



Hans Kienholz

Kombinierte geomorphologische  
Gefahrenkarte  
1 : 10'000 von Grindelwald

mit einem Beitrag von Walter Schwarz







Hans Kienholz

Kombinierte geomorphologische  
Gefahrenkarte  
1 : 10 000 von Grindelwald

mit einem Beitrag von  
Walter Schwarz

Umschlagbild:

Blick von der Pflingstegg Richtung Grosse Scheidegg  
(vgl. auch Geologisches Profil, Fig. 3, S. 37)

# G E O G R A P H I C A   B E R N E N S I A

---

Reihe G : Grundlagenforschung  
Reihe P : Geographie für die Praxis  
Reihe S : Geographie für die Schule  
Reihe U : Skripten für den Universitätsunterricht

## B A N D   G   4

Herausgabe und Verlag

Arbeitsgemeinschaft Geographica Bernensia  
in Zusammenarbeit mit dem  
Geographischen Institut der Universität Bern  
und der  
Geographischen Gesellschaft von Bern

Redaktion

PD Dr. Klaus Aerni  
Hallerstrasse 12, CH-3012 Bern

Auslieferung

Geographisches Institut der Universität Bern  
Redaktion Geographica Bernensia  
Hallerstrasse 12, CH 3012 Bern

Druck

Juris Druck + Verlag AG, Bern



by Geographisches Institut der Universität Bern, 1977

Online Version: G4 doi: 10.4480/GB2024.G4  
2024 GEOGRAPHICA BERNENSIA



Creative Commons Licences

Hans Kienholz

Kombinierte geomorphologische  
Gefahrenkarte  
1 : 10'000 von Grindelwald

mit einem Beitrag von Walter Schwarz

Geographisches Institut der Universität Bern – 1977

Diese Arbeit wurde gedruckt mit Beiträgen folgender Institutionen:

- Stiftung zur wissenschaftlichen Forschung an der  
Universität Bern
- Geographische Kommission der Schweizerischen  
Naturforschenden Gesellschaft
- Gemeinde Grindelwald
- Kurverein Grindelwald
- Bergbahn Grindelwald First
- Wengernalpbahn

## VORWORT

---

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit methodischen Problemen bei der Kartierung von Naturgefahren. Am Beispiel des Talkessels von Grindelwald soll versucht werden, eine kombinierte geomorphologische Gefahrenkarte zu erstellen. In zwei Schritten soll zuerst eine geomorphologische Grundlagenkarte als Bestandesaufnahme der aktuellen und relikten Morphodynamik und anschliessend die Gefahrenkarte erstellt werden.

Im Rahmen des MAB 6-Programmes der UNESCO ist Grindelwald zu einem der vier schweizerischen Testgebiete bestimmt worden<sup>1)</sup>. Unsere Arbeit bildet damit einen Beitrag zur Erfassung der ökologischen Gegebenheiten dieses Raumes.

Diese Arbeit wäre kaum durchführbar gewesen, wenn mir nicht zahlreiche Personen und Institutionen mit Rat und Tat beigestanden wären.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. B. Messerli, welcher die Arbeit von der Idee, über alle Schwierigkeiten bis zur Realisierung kritisch begleitet und gefördert hat.

Im weiteren richte ich meinen Dank

- für gemeinsame Feldbegehungen und fachliche Unterstützung an die Herren J. Zeller (EAFV Birmensdorf), RD. Dr. J. Karl und Dr. G. Bunza (Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft, München), Dr. P. Fitze (Geographisches Institut der Universität Zürich)
- für verschiedene Beratungen, besonders in kartographischen Fragen an Herrn Prof. Dr. G. Grosjean (Geographisches Institut der Universität Bern)
- für anregende Diskussion und Kritik an meine Studienkollegen Dr. P. Messerli, R. Baumgartner, M. Grunder, R. Volz und U. Witmer
- für Beratung in Einzelfragen und für die Bearbeitung der englischen bzw. französischen Zusammenfassung an Prof. Dr. J. Ives (Institute of Arctic & Alpine Research, University of Colorado) und Dr. J.P. Portmann (Lecteur, Geogr. Inst. d. Univ. Bern)
- für Beratungen in Einzelfragen an die Herren Dr. O. Hegg und M. Küttel (Botanische Institute der Universität Bern), Dr. W. Häberli (ETH, Zürich), M. Kläy und Ch. Wicki (OFI, Bern), Dr. C. Lichtenhahn (EASF, Bern), Dr. F. Kilchenmann (Münsingen), K. Rechsteiner (forstwirtschaftliche Zentralstelle, Solothurn), M. Steiger, (Interlaken), H. Wanner, Dr. M. Winiger und Dr. H. J. Zumbühl (Geographisches Institut der Universität Bern)

---

1) Man and Biosphere, Programm 6: Human Impact on Mountain Ecosystems. vgl. SCHWEIZ. MAB-KOMITEE: Die Schweizerischen MAB 6-Testgebiete. MAB-Information Nr. 3 (April 1976)

- für die Bearbeitung der Lawinengefahr an die Herren W. Schwarz und H. Wittwer (Lawinendienst, Interlaken)
- für das Bereitstellen von Dokumenten an Herrn F. Wenger (Kreisoberingenieurbüro I, Thun)
- für zahlreiche lokalbezogene Auskünfte an die Herren Chr. Baumann (Bausekretär Grindelwald) und F. Bettschen (alt Amtsschwellenmeister, Interlaken)
- für Vermessungsarbeiten an die Herren Prof. Dr. F. Chaperon, Prof. Dr. H. Schmid, J. Rüeger, W. Gurtner und Mitarbeiter und Studenten (ETH, Zürich)
- für Feldarbeiten an die Herren H. U. Bleuer und A. Desaulles (Geographisches Institut der Universität Bern)
- für die Aufbereitung von Klimadaten an Frl. K. Brechtbühl und Herrn H. Speck (Geographisches Institut der Universität Bern)
- für die Benutzung von Untersuchungsergebnissen an die Herren W. Bauder, H. Hurni und Frau S. Orga-Merki (geographisches Institut der Universität Bern)
- für die Bereitstellung von Hilfsmitteln an die Herren Dr. R. Kuoch, H. Wandeler (Forstinspektion Oberland, Spiez) und M. Wirz (CRAMAIR, Bern)
- für die finanzielle Unterstützung an die Stiftung zur wissenschaftlichen Forschung an der Universität Bern, an die Geographische Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft, an Kurverein und Gemeinde Grindelwald, an die Bergbahnen Grindelwald-First und Wengernalpbahn (an die Bahnen auch für Gratistransporte)
- für Uebersetzungsarbeiten an Herrn A. Stucki (Geogr. Inst. d. Univ. Bern)
- für Mithilfe bei der Dokumentation an Frl. M. Freiburghaus (Bern)
- für die Reinschrift und Reinzeichnung an Frau D. Florin und Herrn B. Werthemann (Geographisches Institut der Universität Bern)

Besonders danken möchte ich

- Herrn Th. Baumann (Geographisches Institut der Universität Bern) für die Ausführung der kartographischen Arbeiten und Beratung in kartographischen Belangen
- Familie V. Boss (Grindelwald) für Unterkunft und Verpflegung

Ein spezieller Dank gilt meinem Vater, Herrn H. Kienholz (Köniz) für die kritische Durchsicht des Manuskriptes vor allem in sprachlicher Hinsicht.

Den grössten Dank aber schulde ich meiner Frau für das stetige Verständnis, für aktive Mitarbeit im Feld und bei der Dokumentation sowie in logistischen Belangen.

# INHALTSVERZEICHNIS

---

VORWORT		5
INHALTSVERZEICHNIS		7
VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN, FIGUREN UND TABELLEN		11
ZUSAMMENFASSUNG		15
SUMMARY		17
RESUME		19
1.	EINLEITUNG	23
1.1.	PROBLEMSTELLUNG UND ZIELSETZUNG	24
1.1.1.	Die Forderung nach Gefahrenkarten	24
1.1.2.	Hinweis auf bestehende Kartierungen	27
1.1.2.1.	Uebersichtskarten in kleineren Massstäben	27
1.1.2.2.	Karten in mittleren Massstäben	28
1.1.2.3.	Grossmassstäbige Gefahrenkarten	29
1.1.3.	Die drei Schritte bei der Ausscheidung von Gefahrenzonen und die Zielsetzung für die vorliegende Arbeit	31
1.2.	DAS KARTIERUNGSGEBIET GRINDELWALD	34
1.2.1.	Topographische Situation und Abgrenzung	34
1.2.2.	Geologische Uebersicht	35
1.2.3.	Zur Geomorphologie des Raumes Grindelwald	35
1.2.4.	Zu Klima und Vegetation von Grindelwald	38
1.2.5.	Grindelwald als Kulturlandschaft	40
1.3.	DIE GRUNDZUEGE DES ARBEITSABLAUFES	42
2.	DIE GEOMORPHOLOGISCHE GRUNDLAGENKARTE	45
2.1.	ZUR DISKUSSION UM ZIEL UND INHALT VON GROSSMASSSTAEBIGEN GEOMORPHOLOGISCHEN KARTEN	46
2.2.	BEMERKUNGEN ZU DEN METHODEN UND HILFSMITTELN BEI DER AUFNAHME DER GEOMORPHOLOGISCHEN GRUNDLAGENKARTE	49
2.2.1.	Zur Aufnahme der Karte	49
2.2.2.	Erstellen des Kartenentwurfes	50

2.3.	MASSENVERLAGERUNGEN: BESCHREIBUNG UND EINORDNUNG WICHTIGER ERSCHEINUNGEN - BEISPIELE AUS DEM RAUM GRINDELWALD	52
2.3.1.	Rutsche und Sackungsbewegungen	54
2.3.2.	Talzus Schub	57
2.3.2.1.	Der aktive Talzus Schub im Gebiet von Mühlebach	58
2.3.2.2.	Der aktive Talzus Schub in den Hängen zwischen Alpig- len, Brandegg, Wärgistal und dem Wärgistalbach	61
2.3.2.3.	Das Gebiet zwischen Eigergletscher und Bustiglen (Talzus Schub mit aktuell geringer Aktivität)	62
2.3.2.4.	Brandswald - Itramenwald - Itramen (Talzus Schub mit aktuell geringer Aktivität)	62
2.3.2.5.	Das westliche Dorfgebiet von Grindelwald (Talzu- schub mit aktuell geringer Aktivität)	63
2.3.2.6.	Das Gebiet westlich von der Grossen Scheidegg (Talzus Schub mit aktuell geringer Aktivität)	63
2.3.2.7.	Ein blockstromartiger Talzus Schub: das Gebiet zwischen der Linie Roteneegg - Uf Spitzen und Schwendi	64
2.3.3.	Bergzerreissung	65
2.3.3.1.	Röthhorn - Nothalten	65
2.3.3.2.	Das Gebiet zwischen Gummi und Honegg	66
2.3.4.	Kriech- und Flie ssbewegungen	66
2.3.5.	Murgang, Erd- und Schuttgang	68
2.3.6.	Massensturz	68
2.4.	INHALT UND LEGENDE DER GEOMORPHOLOGISCHEN GRUNDLAGENKARTE 1 : 10 000 VON GRINDEL- WALD	70
2.4.1.	Topographische Grundlage (grau)	73
2.4.2.	Gewässer, Vernässung (blau)	73
2.4.3.	Erosion, Denudation, Massenselbstbewegung (rot)	76
2.4.4.	Akkumulation (grün)	92
2.4.5.	Anthropogene oder anthropogen direkt beeinflusste Formen (schwarz)	96
2.4.6.	Verschiedenes: geodätische und morphographische Signaturen (braun)	100
2.4.7.	Die Lawinenkatasterkarte (von W. SCHWARZ)	100
2.4.8.	Die Darstellung komplexer Phänomene durch Kombi- nation mehrerer Elemente	101
2.4.8.1.	Rutschung	101
2.4.8.2.	Aktiver Talzus Schub	102
2.4.8.3.	Blockstromartiger Talzus Schub	103
2.4.8.4.	Wandfusslage	103
2.4.8.5.	Bachlauf	104



3.	DIE KOMBINIERTE GEOMORPHOLOGISCHE GEFAHRENKARTE 1 : 10 000 VON GRINDELWALD	105
3.1.	DIE VERSCHIEDENEN TYPEN VON GEFAHREN- KARTEN	106
3.2.	GRUNDSAETZLICHE BEMERKUNGEN ZUM INHALT DER KOMBINIERTEN GEOMORPHOLOGISCHEN GEFAHRENKARTE VON GRINDELWALD	108
3.2.1.	Die Gefahrenarten	108
3.2.2.	Grundsätzliches zur Bestimmung der Gefahrenstufen	108
3.2.2.1.	Zur Stärke von gefährdenden Prozessen	109
3.2.2.2.	Zur Häufigkeit des Auftretens von gefährdenden Prozessen	109
3.2.3.	Besondere Probleme	111
3.2.3.1.	Gefahren durch Bruch von Staudämmen und -mauern	111
3.2.3.2.	Zum Problem der präventiven Ausscheidung von belastungsempfindlichen Zonen	112
3.3.	DIE GEFAHRENBEURTEILUNG UND DIE ERMITTL- LUNG DES GEFAHRENPOTENTIALS BEI DEN EINZELNEN GEFAHRENARTEN	114
3.3.1.	Die Qualität der Gefahrenbeurteilung	114
3.3.2.	Grundmethoden der Gefahrenbeurteilung	115
3.3.2.1.	Die "historische" Grundmethode	116
3.3.2.2.	Die Grundmethode der "stummen Zeugen" und der (geomorphologischen) Geländeanalyse	116
3.3.2.3.	Die Grundmethode der Modellversuche und Modell- rechnungen	116
3.3.2.4.	Ergänzende Bemerkungen	117
3.3.3.	Die Ermittlung der Lawinengefahr (von W. SCHWARZ)	117
3.3.4.	Die Gefahr von Eislawinen und Eissturz	121
3.3.5.	Die Sturzgefahr	122
3.3.6.	Die Rutschgefahr	128
3.3.7.	Die Wassergefahr	140
3.4.	DAS ALLGEMEINE VORGEHEN BEI DER ERSTEL- LUNG DER KOMBINIERTEN GEOMORPHOLOGISCHEN GEFAHRENKARTE VON GRINDELWALD	157
3.4.1.	Die Lokalisierung der Gefahren und die Bildung von Kindynotopen	157
3.5.	AUFBAU UND INHALT DER KOMBINIERTEN GEOMORPHOLOGISCHEN GEFAHRENKARTE 1 : 10 000 VON GRINDELWALD	162
3.5.1.	Allgemeine Bemerkungen	162
3.5.2.	Inhalt und Legende der kombinierten geomorpho- logischen Gefahrenkarte von Grindelwald	163
3.5.2.1.	Areale mit eindeutiger Gefahrenstufung	163

3.5.2.2.	Areale mit nicht eindeutiger Gefahrenstufung	166
3.5.2.3.	Die Darstellung der Kindynotope	167
3.6.	BEMERKUNGEN ZUR BENUETZUNG DER KOMBINIERTEN GEOMORPHOLOGISCHEN GEFAHRENKARTE VON GRINDELWALD	168
3.6.1.	Allgemeines	168
3.6.2.	Das Restrisiko	168
3.6.3.	Die Notwendigkeit der Revision der Beurteilung infolge natürlicher oder künstlicher Veränderungen	169
3.6.4.	Rechtswirkungen	169
4.	ABSCHLIESSENDE BEMERKUNGEN	171
4.1.	ZUR GEOMORPHOLOGISCHEN GRUNDLAGENKARTE	172
4.1.1.	Zum Inhalt der geomorphologischen Grundlagenkarte	172
4.1.2.	Zur Kartographie der geomorphologischen Grund- lagenkarte	172
4.1.3.	Zusammenfassung der prüfungswerten Abänderungsvor- schläge	175
4.2.	ZUR GEFAHRENBEURTEILUNG UND ZUR GEFAHRENKARTE	177
4.3.	ZUM PROBLEM DES ARBEITSAUFWANDES	178
LITERATURVERZEICHNIS		181
ANHANG I	BEGRIFFSERLÄUTERUNGEN	193
ANHANG II	ORTSBEZEICHNUNGEN MIT KOORDINATEN IM SCHWEIZERISCHEN KILOMETERNETZ	196
APPENDIX III	LEGEND OF THE BASIC GEOMORPHOLOGICAL MAP	199
APPENDIX IV	LEGEND OF THE COMBINED GEOMORPHOLOGICAL HAZARD MAP	203

