ich manuell vorgenommen, da die Klassifizierungsfunktionen des GIS nicht das erwünschte Ergebnis brachten. Die Datensätze der Naturraumfaktoren „Entfernung zu Störungen“ und „Entfernung zu Hauptgerinnen“ habe ich mit einer Pufferung des Tektonik- und Hauptgerinne-Shapefiles erzeugt.

Der Oberflächenabfluss wurde in Anlehnung an KELLERER-PIRKLBAUER (2002) berechnet. Es handelt sich dabei um eine Flächenbewertung nach Nutzungstyp und entsprechender Hangneigung. Durch den Habitatp-Datensatz stand mir eine großmaßstäbige Nutzungstyp-Karte zur Verfügung. Um aber die Hangneigung in die Bewertung miteinzubeziehen, habe ich ein Shapefile mit den 3 Hangneigungsklassen (0° - 8° , 8° - 26° , $>26^{\circ}$) nach KELLERER-PIRKLBAUER (2002) erstellt und dieses mit dem Habitatp-Shapefile vereinigt (ArcGIS-Funktion „Union“).

Die vorhandenen zehn Landnutzungsklassen (LNK) wurden für mein Projektgebiet adaptiert, zwei Klassen entfernt und zwei Klassen hinzugefügt (Tab.35). Die Zuordnung der Landnutzungsklassen zu den 103 verschiedenen Habitattypen ist im Anhang in Tab.42 unter der Spalte „Landnutzungsklassen“ zu finden.

Landnutzungs-kategorie KELLERER-PIRKLBAUER	Landnutzungs-kategorie STANGL	GIS-Code LNK	Hangneigung		
			0°-8°	8°-26°	>26°
Dichte Waldbedeckung	Dichte Waldbedeckung	1	0	0,1	0,2
Jungwald in niederen Lagen	Jungwald in niederen Lagen	2	0,1	0,3	0,5
Offener Wald im Bereich der "Kampfzone"	Offener Wald im Bereich der „Kampfzone"	3	0,2	0,4	0,6
Waldfreie Flächen oberhalb der Baumgrenze	Waldfreie Flächen oberhalb der Baumgrenze	4	0	0,1	0,2
Grünflächen ohne Schibetrieb unterhalb der Baumgrenze	Grünflächen unterhalb der Baumgrenze	5	0,3	0,4	0,6
Liftrassen					
Schlipisten					
Verbaute Flächen	Verbaute Flächen	6	1	1	1
Verkehrsflächen (geteert)	Verkehrsflächen (geteert)	7	1	1	1
Schotterstraßen (Forststraßen)	Schotterstraßen (Forststraßen)	8	0,8	0,9	1
	Felsen	9	0,9	1	1
	Schutt	10	0,2	0,3	0,4

	nicht verwendet
	neu erstellt

Tab. 35: Abflussbeiwerte bei unterschiedlichen Landnutzungen und unterschiedlicher Hangneigung nach KELLERER-PIRKLBAUER (2002, S.51) bzw. STANGL.

Schlussendlich wurde eine kombinierte Abfrage von Landnutzungs-kategorie und Hangneigung durchgeführt und die entsprechenden Abflussbeiwerte (0-1) vergeben.

Name	Abfluss-beiwert von	Abfluss-beiwert bis	Naturraumfaktor-Index I_1	$I_{Gesamt} = I_1 * I_2 * I_3$
kein oder fast kein Oberflächenabfluss	0	0,1	0,1	0,0105
geringer Oberflächenabfluss	0,2	0,3	0,2	0,021
mittlerer Oberflächenabfluss	0,4	0,6	0,5	0,0525
hoher Oberflächenabfluss	0,7	0,8	0,9	0,0945
sehr hoher Oberflächenabfluss	0,9	1	1	0,105

Tab. 36: Indizierung des Naturraumfaktors Oberflächenabfluss. Klassenunterteilung nach KELLERER-PIRKLBAUER (2002, S.51).

Die Indizierung

Wie bei der Modellierung der anderen Naturprozesse wurde auch hier die Indizierung (Tab.37) auf Basis der Literaturrecherche durchgeführt. Eine Zusammenfassung der Indizierungen der verschiedenen Autoren gibt das Kapitel 4.2.4.1.

Für die Gruppen-interne und -externe Bewertung waren neben RIEGER (1999) und EGLI (1996) vor allem die Arbeiten von WANNENMACHER (2002) und KELLERER-PIRKLBAUER (2002) ausschlaggebend, Tab.40 und Abb.59 des Anhangs zeigen deren Gruppenindizierung.

4.3.3.1 Die Muren-Dispositionskarte (Abb.55)

Die Arbeitsschritte, die zwischen der Indizierung und der fertigen Muren-Dispositionskarte liegen, sind in Kapitel 4.1.3 beschrieben. Im Gegensatz zu den Rutschungen ist die Muren-Dispositionskarte viel feiner strukturiert. Das ist auf die fehlende Dominanz einer einzigen Ebene bei der Indizierung zurückzuführen. Beim Vergleich der Verteilung der Dispositionsklassen fällt auf, dass ein großer Teil der Projektregion als „sehr schwach“ oder „schwach“ eingestuft wird. Danach folgen die Klassen „mittel“ und „stark“. Gebiete mit „sehr starker“ Muren-Disposition sind nicht so weit verbreitet und treten meist in Bereichen von Tiefenlinien (z. B. Bächen) auf. Allgemein weist der Westen des Projektgebiets mehr Flächen mit höherer Disposition auf als der Osten.

Dieses Ergebnis stimmt mit den historischen Ereignissen überein. Wie man in Abb.56 erkennen kann, decken sich die Murgänge und Einzugsgebiete der Bestandsaufnahme mit den Bereichen der Dispositionskarte, die eine hohe Dichte an den Dispositionsklassen „mittel“, „stark“ und „sehr stark“ haben. Immer wiederkehrende Muren, wie die des Küh- oder des Rotgrabens, weisen auch auf der Karte eine hohe Disposition auf. Dasselbe gilt für die Einzugsgebiete des Bruckgrabens, des Johnsbachs im Bereich der Zwischenmäuerstrecke und allgemein für den Bereich der Nordwände des Hochtors zur Enns hinab.

Dass Gebiete wie der Gamsstein in Johnsbach und das Scheibenbauernkar beim Tamischbachturm, die in der Dispositionskarte mit hohen Dispositionsklassen bewertet sind, mit keinen historischen Ereignissen bewiesen werden können, führe ich darauf zurück, dass Murenereignisse dort keinen Schaden an Eigentum oder Infrastruktur verursachen und daher nicht aufgezeichnet wurden.

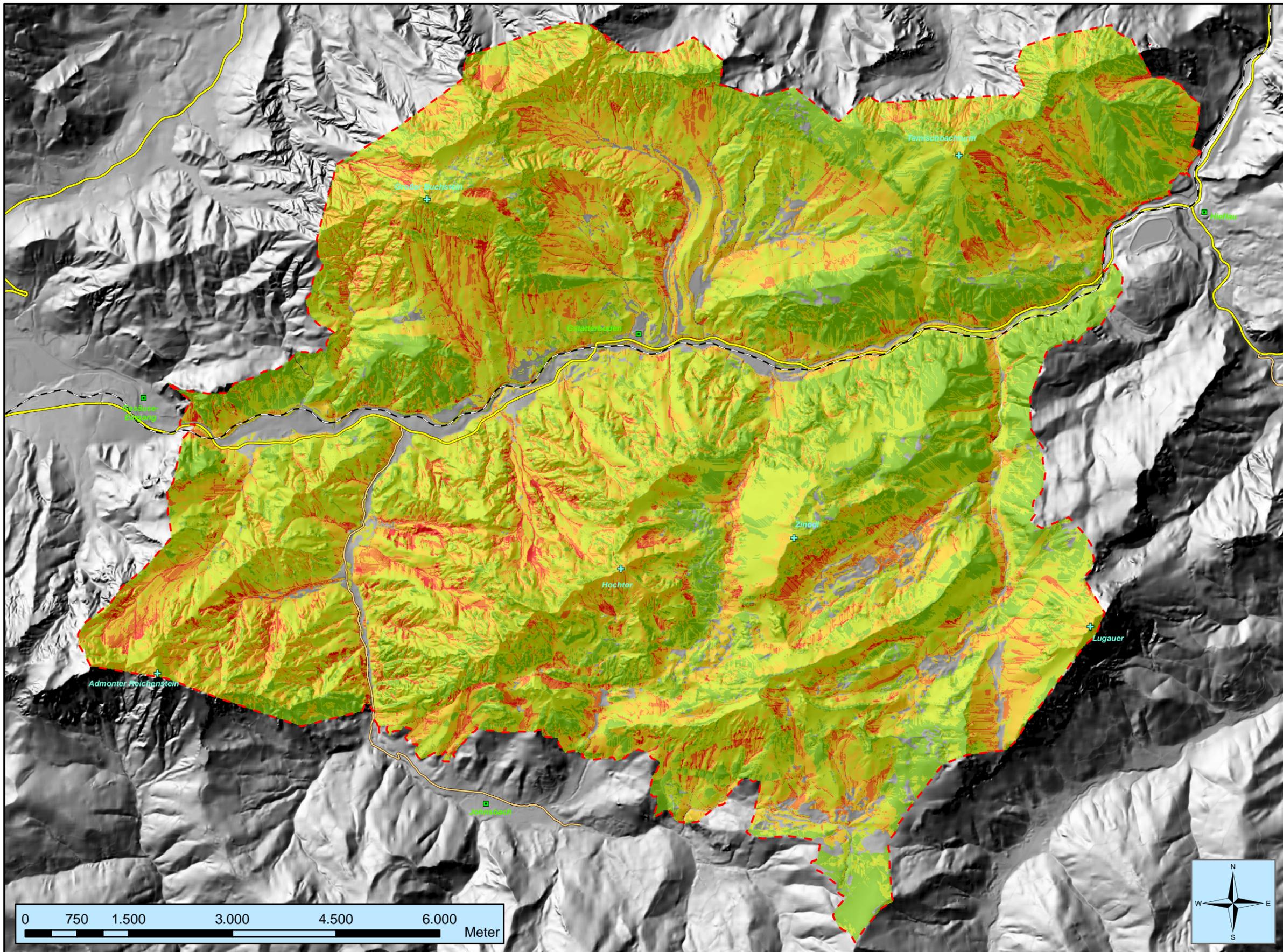
Naturraumfaktor	Merkmalsausprägung	GIS-Code	Naturraumfaktor-Index I ₁	Gruppe intern-Index I ₂	Gruppen-Name	Gruppen extern-Index I ₃	I _{Gesamt} =I ₁ *I ₂ *I ₃
Hangneigung	0° bis 10°	0-10	0	0,5	Topographie		0
	10° bis 15°	10-15	0,7				0,1225
	15° bis 20°	15-20	0,8				0,14
	20° bis 25°	20-25	0,9				0,1575
	25° bis 58°	25-58	1				0,175
	58° bis 90°	58-90	0,4				0,07
Gelände- wölbung	Stark konkav	-482 - -2	1	0,2		0,35	0,07
	konkav	-2 - -0,45	0,95				0,0665
	annähernd nicht gewölbt	-0,45 - 0,6	0,9				0,063
	konvex	0,6 - 2	0,8				0,056
	stark konvex	2 - 463	0,6				0,042
Fließakkumulation (Single Flow)	0 bis 10 Rasterzellen	0-10	0,1				0,0105
	10 bis 20 RZ	10-20	0,3				0,0315
	20 bis 30 RZ	20-30	0,4				0,042
	30 bis 210 RZ	30-210	0,7				0,0735
	210 bis 900 RZ	210-900	0,85				0,08925
	900 bis 1500 RZ	900-1500	0,9				0,0945
	mehr als 1500 RZ	>1500	1				0,105
Habitatp	Siehe Anhang Tab.42		0,45	Umwelt		0,3	Siehe Tab.42
Ober- flächen- abfluss	Siehe Anhang Tab.42		0,35				Siehe Tab.42
Entfernung zu Haupt- gerinnen	0m bis 90m	0-90	0,95	0,2			0,057
	90m bis 135m	90-135	0,8				0,048
	mehr als 135m	>135	0,1				0,006
	Hang- und Bachschuttkegelverhüllungen Junge Flussaufschüttungen	1 2	Geologie Geschiebe- potential				Geologie Geschiebe- potential
			1 1	1 1			0,1575 0,1575
			1 1	1 1			0,1225 0,1225

Geologie	Geschiebspotential	3	0,85	0,33	0,45	0,35	Geologie	0,35	0,133875	0,040425
Jüngere Ennskonglomerate		3	0,85	0,33					0,133875	0,040425
Ältere Ennskonglomerate		4	0,8	0,33					0,126	0,040425
Obere Endmoräne der Schlussvereisung		5	0,9	1					0,14175	0,1225
Untere Endmoräne der Schlussvereisung		6	1	1					0,1575	0,1225
Jüngere Grundmoräne		8	0,9	1					0,14175	0,1225
Ältere Grundmoräne		9	0,85	1					0,133875	0,1225
Gehängebreccien		10	1	1					0,1575	0,1225
Konglomerate-Breccien		12	0,85	0,33					0,133875	0,040425
Exotische Gerölle		15	0,8	1					0,126	0,1225
Oberjurahornsteinkalke		18	0,75	0,33					0,118125	0,040425
Lias-Krinoidekalke		19	0,75	0,33	0,45	0,35			0,118125	0,040425
Fleckenmergel		20	1	0,33					0,1575	0,040425
Dachsteinkalk		22	0,7	0,33					0,11025	0,040425
Raibler Schichten		26	0,75	0,33					0,118125	0,040425
Wettersteinkalk		30	0,8	0,33					0,126	0,040425
Muschelkalk-Reiflängerkalk		31	0,75	0,33					0,118125	0,040425
Unterer Dolomit-Ramsaudolomit		33	1	0,33					0,1575	0,040425
Rauhawacken-Breccien-Dolomit		34	1	0,33					0,1575	0,040425
Haselgebirge		35	0,9	0,33					0,14175	0,040425
Werfener Schichten		37	1	0,33					0,1575	0,040425
Grauawacken-Schiefer		45	0,8	0,33					0,126	0,040425
Störungen (25m Puffer)		25	1	1	0,2				0,07	
keine Störungen		>25	0,4	0,4					0,028	

Tab. 37: Indizierung der Naturraumfaktoren, der Gruppen intern und der Gruppen extern für die Modellierung von Muren.