## VERZEICHNIS DER ABILDUNGEN, FIGUREN UND TABELLEN

---

Abb. 1	<u>Element 111</u> : Kleiner Bach, nicht klassierbar	81
Abb. 2	<u>Element 112</u> : Bach, Sohle in latenter Erosion	81
Abb. 3	<u>Element 113</u> : Bach, Sohle im Beharrungszustand	81
Abb. 4	<u>Element 114</u> : Bach, Umlagerungsstrecke	81
Abb. 5	<u>Elemente 115 + 221</u> : Bach, eintiefende Sohle und Feilenanbruch, im Lockermaterial, ohne Vegetation	82
Abb. 6	<u>Element 131</u> : Vernässungsstelle	82
Abb. 7	<u>Element 211</u> : Uferanbruch, im Lockermaterial, ohne Veg.	82
Abb. 8	<u>Element 231</u> : Rand einer Flussterrasse	82
Abb. 9	<u>Elemente 311 + 312 + 511</u> : Bruchrand (mit und ohne Vegetation) und Fläche von grossräumig versackten bzw. verrutschten Massen	83
Abb. 10	<u>Elemente 321 + 323</u> : Bruchrand einer Sackung bzw. Rutschung, im Lockermaterial, mit und ohne Vegetation	83
Abb. 11	<u>Element 333</u> : Zugriss, im Lockermaterial, mit Vegetation	83
Abb. 12	<u>Element 361</u> : Blattanbruch, im Lockermaterial, ohne Veg.	83
Abb. 13	<u>Element 385</u> : Abgrusung	84
Abb. 14	<u>Element 513</u> : Fläche einer versackten, bzw. verrutschten Masse, teilweise buckelig	84
Abb. 15	<u>Element 514</u> : Fläche einer versackten, bzw. verrutschten Masse, intensiv buckelig	84
Abb. 16	<u>Element 531</u> : Frisches Felssturzmaterial	84
Abb. 17	<u>Elemente 511 + 533</u> : Fläche von grossräumig versackten bzw. verrutschten Massen, mit z.T. bewachsenem Blockschutt	85
Abb. 18	<u>Element 553</u> : Mur- und Bachschuttkegel, mit Vegetation	85
Abb. 19	<u>Elemente 811 + 816</u> : Bachverbauung, einfache Abstürze und Kanalisierung	85
Abb. 20	<u>Element 831</u> : Künstlicher Anschnitt, im Lockermaterial, ohne Vegetation	85
Abb. 21	<u>Element 877</u> : Planierung (Skipiste), ohne Vegetation	86
Abb. 22	<u>Element 881</u> : Viehgangeln	86
Abb. 23	<u>Element 905</u> : Messpunkt für die Bestimmung der jährlichen horizontalen Verschiebung eines Punktes (Sockel der Stütze der Sesselbahn)	86

Fig. 1	Topographische Kartenskizze von Grindelwald und der weiteren Umgebung	34
Fig. 2	Geologische Kartenskizze des Raumes Grindelwald	36
Fig. 3	Geologisches Profil Schwarzhorn - Wetterhorn	37
Fig. 4	Starkregenanalyse (Frequenz-Analyse nach Gumbel)	39
Fig. 5	Flussdiagramm des Arbeitsablaufes bei der Erstellung der komb. geomorph. Gefahrenkarte von Grindelwald	43
Fig. 6	Schema des Arbeitsablaufs bis zur Erstellung des Kartenentwurfs Grindelwald	51
Fig. 7	Schema des wünschenswerten Arbeitsablaufs bis zur Erstellung des Kartenentwurfs	51
Fig. 8	Querschnitt durch eine idealisierte Rutschung	55
Fig. 9	Blockdiagramme von Translations- und Rotationsrutschen	56
Fig. 10	Sackender Talzus Schub	58
Fig. 11	Schematisches Längsprofil eines Erdstromes	67
Fig. 12	Die Bildung von Blattanbrüchen als Folge von Schneeauflast und Schneekriechen	89
Fig. 13	Auswirkungen des Viehtritts auf Erosion und Denudation	99
Fig. 14	Die Güte der Entscheidungsbegründung bei der Gefahrenbeurteilung	114
Fig. 15	a Lawinenkatasterkarte Grindelwald-Pfingstegg b Lawinengefahrenkarte Grindelwald-Pfingstegg	118 119
Fig. 16	Das potentielle Felsrutsch- und Sturzgebiet NE von First	125
Fig. 17	Längenprofil einer potentiellen Sturzbahn am Hang NE von First	126
Fig. 18	Skizze zur Berechnung der Bewegung einer rollenden Kugel	127
Fig. 19	Die Abhängigkeit der Hangstabilität vom Schicht- fallen und der Hangneigung	135
Fig. 20	Die Bestimmung der Rutschgefahr unter Anwendung von Tab. 6 und 7 am Beispiel eines Hanges SE von First	137
Fig. 21	Die Bestimmung der Rutschgefahr unter Anwendung von Tab. 6 und 7 am Beispiel eines Hanges S von Oberhaus	139
Fig. 22	Die kritischen Stellen im Gewässernetz von Grindelwald	148
Fig. 23	Die Bestimmung des benetzten Umfanges p	149
Fig. 24	Zwei Arbeitsvarianten für die Erstellung der komb. geomorph. Gefahrenkarte und ihre Vor- und Nachteile	158
Fig. 25	Die Protokollierung der Kindynotope	160
Fig. 26	Kriech- und Gleitbewegung der Schneedecke	194

Tab. 1	Typen der Massenverlagerung in den Alpen	53
Tab. 2	Die Inhalte einiger Typen von Gefahrenkarten	106
Tab. 3	Abgrenzung der Begriffe Steinschlag, Felssturz und Bergsturz	123
Tab. 4	Die Geschwindigkeit eines rollenden Felsblockes am Hang NE von First	126
Tab. 5	Schriftlich überlieferte Rutsche im Gebiet von Grindelwald	129
Tab. 6	Checkliste zur Ermittlung der Labilität eines Hanges	132
Tab. 7	Hilfstabelle zur Bestimmung der rutschbedingten Gefahrenstufe	134
Tab. 8	Schriftlich überlieferte Wasserschäden im Gebiet von Grindelwald	143
Tab. 9	Erhebung der Charakteristik der Grindelwaldner Wildbäche nach AULITZKY	144
Tab. 10	Vorläufige Wildbach-Gefährlichkeits-Klassifikation für Schwemmkegel (AULITZKY 1973 b)	145
Tab. 11	Die Bestimmung des Koeffizienten $\psi_0$ für die Müller-Formel	147
Tab. 12	Die Bestimmung von Wildbachindizes nach AULITZKY für einige kritische Stellen in Grindelwald	151
Tab. 13	Abflusskapazität und Höchst-Hochwasserabfluss nach MUELLER für einige kritische Stellen in Grindelwald	153
Tab. 14	Die Beurteilung einiger ausbruchgefährdeter Stellen entlang den Bachläufen in Grindelwald	155
Tab. 15	Mindestvorschriften für die aus der Lawinengefahr resultierenden Gefahrenstufen	164
Tab. 16	Bedeutung der Gefahrenstufen allgemein und Vorschlag zur Formulierung resultierender Mindestvorschriften	165
Tab. 17	Zusätzlich notwendige Elemente für eine optimale Gefahrenbeurteilung aus der geomorphologischen Grundlagenkarte	173



# ZUSAMMENFASSUNG

---

Die Arbeit behandelt Fragen der Kartierung von Naturgefahren in Gebirgsräumen. Als Naturgefahren werden in diesem Zusammenhang diejenigen Gefahren angesehen, welche mit Massenverlagerungen auf dem Boden oder im Boden zusammenhängen (= geomorphologische Gefahren); dazu gehören Lawinen, Rutsche, Stürze, Wassergefahren und Eislawinen bzw. Eisstürze.

Am Beispiel der Erstellung einer kombinierten geomorphologischen Gefahrenkarte 1 : 10 000 von Grindelwald (ca. 60 km SE von Bern) werden die auftretenden Probleme und der von uns eingeschlagene Lösungsweg erörtert: In einem ersten Schritt wird eine geomorphologische Grundlagenskarte und im zweiten Schritt die Gefahrenkarte selbst erstellt. Der dritte Schritt, die Erstellung eines Gefahrenzonenplanes (= rechtlich verbindliches Planungsinstrument nach Genehmigung durch die zuständige politische Instanz) ist dagegen nicht Gegenstand dieser Arbeit.

## 1. Schritt: DIE GEOMORPHOLOGISCHE GRUNDLAGENKARTE

### Zielsetzung

1. Die Karte soll eine Grundlage für die Ausarbeitung der Gefahrenkarte bilden.
2. Sie soll ein Diskussionsbeitrag zur geomorphologischen Kartographie allgemein sein.

Methoden der Kartenaufnahme: Die Grundlagenskarte wurde zur Hauptsache in detaillierter Feldarbeit aufgenommen, weil mit dem zur Verfügung stehenden Bildmaterial durch Luftbildinterpretation allein viele Fragen nicht gelöst werden konnten. Oft aber erwies sich das Luftbild als die geeignete topographische Grundlage für die Eintragung bei der Feldkartierung. Beim Uebertragen der im Feld aufgenommenen Elemente in die Karte konnten Orthophotos eingesetzt werden, welche die Arbeit wesentlich erleichterten.

Inhalt der Grundlagenskarte: Sie gibt einen Ueberblick über die geomorphologischen und besonders über die morphodynamischen Verhältnisse im Talkessel von Grindelwald. Das Schwergewicht liegt auf der Darstellung der Rutschungen, der in Grindelwald weit verbreiteten Talzuschübe und der Wildbäche (vgl. Kap. 2.3. und 2.4.). Die Karte wurde zusätzlich mit der vom Lawinendienst der Forstinspektion Oberland erstellten Lawinenkatasterkarte überdruckt, so dass sie die wesentlichsten Grundlagen und Belege für die im zweiten Schritt erarbeitete Gefahrenkarte enthält. Einige wünschenswerte Ergänzungen werden in Kap. 4.1.1. aufgeführt.

## 2. Schritt: DIE KOMBINIERTE GEOMORPHOLOGISCHE GEFAHRENKARTE

### Zielsetzung

Die Karte soll die durch Naturgefahren bedrohten Gebiete unter Anwendung objektiver wissenschaftlicher Kriterien zeigen.

Methoden der Gefahrenkartierung und -beurteilung: Mit Hilfe der geomorphologischen Grundlagenkarte, der geologischen und topographischen Karte und durch stereoskopische Luftbildauswertung wurden Teilflächen (Grösse zwischen ca. 0,2 bis mehrere ha) abgegrenzt und bezüglich aller Gefahrenarten beurteilt. Dabei wurden die von den Nachbar-Teilflächen herkommenden Gefahren gleichfalls berücksichtigt. Die definitive Gefahrenbeurteilung und Abgrenzung der Teilflächen oder Kindnotope (Definition vgl. S. 157) wurde im Gelände selbst vorgenommen.

Die Gefahrenbeurteilung erfolgte vor allem durch die Auswertung der "stummen Zeugen" und durch geomorphologische Geländeanalyse. Aufzeichnungen über frühere Ereignisse wurden studiert und bei der Gefahrenbeurteilung berücksichtigt. In verschiedenen Fällen wurden zwecks quantitativer Abschätzung einfache Modellrechnungen verwendet, wobei die lawintentechnischen Berechnungen und die Kartierung der Lawinengefahr vom Lawinendienst der Forstinspektion Oberland durchgeführt wurden.

Für die Auswertung der "stummen Zeugen" und der geomorphologischen Geländeanalyse wurden zur Erhöhung der Objektivität bezüglich Nachvollziehbarkeit Checklisten oder Testsysteme verwendet, welche aber noch nicht vorbehaltlos übernommen und eingesetzt werden konnten. Mit dieser Feststellung ist die Aufforderung an die Geomorphologie verbunden, vermehrt solche Checklisten und Testsysteme zu erarbeiten.

Inhalt der Gefahrenkarte: Die kombinierte geomorphologische Gefahrenkarte zeigt die in den einzelnen Zonen bestehenden Gefahrenstufen und Gefahrenarten. Die vier Gefahrenstufen werden folgendermassen durch Farben dargestellt: rot = grosse Gefahr, blau = Gefahr, gelb = geringe Gefahr und weiss = nach menschlichem Ermessen keine Gefahr. Mit Schraffuren werden die Gebiete bezeichnet, für welche die Gefahrenstufung nicht definitiv vorgenommen werden konnte (Zonen mit nicht eindeutiger Gefahrenstufung). Buchstaben geben detaillierte Angaben über die in den betreffenden Zonen zu berücksichtigenden Gefahrenarten.

Die ausgeschiedenen Gefahrenzonen entsprechen der aktuellen Situation, beinhalten aber gleichzeitig eine Prognostizierung für die nächsten 100 - 150 Jahre (= ungefähre Lebensdauer eines Hauses). Das Vorausblicken auf die nächsten 100 - 150 Jahre gilt aber nur soweit, als im betreffenden Gebiet keine Veränderungen in der Landschafts- und Nutzungsstruktur zu verzeichnen sind. Weil solche Veränderungen die Gefahrensituation negativ oder positiv beeinflussen können, muss die Gefahrenbeurteilung im betreffenden Zonenbereich jeweils revidiert werden (vgl. dazu Kap. 3.6.3.).

Auswertung der Gefahrenkarte: Die Gefahrenkarte zeigt, dass Lawinen- und Sturzgefahren vor allem die höher gelegenen Randzonen des Talkessels von Grindelwald bedrohen. Die Rutschgefahr (Talzuschübe) stellt hauptsächlich Probleme im Gebiet zwischen dem östlichen Dorfteil von Grindelwald und der Grossen Scheidegg, sowie in Gebieten südlich des Wärgistalbachs in der Fusszone des Eigers. Die Gefahr von Wasserausbrüchen der Gletscher spielt im Talboden von Grindelwald eine wichtige Rolle, während dieser von Wildbächen nur zum Teil in grösserem Ausmass bedroht wird.



## SUMMARY

---

This paper discusses the problems of mapping mountainous areas subject to natural hazards by describing the construction of a hazard map for a specific area in the vicinity of Grindelwald, about 60 km southwest of Bern, Switzerland. A mapping scale of 1 : 10.000 was used and the specific natural hazards mapped were those related to surface and below surface mass movements including snow and ice avalanche, rockfall, landslide, torrent, and flood. These can also be described as geomorphological hazards. The first step was the construction of a basic geomorphic map; this was then used for derivation of a second map at the same scale showing the location and intensity of the specific hazards involved. Problems which arose during the various stages of the work, together with the methods employed to overcome them, are discussed.

### The first step - THE BASIC GEOMORPHIC MAP

This map, produced in two sheets, 89 by 122 cm, was printed in 6 colours giving a 76 point legend. There were two major objectives for this stage of the study:

- (1) to provide a base for compilation of the map of actual hazards
- (2) to make a general contribution to the field of geomorphic cartography.

Methods: mapping was based upon extensive fieldwork combined with air photographic interpretation. Orthophotographs provided a useful cartographic base for compilation of the manuscript map.

Map content: the map is intended to give a special insight into the general situation of the Grindelwald area. Since the product was to be a practical map for the planner, only those processes, and forms deriving from them, that constitute a more or less serious danger or obstacle to human activities, have been included. Thus some of the content of the more traditional geomorphic map has been excluded for the sake of clarity. Torrents and individual mass movements, characteristic of the Grindelwald area, are mapped in great detail (see chapters 2.3. and 2.4.). In addition, the land register map of avalanches, produced by the AVALANCHE SERVICE OF THE BERNESE FORESTRY OFFICE, has been superimposed on the geomorphic map so that it would contain all the necessary information from which the hazard map could be derived. Some desirable additions are discussed in chapter 4.1.1.

### The second step - THE COMBINED GEOMORPHOLOGICAL HAZARDS MAP

This map was also produced in two sheets using 5 colours. It is intended to form the cartographic base for land-use zoning and shows areas subject to different types of intensities of hazard. Every effort was made to ensure that its compilation was as scientifically objective as possible.

Methods: with the exception of the avalanche hazard mapping, the unit area method was employed. Approximately 4.000 unit areas, with individually determined provisional degrees of danger were demarcated, using the geomorphic map together with topographic and geologic maps and stereo air photographs. Evaluation of the provisional danger units in comparison with neighbouring units was undertaken and most of the provisional compilation was reevaluated in the field. This resulted in construction of the final manuscript map.

Determination of degree of hazard was based principally upon interpretation of field indications of former and actual mass movements (the so-called "silent-witnesses" of AULITZKY 1973 a: 93). In some cases simple calculations were used for obtaining quantitative results. Also technical calculations and mapping of avalanche danger zones, performed by the Avalanche Service, were added to the compilation of the other geomorphological hazards at this stage (see p. 117).

For the most part it was not possible to classify the different types and intensities of hazard on an absolute, quantitative scale. But to ensure an acceptable degree of objectivity in hazard classification by evaluation of the field indications of former and actual mass movements a series of check lists and test systems were developed. Examples of these are given in figures 20 (p. 137) and 21 (p. 139).

Map content: the different degrees of danger on a 4 point scale are represented by different colours, while the specific types of hazard are denoted by letters. Thus: red = great danger; blue = moderate danger; yellow = slight danger; white = no danger. There were some areas that, while obviously subject to danger from a particular phenomenon, could not be classified in terms of intensity. These areas were coloured according to the lowest degree of danger for the particular hazard over which was superimposed a diagonal cross hatching in the colour that would denote the highest anticipated intensity of the same hazard. This general category embraces two sub-groups: (a) those with varying degrees of hazard over areas so small that they could not be resolved on the mapping scale of 1 : 10.000, and (b) areas that could not be classified specifically either because the locality could not be examined in the field or because the available methods were inadequate. The combination of multiple colours, letters and occasional cross hatching allows type and intensity of hazard to be plotted for each map unit.

Interpretation of the hazards map: The map shows that the upper slopes of the Grindelwald basin are the most susceptible to avalanches and rock and ice falls. Landslide danger is most heavily concentrated between the eastern part of Grindelwald village and Grosse Scheidegg (see frontispiece), and in the area south of Wärgistalbach (= torrent) under the Eiger north wall. Danger from flooding, due to the outflow of glacial lakes, is very serious for the lower sections of the Grindelwald basin which are also gravely threatened in places by torrents.

The process of map construction and solution of the problems encountered indicates that natural hazards can be delineated cartographically in such a way that land-use planning decisions can be greatly facilitated.

## RESUME

---

Cet article est consacré à la cartographie des risques naturels en région de montagne. Ceux-ci sont dus, entre autres, à des mouvements de masse du sol, ou à la surface du celui-ci. Les risques géomorphologiques sont les éboulements, les glissements de terrain, les avalanches, les débâcles glaciaires ainsi que les désastres provoqués par les eaux.

A partir d'une carte globale des risques géomorphologiques, au 1 : 10 000, de la région de Grindelwald (60 km environ au SE de Berne), il a été possible de dégager quelques problèmes et de proposer des solutions. Dans une première démarche, nous avons établi une carte géomorphologique de base qui nous a permis d'élaborer, ensuite, une carte des risques proprement dite. Quant à la troisième démarche, celle aboutissant à un plan de zone, il n'en est pas question ici.

### Première démarche: LA CARTE GEOMORPHOLOGIQUE DE BASE

#### Objectifs

1. Celle-ci doit servir à l'élaboration de la carte des risques.
2. Elle est une contribution aux problèmes généraux de la cartographie géomorphologique.

Méthodes des levés cartographiques: La carte de base résulte en grande partie de levés détaillés dans le terrain, car l'interprétation des photographies aériennes ne permet pas, à elle seule, de résoudre plusieurs questions, à cause du matériel à disposition. Par contre, la photographie aérienne s'est souvent révélée comme le fond topographique le meilleur pour les levés dans le terrain. Le report final des observations sur la carte fut grandement facilité par l'emploi d'orthophotos.

Contenu de la carte de base: Celle-ci donne un aperçu de la géomorphologie et, en particulier, des phénomènes morphodynamiques dans la vallée de Grindelwald. L'accent a été mis sur les glissements de terrain, sur les mouvements de masse répandus dans cette région, ainsi que sur les torrents (cf. chap. 2.3.). En surcharge, on a imprimé la carte des avalanches mise à disposition par l'Inspectorat forestier de l'Oberland bernois. Ainsi on possède les éléments indispensables pour l'établissement, dans une deuxième étape, de la carte des risques. Quelques compléments souhaitables sont traités dans le chapitre 4.1.1. (cf. p. 173).

### Deuxième démarche: LA CARTE GLOBALE DES RISQUES GEOMORPHOLOGIQUES

#### Objectif

La carte doit représenter les régions exposées aux catastrophes naturelles, selon des critères scientifiques.

### Méthodes de la cartographie des risques et de leur évaluation:

A partir de la carte géomorphologique de base et à l'aide des cartes topographiques, géologiques ainsi que par l'interprétation de photographies aériennes, il fut possible de délimiter certains secteurs, d'une surface allant de 0,2 à plusieurs ha. Tous les dangers auxquelles ces derniers sont exposés furent identifiés. A ce propos, on tint compte aussi des dangers provenant des aires limitrophes. La désignation définitive des dangers et des aires correspondantes au Kindynotopes (cf. p. 145) fut précisée dans le terrain même.

L'évaluation des risques découla avant tout de l'interprétation des "témoins muets" et de l'analyse géomorphologique. Des notes d'anciens événements furent examinés et prises en considération dans l'appréciation des risques. Dans différents cas, on recourut à des modèles mathématiques simples afin d'obtenir une estimation quantitative. Ainsi pour la supputation des risques d'avalanches et de la cartographie des régions qui y sont exposées, par le Service des avalanches de l'Inspectorat forestier de l'Oberland bernois.

Afin d'augmenter l'objectivité dans l'interprétation des témoins muets et dans l'analyse géomorphologique, on utilisa des listes de contrôles et des séries d'essais. Toutefois ceux-ci ne peuvent pas être adoptés et introduits inconditionnellement.

Contenu de la carte des risques: La carte globale des risques géomorphologiques indique pour chacune des aires identifiées et le degré de risque et la nature du danger. L'intensité du risque est donnée par les couleurs suivantes: rouge = danger important; bleu = danger; jaune = danger restreint; blanc = pas de danger à vues humaines. Des hachures désignent les secteurs dont l'intensité des risques ou bien n'est pas encore établie d'une façon stricte ou bien varie sur une faible distance. Des lettres donnent des indications détaillées sur le genre de danger.

Les zones délimitées correspondent à la situation actuelle tout en constituant une prévision pour les 100 à 150 prochaines années, c'est à dire la durée approximative d'une maison. Toutefois le pronostic, pour cette période, ne vaut que dans la mesure où des modifications ne se produisent ni dans la nature ni dans l'utilisation des paysages. Comme de telles transformations peuvent influencer, positivement ou négativement, la situation relative aux risques, une révision s'imposera chaque fois (cf. p. 169).

Interprétation de la carte des risques: La carte des risques montre que les avalanches et les éboulements menacent spécialement les régions bordières, élevées de la vallée de Grindelwald. Les glissements de terrain, l'instabilité des versants posent des problèmes principalement dans le secteur entre la partie orientale du village de Grindelwald et la Grande Scheidegg (cf. frontispice); de même dans les régions situés au sud du Wärgistalbach au pied de l'Eiger. Les risques consécutifs à des vidanges de lacs glaciers menacent le fond de la vallée de Grindelwald alors que celui-ci n'est que partiellement exposé à des inondations massives.

O Mensch der Du vorüberziehst  
Bedenk dass dieses Land  
Von Rufen, Steinschlag, Louigfah  
Seit altersher bedrohet war  
Der Berg, der hier der stotzig heisst  
Gar ernsthaft nach dem Himmel weist.

Albert Streich, 1958<sup>\*)</sup>

<sup>\*)</sup> Inschrift im Gasthof zum Hirschen,  
Ebligen am Brienersee



# 1. EINLEITUNG

## 1.1. PROBLEMSTELLUNG UND ZIELSETZUNG

### 1.1.1. Die Forderung nach Gefahrenkarten

Die Dringlichkeit einer sachgerechten Umwelt- und Raumplanung im Gebirgsraum ist heute in einsichtigen Kreisen unbestritten. Das zeigt allein schon die Tatsache, dass im Auftrag des Europarates (mit Unterstützung der UNESCO) eine Studie (AULITZKY 1974) durchgeführt wurde, welche sich mit den Problemkreisen befasst, die sich aus den menschlichen Aktivitäten im Alpenraum vor allem im Zusammenhang mit Naturgefahren ergeben. Umwelt- und Raumplanung im Gebirgsraum muss die Gefährdung von Menschen, Tieren und Sachen in einzelnen Raumeinheiten durch Naturgewalten (Lawinen, Wildbäche usw.) berücksichtigen.

Die Dringlichkeit einer geplanten und geordneten Entwicklung der Gebirgsräume im allgemeinen und der Alpen im speziellen ergibt sich aus der enormen Verdichtung und der qualitativen Umstrukturierung der menschlichen Aktivitäten in den letzten Jahren sowie der damit verbundenen räumlichen Ausdehnung. Als Beispiel sei erwähnt, dass von den im Jahre 1973 in Grindelwald bestehenden 21 Transportanlagen (Bergbahnen, Skilifte) deren 14 allein seit 1960 gebaut worden sind (REICHEN 1974 : 29).

Während die Bevölkerungsdichte und die Anzahl der Besucher in diesen Gebieten bis ins letzte Jahrhundert in einem bescheidenen Rahmen blieb, haben wir in unserem Jahrhundert und besonders in den letzten 20 Jahren eine starke Zunahme der Belegung des Alpenraumes zu verzeichnen.

Früher konnte sich die Bevölkerung an Stellen ansiedeln, die in der Regel durch Naturgewalten nicht oder nur wenig gefährdet waren. Zuzunahme des wachsenden Bevölkerungsdrucks und vor allem des expandierenden und teilweise überbordenden Tourismus dehnten sich die Siedlungen entsprechend aus und gerieten häufig in von Naturgewalten bedrohte Gebiete. Dazu kommt, dass der Mensch der technisierten Welt unseres Jahrhunderts, insbesondere der Unterländer, der seine Aktivität in irgendwelcher Form im Berggebiet entfaltet, nicht mehr über den Instinkt und die Erfahrung verfügt, welche diese Aktivität auf vor Naturgewalten sichere Gebiete verweisen.

Wir unterscheiden gegenüber Naturgefahren aktive und passive Massnahmen und stellen fest, dass die Institutionalisierung der aktiven Massnahmen (Verbauungen usw.) viel früher eingesetzt hat als diejenige der passiven Massnahmen (Meiden der Gefahrenzonen). Dies dürfte damit zu erklären sein, dass die passiven Massnahmen in der Regel vom Einzelnen aufgrund von Erfahrung und Instinkt selbständig getroffen wurden, während die aktiven Massnahmen schon früh eine Kooperation oder gar den



Eingriff staatlicher Organisationen erforderten, wie dies etwa in HAEUSLER (1968 : 221) für das Emmental (Ueberschwemmungen der Emme) beschrieben wird.

Im 20. Jahrhundert wurde aber auch die Institutionalisierung der passiven Massnahmen als immer wichtiger erkannt. So sagte am 6. März 1928 der eidgenössische Forstinspektor F. Fankhauser (zit. in FRUTIGER 1970 : 247) in einem Vortrag über Lawinen und Lawinenverbau: "Wenn in neuerer Zeit da und dort auch als gefährdet bekannte Stellen für teures Geld an Ortsfremde als Hausplätze verkauft und von diesen in guten Treuen überbaut wurden, so dass es in einzelnen Fällen einen Aufwand von Millionen erforderte, um den begangenen Fehler durch Verbauung tunlichst wieder gutzumachen, so sollte dies für die Zukunft als Lehre dienen und die Gemeindebehörden veranlassen, wo eine solche Gefahr besteht, die Baubewilligung nicht zu erteilen."

Zwischen diesen Worten und dem Moment, in dem man den im Zitat angesprochenen Gemeindebehörden Entscheidungsgrundlagen zur Verfügung stellen kann, ist bereits viel Zeit verstrichen, und es dürfte mancherorts auch künftig noch lange dauern. Erst 1975 konnten die "Richtlinien zur Berücksichtigung der Lawinengefahr..." (OFI 1975) herausgegeben werden, welche Vorschriften für die Erstellung von Lawinenkatastern, Lawinengefahrenkarten und Lawinenzonenplänen in der Schweiz enthalten.

Diese lange Dauer von der Idee bis zur Realisierung hat ihre Gründe einerseits in dem Umstand, dass hier boden- und vermögensrechtliche Fragen tangiert werden, ist aber andererseits auch darin zu suchen, dass das Ausscheiden von Gefahrenzonen schwierige fachliche Probleme aufwirft, an deren Lösung wohl noch längere Zeit intensiv gearbeitet werden muss.

Wie die folgenden Beispiele zeigen, werden politisch und juristisch in der Schweiz im Laufe der letzten 10 Jahre Voraussetzungen für das Einbeziehen der Naturgefahren in die Raumplanung geschaffen.

Artikel 32 der VOLLZIEHUNGSVERORDNUNG ZUM BUNDESGESETZ BETREFFEND DIE EIDGENOESSISCHE OBERAUFSICHT UEBER DIE FORSTPOLIZEI (1965) verlangt von den Kantonen die Ausscheidung der lawinengefährdeten Zonen.

Im Artikel 79 des Entwurfes zum Bundesgesetz über die Raumplanung (BOTSCHAFT DES BUNDESRATES 1972 : 103) wird unter anderem festgelegt: "...Die Leitlinien haben folgenden Gesichtspunkten Rechnung zu tragen:

a) ...

g) das Siedlungsgebiet ist vor den Naturgewalten und den Gefahren technischer Werke sowie vor übermässigen schädlichen oder lästigen Einwirkungen zu schützen;

h) ..."

Der Bundesbeschluss über dringliche Massnahmen auf dem Gebiete der Raumplanung vom 17. März 1972 verpflichtet die Kantone, diejenigen Gebiete zu bezeichnen, "deren Besiedlung und Ueberbauung ...zum Schutz vor Naturgewalten vorläufig einzuschränken oder zu verhindern ist" (FURGLER 1972 : 4).

In Artikel 3 des Baugesetzes des Kantons Bern (ZAUGG 1971 : 59) steht: "In Gebieten, in welchen Leben und Eigentum erfahrungsgemäss oder voraussehbar durch Steinschlag, Rutschungen, Lawinen, Ueberschwemmungen oder andere Naturereignisse gefährdet sind, dürfen keine Gebäude erstellt werden.

Dem Grundeigentümer bleibt der Nachweis vorbehalten, dass die Gefährdung des Baugrundstückes und der Zufahrt durch sichernde Massnahmen behoben ist".

In Artikel 20 des Baugesetzes ist das Ausscheiden von Gefahrenzonen ebenfalls erwähnt.

Artikel 30 desselben Gesetzes lautet (ZAUGG 1971 : 160):

"Die Gemeinden bezeichnen im Zonenplan diejenigen Gebiete, welche wegen der Gefährdung durch Naturereignisse nicht oder nur mit sichernden Massnahmen überbaut werden dürfen (Art. 3)".

Die Artikel 33 - 35 des bernischen Gesetzes über das Forstwesen (REGIERUNGSRAT DES KANTONS BERN 1973 : 7) regeln die Berücksichtigung der Lawinengefahr und die Ausscheidung der Lawinengefahrenzonen im Kanton Bern.

Der REGIERUNGSRAT DES KANTONS GRAUBUENDEN (1971) hat "Richtlinien zur Ausarbeitung von Gefahrenzonenplänen" erlassen, welche die Gemeinden anhalten, in ihren Ortsplanungen die Gefahren zu berücksichtigen.

Gesetzliche Grundlagen für die Ausscheidung von Gefahrengebieten werden auch im Ausland geschaffen. So erwähnt HANAUSEK (1975 a) : 126 - 127 bzw. 1975 b) : 369) das Raumordnungsgesetz für das österreichische Bundesland Tirol, welches "klar aussagt, dass im Zuge der Bestandesaufnahme festzulegen ist, welche Flächen von Hochwasser, Vermurung, Steinschlag, Erdbeben und Lawinen gefährdet sind" und "dass Grundflächen, die sich wegen der vorgenannten fünf Kriterien für die Bebauung nicht eignen, von der Widmung als Bauland ausgeschlossen sind...".

Fachlich fordert WINKLER (1972 : 9), dass

- "1. Die Aufnahme eines (möglichst kartographischen) Katasters bzw. Inventars der Landschaftsrisiken,
2. ihre Wertung im Rahmen der Landesplanung und insbesondere der Infrastruktur,
3. die Ausarbeitung von Richtlinien der Beeinflussung bzw. Beseitigung der Risiken und schliesslich
4. die Erarbeitung von Risiken-Plänen bzw. ihr Einbau in die Landschafts-, Orts-, Regional- und Landespläne, der naturgemäss in Koordination bzw. Abstimmung auf die übrigen Planungsinteressen vorzunehmen ist".

Zur Frage, was für Gefahren denn eigentlich berücksichtigt werden sollen, nimmt WINKLER (1972 : 9 - 10) mit einem ausführlichen Katalog Stellung. Darin sind die uns interessierenden Risiken durch Bodenbewegungen, Erosions- und Akkumulationsrisiken, sowie Lawinen- und Gewässerisiken aufgeführt.

Da diese Gefahren aus formenbildenden geomorphologischen Prozessen resultieren, also unmittelbar mit der aktuellen Morphodynamik zusammenhängen, sollen sie im folgenden als geomorphologische Gefahren bezeichnet werden.

#### 1.1.2. Hinweis auf bestehende Kartierungen

Da die Notwendigkeit der Berücksichtigung von Naturgewalten in der Raumplanung heute erkannt ist und einschlägige Gesetzesbestimmungen sie verlangen, existieren bereits recht viele Arbeiten und Programme, die sich mit diesen Problemen befassen.

Die meisten dieser Arbeiten werden im Rahmen von Orts-, Regional- und Landesplanungen durchgeführt und werden jeweils nur in wenigen Exemplaren zu Händen des Auftraggebers erstellt, so dass sie nicht ohne weiteres zugänglich sind. Andere Arbeiten sind oft nur rein verwaltungsinterne Papiere, die kaum an die Öffentlichkeit gelangen.

Aus diesen Gründen kann und soll mit den folgenden Beispielen keine Vollständigkeit erreicht werden, sondern es soll nur kurz auf einige Karten hingewiesen werden, welche sich mit den auf S. 108 genannten Naturgefahren befassen.

##### 1.1.2.1. Uebersichtskarten in kleineren Massstäben

Solche Karten sind erstellt worden, um eine Uebersicht über Naturgefahren in grösseren Räumen zu erhalten. Uebersicht verlangt eine einfache, generalisierende Darstellung, so dass keiner dieser Karten präzise Details entnommen werden können. Da sie keine Einzelheiten geben müssen, können diese Karten oft in relativ kurzer Zeit aufgenommen und hergestellt werden.

Sie basieren zum Teil allein auf der Interpretation von andern Spezialkarten, wie dies bei der Geotechnischen Risikenkarte der Schweiz, 1 : 300 000 von BUSER (1971) der Fall ist. Diese Karte "dient einer ersten allgemeinen Beurteilung der Bodeneignung auf der Stufe der Landesplanung. Sie zeigt eine durch Massstab und Grundlage bedingte Auswahl schwieriger Untergrundverhältnisse aus geologischer Sicht" (BUSER 1971 : I).

Aehnlich in der Aufmachung ist die ebenfalls im Auftrag des Institutes für Orts-, Regional- und Landesplanung (ORL-Institut) an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich erstellte Karte der Lawinengefährdeten Gebiete der Schweiz, 1 : 300 000 von ZINGG (1972). Sie "dient Studien auf der Stufe der Nationalplanung und gibt interessierten Stellen einen Ueberblick über die Lawinenverhältnisse in der Schweiz. Im weiteren gibt sie darüber Auskunft, wo bei Planungen detaillierte Lawinenzonenkarten erstellt werden sollten", wobei sie aber keine Einzel-lawinen zur Darstellung bringt (ZINGG 1972 : II).