Muren-Dispositionskarte

Abb.55



Legende

- Projektgrenze
- Bundesstraße
- Landstraße
- Bahnstrecke
- Gipfel
- Siedlungen

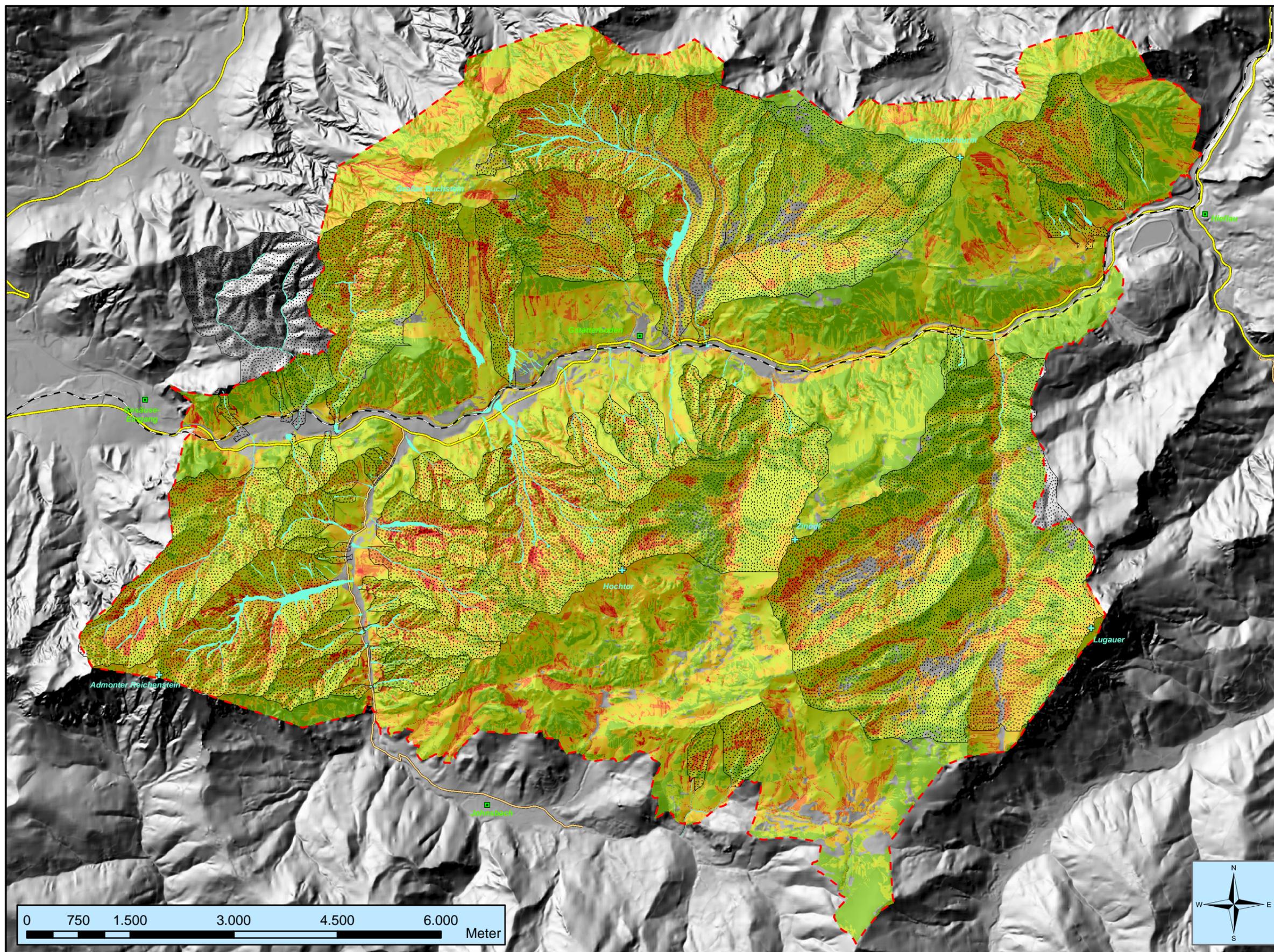
Muren-Disposition

- Null
- Sehr schwach
- Schwach
- Mittel
- Stark
- Sehr stark

Maßstab
1:55.000

Datengrundlage:
NP Gesäuse GmbH
Bearbeitung & Layout:
Johannes Stangl
Erstellungsdatum:
November 2009





Legende

- Projektgrenze
- Bundesstraße
- Landstraße
- Bahnstrecke
- + Gipfel
- Siedlungen

Muren-Disposition

- Null
- Sehr schwach
- Schwach
- Mittel
- Stark
- Sehr stark

historische Ereignisse

- Muren-Einzugsgebiet
- Murgang

Maßstab
1:55.000

Datengrundlage:

NP Gesäuse GmbH

Bearbeitung & Layout:
Johannes Stangl

Erstellungsdatum:
November 2009



4.3.4 Modellierung von Lawinen

Für die Lawinen-Dispositionsmodellierung habe ich fünf der acht in Kapitel 2.2.5.1 beschriebenen Naturraumfaktoren verwendet, wobei der Faktor „Bodenrauigkeit und Geländeform“ mit zwei Datensätzen dargestellt wurde, mit Geländewölbung und Geländeform. Die Erstellung dieser beiden Datensätze ist in Kapitel 4.2.1 ebenso beschrieben, wie die von Hangneigung, Exposition und Habitatp (Vegetation).

Die Einbeziehung des fünften Naturraumfaktors Wind ist, wie bereits in Kapitel 2.2.5.1 erwähnt, aufgrund der umleitenden Wirkung von beispielsweise Graten auf die Hauptwindrichtung als problematisch einzuschätzen. Grundsätzlich kann aber von einer größeren Tribschneeablagerung und damit einer höheren Lawinendisposition in der Nähe von Gebirgsgraten ausgegangen werden. Daher habe ich diesen Faktor in Form des gepufferten Grate-Datensatzes in meine Modellierung miteingeschlossen. Für die Pufferringe gilt, je näher die Grate, desto höher die Disposition, abgesehen vom engsten Pufferring (10m), der die Grate selbst und deren unmittelbaren Nahbereich darstellt.

Die Indizierung

Wie das Kapitel 2.2.5.1 zeigt, sind die Arbeiten von STAHR und HARTMANN (1999), LUZIAN (2002), RAUTER et al. (2006) und LAND TIROL (2000) die Grundlage für die Indizierung der einzelnen Naturraumfaktoren. Dasselbe gilt auch für die interne- und externe Indizierung der Gruppen. Für die Lawinen-Dispositionsmodellierung konnte ich bei meiner Literaturrecherche keine Arbeit finden, die ebenfalls die Indexmethode mit dem dreiteiligen Entscheidungsbaum verwendet hat. Daher gibt es, anders als bei der Muren- und Rutschungs-Modellierung, keine Tabelle, auf die ich bei meiner Indizierung Bezug nehmen könnte. Die vorliegende externe und interne Gruppen-Bewertung ist Ergebnis einer einerseits persönlichen Einschätzung auf Grundlage der genannten Literatur und andererseits einer wiederholten Kalibrierung der Indizes zur Optimierung des Ergebnisses. So habe ich beispielsweise anfangs den externen Gruppen-Index (I_3) zwar bereits sehr nieder angesetzt, er verfälschte jedoch immer noch das Ergebnis zu einer Überbeurteilung der Grate-nahen Bereiche.

Naturraumfaktor	Merkmalsausprägung	GIS-Code	Naturraumfaktor-Index I ₁	Gruppe intern-Index I ₂	Gruppen-Name	Gruppen extern-Index I ₃	I _{Gesamt} = I ₁ *I ₂ *I ₃
Hangneigung	0° bis 10°	0-10	0	0,5	Topographie	0,65	0
	10° bis 20°	10-20	0,2				0,065
	20° bis 28°	20-28	0,35				0,114
	28° bis 35°	28-35	0,9				0,293
	35° bis 40°	35-40	1				0,325
	40° bis 45°	40-45	0,9				0,293
	45° bis 50°	45-50	0,8				0,26
	50° bis 60°	50-60	0,5				0,163
	60° bis 90°	60-90	0				0
Exposition	Flach	-1	0	0,05	0,65	0	
	Nord (0° bis 22,5°)	0-22.5	0,9			0,029	
	Nordost (22,5° bis 67,5°)	22.5-67.5	0,9			0,029	
	Ost (67,5° bis 112,5°)	67.5-112.5	0,85			0,028	
	Südost (112,5° bis 157,5°)	112.5-157.5	0,85			0,028	
	Süd (157,5° bis 202,5°)	157.5-202.5	0,8			0,026	
	Südwest (202,5° bis 247,5°)	202.5-247.5	0,75			0,024	
	West (247,5° bis 292,5°)	247.5-292.5	0,7			0,023	
	Nordwest (292,5° bis 337,5°)	292.5-337.5	0,9			0,029	
	Nord (337,5° bis 360°)	337.5-360	0,9			0,029	
Geländewölbung	Stark konkav	-482 - -2	0,9	0,25	0,65	0,146	
	konkav	-2 - -0,45	0,85			0,138	
	annähernd nicht gewöbt	-0,45 - 0,6	0,65			0,106	
	konvex	0,6 - 2	0,25			0,041	
	stark konvex	2 - 463	0,05			0,008	
Geländeform	Canyons, deeply incised streams	1	0,85	0,2	0,65	0,111	
	Midslope drainages, shallow valleys	2	0,82			0,107	
	Upland drainages, headwaters	3	0,82			0,107	
	U-shaped valleys	4	0,8			0,104	
	Plains	5	0			0	
	Open slopes	6	0,65			0,085	
	Upper slopes, mesas	7	0,75			0,098	
	Local ridges/hills in valleys	8	0,08			0,01	
	Midslope ridges, small hills in plains	9	0,08			0,01	
	Mountain tops, high ridges	10	0,1			0,013	
Habitatp	Siehe Anhang Tab.42			1	Umwelt	0,3	Siehe Tab. 42
Entfernung zu Graten	10m	10	0,05	1	Wind und Schneedecke	0,05	0,003
	50m	50	0,9				0,045
	100m	100	0,8				0,04
	150m	150	0,6				0,03
	200m	200	0,3				0,015
	mehr als 200m	>200	0,05				0,003

Tab. 38: Indizierung der Naturraumfaktoren, der Gruppen intern und der Gruppen extern für die Modellierung von Lawinen.

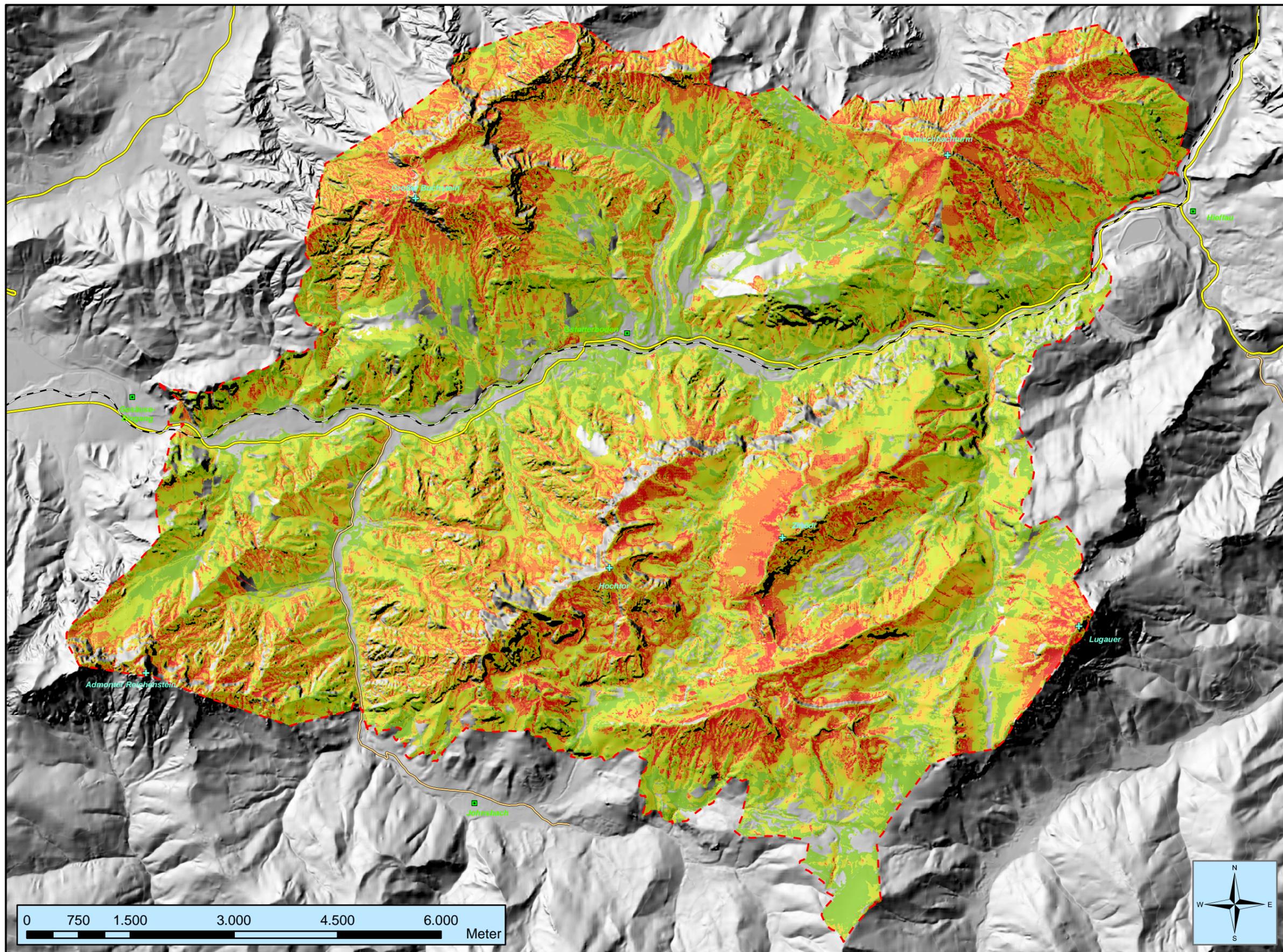
4.3.4.1 Die Lawinen-Dispositionskarte (Abb.57)

In der Lawinen-Dispositionskarte gibt es verhältnismäßig viele Bereiche mit der Disposition „Null“, d. h. Gebiete ohne Anfälligkeit für Lawinenabbrüche. Weiters wird ein großer Teil des Projektgebiets mit den Dispositionsklassen „sehr schwach“ und „schwach“ bewertet. Bereiche mit „mittlerer“, „starker“ und „sehr starker“ Disposition sind überall verbreitet, kommen aber in einer größeren Dichte vor allem in höheren Lagen vor. Hauptsächlich findet man solche Gebiete um die Buchstein-Gruppe, den Tamischbachturm, an den Südosthängen der Hochtorn-Gruppe, im Sulzkar, der Stadelfeld-Gruppe und beim Lugauer.

Da Lawinen auch häufig in menschenfernen Gegenden abgehen und in der Bestandsaufnahme nur wenige dieser Ereignisse dokumentiert sind, kann man die Dispositionskarte in diesem Fall nicht auf Grundlage der Karte der historischen Lawinen auf ihre Aussagekraft hin beurteilen. Es zeigt sich jedoch, dass die vorhandenen historischen Ereignisse mit den „stark“ bis „sehr stark“ Lawinen-anfälligen Gebieten der Dispositionsmodellierung größtenteils übereinstimmen (Abb.58).

Lawinen-Dispositionskarte

Abb.57



Legende

- Projektgrenze
- Bundesstraße
- Landstraße
- Bahnstrecke
- Gipfel
- Siedlungen

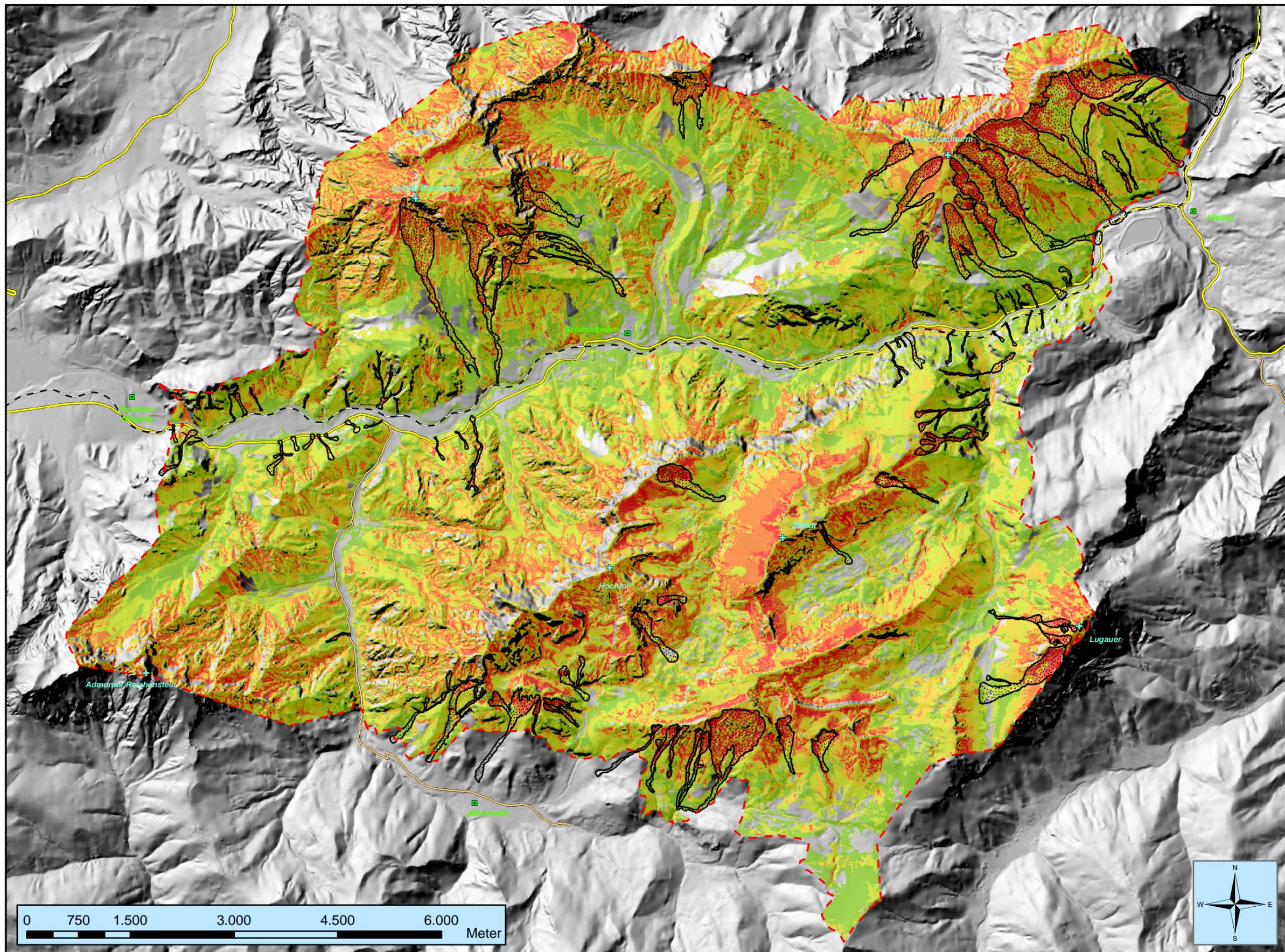
Lawinen-Disposition

- Null
- Sehr schwach
- Schwach
- Mittel
- Stark
- Sehr stark

Maßstab
1:55.000

Datengrundlage:
NP Gesäuse GmbH
Bearbeitung & Layout:
Johannes Stangl
Erstellungsdatum:
November 2009





Legende

- Projektgrenze
- Bundesstraße
- Landstraße
- Bahnstrecke
- Gipfel
- Siedlungen

Lawinen-Disposition

- Null
- Sehr schwach
- Schwach
- Mittel
- Stark
- Sehr stark

historische Ereignisse

- Lawinengang

Maßstab
1:55.000

Datengrundlage:
NP Gesäuse GmbH
Bearbeitung & Layout:
Johannes Stangl
Erstellungsdatum:
November 2009



5 Zusammenschau

Eine umfangreiche Literaturrecherche lieferte einen ersten Überblick über die Naturprozess-Aktivität der Region, die Archive von Albert Ernest und den Landesforsten waren jedoch unerlässlich für die Bestandsaufnahme. Datenquellen, wie die von Herrn Ernest, die auf ÖBB- und Straßenmeisterei-Eintragungen basieren, sind besonders wertvoll.

Die Erstellung der Ereigniskarte auf Basis einer Datenbank war zwar überaus aufwändig, brachte jedoch den großen Vorteil, dass hinter jedem Ereignis in der Karte ein oder mehrere Datensätze stehen und dass die Ereignisse zusätzlich statistisch auswertbar waren.

Die Karten historischer Ereignisse weisen leider einige Lücken auf, da einerseits Quellen fehlen, die Daten über Rutschungen oder Steinschläge beinhalten (Rutschungen werden oft anderen gravitativen Naturprozessen zugerechnet, außerdem treten sie allgemein seltener auf). Andererseits weisen Gebiete, die stärker von Infrastruktur durchquert werden, in der Regel eine höhere Quellendichte auf, sodass die Karten nicht die tatsächliche Verteilung bzw. Häufigkeit der Ereignisse widerspiegeln. Die ausgewerteten Quellen lieferten jedoch genügend Informationen, um einen Überblick über die gravitativen Naturprozesse der Region zu bekommen.

Um die Disposition von gravitativen Naturprozessen für eine Region in dieser Größe zu berechnen, ist die qualitative Indexmethode sehr gut geeignet. Vor allem die Möglichkeit der relativ unkomplizierten Änderung der Indizes ist von Vorteil. Auch die Genauigkeit der Ergebnisse (mit 10 Metern) war für diesen Zweck ausreichend. Für noch detailliertere Dispositionskarten wäre ein Höhenmodell mit höherer Auflösung erforderlich gewesen. Dann wäre es jedoch sinnvoll gewesen, die Indizierung der Naturraumfaktoren in Geländearbeit zu überprüfen und dementsprechend zu verändern. Solche Feldarbeiten in einem 110 km² großen Projektgebiet wären im Rahmen einer Diplomarbeit jedoch schon für nur einen Naturprozess zu zeitaufwändig.

Ein Mangel dieser Methode ist die fehlende Differenzierung der gravitativen Naturprozesse bei der Modellierung selbst. Dieser Umstand relativiert sich aber dadurch, dass die Bestandsaufnahme ebenfalls nicht weiter differenziert und damit ein Vergleich der beiden Ergebnisse ermöglicht wurde. Bei diesem Vergleich konnten viele Übereinstimmungen zwischen den Bereichen von sehr hoher Disposition und den historischen Ereignissen festgestellt werden.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die gewählten Methoden für Karten mit großen Arbeitsgebieten gute Ergebnisse liefern, dass sich Karten historischer Ereignisse und Dispositionskarten gut ergänzen und gleichzeitig eine Möglichkeit für deren Überprüfung bieten.

6 Literaturverzeichnis

- Abele, G., 1974: Bergstürze in den Alpen: ihre Verbreitung, Morphologie und Folgeerscheinungen. - Wissenschaftliche Alpenvereinshefte 25, Univ.-Verl. Wagner, München, 230 S.
- Aleotti, P., Chowdhury, R., 1999: Landslide hazard assessment: summary review and new perspectives. – Bull. Eng. Geol. Env. Nr.58, Springer Verlag, S.21-44
- Angewandte Geologie Karlsruhe, 2009: Georisikokarte Vorarlberg, <http://www.georisiko.net/>
- Armanini, A., Masanori, M. (Hrsg.), 1997: Recent developments on debris flows. - Lecture notes in earth sciences Nr.64, Springer, Berlin, 226 S.
- Aulitzky, H., 1973: Hochwasser, Muren, Lawinen: Information über Wasserwirtschaft und Katastrophenschutz. - Schriftenreihe Wasserwirtschaft 2, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft (Hrsg.), Wien, 272 S.
- Aulitzky, H., 1992: Die Sprache der „Stummen Zeugen“. - Internationales Symposium Interpraevent 1992, Band 6- Bern, S. 139-184
- Barnikel, F. M., 2004: Analyse von Naturgefahren im Alpenraum anhand historischer Quellen am Beispiel der Untersuchungsgebiete Hindelang und Tegernseer Tal, Bayern. - Göttinger geographische Abhandlungen Band 111, Goltze, Göttingen, 210 S.
- Bätzing, W., 1986: Die Alpen- Naturbearbeitung und Umweltzerstörung. Sendler, Frankfurt a. M. (4. erweiterte Auflage 1988)
- Bätzing, W., 1988: Ökologische Labilität und Stabilität der alpinen Kulturlandschaft. Traditionelle Lösungen, heutige Probleme und Perspektiven für die Zukunft. Fachbeitr. Schweiz. MAB-Programm Nr. 27. Bundesamt für Umweltschutz, Bern.
- Bayrisches Landesamt für Umwelt, 2009: Gefahrenhinweiskarte Bayerische Alpen, http://www.lfu.bayern.de/geologie/forschung_und_projekte/gefahrenhinweiskarte_bayerische_alpen/index.htm
- Bayrisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit, 2009: Alpine Naturgefahren, <http://www.stmugv.bayern.de/umwelt/wasserwirtschaft/alpin/index.htm?Hauptframe=/lfw/daten/welcome.htm>
- Becht, M., Copien, C., Frank, C., 2006: Abschlussbericht zum Projekt HANG -Teilprojekte HAWAS und HAGEM (Historisch Analyse von NaturGefahren) – Ingoldstadt, 49 S. www.lfu.bayern.de/wasser/fachinformationen/gefahren_im_alpenraum/doc/hang_lang.pdf
- Beck, U., 1986: Risikogesellschaft. Auf dem Weg in eine andere Moderne – Frankfurt a.M., Suhrkamp, 391 S.
- Bloetzer, W., Egli, T., et al., 1998: Klimaänderungen und Naturgefahren in der Raumplanung : methodische Ansätze und Fallbeispiele. - VdF, Hochsch.-Verl. an d. ETH, Zürich, 200 S.