Diese Karte ist aber nicht etwa die erste gesamtschweizerische Lawinengefahrenkarte. Denn in COAZ (1910) wurde eine von ihm bereits 1893 erstellte, aus 4 Blättern bestehende Lawinenkarte der Schweiz, 1 : 250 000 beigelegt. Hier wurden auf der Basis der GENERALKARTE DER SCHWEIZ (1867) neben einem grünen Ueberdruck (Wälder) in roter Farbe

die einzelnen damals bekannten Lawinenzüge vom Anbruch bis ins Ausschüttungsgebiet dargestellt. Die nicht publizierten Originalaufnahmen sind nach COAZ (1910 : 4 - 5) in Massstäben 1 : 25 000 bis 1 : 100 000 aufgenommen worden.

ZELLER (1972 : 5) enthält eine Karte der Wildbachschadengebiete, 1 : 2,5 Mio der Schweiz, welche im Rahmen einer Studie über die Wildbachgeograph der Schweiz erstellt wurde.

In KARL, HOELTL (1974 : Karte 15) wurde eine auf einer gut ausgebauten Datenbank basierende Printerkarte der potentiellen Erosionsschäden in den bayerischen Alpen publiziert, in welcher für jedes Planquadrat (je 1 km<sup>2</sup> mit einer Ziffer die Neigung zu Erosionsschäden dargestellt wird. Auf der gleichen Datenbank basiert eine farbig ausgedruckte Karte, welche in SCHUTZ DEM BERGLAND (1973 : 46) veröffentlicht worden ist.

In einer einfachen Kartenskizze, die als topographische Unterlage nur das Strassennetz enthält, stellt FEIST (1975 : 139) die Lawinengefährdung der Tiroler Bundesstrassen dar. Hier wurden die die Strassen bedrohenden Lawinenzüge je nach Häufigkeit des Lawinnenniederganges in verschiedenen Farben schematisch aufgezeichnet.

Auffallend ist, dass alle diese genannten Beispiele jeweils nur je eine Gefahrenart behandeln.

Etwas anders verhält es sich bei der GEFAHRENKARTE DER SCHWEIZ, 1 : 100 000 welche Lawinen, Steinschlag, Rutschungen und Wassergefahren berücksichtigt diese aber mit Ausnahme der letzteren in der Darstellung nicht unterscheidet. Das Hauptaugenmerk wurde nur "auf eine möglichst zuverlässige Abklärung der sicheren Gebiete gelegt" (OFI 1976), während die gefährdeten Gebiete noch detailliert untersucht werden müssen.

Aufgrund der kleinen Massstäbe und des Mangels an detaillierten Angaben dürfen die genannten Karten nicht für lokale Gefahrenbeurteilungen (z. B. auf kommunaler Stufe) verwendet werden, was auf den amtlichen Karten (BUSER 1971, ZINGG 1972 und GEFAHRENKARTE DER SCHWEIZ, 1 : 100 000) auch mit allem Nachdruck vermerkt wird.

#### 1.1.2.2. Karten in mittleren Massstäben

Hier wird zum Teil auf Karten hingewiesen, welche nicht direkt als Gefahrenkarten i. e. S. bezeichnet werden können, die aber Aspekte zur Darstellung bringen, welche bei der Gefahrenkartierung berücksichtigt werden müssen.

Dazu gehören die Karten der Erosionsgefährdung, 1 : 25 000, des Niederschlagsgebietes Halblech und der Hörnergruppe von KARL, DANZ (1969 : Karte 5 bzw. 14), welche keine Aussage über die direkte Gefährdung von Siedlungen und Menschen durch Erosion enthalten, sondern die Gefährdung des Bodens selbst darstellen. Indirekt geht es natürlich auch hier um die Gefährdung von Siedlungen, indem instabile Bodenverhältnisse beispielsweise die Geschiebeführung von Bächen erhöhen und Murgänge verursachen können.

Auch bei der Karte der Hanglabilitätsformen und -stufen in der Alpenregion des Landkreises Miesbach von LAATSCH, GROTTENTHALER (1973)

liegt das Schwergewicht auf der Beurteilung der Gefährdung des Bodens selbst durch Massenverlagerungen verschiedenster Art (vgl. Kap. 2.3., S. 52 ff.).

Die Carte ZERMOS des Bureau de recherches géologiques et minières, Paris ist eine "carte de synthèse à moyenne échelle" 1 : 20 000 oder 1 : 25 000 (HUMBERT, MONITION 1975 : 2). Sie enthält auf der einen Seite ein einfaches Inventar von Bodenbewegungen und auf diese hinweisende geomorphologische Indizien, welche in flächenbedeckenden Signaturen dargestellt werden. Auf der andern Seite werden in derselben Karte in einem mehrfarbigen Flächenmosaik Zonen mit verschiedenen Graden der Bodenbewegungen festgehalten. Durch diese Kombination von Inventar und Interpretation können z. B. im Blatt "La Grave No 4" (PACHOUD 1975) in einem ersten Ueberblick die verschiedenen Gefährdungszonen erfasst und dann, in einer zweiten Phase, beim näheren Studium auch gleich die Gründe für diese Zonierung herausgelesen werden. Solche Darstellungen von reich differenziertem Inventar und der Interpretation auf ein und demselben Kartenblatt dürften allerdings bei der gleichzeitigen Berücksichtigung mehrerer Gefahrenarten aus kartographischen Gründen nur schwer zu realisieren sein.

Die Karten "Huaraz", "Recuay" und "Tinco" von TRICART (1973 : 23 - 26) im Originalmassstab 1 : 25 000 sind bezüglich Kombination von Inventar und Interpretation mit der Carte ZERMOS vergleichbar. Sie geben aber im Zusammenhang mit peruanischen Erdbebengebieten ein umfassenderes Bild über verschiedene Gefahrenarten.

Eine eher methodische Studie ist die in CAZABAT (1972) publizierte carte de localisation des avalanches. Hier werden die Ergebnisse der Luftbild-Interpretation und der Feldbeurteilung bezüglich Lawinengefährdung miteinander verglichen.

Auch obige und andere ähnliche Karten in diesen Massstabbereichen genügen in ihrer Genauigkeit noch kaum den Anforderungen, welche an rechtsverbindliche Gefahrenkarten gestellt werden müssen. Dazu benötigen wir grossmassstäbige Karten.

#### 1.1.2.3. Grossmassstäbige Gefahrenkarten

(mit einem Beitrag von W. SCHWARZ)

Hier wollen wir uns mit zwei grundsätzlichen Eigenarten befassen, welche die bisher erstellten grossmassstäbigen Gefahrenkarten aufweisen. Es sind die ungleiche Behandlung der verschiedenen Gefahrenarten und die Beschränkung der Gefahrenkarten auf die eigentlichen Siedlungsgebiete:

Zum ersten: Falls überhaupt mehrere Gefahrenarten berücksichtigt werden wie z. B. im Zonenplan von Oberried (HANK 1975), werden die Gefahren nicht auf eine vergleichbare Weise behandelt. Im genannten Beispiel stützt man sich auf eine Lawinengefahrenkarte, welche gemäss OFI (1975) ausgearbeitet worden ist, und stellt in roter, blauer und gelber Farbe die Zonen verschiedener Lawinengefährdung dar. Die Steinschlaggefahr dagegen wird ohne Unterscheidung von Intensitätsstufen mit einer Schraffur kartiert.



Umstand sind einerseits rein ökonomische Gründe, andererseits muss aber auch die Frage aufgeworfen werden, ob es überhaupt sinnvoll ist, sich in unbesiedelten Gebieten mit dem Problem der Naturgefahren und deren detaillierter Kartierung zu beschäftigen.

Die letzte Frage muss differenziert beantwortet werden: Solange die unbesiedelten Zonen, wie grosse Teile des Hochgebirges, nicht bewirtschaftet und von keinen wichtigen Kommunikationen tangiert werden, ist eine solche Kartierung nicht zu rechtfertigen (FRUTIGER 1970 : 258; OFI 1975 : 22).

Sobald aber ausserhalb der eigentlichen Siedlungsgebiete eine wirtschaftliche Tätigkeit entwickelt wird (intensive Alpwirtschaft, Anlagen zur Energiegewinnung, touristische Erschliessung usw.), sollten die Gefahren und die gefährdeten Gebiete studiert werden. Gerade was die touristische Erschliessung betrifft, sind in der Schweiz bezüglich Sicherheit die Verantwortlichkeiten festgelegt. Aufgrund von Artikel 41, Absatz 1 des schweizerischen Obligationenrechts und der herrschenden Gerichtspraxis sind z. B. die touristischen Transportunternehmen verantwortlich für die sach- und zeitgerechte Sperrung von lawinengefährdeten Skipisten. Dies setzt aber Kenntnis der Gefahr voraus. Eine Gefahrenkarte kann hier zum wichtigen Hilfsmittel werden und ist bei der Konzeption und Ausführung von Neuerschliessungen geradezu unentbehrlich.

### 1.1.3. Die drei Schritte bei der Ausscheidung von Gefahrenzonen und die Zielsetzung für die vorliegende Arbeit

---

In den schweizerischen "Richtlinien zur Berücksichtigung der Lawinengefahr... bei der Verkehrs- und Siedlungsplanung" (OFI 1975) werden für die Ausscheidung der Gefahrenzonen drei Hauptschritte vorgesehen (vgl. dazu auch ZOLLINGER 1976 : 30 - 36):

1. Gefahrenkataster
2. Gefahrenkarte
3. Gefahrenzonenplan

#### ad 1. Gefahrenkataster

Dieser stellt eine Bestandesaufnahme dar, in welcher alle Gefahrenereignisse und die von ihnen tangierten Gebiete enthalten sind. Neben der "Beschreibung der Gefahren mit möglichst vielen zeitlichen und örtlichen Angaben und wenn möglich mit einer Schadenstatistik" (ZOLLINGER 1976 : 30) sollte die Bestandesaufnahme in einer Gefahrenkatasterkarte Niederschlag finden.

#### ad 2. Gefahrenkarte

Die Gefahrenkarte ist "streng nach objektiven wissenschaftlichen Kriterien zu erstellen" (OFI 1975 : 9). Sie macht folgende Aussagen:

1. Ob eine Stelle gefährdet ist oder nicht, bzw. ob sie ausserhalb des untersuchten Gebietes liegt,
2. wie intensiv (und allenfalls wie häufig) ein gefahrenbringendes Ereignis an der betreffenden Stelle eintreten kann und, im Falle einer kombinierten Gefahrenkarte,
3. durch welche Gefahrenarten diese Stelle gefährdet ist.

Die Gefahrenkarte als wissenschaftliche Grundlage für den Gefahrenzonenplan soll immer wieder neuen Gegebenheiten angepasst werden können und soll deshalb im Gegensatz zum Gefahrenzonenplan nicht rechtskräftig sein.

### ad 3. Gefahrenzonenplan

Der Gefahrenzonenplan, welcher gemäss OFI (1975 : 22) im Zonenplan einer umfassenden Ortsplanung integriert sein soll, bildet nach der Genehmigung durch die zuständigen politischen Behörden ein rechtlich verbindliches Planungsinstrument. Er "weist auf die Nutzungsbeschränkungen hin, die sich aus polizeilichen Gründen aus den festgestellten... Gefahren ergeben" (OFI 1975 : 24). Dabei brauchen die "Gefahrenkarte und die entsprechenden raumplanungsrechtlichen Auswirkungen, z. B. Grenzen mit verschiedenen Gefahren- resp. Nutzungsstufen, nicht identisch zu sein. So können z. B. Grundstücksgrenzen, Strassenzüge usw. im Sinne von kleineren Korrekturen und immer unter Wahrung der erforderlichen Sicherheit, berücksichtigt werden" (OFI 1975 : 21).

Aufgabe der Wissenschaftler und Techniker ist es, in interdisziplinärer Arbeit objektives Grundlagenmaterial für die baupolizeilichen, politischen und juristischen Entscheide zu erstellen. Konkret obliegt es dem wissenschaftlichen und technischen Sachbearbeiter, die zwei ersten Schritte bis zur Gefahrenkarte auszuführen, während die Erstellung des Gefahrenzonenplanes Angelegenheit der zuständigen Behörden ist.

Im vorangehenden Kapitel wurde festgestellt, dass die bis heute neu erstellten grossmassstäbigen Gefahrenkarten über einzelne Gefahrenarten keine Aussage enthalten oder bei der Darstellung verschiedener Gefahrenarten diese nicht gleichwertig und vergleichbar behandeln. Diese Feststellung wird von AULITZKY in SANTNER (1975 : 29) mit speziellem Hinweis auf die schweizerischen Verhältnisse bestätigt.

In der vorliegenden Arbeit wollen wir nun versuchen, eine kombinierte geomorphologische Gefahrenkarte (vgl. Begriffserläuterungen, S.193) im Ortsplanungs-Massstab 1 : 10 000 herzustellen. Die dabei auftretenden methodischen Probleme sollen dargelegt und unser Lösungsweg aufgezeigt werden.

Die geomorphologische Gefahrenkarte soll nicht nur besiedeltes Gebiet, sondern ein grösseres Areal umfassen, das zur bewirtschafteten Zone einer Gemeinde gehört, ein Gebiet also, das gemäss unserer Forderung in Abschnitt 1.1.2.3. bezüglich der Naturgefahren erfasst werden muss.

Als Kartierungsgebiet wurde der Talkessel von Grindelwald gewählt. Folgende Gründe führten zu dieser Wahl:

1. Er ist morphographisch gut abgrenzbar.
2. Das Gebiet ist von grossem alpwirtschaftlichem und touristischem Interesse und dementsprechend auch ausserhalb des engeren Siedlungsbereiches gut erschlossen.
3. Im Talkessel von Grindelwald spielen verschiedene Gefahrenarten eine wichtige Rolle.
4. Grindelwald wurde und wird auch in andern Forschungsrichtungen intensiv bearbeitet, was zu einer grösseren Informationsdichte führt. Heute ist Grindelwald eines der vier schweizerischen Testgebiete im Rahmen des MAB 6-Programmes ("Human Impact on Mountain Ecosystems") der UNESCO.



Zusammengefasst lautet unsere Zielsetzung also:

Erstellung einer geomorphologischen Gefahrenkarte von Grindelwald im  
Massstab 1 : 10 000 und Darlegung der methodischen Aspekte.

## 1.2. DAS KARTIERUNGSGEBIET GRINDELWALD

### 1.2.1. Topographische Situation und Abgrenzung

Grindelwald liegt im östlichen Berner Oberland, ca. 60 km SE von Bern im Talschluss der Schwarzen Lütschine (vgl. Fig. 1).

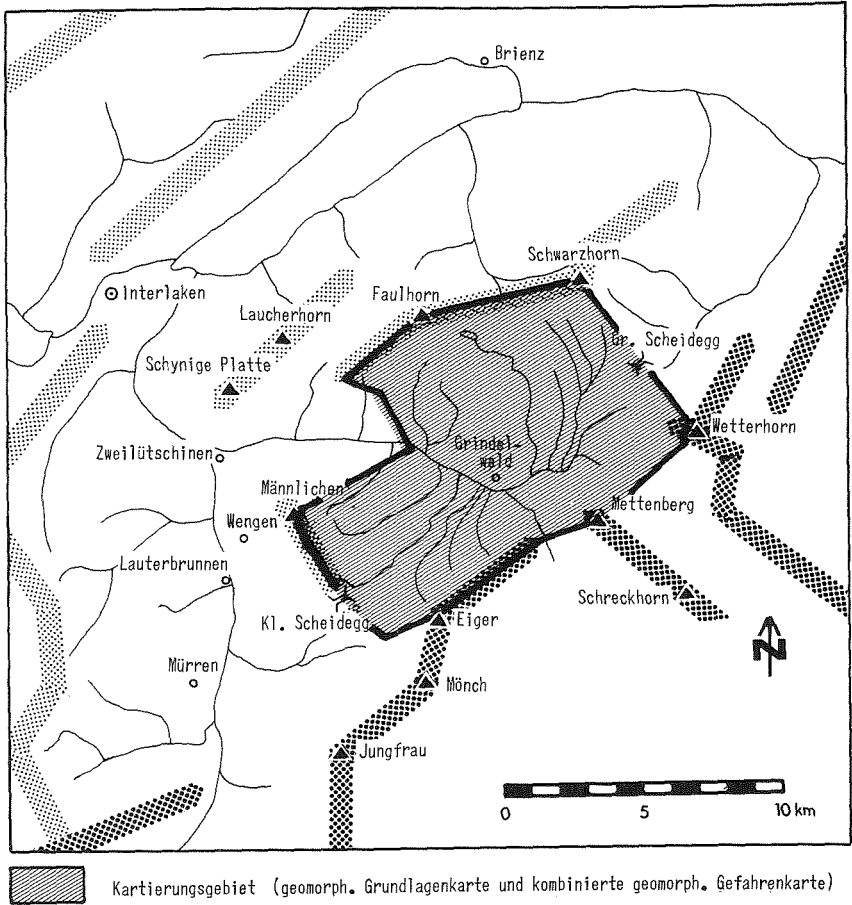


Fig. 1 Topographische Kartenskizze von Grindelwald und der weiteren Umgebung

Das ca. 80 km<sup>2</sup> umfassende kartierte Gebiet liegt ganz auf dem Boden der 171 km<sup>2</sup> messenden Gemeinde Grindelwald (AREALSTATISTIK DER SCHWEIZ 1972 : 33). Kartiert wurde nur der eigentliche Talkessel von Grindelwald. Die hochalpinen Teile der Gemeinde, die jenseits der Grossen Scheidegg liegenden Gebiete und Burglauenen (NE des Männlichen) wurden dagegen nicht einbezogen (vgl. Fig. 1 und beiliegende Gefahrenkarten).

### 1.2.2. Geologische Uebersicht (nach GUENZLER-SEIFFERT, WYSS 1938: 5-6. Vgl. Fig. 2 und 3)

Das kartierte Gebiet wird im Südosten durch die steilen Nordwände von Eiger, Mettenberg und Wetterhorn begrenzt, welche zum vorwiegend aus mesozoischen (vor allem Malm und unterste Kreide) und teilweise tertiären (Eozän) Bildungen bestehenden Sedimentmantel des herzynisch angelegten und alpin aufgebauten kristallinen Aarmassiv gehören. Nordwestlich davon schliesst ein Bereich von parautochthonen, steil nach Nordwesten einfallenden Schuppen (oberer Malm, untere Kreide und Eocän) an, welcher in unserem Gebiet vor allem zwischen dem Fuss der Eigernordwand und der Bergbahn Grindelwald - Kleine Scheidegg eine grössere Ausdehnung hat.

Das restliche Kartierungsgebiet wird aus einem zur helvetischen Wildhorndecke gehörenden System von liegenden Falten (Dogger) gebildet. Lithologisch sind hier im Bajocien Zonen von sandigen Kalken, sandig-schieferigen Kalken und Tonschiefern, sowie im Aalénien von Eisensandstein, schieferigem Eisensandstein und Tonschiefern zu unterscheiden.

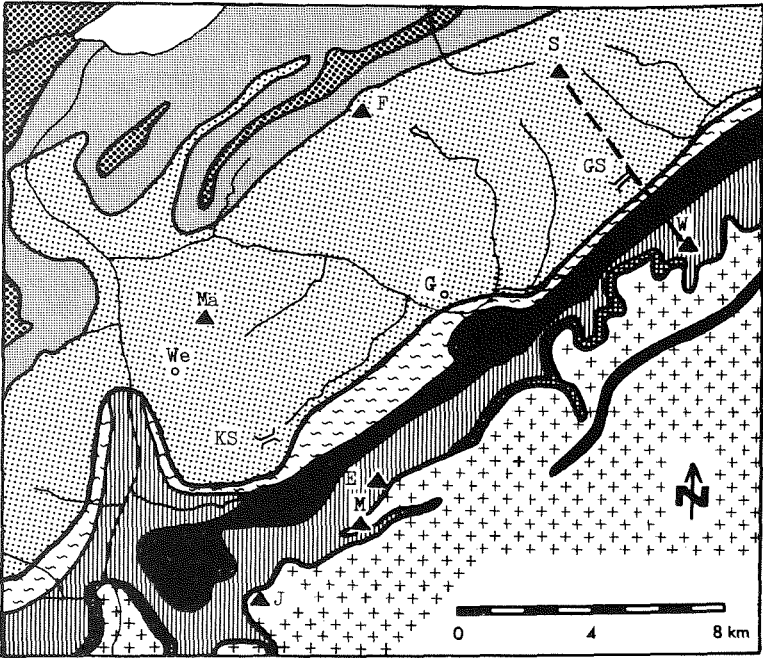
Die Aalénienschiefer der morphologischen Senkungszone zwischen der Grossen und der Kleinen Scheidegg werden in GUENZLER-SEIFFERT, WYSS (1938 : 36) einer über der Wildhorndecke liegenden ultrahelvetischen Schuppe zugeordnet. Diese Ansicht wird heute nicht mehr geteilt: (TROEHLER 1966 : 64) rechnet die genannten Aalénienschiefer auch zur helvetischen Wildhorndecke.

### 1.2.3. Zur Geomorphologie des Raumes Grindelwald

In den grossen Zügen sind die geomorphologischen Verhältnisse des kartierten Raumes primär bedingt durch die in Kap. 1.2.2. und in Fig. 2 und 3 dargestellten speziellen tektonischen und geologischen Voraussetzungen.

Aus den harten Kalken (Malmkalk, Oehrlikalk) des autochthonen Sedimentmantels bestehen die gegen Nordwesten exponierten steilen Wände (Neigung ca. 60 - 75 Grad) am Südostrand des Talkessels von Grindelwald.

Einen ausgeprägten Kontrast dazu bilden die im Gesamteindruck viel weicherer Formen mit im allgemeinen geringeren Hangneigungen im Bereich des Eisensandsteins, der sandigen Kalke und der Tonschiefer des Doggers der helvetischen Wildhorndecke. Im Einzelnen ist aber auch dieser Komplex stark und teilweise sehr markant gegliedert, was auf die tektonischen Gegebenheiten (Ueberschiebungen von Falten, Verschuppungen, Aenderungen der Streichrichtung und kleintektonische Erscheinungen) zurückzuführen ist.

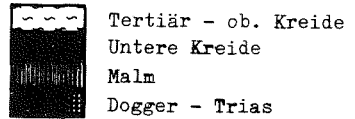


Legende:

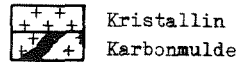
Helvetische Wildhorndecke:



Autochthoner und parautochthoner  
Sedimentmantel des Aarmassivs:



Kristallin und Karbon des Aarmassivs:



We	Wengen	J	Jungfrau	Mä	Männlichen
G	Grindelwald	M	Mönch	F	Faulhorn
KS	Kleine Scheidegg	E	Eiger	S	Schwarzhorn
GS	Grosse Scheidegg	W	Wetterhorn		

--- Geologisches Profil (vgl. Fig. 3)

Fig. 2 Geologische Kartenskizze des Raumes Grindelwald  
(nach: GUENZLER-SEIFFERT, WYSS 1938)

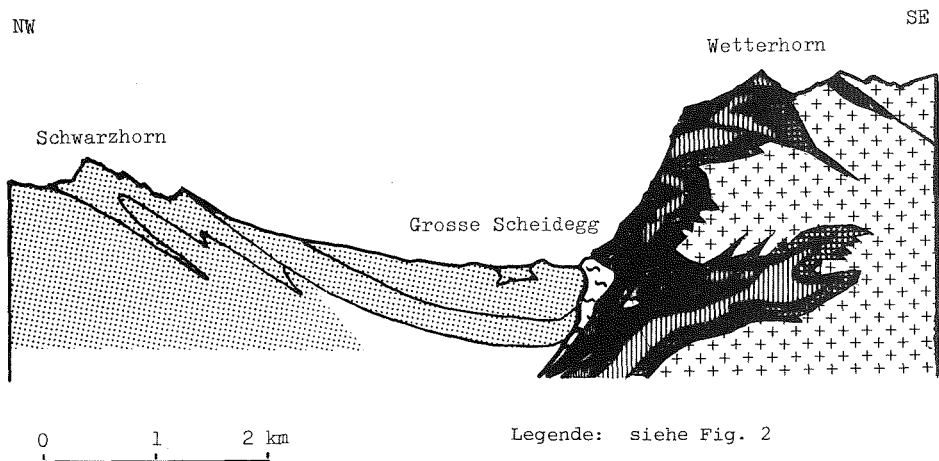


Fig. 3 Geologisches Profil Schwarzhorn - Wetterhorn (vgl. Fig. 2)  
(nach: GUENZLER-SEIFFERT, WYSS 1938: 38, Profil 2)

In den Zonen der Aalénienschiefer und Aaléniensandsteine sind einige z. T. mehrere Quadratkilometer grosse Bereiche mit hoher Instabilität vorzufinden, auf welche wir im Zusammenhang mit der geomorphologischen Grundlagenkarte (Kap. 2.3.2.) noch näher eintreten werden.

Der ganze Raum ist stark glazial überprägt. Markanteste Zeugen davon sind nebst den Moränenwällen in den neuzeitlichen Vorfeldern des Oberen und des Unteren Grindelwaldgletschers (vgl. dazu ZUMBUEHL 1977) solche des Talgletschers in den Gebieten Pfungstegg (Koord. 647 300/163 075), Trychelegg (Koord. 645 300/162 700) und Grindelwald (Koord. 644 600/164 200). Das Gebiet von Bach (Koord. 646 000/168 000) weist mit seinen zahlreichen Rundbuckeln am deutlichsten auf die Wirkung einer ehemaligen Lokalvergletscherung hin.

Da der Talkessel von Grindelwald durch die postglazialen, auch heute wirksamen Denudations- und fluvialen Erosionsprozesse weitgehend ausgeräumt, das im Zusammenhang mit der eiszeitlichen Vergletscherung allfällig deponierte Lockermaterial also wegtransportiert ist, können wir heute häufig nur noch kleinere unzusammenhängende Flächen mit einer meist nur sehr dünnen Moränendecke feststellen. Wie auch ALTMANN (1959 : 8) bemerkt, ist die Moränendecke nicht so zusammenhängend anzutreffen, wie dies die geologische Karte von GUENZLER-SEIFFERT (1938) zeigt. In weiten Bereichen ist oft nur eine dünne Verwitterungsschuttdecke auf dem Anstehenden vorzufinden.

Lockermaterial grösserer Mächtigkeit gibt es abgesehen von den Alluvionen, den Schotterterrassen, den Bachschuttkegeln im Talboden von Grund und den Ablagerungen in den Gletschervorfeldern vor allem in den zahlreichen Schutthalden zu beobachten.

Mit den ausgedehnten Blockschuttmassen südlich des Röthorns (Raum Koord.: 644 500/166 000) werden wir uns in Abschn. 2.3.2.7. (S. 64) befassen.

Das gesamte kartierte Gebiet wird durch die Schwarze Lutschine entwässert. Die verschiedenen, oft tief eingeschnittenen Seitenbäche sind in ihrer Anlage zum Teil tektonisch und durch Gesteinswechsel bestimmt. Grosse Bachdichten sind vor allem in den schlecht durchlässigen Gebieten der Aalénienschiefer zwischen Mühlebach und Grindel (Raum Koord. 648/166), sowie im wenig zerklüfteten Bereich des steilen Fusses der Eigernordwand (Raum Koord. 644/161) festzustellen.

#### 1.2.4. Zu Klima und Vegetation von Grindelwald

Im Hinblick auf die Gefahrenkarte interessieren uns von den klimatischen Faktoren hauptsächlich die Starkniederschläge und die starken Schneeschmelzen, weil Rutsche und Wildbachereignisse mit anfallenden grossen Wassermengen in Zusammenhang stehen.

Nach UTTINGER (1965 : 21) weist die Wetterstation Grindelwald (1050 m) der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt (MZA) in der Periode von 1931 - 1960 einen mittleren Jahresniederschlag von 1251 mm auf (Winter: 240 mm, Frühling 279 mm, Sommer: 432 mm und Herbst: 300 mm).

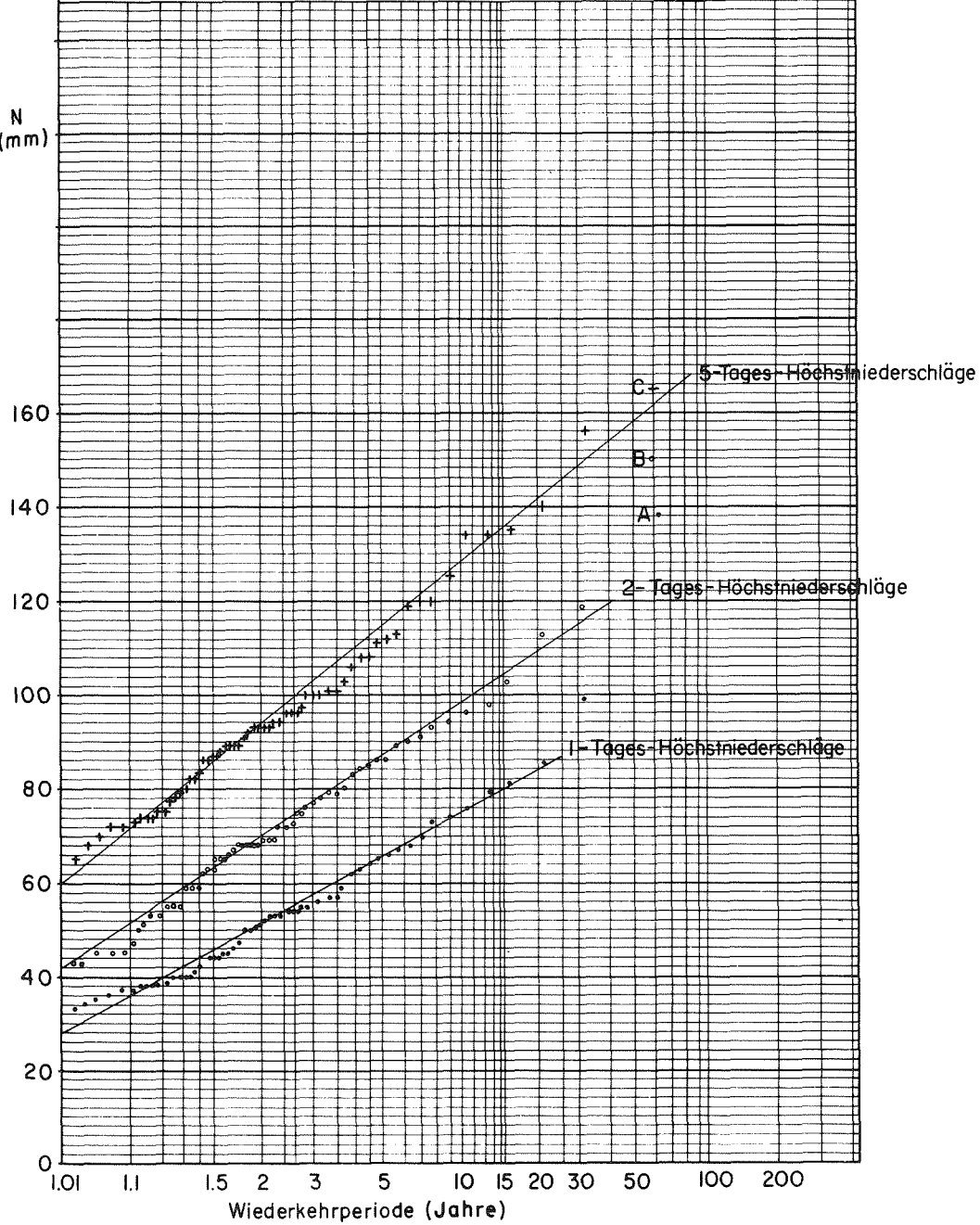
Die Angaben über die Starkniederschläge haben wir aus den "Ergebnissen der täglichen Niederschlagsmessungen" (MZA) für die Jahre 1913 - 1974 entnommen, nach ZELLER (1974 : 77 - 92) ausgewertet und in einem "Gumbel-diagramm" dargestellt (Fig. 4 ). Aus den drei "von Auge" ermittelten Ausgleichsgeraden können wir beispielsweise entnehmen, dass in Grindelwald durchschnittlich alle 15 Jahre ein 1-Tages-Niederschlag von 80 mm oder alle 50 Jahre ein 5-Tages-Niederschlag von 158 mm zu erwarten ist.

Die extremen Werte (A, B, C), welche durch die Ausgleichsgerade nicht berücksichtigt werden, stammen alle vom November 1968 (A : 2.11.68, B : 2.- 3.11.68, C : 1.-5.11.68). Damals herrschte eine ausgeprägte Süd-Föhnlage, so dass die heftigen Niederschläge bis in die Täler der Alpennordseite reichten.

In Grindelwald selbst haben wir aufgrund dieser 62-jährigen Reihe mit 1-Tages-Niederschlägen zwischen 100 mm und 150 mm zu rechnen, was gemäss AULITZKY (1973 b : 115) in der Regel noch unter dem Wasserhaltevermögen der obersten Bodenschicht liegt. In den höheren Lagen des Talkessels von Grindelwald dürften aber die Niederschläge um einiges höher sein, so dass wir dort vermutlich mit 1-Tages-Höchstniederschlägen bis zu 200 mm rechnen müssen, was gerade in den schlecht durchlässigen Tonschiefergebieten zu einem starken Oberflächenfluss führen kann.

# FREQUENZ - ANALYSE NACH GUMBEL

Fig. 4 Starkregenanalyse  
Grindelwald 1040m  
Messperiode: 1913-1974



KROENER (1968 : 33) hat die Vegetationsverhältnisse in Grindelwald folgendermassen beschrieben (mit Berichtigung von O. HEGG, Botanisches Institut der Universität Bern):

"Entsprechend dem Klima und den einzelnen Höhenstufen, über die sich das Gemeindegebiet ausdehnt, zeigt auch die Vegetation Unterschiede. Die tieferen Lagen werden im allgemeinen, sofern nicht gerodet wurde, vom Wald eingenommen. In der montanen Stufe (bis 1300 m) herrschen Ahorn-Erlen-Fichten-(Buchen)-Mischwälder vor, die nach oben in die sub-alpine Stufe (1300 - 1800 m) mit nahezu reinen Fichtenwäldern (*Picea excelsa*) übergehen. Im Gebiet der Kleinen Scheidegg besetzt die Arve (*Pinus cembra*) als grösster Schmuck des Alpenwaldes den obersten Gürtel der subalpinen Fichtenwaldstufe, die hier bis an die Wald- und Baumgrenze reicht. Die Arven der Kleinen Scheidegg sind wohl die letzten Reste eines einst dichteren Arvenwaldes, der vom Menschen durch Rodung" gelichtet und zurückgedrängt wurde.