BMLFUW (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft) (Hrsg.), 2004: Neue Methoden zur Gefahrenabschätzung- Planung und Entwicklung zum Schutz vor Naturgefahren.- BMLFUW, Wien, 72 S.
<http://gpool.lfrz.at/gpool/main.cgi?catt=default&rq=cat&tfqs=catt&catid=21835>

BMLFUW, 2009: Disaster Information System of ALPine Regions,
<http://www.dis-alp.org/>

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit Referat Öffentlichkeitsarbeit (Hrsg.), 2004: Alpenkonvention konkret- Ziele und Umsetzung. Alpensignale Band 2, Berlin, 62 S.
http://www.bmu.de/int_umweltpolitik/weitere_multilaterale_zusammenarbeit/doc/37124.php

BUWAL (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft), 1995: Symbolbalken zur Kartierung der Phänomene- Empfehlungen- Mitteilungen des Bundesamtes für Wasser und Geologie,Nr6, BUWAL, Bern, 36 S.

Bunza, G., 1976: Systematik und Analyse alpiner Massenbewegungen.- Schriftenreihe der Bayerischen Landesstelle für Gewässerkunde 1 – München, S. 1-84

Carli, A. 2007: Forstliche Standortserkundung für das Gesäuse. - Bericht im Auftrag der Nationalpark Gesäuse GmbH, Weng, 161 S.

Combe, J., Frei, Ch., 1986: Die Bewirtschaftung des Bergwaldes: Entscheidungsgrundlagen und Handlungskonzepte. Schlussbericht Schweizerisches MAB-Programm Nr. 22. Bundesamt f. Umweltschutz, Bern.

Corominas, J., Remondo, J. et al., 1996: Debris flow.- In : Dickau, R., Brunsen, D., Schrott, L. und Ibsen, M.-L. (Hrsg.): Landslide recognition: Identification, Movement, Causes. – Chichester, S. 161-180

Costa, J. E., 1984: Physical geomorphology of debris flows.- In: Costa,J.E., Fleischer,P.J.(Hrsg.): Developments and applications of geomorphology. – Berlin, S.269-317

Davis, L., 2003: Das große Lexikon der Naturkatastrophen : Erdbeben, Überschwemmungen, Lawinen, Stürme, Vulkanausbrüche, Seuchen, Meteoriteneinschläge. - Verl. F. Sammler, Graz, 421 S.

Dyck, S., Peschke, G., 1995: Grundlagen der Hydrologie. – Berlin, 536 S.

Egger, H., 2003: Geologische Untersuchungen der Massenbewegungen im Bereich der Gemeinde Dorf Tirol (Südtirol) mit Erstellung eines Gefahrenzonenplanes und einer GIS – Analyse. – Unpubl. Diplomarbeit, Institut für Geologie und Paläontologie, Technische Universität Graz, 127 S.

Egli T., 1996: Hochwasserschutz und Raumplanung- Schutz vor Naturgefahren mit Instrumenten der Raumplanung - dargestellt am Beispiel von Hochwasser und Murgängen. Hochsch.-Verl. an der ETH , Zürich, 166 S.

Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, 2009: Publikationen,
http://www.wsl.ch/publikationen/index_DE?-C=&

Environmental Systems Research Institute Inc., 2009: ArcGIS Desktop Help,
<http://webhelp.esri.com/>

Environmental Systems Research Institute Inc., 2009: ArcScripts Download,
<http://arcscripsts.esri.com/>

Erismann, T. H., Abele G., 2001: Dynamics of rockslides and rockfalls. - Springer, Berlin,
316 S.

Ernest, A., 2002: Mit Lawinen leben : 200 Jahre Lawinenbedrohung im Gesäuse. - Eigenverl.,
Hieflau, 276 S.

Fecht, M., Geitner, C., Heller, A., Stötter, J., 2005: Ermittlung der räumlichen Verteilung von
Bodeneigenschaften – eine Kombination von GIS, Clusteranalyse und Geländearbeit. - In:
Strobl, J. (Hrsg.): Angewandte geographische Informationsverarbeitung XVII: Beiträge zum
AGIT-Symposium Salzburg 2005. - Wichmann, Heidelberg, 520-530 S.

Fliri, F., 1998: Naturchronik von Tirol. Innsbruck

Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung, 2004: Der Gefahrenzonenplan
des Forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinenverbauung. -
Informationsbroschüre, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und
Wasserwirtschaft, Wien, 2 S.
<http://gpool.lfrz.at/gpool/main.cgi?rq=ed&etid=38&eid=734&oid=232&th=1>

Garberi, M. L., Palumbo, A., Marucci, F., Winter, A., 1999: Einsatz von Geo-
Informationssystemen zur Erfassung der von Hangbewegungen gefährdeten Gebiete in der
Zone des Nördlichen Apennins (Region Emilia- Romagna, Italien). - In: Blaschke, T. (Hrsg.):
Umweltmonitoring und Umweltmodellierung. - Wichmann, Heidelberg, 215-220 S.

Geipel, R., 1992: Naturrisiken: Katastrophenbewältigung im sozialen Umfeld. –
Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, 292 S.

Grasser, R., 2004: Bodenverhältnisse ausgewählter Standorte im Nationalpark Gesäuse. -
Institut für Geographie und Raumforschung Graz,, 78 S.
<http://www.nationalpark.co.at/nationalpark/de/forschung-geologie-boden.php>

Gschwandtner, K., Hasitschka, J., Scheb, H.-P., 1997: Licht und Schatten im Gesäuse- 100
Jahre Bergrettung. – Admont, 216 S.

Gusenbauer, F., 1999: GIS- gestützte Gefahrenzonenkartierung potentieller
Massenbewegungen am Beispiel der Flyschzone zwischen Attersee und Traunsee.
Diplomarbeit. Paris- Lodron- Universität Salzburg, 62 ff.

Haelberli, W., et al, 1991: Murgänge- Mitteilungen des Bundesamtes für Wasserwirtschaft 4-
Bern, S.77-88

Hanausek, E. et al., Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft (BMLF) (Hrsg.),
1989: Lawinen in Österreich: Lawinengefahren und Lawinenschutz. – BMLF, Wien, 28 S.

- Hartmann, J., 2009: Naturkatastrophen, <http://www.naturkatastrophen.info/links.html>
- Hasitschka, J., 1999: Vor 75 Jahren: Die Lawinenkatastrophe im Gesäuse. – Da schau her- Beiträge aus dem Kulturleben des Bezirkes Liezen, Ausgabe 1/1999/Februar, S. 8-10
- Hasitschka, J. 2005a: „Die Geschichte der Almen Haselkar, Hüpflinger und Scheuchegg“. - Unveröff. Studie i. A. d. Nationalpark Gesäuse GmbH, Weng, 34 S.
http://www.np-gesaeuse.at/download/forschung/Hasitschka_2005_Haselkaralm,%20Geschichte,%20Manuskript.pdf
- Hasitschka, J. 2005b: „Die Geschichte der Ebnesangeralm“. - Unveröff. Studie i. A. d. Nationalpark Gesäuse GmbH, Weng, 11 S.
http://www.np-gesaeuse.at/download/forschung/Hasitschka_2006_Ebnesanger.pdf
- Hasitschka, J. 2005c: „Die Geschichte der Wolfbauernhochalm“. Unveröff. Studie i. A. d. Nationalpark Gesäuse GmbH, Weng, 16 S.
http://www.np-gesaeuse.at/download/forschung/Hasitschka_2006_Wolfbauernhochalm.pdf
- Hasitschka, J. 2005d: „Die Geschichte der Eggeralm“. - Unveröff. Studie i. A. d. Nationalpark Gesäuse GmbH, Weng, 18 S.
http://www.np-gesaeuse.at/download/forschung/Hasitschka_2006_Eggeralm.pdf
- Hasitschka, J. 2006: „Die Geschichte der Goferalmen“. - Unveröff. Studie i. A. d. Nationalpark Gesäuse GmbH, Weng, 15 S.
http://www.np-gesaeuse.at/download/forschung/Hasitschka_2006_Goferalm.pdf
- Hasitschka, J. 2007: „Die Geschichte der Kölblalm“. Johnsbach. - Unveröff. Studie i. A. d. Nationalpark Gesäuse GmbH, Weng, 8 S.
http://www.np-gesaeuse.at/download/forschung/Hasitschka_2006_Koelblalm.pdf
- Hasitschka, J., 2004: „Die Geschichte der Sulzkaralm“. - Unveröff. Studie i. A. d. Nationalpark Gesäuse GmbH, Weng, 24 S.
http://www.np-gesaeuse.at/download/forschung/Hasitschka_2003_Sulzkaralm.pdf
- Heckmann, T., Becht, M., 2004: Prozessmodellierung von Grundlawinen als geomorphologisch wirksame Naturgefahr. – In: Strobl, J., Blaschke, T., Griesebner, G. (Hrsg.): Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XVI: Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg 2004 - Wichmann Verlag, Heidelberg, S. 208-216
http://www.agit.at/index.php?option=com_wrapper&Itemid=71
- Heinimann, H., Hollenstein, K., Kienholz, H., Krummenacher, B., & Mani, P., 1998: Methoden zur Analyse und Bewertung von Naturgefahren.- Umweltmaterialien Nr. 85, BUWAL, Bern, 247 S.
- Hintenaus, K., 1995: Länderkundliche Darstellung des Hochgebirgsraumes der Gesäuseberge. - Unpubl. Diplomarbeit, Institut für Geographie und Raumforschung, Karl- Franzens Universität Graz, 107 S.

- Hoffert, H., C. Anfang, 2006: Digitale CIR-Luftbildkartierung im Nationalpark Gesäuse gemäß HABITALP Interpretation Key II. Endbericht. - Unveröff. Bericht i.A. der Nationalpark Gesäuse GmbH, Weng, 18 S.
- Hollenstein, K., 1997: Analyse, Bewertung und Management von Naturrisiken. - Vdf, Hochschul-Verl. an der ETH, Zürich, 220 S.
- Hübl, J., Bunza, G., Hafner, K., Klaus, W., 2003: ETAlp- Erosion, Transport in alpinen Systemen- „Stummer Zeugen Katalog“. - Projektteam ETAlp [Hrsg.], Wien, 48 S.
www.baunat.boku.ac.at/fileadmin/_/H871-alpine/Downloads/ETALP_Stumme_Zeugen.pdf -
- Hübl, J., Kienholz, H. Loipersberger, A. [Hrsg.], 2006: DOMODIS – Dokumentation alpiner Naturereignisse [Documentation of Mountain Disasters]- Interpraevent Schriftenreihe ! Handbuch 1, Klagenfurt, 40 S.
http://www.baunat.boku.ac.at/fileadmin/_/H87/H871/Downloads/060110-1A__DOMODIS_Inhalt_.pdf
- Jäger, S., Wieczorek, G.F., 1994: Landslide Susceptibility in the Tully Valley Area, Finger Lakes Region, New York, <http://pubs.usgs.gov/of/1994/ofr-94-0615/tvstudy.htm>
- Jenness, J., 2006: Topographic Position Index (TPI) v. 1.2-Documentaion.-Online Veröffentlichung, 42 S.
<http://www.jennessent.com/arcview/tpi.htm>
- Jenson, S. K. & Domingue, J. O., 1988: Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information Systems Analysis.-In: Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 54: No. 11, S. 1593-1600.
- Juang, C. H., Lee, D. H. Scheu, C., 1992: Mapping slope failure potential using fuzzy sets.-In: Journal of Geotechnical Engineering, 118 American Society of Civil Engineers, New York, S. 475-494
- Karlsruhe Institute of Technology-Center for Disaster Management and Risk Reduction Technology, 2009: Datenmanagemant und GIS, <http://www.cedim.de/175.php>
- Kassebeer, W., Ruff, M., 2003: Georisikokarte Vorarlberg- Analyse geogener Gefährdungen mit GIS im regionalen Maßstab. – In: Strobl, J. (Hrsg.): Angewandte geographische Informationsverarbeitung XV: Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg. - Wichmann, Heidelberg, 186-196 S.
- Katholische Universität Eichstatt Ingoldstatt-Lehrstuhl für physische Geographie, 2009: snow avalanches, <http://www.ku-eichstaett.de/Fakultaeten/MGF/Geographie/physisch/Forschung/Lawinen>
- Kellerer-Pirklbauer, A., 2001: GIS-gestützte Analyse der Murgangdisposition im Einzugsgebiet des Ennslingbaches bei Haus im Ennstal. – Unpubl. Diplomarbeit, Institut für Geographie und Raumforschung, Karl- Franzens Universität Graz, 184 S.
- Kerle, N., Froger, J.-L., et al., 2003 : Remote sensing of the 1998 mudflow at Casita volcano, Nicaragua. - International Journal of Remote Sensing Volume 24, S. 4791-4816

[http://taylorandfrancis.metapress.com/\(yv3rly45xadsozbpqspbrw\)/app/home/contribution.asp?referrer=parent&backto=issue,11,21;journal,72,204;linkingpublicationresults,1:100669,1](http://taylorandfrancis.metapress.com/(yv3rly45xadsozbpqspbrw)/app/home/contribution.asp?referrer=parent&backto=issue,11,21;journal,72,204;linkingpublicationresults,1:100669,1)

Kienholz, H., Zeistra, P., Hollenstein, K., 1993: Sicherheitstechnische, forstliche und geomorphologische Begriffsdefinition: Entwurf für ein Glossar im Rahmen des Walderhebungsprogrammes, Modul FLAM NAGEF. Eidgenössische Forstdirektion, geographisches Institut der Universität Bern, unpubliziertes Manuskript, Bern.