Die Waldgrenze steigt im Tal von Grindelwald über 1800 m hinauf, an mehreren Stellen, z.B. am Abhang des Männlichen, bis auf 2000 m. Ueber dem Wald beginnen mit der alpinen Stufe (1800 - 2500 m) "die weiten Matten... An der Grenze zwischen Wald und Alpen entfaltet sich ein breiter Gürtel von Niedersträuchern, deren einzelne Florenelemente wie Legföhren, Grünerlen und Alpenrosen für die Alpenflora charakteristisch sind.....Die heutige Wald- und Baumgrenze ist nach botanischen Untersuchungen nicht durch das Klima, sondern durch Eingriffe des Menschen bedingt. Durch den Weidebetrieb und den Holzbedarf der Alpwirtschaft ist die Wald- und Baumgrenze im Grindelwaldtal um 200 - 300 m herabgedrückt worden. Da die Alpenrosenfelder mit grosser Geschlossenheit gerade diese 200 - 300 m weit hinauf reichen, könnten sie als mögliche Reste des ausgetilgten Waldes angesehen werden. Die besonders in den Monaten Juni und Juli bunt blühenden Matten lösen sich mit der Höhe in einen mehrere hundert Meter breiten Saum lockerer Bestände von Pionierpflanzen auf, die weit gegen die subnivale und nivale Region vorstossen. Die klimatische Schneegrenze des Gebietes befindet sich nach den Berechnungen von Jegerlehner (1902) in der Finsteraarhorngruppe bei 2950 m ."

Durch theoretische Ermittlungen wurde von MOSIMANN (1973 : 233) das Niveau 365 (Untergrenze der ganzjährigen, 365tägigen Schneebedeckung) im Raum Grindelwald auf 2790 m bestimmt.

#### 1.2.5. Grindelwald als Kulturlandschaft

Grindelwald ist ursprünglich eine weiträumige, praktisch rein berglandwirtschaftliche Streusiedlung (Viehzucht) mit einigen Gewerbebetrieben (KROENER 1968 : 44).

Seit Mitte des letzten Jahrhunderts und vor allem seit der 1890 erfolgten Erschliessung durch die Bahn (KROENER 1968 : 68) entwickelte sich Grindelwald zu einem führenden Winter- und Sommerkurort, was unter anderem die "Verdorfung" verschiedener Ortsteile und tiefgreifende Veränderungen in den Erwerbsmöglichkeiten der Bevölkerung zur Folge hatte (Verschiebung zum tertiären Erwerbssektor).



Das heutige Landschaftsbild ist neben unberührten Gebieten stark von der Nutzung durch Tourismus und Landwirtschaft geprägt. Dank der durch den Tourismus geschaffenen Verdienstmöglichkeiten und dem dichten Netz von Güterstrassen ist eine weitgehend mechanisierte und relativ rationalisierte Alpwirtschaft möglich, so dass auch heute noch fast alle Alpen regelmässig bestossen werden. Die Landwirtschaft pflegt so das für den Tourismus lebenswichtige "Produktionsmittel Landschaft".

### 1.3. DIE GRUNDZUEGE DES ARBEITSABLAUFES

Aus dem komplizierten und komplexen realen Arbeitsablauf wurde das vereinfachende Schema (Fig. 5) herausgeschält.

Die Bedürfnisse der Raumplanung, welche als Wegweiser am Anfang stehen, erwiesen sich bei Beginn der Arbeit als recht schwer fassbar. Wie bereits in Abschn. 1.1.2.3. erwähnt, sind die Naturgefahren für den Planer nur ein Aspekt unter vielen. Der Planer greift nach Möglichkeit auf schon vorhandenes Material zurück. Solches ist im Hinblick auf die Naturgefahren je nach Ort unvollständig oder zumindest inhomogen bezüglich der verschiedenen Gefahrenarten. So hat der Planer hier meist gar keine präzise Vorstellung davon, was ihm auf diesem Gebiet angeboten werden sollte und könnte. Dies zeigt sich auch darin, dass erst bei der Vorlage der Entwürfe zur kombinierten geomorphologischen Gefahrenkarte von Grindelwald eine Diskussion über den Karteninhalt einsetzen konnte. Das heisst also, dass Informationen, welche gemäss Schema am Anfang der Arbeit hätten stehen sollen, erst während der Arbeit oder gar erst in deren Endphase zur Verfügung standen.

Zu den wenigen konkret und präzise formulierten Postulaten gehören die in Kap. 1.1.1. (S. 25) zitierten Gesetzesbestimmungen, welche die Berücksichtigung der Naturgefahren in Zonenplänen fordern, die aber noch wenig über die Art und Weise dieser Einbeziehung aussagen.

Die Orientierung an bestehenden Gefahrenkarten, wie sie in Kap. 1.1.2. und 3.1. vorgestellt werden, war daher bei der Entwicklung der Zielvorstellung wesentlich. Dass diese selbst im Laufe der Arbeit mehrmals modifiziert werden musste, versteht sich angesichts der oben erwähnten Schwierigkeiten und des mit der Erarbeitung der Karten verbundenen Lernprozesses von selbst.

Für die Ausarbeitung der Karten war die Beschaffung von zwei Kategorien von Informationen notwendig, nämlich einerseits solche über die einzelnen Sachgebiete im allgemeinen und andererseits solche über die speziellen örtlichen Verhältnisse.

Die Informationen über die Lawinengefahr wurden vom Lawinendienst der Forstinspektion Berner Oberland zur Verfügung gestellt.

Als erstes Produkt konnte mit Hilfe dieser Informationen die geomorphologische Grundlagenkarte mit Lawinenkatasterkarte fertiggestellt werden. Eine erste Zielsetzung dieser Karte liegt in ihrer Funktion als Inventar verschiedener, für die Gefahrenkartierung wichtiger Fakten und gleichzeitig in ihrer Funktion als Beleg für mehrere Aspekte der Gefahrenbeurteilung. Der Titel "Grundlagenkarte" bezieht sich auf diese Funktionen der Karte.

Eine zweite Zielsetzung der geomorphologischen Grundlagenkarte ergibt sich aus dem Bedürfnis, einen Beitrag zu heute allgemein diskutierten Fragen der geomorphologischen Kartographie zu liefern.

Mit Hilfe der verschiedenen Informationen und der Grundlagenkarte konnte schliesslich das zweite Produkt, die kombinierte geomorphologische Gefahrenkarte erarbeitet werden.

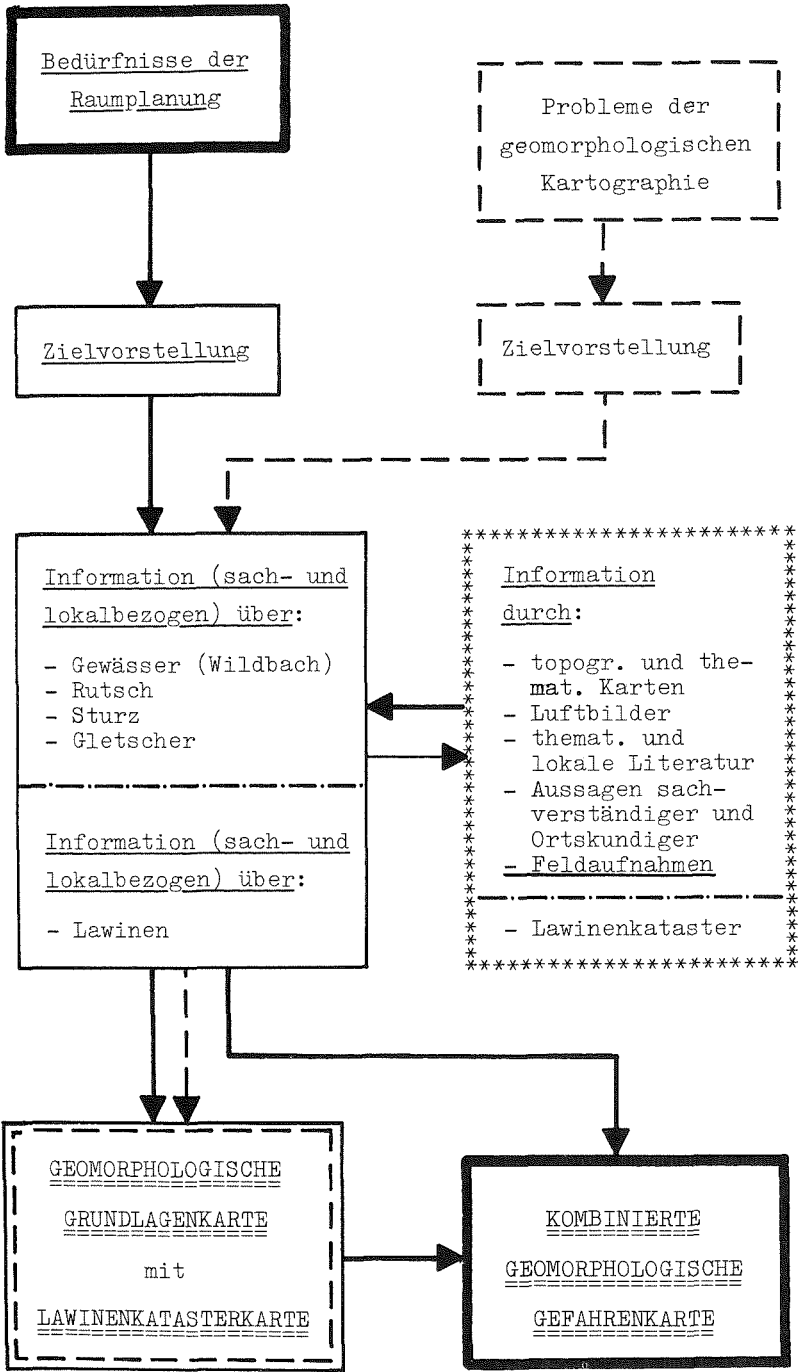


Fig. 5 Flussdiagramm des Arbeitsablaufes bei der Erstellung der kombinierten geomorphologischen Gefahrenkarte von Grindelwald



2.

DIE GEOMORPHOLOGISCHE GRUNDLAGENKARTE

---

## 2.1. ZUR DISKUSSION UM ZIEL UND INHALT VON GROSSMASS- STAEBIGEN GEOMORPHOLOGISCHEN KARTEN

---

Die geomorphologische Kartographie ist heute noch weit davon entfernt, sich zu etablieren, wie dies bei der geologischen Kartographie mit ihren international verwendeten Normen schon seit Jahrzehnten der Fall ist.

Deshalb ist es nicht so erstaunlich, wenn heute noch mit grossem Aufwand um die Formulierung der Ziele und Inhalte der geomorphologischen Karte gerungen wird.

Dabei ist zu beachten, dass es für geomorphologische Karten grundsätzlich zwei Anwendungsrichtungen gibt:

1. Die "interne" Anwendung in der Geomorphologie selbst, wo es nach LESER (1975 : 167) um die "Grundlagenforschung (Theoriebildung, Entwicklung der Methodik)" geht.
2. Die Verwendung in der Praxis und in Nachbardisziplinen, wo die Anforderungen an die Karte je nach Fachrichtung variieren.

Internationale und nationale Bestrebungen zielen zum Teil darauf ab, beide Anwendungsrichtungen mit ein und demselben Kartentyp zu befriedigen und die geomorphologische Karte zu schaffen, welche eine gleichwertige Position zwischen den geologischen und pedologischen Karten einnehmen soll.

Dass diese Kombination nur schwer zu verwirklichen ist, geht z. B. aus KUGLER (1964), GRIMM et al (1964) und DEMEK (1972) hervor.

Auch im Zusammenhang mit Bemühungen um die geomorphologische Kartierung der Bundesrepublik Deutschland ist man sich dieses Problems bewusst. LESER (1974 : 302) stellt fest, "dass der Praktiker ausserhalb der Geographie die morphographischen Inhalte bevorzugt, der Geomorphologe aber die morphogenetischen". Deshalb wird in den Vorschlägen des "Arbeitskreises Geomorphologische Karte der Bundesrepublik Deutschland" zwar versucht, eine komplexe geomorphologische Kartendarstellung zu erreichen, aber gleichzeitig darauf hingewiesen, dass "einzelne Informationshorizonte getrennt auf der topographischen Unterlage für spezielle Anforderungen der Anwendung" ausdrückbar sein sollten (GOEBEL et al 1973 : 4 und LESER, STAEBLEIN 1975 : 9). Auch wenn die Kombination verschieden gerichteter Inhalte durch ausgeklügelte Legenden theoretisch möglich ist, muss doch deren kartographische Verwirklichung auf Schwierigkeiten stossen. Will man nicht das Risiko eingehen, dass die Karte durch eine Ueberfülle von Elementen, insbesondere für den geomorphologisch nicht geschulten Kartenbenützer, unlesbar und schwer verständlich werden soll, müssen gewisse Vereinfachungen vorgenommen, muss der Karteninhalt gestrafft werden. Ob die Karte dann noch allen hohen und vielfältigen Anforderungen genügen kann, welche bei der Konzeption an sie gestellt

werden, ist füglich zu bezweifeln. LESER (1975 : 172) sieht die Lösung in der Erläuterung der geomorphologischen Karte 1 : 25 000 des Gebietes von Mössingen auch eher in der Schaffung eines Zweiblattsystems, wenn die geforderte Detaillierung beibehalten werden soll.

Wenn also anerkannt wird, dass es schwierig ist, auf ein und demselben Kartenblatt sowohl den Anforderungen des Geomorphologen als auch denjenigen der Praxis gerecht zu werden, scheint es doch sinnvoll zu sein, im Hinblick auf verschiedene Anwendungsrichtungen auch verschiedene Karten zu schaffen.

Dem Praktiker dürfte mit einer einfacheren, auf seine Probleme zugeschnittenen Karte mehr gedient sein, als mit einer wegen der vielen für ihn unbedeutenden Details nur mühsam lesbaren Darstellung.

Diese Meinung wird auch von TRICART und DEMEK in DEMEK (1972 : 261) vertreten. Dort geht man noch einen Schritt weiter, im Bewusstsein, dass es die Praxis (wie auch den Geomorphologen) gar nicht gibt, sondern nur verschiedene Sparten der Praxis, welche ein Interesse an Karten mit je einem spezifischen, problemorientierten Inhalt haben können. Deshalb werden dort die inhaltlichen Anforderungen an "partial applied geomorphological maps" für verschiedene Disziplinen der Praxis wie z. B. für die Land- und Forstwirtschaft oder für die Bautechnik formuliert.

In diesen praxisorientierten Bereichen der geomorphologischen Kartographie wurde bis heute viel versäumt, so viel, dass verschiedene Zweige der Praxis selbst begonnen haben, solche auf ihre Bedürfnisse zugeschnittene Karten zu erstellen. Denn ein Bedürfnis nach Karten mit geomorphologischem Inhalt besteht vielerorts!

Dies sei im folgenden belegt durch ein Beispiel aus der Praxis der Touristik-Planung und durch ein anderes aus derjenigen von Wildbach-Fachleuten.

Zum ersten: Raumplaner benötigen vielfach morphographische Daten zur Abgrenzung von Einheitsgebieten, wie dies z. B. in KRIPPENDORF et al (1975 : 10 - 16) zum Ausdruck kommt. Dort wird das Berner Oberland aufgrund der Kriterien Wasserscheiden, Engpässe, deutliche Talstufen provisorisch in verschiedene Regionen eingeteilt. Daneben werden als weitere mögliche morphographische Abgrenzungskriterien extreme Hangneigungen und die Grösse der Reliefenergie eines Gebietes erwähnt.

In derselben Schrift von KRIPPENDORF et al (1975 : 20) werden, abgestützt auf KIEMSTEDT (1967 : 24), unter dem Begriff Relief folgende Faktoren als mögliche Kriterien für die Bestimmung der touristischen Entwicklungsfähigkeit eines Gebietes aufgezählt. Vielfalt der Landschaft, Kulissenwirkung, Höhenlage, Hangneigung, Hanglage, Ausformung, Reliefenergie, für Skisport speziell geeignetes Gelände.

Zum zweiten: Das bayerische Landesamt für Wasserwirtschaft erstellt schon seit längerer Zeit Karten mit geomorphologischem, auf die Bedürfnisse der Gewässersanierung zugeschnittenem Inhalt. Enthielt die KARTE DER WILDBAECHE IN DEN BAYERISCHEN ALPEN 1 : 25 000 (1963) nur fünf geomorphologische Elemente ("Anbrüche", "kleine Uferanbrüche", "Rutschhänge", "erosions- oder rutschgefährdete Hänge" und die Flächen mit "Lockergesteinen"), so wurde diese Legende in KARL, DANZ (1969 : Karten 3 und 13) schon stark erweitert.

Die im Entstehen begriffene HYDROGRAPHISCH-MORPHOLOGISCHE KARTE DER BAYERISCHEN ALPEN 1 : 25 000 (1975) basiert auf der zuletzt genannten Legende und stellt folgende geomorphologischen Inhaltsgruppen dar: "Hydrologisch bedeutsame Geländeformen", "Abtragungsformen, z. T. Feststoffherde", "Gewässer" (Bäche mit Sohlenzuständen) und "Gesteine".

Die beiden Beispiele zeigen, dass verschiedene Zweige der Praxis doch recht unterschiedliche geomorphologische Angaben benötigen, und dass es schwierig sein dürfte, mit einer einzigen Karte alle diese Sparten gemeinsam zu befriedigen. Während die Touristik-Fachleute hier vorwiegend morphographische und morphometrische Daten als Entscheidungshilfe beiziehen, ist es offensichtlich, dass für die Fachleute der Wildbachsanierung eher Angaben über die aktuelle Morphodynamik und die Morphostruktur von Interesse sind.

Die eigenständige Kartierung von geomorphologischen Sachverhalten durch einzelne Zweige der Praxis kann nun leider dazu führen, dass zahlreiche geomorphologische Karten entstehen, welche unter sich in keiner Weise mehr vergleichbar sind, obwohl sie vielleicht zum Teil sogar dieselben oder nur wenig von einander abweichende Elemente aufweisen.

Deshalb findet sich hier ein dankbares Arbeitsfeld für die Geomorphologie, nämlich den verschiedenen Sparten der Praxis die geeigneten Kartenlegenden und Kartierungs- und Interpretationsmuster zur Verfügung zu stellen. Diese Aufgabe scheint mir sehr dringend zu sein.