Koenig, M. A., 1994: Geologische Katastrophen und ihre Auswirkungen auf die Umwelt : Vulkane, Erdbeben, Meteoriteneinschläge, Bergstürze, Sauriersterben. - Ott Verlag, Thun, 261 S.

Kollmann, W., 1975: Hydrologie der nördlichen Gesäuseberge – Dissertation an der Karl-Franzens- Universität Graz, 300 S.

Krauter, E., Lauterbach, M., Feuerbach, J.: Hangdeformationen – Beobachtungsmethoden und Risikoanalyse. – geo-international Mainz und Forschungsstelle Rutschungen e.V. an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz., 6 S.
http://www.geo-international.info/Krauter_et_al._Hangdeformationen.pdf

Kuhn, C., 2004: Felsstürze- Beiträge zur ihrer Simulation. – Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur Wien-Institut für Angewandte Geologie, Wien, 61 S.
homepage.boku.ac.at/h9440283/dafertig.pdf

KÜHNE, R. 2005: Steinschlagsimulation in Gebirgswäldern - Validierung und Anwendung eines 3d-Modells zur Quantifizierung der Schutzwirkung von Wald,
<http://www.planat.ch/index.php?navID=846&userhash=20052791&IID=6>

Laatsch, W. und Grottenthaler, W., 1975: Typen der Massenverlagerungen der Alpen und ihre Klassifikation. In: Forstwissenschaftliches Centralblatt Band 91, Heft 6, Hamburg, S. 309-339

Land Steiermark-Verkehrsserver, 2009: Regionales Verkehrskonzept Bezirk Liezen 2005,
www.verkehr.steiermark.at/

Land Steiermark-GIS-Steiermark, 2009: Digitaler Atlas der Steiermark,
<http://www.gis.steiermark.at/cms/ziel/82619/DE/>

Land Tirol (Hrsg.), 2000: Lawinenhandbuch. - Tyrolia-Verl., Innsbruck- Wien, 260 S.

Lateltin, O., 1997: Berücksichtigung der Massenbewegungsgefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten (Empfehlungen).- BUWAL; Bern, 42 S.

Lehmann, C., 1993: Zur Abschätzung der Feststofffracht in Wildbächen. Grundlage und Anleitung.- Geographica Bernensia G 42.- Bern, 261 S.

Leitgeb, M., Schmidt, R., Weber, C., Daschek, F., 2007: Wildbach- und Lawinenverbauung in Österreich 2007. - Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, 24 S.
<http://gpool.lfrz.at/gpool/main.cgi?catt=default&rq=cat&tfqs=catt&catid=21835>

Leser, H., Haas, H., et al., 1997: Dierke – Wörterbuch Allgemeine Geographie – Westermann, München, 1037 S.

Lewin, J. und Warburton, J., 1994: Debris flow in an alpine environment. Geography: the Journal of the Geographical Association. – Sheffield, S. 98-107

Lieb, G. K., et al., 1988: Geomorphologie. – Skriptum, Servicebetrieb ÖH- uni Graz GmbH, Graz, 121 S.

Liebscher, H.-J., 1996: Abfluß.- In: Baumgartner, A., Liebscher, H.-J. (Hrsg.): Allgemeine Hydrologie, Quantitative Hydrologie. – Berlin, S. 462-539

Liener, S., Liniger, M., Krummenacher, B. und Kienholz, H., 1996: Abgrenzung rutschgefährdeter gebiete- Entwicklung eines Dispositionsmodells. Tagungspublikation Interpraevent 1996 Garmisch-Partenkirchen, S. 151-160.

Lorenzini, G., Mazza, N., 2004: Debris flow: phenomenology and rheological. - WIT Press, Southampton, 202 S.

Louis, H., Fischer, K., 1979: Lehrbuch der Allgemeinen Geographie: Allgemeine Geomorphologie – de Gruyter, Berlin, 814 S.

Luzian, R. (Hrsg.), 2002a: Wildbäche und Muren: eine Wildbachkunde mit einer Übersicht von Schutzmaßnahmen der Ära Aulitzky. - Forstliche Bundesversuchsanst.- Waldforschungszentrum, Wien, 163 S.

Luzian, R. (Hrsg.), 2002b: Die österreichische Schadenslawinen- Datenbank-Forschungsanliegen – Aufbau – erste Ergebnisse. - Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Nr. 175 - Wien, 51 S.

Meißl, G., 1996: Entwicklung eines Modells zur Berechnung der Reichweite von Felsstürzen. - In: Dollinger, F., J. Strobl, T. (Hrsg.), 1996: Angewandte Geographische Informationsverarbeitung VIII: Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg, <http://www.sbg.ac.at/geo/agit/papers96/meissl.htm>

Meißl, G., 1998: Modellierung der Reichweite von Felsstürzen. Fallbeispiele zur GIS-gestützten Gefahrenbeurteilung aus dem Bayerischen und Tiroler Alpenraum. Innsbrucker Geographische Studien Band 28. Innsbruck, 249 S.

Messerli, P., 1989: Mensch und Natur im alpinen Lebensraum: Risiken, Chancen, Perspektiven ; zentrale Erkenntnisse aus dem schweizerischen MAB-Programm. – Verlag Paul Haupt, Stuttgart, 368 S.

Moser, M., 1980: Zur Analyse von Hangbewegungen in schwach- bindigen Lockergesteinen im alpinen Raum anlässlich von Starkniederschlägen. Tagungspublikation Interpraevent 1980 Bad Ischl, Band 1, S. 121-149

Moser, M: Hangstabilitätsklassifikation nach Moser 1973. In: Skriptum zur Vorlesung Baugeologie der Universität für Bodenkultur (Otto Pregl)

Mößmer, R. 1984: Der Schutzerfüllungsgrad von Gebirgswaldungen als Planungsgrundlage für forstliche Sanierungsprogramme.-In: Interpraevent 1984 – Villach, Band 3, S.197 – 203.

Munter, W., 1999: 3 mal 3 Lawinen, Bergverlag Rother, München, 220 S.

Nationale Plattform Naturgefahren, 2009: Plattform Naturgefahren der Alpenkonvention, <http://www.planat.ch/index.php?userhash=71597418&nav=154,1121,1121,1121&l=d>

Nationale Plattform Naturgefahren, 2009: Wörterbuch Geomorphologie, <http://www.planat.ch/index.php?nav=156,303,316,528&userhash=20052791&IID=6>

Nationalpark Gesäuse GmbH, 2009: Überblick, <http://www.nationalpark.co.at/nationalpark/de/ueber-uns-ueberblick.php?navid=3>

Niederer, S., Kriz, K., 2003: Kartographische und methodische Gestaltung für Online-Gis - am Beispiel eines GIS Portals für den Katastrophenschutz. – In: Strobl,J. (Hrsg.): Angewandte geographische Informationsverarbeitung XV: Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg. - Wichmann, Heidelberg, 330-335 S.

Nogglner, B., 2000: GIS im Katastrophen- u. Zivilschutz (Neue Medien im Internet) - In: J. Strobl, T. Blaschke und G. Griesebner (Hrsg.), 2000: Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XII: Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg, Wichmann, Heidelberg
http://www.agit.at/index.php?option=com_wrapper&Itemid=71

ÖROK (Österreichische Raumordnungskonferenz) (Hrsg.), 1986: Raumordnung und Naturgefahren. – Schriftenreihe Österreichische Raumordnungskonferenz 50, Geschäftsstelle d. ÖROK, Wien, 134 S.

ÖROK (Hrsg.), 2005: Präventiver Umgang mit Naturgefahren in der Raumordnung. - Schriftenreihe Österreichische Raumordnungskonferenz 168, Geschäftsstelle d. ÖROK, Wien, 154 S.

PERRET, S. 2005: Rockfall – Forest Interaction: Inventory, Analysis and Simulation of Rockfall Activity in Mountain Forests, <http://www.planat.ch/index.php?navID=430&userhash=20052791&IID=6>

Petrini-Monteferri, F., Gangkofner, U., Hoffmann, Ch., Kanonier, J., Maier, B., Reiterer, A. und Steinnocher, K., 2003: Einsatz höchstauflösender Satellitendaten im Kontext alpiner Naturgefahren. – In: Strobl,J. (Hrsg.): Angewandte geographische Informationsverarbeitung XV: Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg. - Wichmann, Heidelberg, 348-358 S.

Pfister, C., 1998: Raum-zeitliche Rekonstruktion von Witterungsanomalien und Naturkatastrophen 1496-1995. Schlussbericht NFP 31, Zürich

Pfister, C., 1999: Wetternachhersage. 500 Jahre Klimavariationen und Naturkatastrophen. Bern

Plattform Naturgefahren der Alpenkonvention (Hrsg.), 2006: Dokumentation von Naturereignissen – Feldanleitung. Alpensignale Band 4, Innsbruck/Bern, 64 S.
<http://www.planat.ch/index.php?userhash=29028554&nav=154,1121,1121,1121&l=d>

Posch, E., 2004: Die Siedlungen und Verkehrswege gefährdenden Lawinen der Steiermark. – Unpubl. Diplomarbeit, Institut für Geographie und Raumforschung, Karl- Franzens Universität Graz, 96 S.

Price, W.E., 1974: Simulation of alluvial fan deposition by a random walk model. - Water Resources Research 10 – Washington, S. 263-274

Prinz, H., 1997: Abriss der Ingenieurgeologie – mit Grundlagen der Boden- und Felsmechanik, des Erd-, Grund- und Tunnelbaus sowie der Abfalldeponien. Enke Verlag, Stuttgart, 546 S.

Proske, H. Lazar, R., Trinkhaus, P., 1994: Erfassung und Darstellung geogen bedingter Boden- und Gebirgsinstabilitäten unter besonderer Berücksichtigung einer Katastrophenvorsorge. Unveröffentl. Endbericht, Joanneum Research, Graz

Rauter, M., Paulus, G., Seymann, C., 2006 :GIS-gestützte Analyse zur Berechnung potenzieller Lawinenabbruchgebiete. – In: Strobl, J., Blaschke, T., Griesebner, G. (Hrsg.): Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XVIII: Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg 2006 - Wichmann Verlag, Heidelberg, S. 569-578
http://www.agit.at/index.php?option=com_wrapper&Itemid=71

Reiss, S., 1989: Massenbewegungen im südlichen Salzkammergut. - unveröffentlichte Diplomarbeit am Geologischen Institut der Universität Innsbruck.

Reiterer, I., 2001: Gefahrenbeurteilung von Rutschungsbereichen; Versuch der Ausweisung rutschungsgefährdeter Bereiche im südlichen Salzkammergut mittels Geographischer Informationssysteme (GIS).- In: Strobl, J., Blaschke, T.(Hrsg.): Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XIII; Beiträge zum AGIT-Symposium 2001 - Wichmann Verlag, Heidelberg, S. 387-399
http://www.agit.at/index.php?option=com_wrapper&Itemid=71

Remich, B., 2001:Geomorphologische Grundlagenerhebung und Bewertung im Projektgebiet Nationalpark Gesäuse. - Unpubl. Diplomarbeit, Institut für Geographie und Raumforschung, Karl- Franzens Universität Graz, 84 S.

Rieger, D., 1999: Bewertung der naturräumlichen Rahmenbedingungen für die Entstehung von Hangmuren. Möglichkeiten zur Modellierung des Murpotentials. - Münchener geographische Abhandlungen: Reihe A 51, Inst. für Geographie der Univ. München, München, 149 S.

Rink, K., 1982: Praxisnahe Modelle zur Optimierung d. Lawinenvorhersage. – Dissertation, Mathematisch- Naturwissenschaftliche Fakultät, Universität zu Köln, 102 S.

Rossnagl, F., 2003: Jahresbericht 2002- Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung. - Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, 52 S.
http://gpool.lfrz.at/gpool/main.cgi?catt=default&rq=cat&tfqs=catt&catid=21835&1_publicationstepping=10

Rosnagl, F., 2004: Jahresbericht 2003- Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung. - Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, 56 S.

<http://gpool.lfrz.at/gpool/main.cgi?catt=default&rq=cat&tfqs=catt&catid=21835>

Rosnagl, F., 2006: Jahresbericht 2005- Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung. - Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, 56 S.

<http://gpool.lfrz.at/gpool/main.cgi?catt=default&rq=cat&tfqs=catt&catid=21835>

Ruff, M., 2005: GIS-gestützte Risikoanalyse für Rutschungen und Felsstürze in den Ostalpen (Vorarlberg, Österreich).- Dissertation an der Fakultät für Bauingenieur-, Geo- und Umweltwissenschaften der Universität Karlsruhe, 132 S.

<http://digbib.ubka.uni-karlsruhe.de/volltexte/1000002717>

Saha, A. K., Gupta, R. P., Arora, M. K., 2002: GIS-based Landslide Hazard Zonation in the Bhagirathi (Ganga) Valley, Himalayas. - International Journal of Remote Sensing Volume 23, S. 357 – 369

[http://taylorandfrancis.metapress.com/\(4pwumi55btbbe42hsmrtjfnx\)/app/home/contribution.asp?referrer=parent&backto=issue,13,16;journal,117,204;linkingpublicationresults,1:100669,1](http://taylorandfrancis.metapress.com/(4pwumi55btbbe42hsmrtjfnx)/app/home/contribution.asp?referrer=parent&backto=issue,13,16;journal,117,204;linkingpublicationresults,1:100669,1)

Sass, O., 1994: Verwitterungsprozesse an Felsflächen im Karwendelgebirge.- Unveröffentlichte Diplomarbeit am Institut für Geographie der Ludwig-Maximilians-Universität München, München, 105 S.

Sass, O., 1998: Die Steuerung von Steinschlagmenge und –verteilung durch Mikroklima, Gesteinsfeuchte und Gesteinseigenschaften im westlichen Karwendelgebirge (Bayrische Alpen).- Münchner geographische Abhandlungen B 29 - München, 175 S.

Schäuble, H., 2004: HydroTools 1.0 for ArcView 3.x.-Online Veröffentlichung, 12 S.

http://www.terracs.com/html/hydro_tools1.html

Scheidegger, A. E., 1973: On the prediction of the reach and velocity of catastrophic landslides.- Rock Mechanics 5 – Wien, S. 231-236

Schmelzer, R. M., 2000: Massenbewegungen im Hochgebirge : Talzusub und Bergsturz im Annapurna Himal, Manang District, West Nepal. –Akad. Nakladatelství CERM (Hrsg.), Brno, 245 S.

Schmidt, R., 2003:Untersuchung verschiedener digitaler Geländemodelle hinsichtlich ihrer Eignung für die dynamische Lawinensimulation mit dem dreidimensionalen zweiphasigen Simulationsprogramm SAMOS. Diplomarbeit, Institut für Geographie der Leopold-Franzens-Universität Innsbruck, Innsbruck, 155 S.

Schmidt, R., Heller, A., Sailer, R., 2003: Die Eignung verschiedener digitaler Geländemodelle für die dynamische Lawinensimulation SAMOS. – In: Strobl,J. (Hrsg.): Angewandte geographische Informationsverarbeitung XV: Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg. - Wichmann, Heidelberg, 455-465 S.

Schneider- Sliwa, R., Schaub, D., Gerold, D. (Hrsg.) 1999: Angewandte Landschaftsökologie: Grundlagen und Methoden – Springer, Berlin Heidelberg, 560 S.

Siegel, H., Schweighofer, W., BMLF (Hrsg.), 2000: Lawinen in Österreich : Lawinengefahren und Lawinenschutz Wien. – BMLF, Wien, 32 S.

Stahr, A., Hartmann, T., 1999: Landschaftsformen und Landschaftselemente im Hochgebirge. - Springer, Berlin, 398 S.

Stangl, J., Hofer, F., Maritschneg, M., Strohmaier, B., 2003: Lawinengefährdung im Gebiet der Hohen Tatra.- unveröffentlichte Seminarbericht, 18 S.

Stiny, J., 1909: Die Muren. – 126 S.

Stötter, J., 1992: Erfassung und Bewertung des Gefährdungspotentials des Langtaufere Tales/ Südtirol, ein methodischer Ansatz. Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft München, Band 77, München, S. 13-29

Strunk, H., 1995: Dendrogeomorphologische Methoden zur Ermittlung der Murfrequenz und Beispiele ihrer Anwendung. - Theorie und Forschung Band 317, Geographie Band 1, Roderer, Regensburg, 196 S.

Takahashi, T., 1980: Evaluation of the factors relevant to the initiation of debris flow.- Proceedings of the international Symposium on Landslides 3 – New Delhi, S.136-140

Thonhauser, H., 2007: Gewässerstruktur und Verbauungsgeschichte im Einzugsgebiet des Johnsbaches. – Diplomarbeit, Institut für Geographie und Raumforschung Graz, 192 S.
<http://www.nationalpark.co.at/nationalpark/de/forschung-klima-hydrologie.php#K02>

Twaroch, F., Steiner, T., Malits, R., 2003: Effiziente Topologiebestimmung von Vektor- Gis-Daten. – In: Strobl, J. (Hrsg.): Angewandte geographische Informationsverarbeitung XV: Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg. - Wichmann, Heidelberg, 520-530 S.

Van Westen, C.J., 1993: Training package for geographic information systems in slope instability zonation. Vol. 1: Theory: Application of geographic information systems to landslide hazard zonation.- ITC Publication No. 15, Enschede, International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences

VAW, 1992: Murgänge 1987-Dokumentation und Analyse. Bericht Nr. 97.6 der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, 3Bände (unveröffentlicht)- Zürich, 620 S

Voellmy, A., 1955: Über die Zerstörungskraft von Lawinen.- Schweizerische Bauzeitung 73 – Zürich, S. 159-285

Walter, H., 1985: Johnsbach. Von der Knappensiedlung zum Feriendorf. – Eigenverlag

Walter, H., 1987: Das Gesäuse im Spiegel der Vergangenheit. – Eigenverlag

Wannenmacher, H., 2002: GIS gestützte Risikoanalyse bei Murgängen im Bereich Seefeld, Tirol, Austria. - Institut für Technische Geologie und Angewandte Mineralogie, Technische Universität Graz , 98 S.

Weichselgartner, J., 2002: Naturgefahren als soziale Konstruktion: eine geographische Beobachtung der gesellschaftlichen Auseinandersetzung mit Naturrisiken. - Berichte aus der Geowissenschaft, Shaker, Aachen, 246 S.

Wilhelm, F., 1993: Hydrogeographie. Grundlagen der Allgemeinen Hydrogeographie. - Braunschweig, 227 S.

Zimmermann, M., 1990: Debris flows 1987 in Switzerland: geomorphological and meteorological aspects. In: Hydrology in Mountainous Regions. II – Artificial Reservoirs, Water and Slopes.- IAHS Publications 194; Wallingsford S. 387-393

Zimmermann, M., Mani, P. et al., 1997: Murgefahr und Klimaänderung – ein GIS- basierter Ansatz.- Zürich, 161 S.

Zimmermann, M., Rickenmann, D., 1992: Beurteilung von Murgängen in der Schweiz: Meteorologische Ursachen und charakteristische Parameter zum Ablauf.- Internationales Symposium Interpraevent 1992, Band 2 – Bern, S. 153-163

Zischg, A., Keiler, M., Fuchs, S., Meissl, G., 2002: Konzepte zur flächendeckenden Risikoanalyse für Naturgefahren im regionalen Maßstab – In: Strobl, J., Blaschke, T., Griesebner, G. (Hrsg.): Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XIV: Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg 2002 - Wichmann Verlag, Heidelberg
http://www.agit.at/index.php?option=com_wrapper&Itemid=71

Zobl, F., 2001: Abschätzung der Hangstabilitätsverhältnisse im Bereich des Einzugsgebietes der Krimler Ache / Blaubach. Diplomarbeit Institut für Technische Geologie und angewandte Mineralogie, Technische Universität Graz., 164 S.

Zeitungsartikel

Gross, U., 2001: Die Pichlroute ist für die Steinschlaggefahr bekannt. Kleine Zeitung-Ennstal-Teil vom 24. Juli 2001

Pliem, G., 2001: Gewaltiger Felssturz zerstört zwei Hektar Schutzwald. Kleine Zeitung-Ennstal-Teil vom 1. September 2001

Karten

Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV), 1997: Österreich Karte 1:50000 Blatt 99 Rottenmann. BEV, Wien

Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV), 1997: Österreich Karte 1:50000 Blatt 100 Hieflau. – BEV, Wien

Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV), 2003: Orthophotos Gesäuse, Auflösung 1,25m

Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV), 2000: Digitales Höhenmodell, Auflösung 10m

Geologische Bundesanstalt, 1935: Geologische Karte der Gesäuseberge- von Ampferer.,O. – Geologische Bundesanstalt, Wien

Österreichischer Alpenverein (ÖAV), 2002: Alpenvereinskarte Nr.16: Ennstaler Alpen-Gesäuse. – ÖAV, Wien

Schweers & Wall ,2005: Eisenbahnatlas Österreich- Railatlas Austria. - Verlag Schweers & Wall, 127 S.

Verschiedene digitale Vektordaten der NP Gesäuse GmbH (Habitatp, Infrastruktur...)

Archive

Nationalpark Gesäuse GmbH

Privatarchiv Albert Ernest

Privatarchiv Dr. Josef Hasitschka

Steiermärkische Landesforste

Wildbach und Lawinenverbauung

Anhang

Ebene	Gruppe	Bewertung der Ebene	Bewertung der Gruppe	Gesamtbewertung
Hangneigung	DGM	1	0,3	0,3
Lithologie	Geologische Faktoren	0,3	0,5	0,15
Schichtlagerung		0,3		0,15
Deckschichten		0,3		0,15
Störungen		0,1		0,05
Bäche	Umweltfaktoren	0,6	0,2	0,12
Bewaldung		0,4		0,08
Je Gruppe $\Sigma = 1$			$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$

Tab. 39: Die in der Gefährdungseinschätzung verwendeten Faktoren und deren iterativ angepasste Gewichtung für den Bereich des Rhenodanubischen Flysch (KASSEBEER et al. 2003, S190).

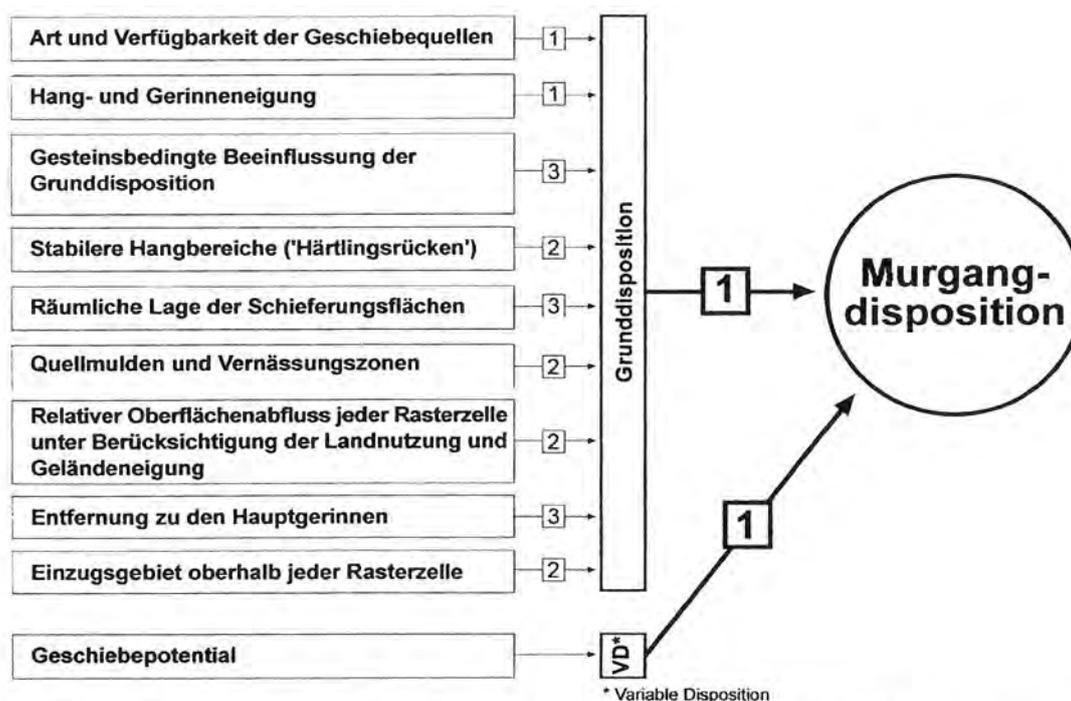


Abb. 59: Parameter zur GIS-gestützten Analyse der Murgangdisposition mit Angaben zu den jeweiligen Gewichtungsfaktoren (KELLERER-PIRKLBAUER, A., 2002, S. 45).

Ebene	Externe Gewichtung
Geologie	5
Abweichung der Streichrichtung	2
Entfernung zu Störungen	5
Murgangdisposition	5
Gewässernetz/Vernässungszonen	4
Hangneigung	4

Tab. 40: Externe Gewichtung der Ebenen nach WANNENMACHER 2002, S.80, verändert.

Kategorie	Gewichtung der Kategorien = a	Unter-kategorien der Faktoren	Gewichtung der Unterkategorien = b	Gesamt-gewichtung c = a x b	Kriterien	Gefähr-dungs-grad = d	Reihung E = c x d	Literatur-hinweis	
Topographie	0.3	Hangneigung	0.4	0.12	40 – 45° 35 – 40° 30 – 35° 25 – 30°, 45 – 50° 20 – 25°, > 50° < 20°	1 0.8 0.6 0.4 0.2 0	0.120 0.096 0.072 0.048 0.024 0	Moser (1973)	
		Expo-sition	0.3	0.09	S / SE E / W / SW NE / NW / N	1 0.5 0	0.090 0.045 0	Moser (1973)	
		Wölbungs-index	0.3	0.09	Vertikal	Hori-zontal		0.0900	Prinz (1997)
Konvex Konvex Konkav Konkav	Konvex Konkav Konvex Konkav				1 0.66 0.33 0	0.0594 0.0297 0			
Geologie	0.4	Lithologi-e	0.7	0.28	Stark gefährdet Gefährdet Gering gefährdet Nicht gefährdet	1 0.50 0.25 0	0.28 0.14 0.07 0	Reiß (1989) Prinz (1997)	
		Störungen	0.3	0.12	Bis 500 m 500 – 1000 m 1000 – 1500 m 1500 – 2000 m 2000 – 2500 m > 2500 m	1 0.8 0.6 0.4 0.2 0	0.120 0.096 0.072 0.048 0.024 0	Moser (1973)	
Umwelt	0.2	Wald	0.6	0.12	Baum-arten Ba_index 0.3	Fichte Tanne Lärche Zirbe Laubwald	1 0.8 0.4 0.2 0	0.0360 0.0288 0.0144 0.0072 0	Mößmer (1994)
					Wald-alter 0.2	Jung Mittel Alt	1 0.5 0	0.024 0.012 0	ÖBF (1999)
					Bestock-ung 0.2	> 15 % > 0 < 15% = 0%	1 0.5 0	0.024 0.012 0	ÖBF (1999)
					Misch-ungsver-hältnis 0.3	NW NL LW	1 0.5 0	0.036 0.018 0	Karl (1988)
	Boden-typen	0.4	0.08	Stark gefährdet Mäßig gefährdet Nicht gefährdet	1 0.5 0	0.08 0.04 0	ÖBF (1999)		
Klima	0.1	Höhen-lage	0.4	0.04	> 1600 m < 1600 m (=Waldgrenze)	1 0	0.04 0	Freidhager (1992)	
		Expo-sition	0.6	0.06	W / NW / N SW / NE E / SE / S	1 0.5 0	0.06 0.03 0	Steinhauer (1967)	

Tab. 41: Analyseschema (REITERER 2001, S.5-6).