Wenn nämlich die Geomorphologie für die einzelnen Zweige der Praxis den Bedürfnissen entsprechende Karten anbieten kann, hat sie die grosse Chance, in alle diese Karten Teile des geomorphologischen Gedankengutes einfließen zu lassen und gleiche Aspekte desselben jeweils auch in vergleichbarer Art darzustellen. Die Geomorphologie als Wissenschaftszweig gäbe ihre Informationen so den einzelnen Sparten der Praxis gezielt und vor allem koordiniert (bezüglich Inhalt und Darstellung) ab. Für die Praktiker hätte dies z. B. den Vorteil, dass für dieselben Erscheinungen jeweils auch dieselbe kartographische Ausdrucksform verwendet und damit das Lesen der Karte stark erleichtert würde.

Von solchen koordiniert erarbeiteten und von der Praxis anerkannten Kartierungen dürften wesentliche Impulse auch für die rein wissenschaftlich orientierte Geomorphologie zurückkommen, sei es allein durch den Zwang zur Ueberprüfung des geomorphologischen Gedankengutes oder auch durch die grössere Zahl geomorphologischer Karten, die einzeln und in ihrer Zusammenschau weitere Aspekte und Erkenntnisse zu geomorphologischen Fragen beitragen können (vgl. dazu auch TRICART 1975 : 7).

Mit unserer Karte möchten wir im Rahmen der in Kap. 3.1. formulierten und in Fig. 5 (S. 43) dargestellten zweiten Zielsetzung einen Diskussionsbeitrag liefern, indem wir hier ein Beispiel für eine "partial applied geomorphological map" erstellt haben, welches der Praxis in der Sparte "Beurteilung von Naturgefahren" dienen soll.

Weil wir zum Teil auf dieser geomorphologischen Grundlagenkarte aufbauend, anschliessend selbst eine Gefahrenkarte erstellen, werden wir die Möglichkeit haben, die Bewährung dieser Karte vom praktischen Standpunkt aus teilweise selbst zu beurteilen (vgl. Kap. 4.1.1.).



## 2.2. BEMERKUNGEN ZU DEN METHODEN UND HILFSMITTELN BEI DER AUFNAHME UND REDAKTION DER GEOMORPHOLOGISCHEN GRUNDLAGENKARTE

---

In diesem Kapitel soll unser Vorgehen bei der Erstellung der geomorphologischen Grundlagenkarte kurz skizziert werden. Auf Einzelheiten wird nur soweit eingetreten, als sie in einschlägigen Kartierungsanleitungen wie DEMEK (1972 : 38 - 126), LESER, STAEBLEIN (1975) oder TRICART (1965 : 218 - 227) nicht ausdrücklich erwähnt sind, in unserer Arbeit aber wesentlich waren.

### 2.2.1. Zur Aufnahme der Karte

Ziel dieser Arbeitsphase war die Identifizierung, Lokalisierung und Abgrenzung der für uns wichtigen geomorphologischen Erscheinungen.

Dabei lag bei der Kartierung dieses ca. 80 km<sup>2</sup> grossen, teilweise reich gekammerten Gebietes der Wunsch nahe, möglichst viele Informationen durch Luftbildauswertung zu beschaffen. Das vorhandene Material (panchromatische Schwarzweiss-Luftbilder der Eidg. Landestopographie, Bern) konnte aber den Anforderungen, welche die teilweise sehr detailliertere Kartenlegende und der grosse Kartenmassstab stellen, als Identifikationsmittel nicht genügen. Wie weit man unter Zuhilfenahme von anderem Luftbildmaterial (Richtig- und Falschfarbenaufnahmen) bei solchen geomorphologischen Kartierungen zu befriedigenderen Ergebnissen kommen kann, wird in zukünftigen Arbeiten zu prüfen sein.

So war es unvermeidlich, dass der wesentliche Teil der Kartierungsarbeit im Feld durchgeführt werden musste, was sich vor allem im relativ unübersichtlichen Gelände zwischen den besiedelten Gebieten und der Waldgrenze als sehr arbeitsintensiv und zeitraubend erwies (oft nur 20 - 25 ha pro Tag).

Die Vorteile der stereoskopischen Luftbildauswertung wurden dagegen für die Kartierung der Mesoformen (z. B. Komplexe von Talzuschüben) systematisch eingesetzt.

Als topographische Grundlagen für die Feldkartierung wurden Luftbildvergrößerungen (ca. 1 : 5 000) und der Uebersichtsplan 1 : 10 000 (VERMESSUNGSAMT DES KANTONS BERN), zum Teil vergrössert auf 1 : 5 000, je nach spezifischer Eignung parallel verwendet.

Entscheidendes Kriterium für die Wahl eines der beiden Mittel war die rasche und exakte Lokalisierbarkeit und Abgrenzbarkeit der einzelnen Objekte. Dabei erwies sich das panchromatische Schwarzweiss-Luftbild, das als Identifikationsmittel den Anforderungen dieser Arbeit nicht genügen konnte, oft als Mittel zur Lokalisierung und Abgrenzung günstiger als

die Karte. Dies gilt vor allem für die offenen Gebiete im Bereich der Vorsassen (mit der im Luftbild gut feststellbaren Kleinparzellierung), die obere alpine Stufe und die darüberliegenden Gebiete. Die Karte dagegen wurde vor allem in den Siedlungs- und Waldgebieten sowie in Geländepartien eingesetzt, welche auf dem Luftbild kein ausgeprägtes Muster zeigen, welche aber durch ihr starkes Relief in der Karte ein detailliertes Kurvenbild aufweisen.

Weil die Legende zu Beginn der Kartierungsarbeiten noch nicht bis in jede Einzelheit festgelegt war, wurden zuerst kleinere Flächen in mehreren geomorphologisch verschiedenartig strukturierten Geländeabschnitten kartiert, um möglichst rasch einen umfassenden Ueberblick über die Probleme zu erhalten. Aufgrund dieses Ueberblickes wurde für die Feldkartierung eine provisorische Legende erstellt. Dabei wurde die Legende der Feldkarten eher zu differenziert und zu detailliert gewählt. Ein Weglassen oder Vereinfachen von einzelnen Teilen der Legende in den anschliessend zu erstellenden Kartenentwürfen schafft aus trivialen Gründen weniger Probleme als ein nachträgliches Einbeziehen zusätzlicher Karteninhalte. Andererseits verlangt gerade die Feldkartierung einen ökonomischen Einsatz der Mittel und verbietet es, alle möglichen Elemente mitzukartieren. Eine klare Zielvorstellung bereits zu Beginn der Kartierungsarbeiten und ein systematisches kartographisches Durchtesten mehrerer, in der geomorphologischen Struktur verschiedener Gebiete sind hier wohl die wichtigsten Voraussetzungen für einen optimalen Einsatz der Mittel.

## 2.2.2. Erstellen des Kartenentwurfes

Nach der Identifizierung, Lokalisierung und Abgrenzung der einzelnen Elemente im Feld (auf Karten oder Luftbildern) galt es, dieses Material in einen einheitlichen Kartenentwurf zu bringen.

Fig. 6 zeigt als Flussdiagramm den Arbeitsablauf bei der Erstellung der geomorphologischen Grundlagenkarte von Grindelwald, bei welcher die Orthophotos (vgl. weiter unten) erst in einer zweiten Phase zur Verfügung standen. Das Flussdiagramm (Fig. 7 zeigt dagegen das mögliche Vorgehen, wenn Orthophotos von Anfang an eingesetzt werden können.

Durch grosszügiges Entgegenkommen der Forstinspektion Oberland in Spiez konnten praktisch vom ganzen Kartierungsgebiet Orthophotos erstellt werden. Darunter versteht man Luftbilder, welche durch differentielle Entzerrung auf einen konstanten Massstab gebracht wurden (vgl. dazu z. B. GIERLOFF-EMDEN, SCHROEDER-LANZ 1970 : lo2 - lo5).

Weil als Grundlage für die Herstellung der Orthophotos ohnehin Stereo-Luftbilder aufgenommen werden müssen, stehen für die Interpretation jeweils Aufnahmen von demselben Bildflug zur Verfügung, so dass die Bildmuster auf den Stereo-Luftbildern und auf den Orthophotos abgesehen von den Verzerrungen identisch sind. Die im Stereoskop identifizierten und lokalisierten Objekte können auf diese Weise problemlos mit grosser Genauigkeit auf den Orthophotos (gleicher Massstab wie die topographische Grundlage des Kartenentwurfes) eingetragen werden. Im Feld können die Eintragungen auf Orthophotos direkt erfolgen.

Im nächsten Arbeitsgang werden die Eintragungen in den Orthophotos auf dem Leuchttisch exakt und mit verhältnismässig geringem Arbeitsaufwand auf die topographische Grundlage des Kartenentwurfes übertragen.

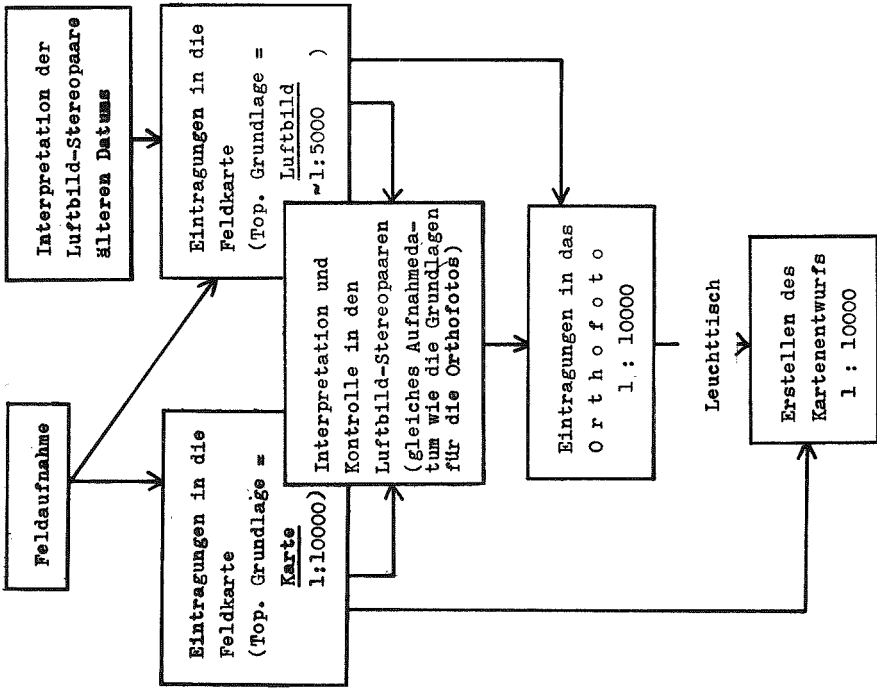


Fig. 6 Schema des Arbeitsablaufs bis zur Erstellung des Kartenentwurfs Grindelwald

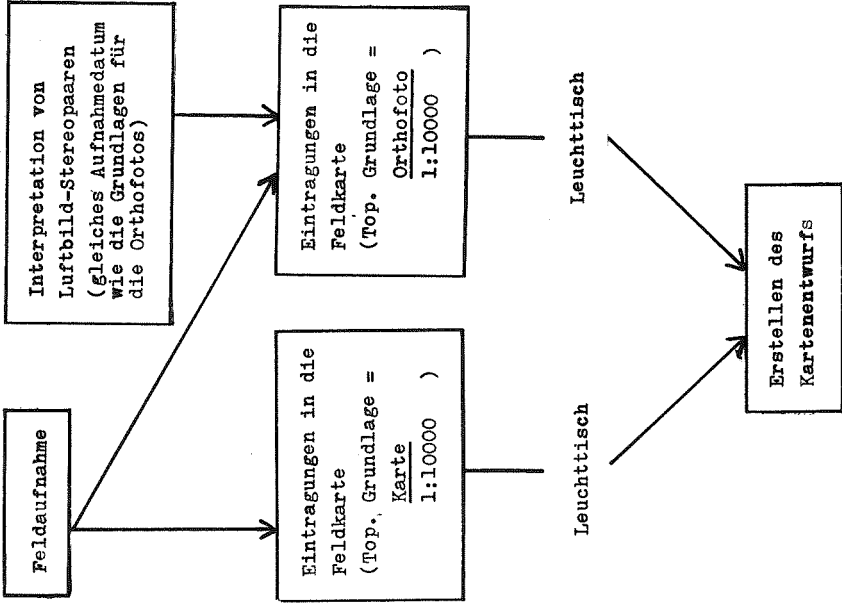


Fig. 7 Schema des wünschenswerten Arbeitsablaufs bis zur Erstellung des Kartenentwurfs

2.3.      MASSENVERLAGERUNGEN:  BESCHREIBUNG UND EIN-  
ORDNUNG WICHTIGER ERSCHEINUNGEN  
- BEISPIELE AUS DEM RAUM GRINDELWALD

---

Als Grundlagenkarte zu einer geomorphologischen Gefahrenkarte muss die vorliegende Karte vor allem Angaben über die aktuelle Morphodynamik enthalten. Dabei handelt es sich in erster Linie um Aspekte der Massenverlagerung, während die Aspekte der Materialaufbereitung nur indirekt berücksichtigt werden.

Zum besseren Verständnis unserer Legende werden wir im folgenden kurz auf das Problem der Systematik von Massenverlagerungen eingehen. Eine solche Systematik ist aus zwei Gründen problematisch:

1. Sie kann der Natur mit all ihren fließenden Uebergängen und den vielen Faktoren nie ganz gerecht werden.
2. Es gibt verschiedene Gesichtspunkte bzw. Ordnungsprinzipien für die Gliederung, welche je nach Verwendungszweck der Systematik mehr oder weniger gut geeignet sind.

Trotz diesen Vorbehalten ist eine Systematik erwünscht, weil sie zur Uebersicht über den Problembereich beiträgt, Ordnung schafft und damit als Wegweiser für das Erkennen der einzelnen Probleme dient (vgl. dazu auch SHARPE 1938 : 10 - 20, 96).

Aus diesem Grunde wurde in Tab. 1 die Gliederung von LAATSCH, GROTTENTHALER (1972 : 312) kopiert, welche uns als eine detaillierte, Vollständigkeit anstrebende und relativ übersichtliche Darstellung erscheint.

Hier kommen zwei Einteilungsprinzipien zum Tragen, nämlich erstens das Prinzip der Bewegungsmechanik, welches in den drei verschiedenen Kolonnen zum Ausdruck kommt, und zweitens das Prinzip des Bewegungstempos, welches in der Tabelle von oben nach unten zunimmt.

Der Begriff Massenverlagerung, welcher von LAATSCH, GROTTENTHALER (1972) nicht explizite definiert wird, umfasst sämtliche geomorphologischen Prozesse, in welchen sich Material von einem Ort an einen andern bewegt oder in welchen Material bewegt wird.

Damit ist bereits die Möglichkeit zur Unterteilung der Massenverlagerung in Massenselbstbewegungen einerseits und Massenschurf bzw. Massentransport andererseits gegeben, wobei die Existenz von allen nur denkbaren Uebergangsformen zu berücksichtigen ist.

Bei Massenselbstbewegungen bewegt sich das Material nur durch die Wirkung der Schwerkraft und ohne Mithilfe von Transportmedien (vgl. auch LOUIS 1968 : 40). In der Tab. 1 sind die Massenselbstbewegungen in der ersten und in Teilen der zweiten Kolonne erfasst.

Bei Massentransporten wird das Material durch die Wirkung der Schwerkraft unter Mithilfe von Transportmedien bewegt (vgl. LOUIS 1968 : 40 - 41). Eingeschlossen sind dabei nicht nur der eigentliche Transport selbst,

Tab. 1 Typen der Massenverlagerung in den Alpen  
(aus: LAATSCH, GROTTENTHALER 1972 : 312)

BEWEGUNGS-TEMPO	1. GLEITEN UND TROCKENES KRIECHEN, RUTSCHEN UND STUERZEN	2. STEIFPLASTISCHES KRIECHEN, WEICHPLASTISCHES UND QUASIVISKOSES FLIESSEN		3. MASSENSCHURF UND MASSENTRANSPORT
		am freien Hang	in Hangfurchen	
Sehr langsame, meist nicht unmittelbar wahrnehmbare Bewegungen	1.1 Falzschub	2.1 Erd- und Schutt-Kriechen	2.4 Blockstrom-Kriechen	3.1 Schurf und Transport durch gleitenden Schnee
	1.2 Gleiten und trockenes Kriechen lockerer Hangmassen		2.3 Solifluktion = 2.1 und 2.2 komb. mit 1.2 in der kalten Klimazone	2.5 Erd- und Schuttstrom-Kriechen
Langsame bis schnelle, direkt wahrnehmbare Bewegungen	1.3 Rutsche	2.2 Erd- und Schutt-Fliesen	2.6 Erd- und Schuttstrom-Fliesen	3.3 Schurf durch Ernteholz und Schlepper
	1.31 Erdrutsch 1.311 durch Translation 1.312 durch Rotation			3.4 Narbenversatz durch Weidetiere
	1.32 Felsrutsch			3.5 Abspülen = Schurf und Transport durch Regenwasser
	1.33 Bergrutsch			3.6 Abspülen durch Hangzugwasser
	1.331 durch Translation			
Sehr schnelle Bewegungen, mit welchen ein rüstiger Mann nicht Schritt halten kann	1.332 durch Rotation	2.7 Erd- und Schuttgang	2.8 Murgang	3.7 Schurf und Geschiebetransport durch Fließgewässer
	1.333 durch Ausquetschen			3.8 Schurf durch Muren
	1.4 Massensturz			3.9 Schurf durch Lawinen
	1.41 Steinschlag			3.10 Schurf und Transport durch Wind
	1.42 Felssturz			
	1.43 Bergsturz			

sondern auch die Prozesse der Aufnahme des Materials durch das Medium, welche mit einem Ablösen und Abschürfen (Massenschurf) verbunden sind.