Tab.42: Indizierung des Naturraumfaktors Habitatp(Bodenbedeckung) für die Dispositionsmodellierung der Prozesse Mure, Rutschung und Lawine, sowie der Zuordnung zu Landnutzungsclassen für die Murenmodellierung

1000er	100er	10er	HT-Code	Name	Mure			Rutschung		Stürze		
					I ₁	I _G	Land-nutzungs-klassen	I ₁	I _G	I ₁	I _G	Anmerkung
Gewässer	Fließgewässer	Fließgewässer	2311	Fluß strukturreich	0	0	0	0,05	0,004	0,7	0,21	
			2312	Fluß mit mittlerer Strukturdicke	0	0	0	0,05	0,004	0	0	
			2313	Fluß strukturarm / stark ausgebaut	0	0	0	0,05	0,004	0	0	
			2314	Graben, Rinne, Kanal	1	0,135	5	0,8	0,064	0,8	0,24	
Gewässer	Fließgewässer	Besonderes Objekt in Fließgewässer	2322	Stromschnelle	0	0	0	0,05	0,004	0	0	
			2331	Wehr, Sohlabsturz	0	0	6	0,05	0,004	0	0	
			2333	Deich/Damm, ohne oder mit geringer Vegetation	0	0	0	0,05	0,004	0	0	
			2350	Uferbereich, Verlandungsbereich von Fließgewässern	0	0	0	0,9	0,072	0	0	
			2411	Altarm	0,6	0,081	1	0,05	0,004	0	0	
Gewässer	Auenstillgewässer, Altgewässer	Auenstillgewässer										

Moore	Stillgewässer	Stillgewässer	2511	Stillgewässer, strukturreich	0	0	0	0,05	0,004	0	0	
			2513	Stillgewässer, strukturarm	0	0	0	0,05	0,004	0	0	
Moore	Flachmoor, Anmoor, Sumpf	Bauwerk in Stillgewässer	2533	Staumauer	0	0	6	0,05	0,004	0	0	
			3200	Flachmoor, Anmoor, Sumpf	0,9	0,1215	5	0,8	0,064	0	0	
Landwirtschaft, Staudenfluren	Wiesen, Weiden, Grünland, Rasen		4210	Trockenes Grünland	0,95	0,12825	5	0,8	0,064	0,95	0,285	
			4220	Grünland mittleren Feuchtgrades	0,9	0,1215	5	0,8	0,064	0,95	0,285	
			4230	Feucht- und Naßgrünland	0,9	0,1215	5	0,8	0,064	0,95	0,285	
			4240	montane/ subalpine/ alpiner Rasen, Wiese, Weide	0,95	0,12825	5	0,8	0,064	0,95	0,285	
			4245	Rasen über 1600m	0	0	4					Von mir hinzugefügt(Overlay Habitatp/dem>1600m) für die Murendispositionsberechnung
			4260	Weideflächen, stark verändert/ Lägerflur	0,9	0,1215	5	0,8	0,064	0,95	0,285	

Robodenstandorte, Zwergstrauchheiden, Extremstandorte	Blöcke (ehem. Schuttflur) Zwergstuch- heide	offene Flächen, Roboden, natürlich	Kraut-, Stauden- und Grasflur; Saum	Stauden- und Grasflur; Saum	Stauden- und Grasflur; Saum	mittelfeuchte Kraut-, Stauden- und Grasflur;	4700	Kraut-, Stauden- und Grasflur; Saum	0,8	0,108		5	0,8	0,064	0,95	0,285	
							4720	mittelfeuchte Kraut-, Stauden- und Grasflur; Saum	0,8	0,108		5	0,7	0,056	0,95	0,285	
							4721	Halbruderaler Saum	0,8	0,108		5	0,7	0,056	0,85	0,255	
							4722	Ruderalvegetation	0,8	0,108		5	0,8	0,064	0	0	
							4723	Hochstaudenflur des subalpinen und alpinen Bereichs	0,8	0,108		5	0,7	0,056	0,92	0,276	
							4730	nasse Kraut-, Stauden- und Grasflur; Saum	0,8	0,108		5	0,7	0,056	0,92	0,276	
							5410	Kiesbank/ Sandbank, fluviati	1	0,135		10	1	0,08	0,75	0,225	
							5440	Rinne, Runse	1	0,135		10	1	0,08	0,8	0,24	
							5600	Zwergstrauchheide	0,8	0,108		3	0,7	0,056	0,88	0,264	
							5701	Schutt/ Geröll fein (cm)	1	0,135		10	1	0,08	0	0	
							5702	Schutt/ Geröll mittel (dm)	1	0,135		10	0,9	0,072	0,75	0,225	
							5703	Schutt/ Geröll grob (m)	0,95	0,12825		10	0,9	0,072	0,7	0,21	

Bäume Feldgehölze, Gebüsche	Feldgehölz, Feldgebüsch	Gletscher/Firnfelder	Fels	5800	Fels (haupts. Dolomit)	1	0,135	9	0,9	0,072	0,68	0,204	Von mir hinzugefügt(Overlay Habitatp/Geologie_ampferer) für die Lavinendispositionsberechnung
				5850	Kalkfelsen								0,83
Wald	Feldgehölz, Feldgebüsch	Gletscher/Firnfelder	Fels	5920	Firnfeld/ Altschneefeld	1	0,135	9	0,9	0,072	0,95	0,285	
				6200	Feldgehölz, Feldgebüsch	0,6	0,081	3	0,6	0,048	0,65	0,195	
				7110	Kronendach homogen	0,7	0,0945	5	0,5	0,04	0,9	0,27	
				7114	Baumholz	0,5	0,0675	1	0,3	0,024	0,65	0,195	
				7115	Altbestand, Altersstadium/Reife- Stadium	0,5	0,0675	1	0,1	0,008	0,65	0,195	
				7121	Altholzbestand mit Verjüngung, Oberschicht: Altholz, Unterschicht: Verjüngung	0,6	0,081	1	0,1	0,008	0,5	0,15	
				7200	Nadelwald, Reinbestand	0,6	0,081	3	0,6	0,048	0,5	0,15	
Nadelwald, Reinbestand	Kronendach homogen	Laubwald, Reinbestand	Fels	7210	Kronendach homogen	0,65	0,08775	1	0,5	0,04	0,85	0,255	
				7211	Jungwuchs, Aufforstung	0,7	0,0945	2	0,7	0,056	0,73	0,219	
				7212	Dickung	0,65	0,08775	1	0,6	0,048	0,3	0,09	

Siedlung, Verkehr, Freizeit	Siedlung, Gewerbe, Industrie	Fläche mit gemischter Nutzung	7621	Kronendach nicht homogen, zweischichtig, Verjüngungsstadium	Altholzbestand mit Verjüngung, Oberschicht: Altholz, Unterschicht: Verjüngung	0,6	0,081	3	0,6	0,048	0,5	0,15
						0,9	0,1215	5	0,7	0,056	0,9	0,27
	Übrige Waldfläche		7700		Übrige Waldfläche	0,9	0,1215	5	0,8	0,064	0,9	0,27
				7710		Holzschlag, vorübergehend baumfrei	0,9	0,1215	5	0,8	0,064	0,9
	Entnahmefläche		7750		Holzagerplatz	1	0,135	8	0,8	0,064	0	0
				8130		Kiesgrube	1	0,135	10	1	0,08	0,8
Stark veränderte, gestörte Standorte, Ver- und Entsorgungsflächen	Ver- und Entsorgungsfläche	Fläche der Strom-wirtschaft	8140		Steinbruch	1	0,135	10	1	0,08	0,55	0,165
			8339		sonstige Fläche der Stromwirtschaft	0,1	0,0135	6	0,05	0,004	0	0
	offene Flächen ohne Oberboden		8400		offene Flächen ohne Oberboden	1	0,135	4	1	0,08	0,88	0,264
				8420		Lagerfläche	1	0,135	8	1	0,08	0
			9122		ländliche Prägung	0,1	0,0135	6	0,4	0,032	0	0

Tab.43: Die mit GIS verorteten historischen Ereignisse mit zugehöriger GRANAT-ID und Ereignisanzahl (n=599)

GRANAT_ID	Ereignis-Name	Ereignis-Anzahl
1	Finstergraben	9
2	Planspitze	2
3	Englahn	2
4	Schöffauer Lahngang	3
5	Valtlschütt	1
6	Handhabental	1
7	Granteltal	1
8	Planspitzengraben	10
9	Rohrgoss	1
10	Tieflimauer	1
11	Scheibengraben-Kaltenbründl, Rauschriegel	7
12	Kalktal	22
13	Haindlkar (Tamischbachturm)	17
14	Speernkar	18
15	Haindlkar	9
16	Schneiderwartgraben	9
17	Wegmachergraben	9
18	Mardersteingraben	10
19	Festeticsgraben	9
20	Kohllechnergraben	9
21	Halsgraben	9
22	Hüttengraben	9
23	Brett	1
24	Hagelwald	1
25	Rohr	9
26	Rohr-Oberes Rohr	8
27	Rohr-Rohrgoss	9
28	Scheibengraben-Niederscheiben	8
29	Hartelsgraben	5
30	Gofer	5
31	Kalktal (Tamischbachturm)	1
32	Neuwegkogel-Jagdhaus Gofer	1
33	Gstatterstein	1
34	Hagelmauer	1
35	Lettmauer	1
36	Klausgraben	6
37	Draxltal	6
38	Kotgraben	4
39	Kammerlgraben	1
40	Kammerlgraben	3
41	Hirschmauer	3
42	Hochkar (Tamischbachturm)	4
43	Hausmauer	2
44	Kuehgraben	5
45	Rotgraben	8
46	Kölblalm	1
47	Steinkar	1
48	Josefinensteig	1
49	Scheibenbauernkar	10
50	Kainzengraben	1

51	Haindlmauer	9
52	Boding-West	14
53	Boding-Mitte	19
54	Boding-Ost	16
55	Speernkar-Plattenspitz	8
56	Plattenkar	3
57	Hagelwald	1
58	Sulzkar-Almhütte	1
59	Lugauerplan	1
60	Sonntagskar	1
61	Hinterwinkel	2
62	Rotgraben-Rauchboden	2
63	Humlechnergaben	1
64	Neuweggraben	1
65	Gsenggraben	1
66	Koderalbschüttgraben	1
67	Kainzenalblgraben	1
68	Langgriesgraben-Schwarzschiefergraben	1
69	Breitschüttgraben	1
70	Peterg Stammgraben	1
71	Mitterriedlgraben	1
72	Buckletschneidergraben	1
73	Rotenedergraben	1
74	Fehringerkreuzgraben	1
75	Zwischenmauerstrecke	1
76	Zwischenmauerstrecke	1
77	Zwischenmauerstrecke	1
78	Zwischenmauerstrecke	1
79	Zwischenmauerstrecke	1
80	Zwischenmauerstrecke	1
81	Zwischenmauerstrecke	1
82	Zwischenmauerstrecke	1
83	Zwischenmauerstrecke	1
84	Zwischenmauerstrecke	1
85	Zwischenmauerstrecke	1
86	Zwischenmauerstrecke	1
87	Zwischenmauerstrecke	1
88	Hinterwinkel-Bäuchelgraben	3
89	Hinterwinkel-Scharfer Graben	2
90	Hinterwinkel-Mahdgraben	2
91	Hinterwinkel-Goassgraben	2
92	Bründlmauer	16
93	Scheibenfischer	3
94	Heubrandl	11
95	Hochsteg-Ost	9
96	Haspelgraben	7
97	Schmittenbichl	18
98	Lettmaierkogel	22
99	Krummschnabel	37
100	Leier	1
101	Wandaubauernkar	2
102	Haindlmauer-West	1
103	Stiegenkogel	1

104	Stiegenkogel-Ost	5
105	Dürrenkogel-West	1
106	Ritschenwald	2
107	Viererkogel	2
108	Bruckstein-West	2
109	Bruckstein-Mitte-Klein	1
110	Rotgraben	1
111	Hochsteg-West	1
112	Hochsteg-Mitte-West	10
113	Hochsteg-Mitte-Ost	10
114	Handhabenriedl-West-I	5
115	Handhabenriedl-West-II	5
116	Ennsmauer	4
117	Ennsmauer	4
118	Ennsmauer	1
119	Ennsmauer	1
120	Kühgraben	1
121	Oberes Rohr	1
122	Dachlerlahngang	1
123	Hochscheiben	1
124	Meisterplan	1
125	Kammerrinn	1
126	Schneeloch-Rinnerstein	1
127	Gamsstein	1
128	Plotschenplan	1
129	Kölbplan	1
130	Teufelsgraben	1
131	Greanriedl	1
132	Kölblalm-der Lahngang	1
133	Wolfsbauerturm	1
134	Glanegg	1
135	Valtbauerluck'n	1
136	Griesgraben	1
137	Kaltenbachgraben	1
138	Mitterkeil	1
139	Zigeunerbühel	1
140	Finstergaben	1
141	Weißschütt	1
142	Handhabenriegelgraben	1
143	Himbeersteinrunse	1
144	Haspelgraben	1
145	Schmiedgraben	1
146	Geierkogelrunse	1
147	Ritschengrabenbach	1
148	Bruckgraben	1
149	Wasserfallgraben	1

Tab. 43: Die mit GIS verorteten historischen Ereignisse mit zugehöriger GRANAT-ID und Ereignisanzahl (n=599)

Interviews

Interview Reinhard Thaller (NP-Ranger und Landwirt aus Landl)

Felssturz Planspitze-Nordwand: am 13.4.2007 um 17:00 ist ein weiteres Stück ausgebrochen.

Interview Hans-Peter Scheb (Obmann der Bergrettung Admont)

Hans-Peter Scheb ist Katastrophenbeauftragter des Bezirks Liezen und Obmann der Bergrettung Admont. In einem Interview vom Jänner 2007 und nachfolgender E-Mail-Konversation bestätigte er mir, dass es keine Aufzeichnungen des Admonter Bergrettungsdienstes gäbe, die mir mit einer Beschreibung des Verortens von vergangenen Lawinenabgängen möglich machen würde.

Im Jänner 2008 bekam ich jedoch von Hr. Scheb eine Liste der Admonter Bergrettung zugesandt, mit insgesamt acht Lawineneinsätzen. Jedoch fanden alle diese Einsätze zur Gänze außerhalb des NP Gesäuses statt.

Durch Hr. Scheb erfuhr ich von folgenden Ereignissen:

Felssturz oberhalb der Verbindungsstraße Weng – Gesäuse Eingang ca. 2002 (= Hausmauer; Anm. d. Autors)

Felssturz Planspitze Nordwand 2002 oder 2003 (2001; Anm. d. Autors)

Felssturz Buchstein (St. Gallener Seite), ebenfalls ca. 2002 oder 2003 (= St. Gallner Spitz; Anm. d. Autors)

Felssturz im Bereich Tieflimauer-, „Luckete Mauer“; sieht man von der Heshütte aus.

Interview DI Engelbert Schmied (Leiter WLW-GBL Ennstal und Salzatal (Admont/Liezen) bis Herbst 2007)

Herr Schmied gab mir im Dezember 2006 einen ersten Überblick über die WLW, ihre Aufgaben und ihren Datenbestand.

Hier suchte ich in den Kollaudierungsoperaten (Protokolle über WLW-Bauvorhaben) und in den jeweiligen Gefahrenzonenplänen nach Informationen. Die Kollaudierungsoperaten erwiesen sich als nur wenig hilfreich, da in fast allen Fällen nur auf die technischen Verbauungen und nicht auf den Naturprozess (meist Lawine oder Mure) eingegangen wurde.

Die Gefahrenzonenpläne waren vielversprechender. Besonders die dem Gefahrenzonenplan zugrundeliegenden Gefahrenkarten waren für mich sehr hilfreich, da sie Wildbacheinzugsgebiete und übliche Lawinengebiete kennzeichnen. Ein Nachteil war

allerdings, dass die Daten laut Herrn Schmied nur analog verfügbar waren und dass die Gebiete nur per Hand und verhältnismäßig ungenau eingezeichnet waren. Auch zu Fragen über die Erstellung des GZPs stand mir Herr Schmied zur Verfügung oder half mir mit Literaturhinweisen (hauptsächlich Richtlinien des Lebensministeriums). Hier erfuhr ich u.a., dass der östlichste Teil des Gesäuses, der dem Bezirk Leoben angehört, zur WLV-Gebietsbauleitung Bruck an der Mur gehört.

Nach knapp einem Jahr hatte ich dann erneut eine Frage bzgl. der Alpingendarmerie-Protokolle (siehe Interview Streit), über die ich von Herrn Streit (GBL Mittleres Murtal und Mürztal) informiert wurde. Nun konnte mir Herr Schmied, per E-Mail, leider nur mehr mitteilen, dass die GBL Ennstal und Salzatal ihren Arbeitsplatz von Admont nach Liezen im Herbst 2007 (Bauleitungszusammenlegung) verlegt hat und dass im Zuge dessen auch alle Daten, bei denen die WLV keine primäre Aufbewahrungspflicht hatte, vernichtet wurden, auch die Alpingendarmerie-Protokolle. In dieser E-Mail wies mich Herr Schmied auch auf weitere Quellen hin: Bergrettung, Straßenmeisterei, Alpingendarmerie.

Interview DI Martin Streit (Leiter WLV-GBL Mittleres Murtal und Mürztal (Bruck a. d. Mur)

In den Verwaltungsbereich der GBL Mittleres Murtal und Mürztal fällt der Bereich des NP-Gebiets, der im Bezirk Leoben liegt. Diese GBL besuchte ich erst im November 2007, da dieser Teil des Nationalparks relativ klein ist und ich mir zuvor einen Überblick über den größeren, restlichen Teil des Gesäuses machen wollte.

Herr Streit schenkte mir großes Vertrauen und kam mir sehr entgegen. Er berichtete mir erstmals von den Alpingendarmerie-Protokollen über Lawinenereignisse, von denen die WLV einen Durchschlag bekamen (vom Winter 1973/1974 bis zum Winter 1993/1994). Weiters erfuhr ich, dass der Bereich bei Hieflau zwar zur GBL Mittleres Murtal und Mürztal gehört, aber aufgrund der geringeren Distanzen und praktikableren Handhabung von der GBL Unteres Ennstal und Salzatal mitbetreut wird, woraufhin ich mich nochmals an Herrn DI Schmied gewendet habe.

Außerdem bekam ich von Herrn Streit auch die Wildbacheinzugs- und Lawinengebiete auf einer CD im Shapefile-Format zur Verfügung gestellt. Ich war überrascht, da ich 10 Monate zuvor in der GBL in Admont informiert wurde, dass diese Daten nur analog zur Verfügung stünden.

Interview DI Andreas Holzinger (Direktor der Steiermärkischen Landesforste)

Herr DI Holzinger hat mir umfassenden Zugang zu den Archiven der Landesforste gewährt. Dort hat er mich auf das Kapitel „Katastrophenschäden“ im Aktenplan hingewiesen, das die meisten Informationen hinsichtlich Lawinen, Muren etc. bietet, außerdem half er mir bei der Recherche im Foto-Archiv der Landesforste. Weiters hat er mir berichtet, dass die Katastrophenschäden, meist mit nur geringen Ortsinformationen wie Gemeinde oder Revier, den Aufzeichnungen der damaligen Förster zu Grunde liegen und dass diese mir vielleicht noch weiterhelfen könnten.

Interview Albert Ernest (ehemaliger Leiter der Lawinenwarnkommission Gesäuse)

Von Herrn Ernest bekam ich, neben dem Zugang zu seiner sechs Ordner umfassenden Sammlung über die Lawinen im Gesäuse, auch einige interessante Anekdoten erzählt, die mir einen größeren Blickwinkel auf die Lawinenforschung des letzten Jahrhunderts lieferten. Die Zusammenfassung dieses sechsbändigen Werks stellt das von Herrn Ernest im Eigenverlag veröffentlichte Buch „Mit Lawinen leben“ (2002) dar. Ein großer Teil der Lawinen-Datensätze der im Zuge der Diplomarbeit erstellten Naturprozess-Datenbank, stammt aus diesem Buch.

Interview DI Dieter Zedlacher (ehemalige Leiter der WLV-GBL Unteres Ennstal-Salzatal)

Mit Herrn Zedlacher bin ich das gesamte Gebiet des NP Gesäuse durchgegangen und habe alle ihm in Erinnerung gebliebenen üblichen Ereignisgebiete erfahren:

Allgemein:

Geröllmuren (aus dem Dolomitschutt): kommen nicht weit

Muren aus den Moränenmassen (hoher Schluffanteil): vergrößern die Reichweite

Lawine reißt die Murgänge frei, die Muren reißen wiederum den Lawinengang frei, dann wieder Lawinen etc.

Himbeerstein S-Flanke: 2002; ca.1000 bis 3000m³ Fels; Felssturz-ähnlich

Gstatterstein: 1974; ca. 5000-10000 m³; Bergsturz (größter Bergsturz der jüngeren Zeit im Gesäuse)

Planspitze: 2003; Felssturz; halb so groß wie Gstatterstein

Buchstein – St.Gallner Spitz: Felssturz; ca. so groß wie Planspitze

Kühgraben und Rotgraben: klassische Muren und Lawinengänge

Buchstein- S-Wand

Rohr: eher Karstbach-Charakter → selten Murenereignisse, aber wenn sie sich ereignen, dann sehr stark

Weißbachl: ist das Gegenteil zum Rohr; es gibt hier laufend Muren, weil im Einzugsgebiet große Mengen an „Kalksand“ gelagert sind; dieser „rinnt“ jedoch eher

Klausgraben (= Draxlgraben): Muren sehr selten, wahrscheinlich wegen der Bewaldung

Hinterwinkel: manchmal kommt die Mure noch im Hinterwinkel zum Stehen, aber dort ist sie immer nur „zwischenabgelegt“

Hartelsgraben: „braver Bursche“ aus WLV- Sicht, da der Dachsteinkalk in diesem Graben bereits Ennsniveau erreicht und es dadurch dort keine großen Schuttmassen gibt

Tamischbachturm: klassisches Lawinengebiet; kaum Muren

Tamischbachturm-N-Flanke: bringt 10000 m³ Witterschutt jährlich

Schneiderwartgraben: (Gstatterboden N-Seite) klassischer Murengraben

Johnsbach-Zwischenmauerstrecke: starke Dolomitverwitterung → Muren z. B. Langgrißgraben, Grißgraben, Schafgraben (war immer der Auslöser für Katastrophen) → „Hangexplosionen“ durch hohen Porenwasserdruck

Sulzkar: ist ein „Lawinenfeld“, wenn es einen Winter mit vielen Lawinen gibt

Buchstein S-Wand: viel Steinschlag und vor allem mehr als auf der N-Wand

Interview Dr. Josef Hasitschka (Lokalhistoriker und Lehrer im Stiftsgymnasium Admont)

Herr Hasitschka war einer der ersten Interviewpartner von mir. Er nannte mir wichtige Ansprechpersonen für die historische Recherche. Und nicht zuletzt auch seine Veröffentlichungen über die Gesäuse-Almen, die zum großen Teil auf der Homepage des NP-Gesäuse zum Herunterladen zur Verfügung stehen. Zum Beispiel wurde in einem seiner Berichte über die Ebnersangeralm berichtet, dass die dortige Almhütte 1892 einer Lawine zum Opfer fiel. Außerdem wies er mich nochmals darauf hin, dass die „Uralmen“ im Gesäuse – wie fast überall – die Lawinenstriche sind.

Außerdem hat er auf den Hartelsgraben, den Schöffauer-Lahngang von 1951, die Foto-Dokumente der Landesforste und auf das LF-Archiv allgemein hingewiesen.

Murengefahr auf alpinen Wegen

z.B. Haindlkar, gesamter Weg bis zur Hütte; Gsengschart´n-Weg gesperrt wegen Muren und Rutschungen...

Dr. Hasitschka erwähnte folgende Ereignisse:

Bergstürze:

Pulvermachergraben in den 50er Jahren

Gstatterstein, NW-Seite in den 70er Jahren

An der Hausmauer ca. 2002

In der Planspitz-N-Wand 2002

Kühgrabenmure: in den 70er Jahren wurde ein Zug verschüttet

Zahlreiche Murenereignisse 2004 oder 2005: Kühgraben, Planspitzengraben

Jährlichen Murenabgänge im Dolomit in der Zwischenmäuerstrecke

Jährlichen Murenabgänge im Haindlkar, besonders 2004 oder 2005

Permanentes Problem Winterhöllgraben (alte Aufzeichnungen in der Johnsbacher Pfarrchronik)

Literaturhinweise: Hubert Walter „Das Gesäuse – Spiegel der Vergangenheit“, „Johnsbach – Von der Knappensiedlung zum Feriendorf“

Email von Fö. Ing. Rudolf Haslinger

Fö. Ing. Rudolf Haslinger ist Förster des NP Gesäuses. Folgende Ereignisse wurden von Mag. Daniel Kreiner (Fachbereich Naturschutz des NP), nach Ergänzungen von ihm, an mich weitergeleitet:

Nachfolgend die Liste der Elementarereignisse mit Schadensschwerpunkten, soweit ich das anhand meiner Fotos nachvollziehen konnte.

12. 8. 2002 Hochwasser Enns

27. 8. 2004 Hochwasser Enns

3. 5. 2005 Hochwasser Enns (und Stauraumspülung KW Gstatterboden)

starke Geschiebeführung Seitengräben zur Enns)

12. 7. 2005 Hochwasser Enns (Johnsbach)

21. 9. 2005 Hochwasser Enns

7./8. 8. 2006 Hochwasser Enns (Vermurungen, Hochwasser Johnsbach)

20. 7. 2008 Hochwasser Johnsbach (Vermurungen oberhalb Langgries)

23./24. 7. 2008 Hochwasser Enns u. Johnsbach

28. 6. 2006 Windwurf Brunnstube, Krapfalm

19. 1. 2007 Windwurf durch Sturm Kyrill; Brunnstube, Neuburg, Krapfalm, Brucksattel etc.

26./27. 1. 2008 Windwurf durch Sturm Paula

1. 3. 2008 Windwurf durch Sturm Emma; verteilt über gesamtes Revier