Während sich BUNZA (1975) auf diese Zweiteilung der Massenverlagerungen in Massenselbstbewegungen und Massenschurf beschränkt, haben LAATSCH, GROTTENTHALER (1972) eine Dreiteilung vorgeschlagen, welche zwischen den erwähnten zwei Klassen noch eine Uebergangsklasse (mittlere Spalte in Tab. 1 enthält).

Die in dieser Tabelle vorgenommene Gliederung der Massentransporte nach den Transportmedien dürfte im allgemeinen zweckmässig sein.

Für die Gliederung der Massenseibstbewegungen bieten sich mehrere Möglichkeiten an. BOLT et al. (1975 : 149 - 154) sehen folgende Gliederungsprinzipien: nach dem Material, der Geschwindigkeit, der Verschiebungstrecke ("displacement") oder dem Bewegungsmechanismus. Die gleichen Autoren halten die Gliederung nach der Geschwindigkeit und nach der Verschiebungstrecke als die günstigste für die Frage der Wirkung von Massenseibstbewegungen auf Mensch und Bauwerk. Dieser Meinung entspricht deshalb zum Teil auch das in Tab. 1 zugrunde liegende zweite Einteilungsprinzip.

Wir wollen hier nicht im einzelnen auf diese Tabelle eintreten (LAATSCH, GROTTENTHALER, 1972, kommentieren sie sehr ausführlich), sondern in den folgenden Kapiteln jeweils nur mit einem Vermerk hinter den Titeln darauf Bezug nehmen.

Auf dem Gebiet der Massenverlagerungen herrscht ein heilloses begriffliches Durcheinander, das sich nicht nur zwischen den einzelnen Sprachen, sondern oft auch innerhalb derselben Sprachbereiche von Autor zu Autor zeigt. Das kommt daher, dass mancher Autor, praktisch aber fast jeder an diesen Problemen interessierte Fachbereich eine eigene, für die jeweilige Fragestellung möglichst optimale Terminologie entwickelt hat.

Weil der Raum Grindelwald verschiedene Eigenheiten aufweist und wegen der spezifischen Fragestellung, welche der vorliegenden Arbeit zugrunde liegt, sowie aus Gründen der kartographischen Darstellung können wir uns nicht ohne weiteres an irgendeine bestehende Terminologie anschließen. Immerhin wurde versucht, sich wenigstens teilweise an die Begriffe anzulehnen, welche in der österreichischen und bayerischen Wildbachverbauer-Literatur besteht und die stark von STINY (z. B. 1931) geprägt wurde.

### 2.3.1. Rutsche und Sackungsbewegungen (Typen 1.3. in Tab. 1)

Aus der umfangreichen Literatur zu diesem Thema seien hier nur vier Standardwerke genannt: SHARPE (1938), TERZAGHI (1950), ECKEL (1958), ZÁRUBA, MENCL (1969).

Das verallgemeinerte und idealisierte morphologische Erscheinungsbild einer Rutschung zeigt Fig. 8. Wir können im oberen Teil eine konkave Abtragungsform und unten eine gestauchte, oft durch die Verdichtungswellen geprägte, generell konvexe Form erkennen. Aus der Skizze geht leicht hervor, dass nach dem erfolgten Rutsch verschiedene Partien des Rutschungskörpers, des Kopfes und der Flanken instabil sind. Als Folge können sich weitere Rutsche ereignen. Unter anderem kann infolge der Verletzung der Vegetationsdecke ein verstärkter Abtrag durch Spülprozesse eintreten. Aeltere (relikte) Rutschungen verfügen daher wegen erfolgter Ausräumung oft über keinen Akkumulationskörper mehr.

Nach LAATSCH, GROTTENTHALER (1972 : 316) sind Rutsche "direkt wahrnehmbare, aus einem Scherbruch hervorgegangene Gleitbewegungen von Erd- und Felsmassen. Ihr morphologisches Ergebnis ist der Anbruch oder die Rutschung".

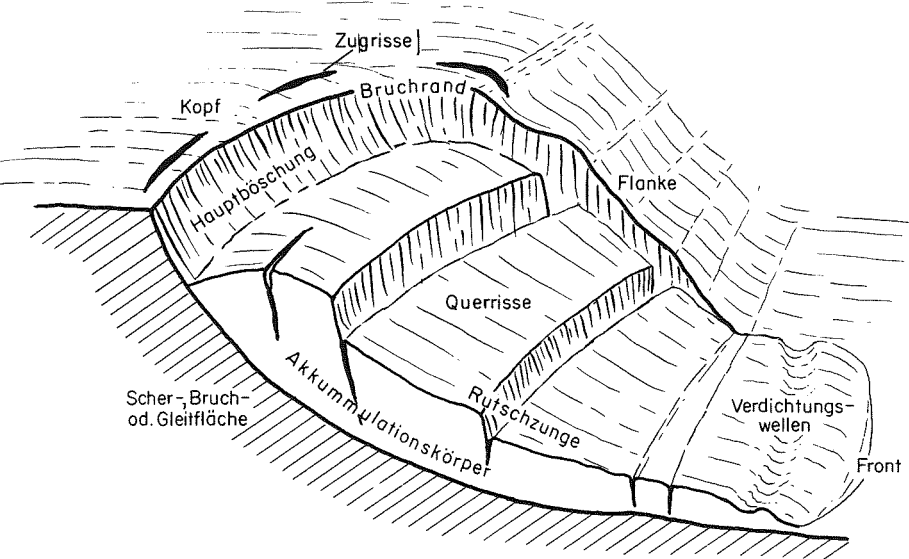


Fig. 8 Querschnitt durch eine idealisierte Rutschung  
(nach BOLT et al 1975:153, ergänzt nach ZÁRUBA, MENCL 1969:96)

Der Begriff "Sackungsbewegung" bedeutet für uns entsprechend dem englischen "slump" (VARNES 1958 : 24) eine Massenselbstbewegung, die erstens nicht entlang von präformierten Gleitflächen stattfindet, welche zweitens eine starke Vertikalkomponente aufweist (HEIM 1932 : 44 - 45) und bei welcher drittens das bewegte Material wie bei Rutschen oft im Schichtverband bleibt (JAECKLI 1957 : 62).

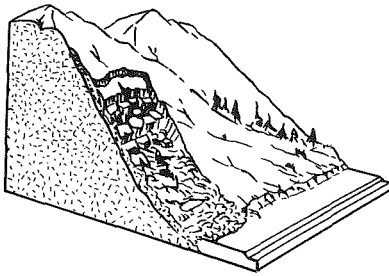
Man unterscheidet Translations- und Rotationsrutsche (vgl. Fig. 9 ). Translationsrutsche haben eine präformierte Scherfläche, Rotationsrutsche nicht. Als Scherflächen kommen "verschiedene Arten von Inhomogenitätsflächen in Frage" wie "sedimentäre, tektonische oder andere Gefügeflächen" (BUNZA 1975 : 13).

Im kartierten Gebiet von Grindelwald konnte keine ausgeprägte Rotationsrutschung festgestellt werden. Dagegen sind zahlreiche Translationsbodentranslationsrutschungen (Blattanbrüche, vgl. Kap. 2.4.3., S. 88 ff.) und tiefgründigere Translationsrutschungen zu beobachten.

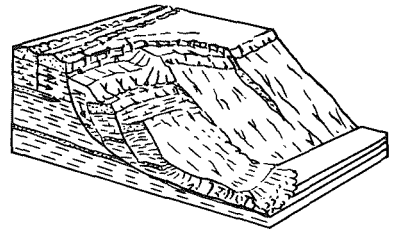
Erstere finden sich beispielsweise ca. 700 ENE von Bort (Raum Koord. 647 700/166 500, vgl. auch Abb. 12, S. 83 ).

Tiefgründigere Translationsrutschungen, welche etwa dem Bild in Fig. 9 (links) entsprechen, konnten zum Beispiel S der Rotenegg (Raum Koord. 644 200/166 800) festgestellt werden.

Bei der in Abschn. 2.4.8.1. (S. 101) beschriebenen Rutschung aus dem Gebiet von Grindel (Raum Koord. 649 300/167 400) handelt es sich um eine tiefgründige Uebergangserscheinung, welche in Anlehnung an BUNZA (1976 : 9) als "zusammengesetzte Rutschung" bezeichnet werden kann.



Translationsrutsch



Rotationsrutsch

Fig. 9 Blockdiagramme von Translations- und Rotationsrutschen  
(nach: VARNES 1958: Plate I, Fig. j und h)

Die auslösenden Faktoren von Rutschen und Sackungsbewegungen, welche weitgehend auch für die im nächsten Kapitel beschriebenen Talzuschübe Gültigkeit haben, sind nach ZARUBA, MENCL (1969 : 26 - 27):

1. Veränderungen der Hangneigung, z. B. durch künstliches oder natürliches Anschneiden des Hanges oder auch durch tektonische Vorgänge, verbunden mit Veränderungen von Scherspannung und Scherfestigkeit und oft leichterem Eindringen von Wasser (vgl. Ziff. 4).
2. Ueberlastung durch schnell vollzogene Auffüllungen und Aufschüttungen, damit Zunahme der Scherspannung und, bei tonigen Gesteinen, des Porenwasserdrucks (vgl. Ziff. 4).
3. Stöße und Erschütterungen rufen alternierende Veränderungen von Scherfestigkeit und Scherspannung hervor und führen zu Störungen des Gefüges und der Struktur des Materials und zur Abnahme der Kohäsion und inneren Reibung.
4. Änderung des Wassergehaltes, z. B. nach langen oder starken Niederschlägen oder bei Schneeschmelze: Zunehmender Porenwasserdruck verändert die Konsistenz des Materials und bewirkt Abnahme der Kohäsion und der inneren Reibung. Dabei spielen auch elektroosmotische Vorgänge eine Rolle (vgl. VEDER 1963 : 383 - 386). Beim Austrocknen von tonigen Böden entstehen Risse, in welche Wasser leichter eindringen und zu einer Zunahme des Porenwasserdrucks führen kann.
5. Einfluss des Grundwassers durch Druck auf Bodenpartikel und Auswaschung. Gespanntes Grundwasser kann hangende undurchlässigere Schichten heben und zum Bruch führen.



6. Frosteffekte: Ausweitung und Neubildung von Rissen durch gefrierendes Wasser vermindern den Scherwiderstand.
7. Chemische und mechanische Verwitterung stört die Kohäsion des Materials.
8. Änderungen in der Vegetationsbedeckung: Je nach Vegetation bessere oder schlechtere mechanische Stabilisierung des Bodens durch Wurzeln und unterschiedliche Einwirkungen auf den Bodenwasserhaushalt (vgl. dazu ENGLER 1919; KARL, DANZ 1969, mit ausführlicher Bibliographie; KIRWALD 1971; BEINSTEINER, MAYER 1971).

Auf Flächen, die von Talzuschüben betroffen sind, können Rutsche als sekundäre Erscheinungen auftreten, weil der Talzuschub in Teilbereichen zu Veränderungen in der Hangneigung, zu Störungen des Wasserhaushalts und zu andern oben erwähnten Erscheinungen führt.

### 2.3.2. Talzuschub (Typ. 1.1 in Tab. 1, S. 53)

Ueber Talzuschübe und damit zusammenhängende Erscheinungen sind schon zahlreiche Publikationen erschienen, von welchen hier die wichtigsten genannt seien: AMPFERER (1939), welcher von "Hanggleitungen" spricht, STINY (1941, 1942 a), (1942 b), (1952 a), (1952 b), ZISCHINSKY (1966, 1969). JAECKLI (1957 : 52 - 62) beschreibt dieselben Erscheinungen im Gebiet der Bündnerschiefer als "Schieferrutschungen". In der Klassifikation von VARNES (1958 : 26 - 29) können die Talzuschübe den "block glides" und den "rock slides" zugeordnet werden. Zusammenfassend haben sich LAATSCH, GROTTENTHALER (1972 : 312 - 314) mit den Talzuschüben befasst.

Es ist nicht unsere Aufgabe, hier noch eine weitere Abhandlung über Talzuschübe vorzulegen. Da aber diese Erscheinung in unserem Kartierungsgebiet (siehe unten) sehr verbreitet ist, möchten wir sie doch zur allgemeinen Orientierung kurz beschreiben.

Wir verstehen unter Talzuschub im folgenden "grossräumige, langsame, unmittelbar nicht wahrnehmbare, steifplastische, tiefgreifende Kriechbewegungen von Felsgesteinen...wobei die oberflächennahen Lockermaterialien und die Vegetationsdecke mitbewegt werden" (BUNZA 1975 : 17).

Diese tiefgründigen Bewegungen werden unter dem Einfluss der Schwerkraft vor allem durch Hangentlastungen wie z. B. durch das Abschmelzen der pleistozänen Gletscher (MUELLER-SALZBURG 1969 : 171 - 172) oder durch allgemeine Materialabtragung ausgelöst. Diese Vorgänge (Gletscher-rückgang und Erosion) berauben den Hang in seinem Fussbereich der Stütze und wirken auf diese Weise bewegungsauslösend (vgl. dazu auch STRITZL 1971 : 280).

Der obere Hangteil (Zugspannungsbereich) weist im allgemeinen eine konkave Form auf, während der untere Hangteil (Schubspannungsbereich) bedingt durch den Massenzuwachs meist konvex aufgewölbt und oft nur schwer abgrenzbar ist.

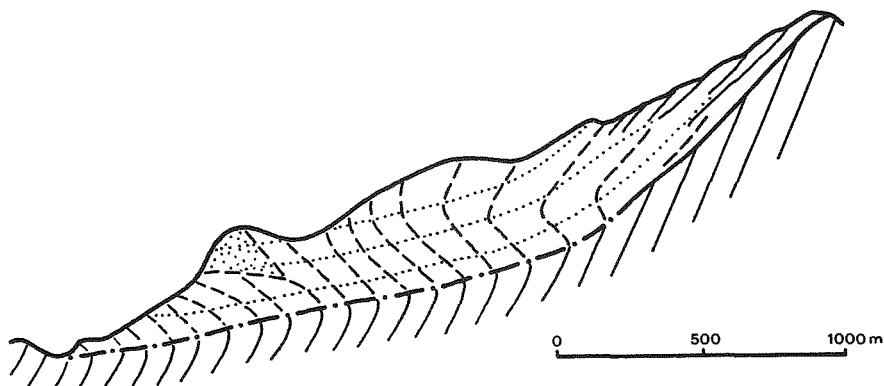


Fig. 10 Sackender Talzuschub (nach ZISCHINSKY 1966:183)

Auffällig im morphologischen Erscheinungsbild sind die häufig feststellbaren Doppelgrate und Nackentälchen und die oft zahlreichen Zugrisse im Oberhang. Letztere können beim gleitenden Talzuschub mit dem Ausstreichen der präformierten Gleitflächen zusammenhängen, während sie beim sackenden Talzuschub (vgl. Fig. 10), für welchen keine präformierte Gleitfläche besteht, im Gestein blind enden (vgl. dazu ZISCHINSKY 1966 : 179 - 182).

Weitere morphologische Merkmale der Talzuschübe sind das unruhige Relief, die mit steilen Böschungen abwechselnden, häufig vernässten Verebnungsflächen, die mehr oder weniger hangparallelen Wälle und Leisten, Merkmale, welche zum Teil an das Erscheinungsbild eines sich talwärts bewegenden Gletschers erinnern. Häufig sind im Bereich der Talzuschübe sekundäre Rutschungen und Sackungen anzutreffen. Solche Erscheinungen werden wir im nächsten Abschnitt besprechen und in diesem Zusammenhang auch auf die Bedeutung der ebenfalls beim Talzuschub wichtigen auslösenden Faktoren eintreten.

#### 2.3.2.1. Der aktive Talzuschub im Gebiet von Mühlebach

(Blatt 1; Zentrum ca. Koord.: 647 600/165 300)

Gebietsumschreibung: Ungefähre Umgrenzung durch folgende Lokalitäten (im Uhrzeigersinn): Bort (Koord.: 646 980/166 350) - Egg - Unt. Läger - Stöpfi - Ob. Lauchbühl - Unt. Lauchbühl - Schwarze Lütschine - Grindelwald - Oberhaus - Bort.

Geologie: Zone von verkehrt gelagertem Aalénienschiefer (Dogger der helvetischen Wildhorndecke). Die Schichten fallen generell nach SE, während im Streichen ein Axialgefälle nach SW festgestellt wird (vgl.

dazu SEEBER 1911 : 115 und ALTMANN 1959 : 40). Im einzelnen wird das allgemeine Schichtfallen allerdings äusserst stark überprägt durch kleintektonische Erscheinungen (Verfältelung, Zerrüttung).

Die Aalénienschiefer sind schwärzliche, glatte, weiche und leicht zu Blättchen zerfallende Tonschiefer mit geringem Eisengehalt (vgl. Analysenergebnisse S. 68).

Das ganze Gebiet, das nur durch den Mühlebach, den Bergelbach und auf kurzen Strecken durch den Horbach in stärkerem Ausmass zerschnitten wird, ist in den oberen Partien gekennzeichnet durch einen teilweise recht ausgeprägten Wechsel von relativ schmalen, talwärts ziehenden Rippen und dazwischenliegenden einige hundert Meter breiten, flachen Mulden, welche einen karähnlichen oberen Abschluss aufweisen. In den weiter unten liegenden Partien verschwinden die Rippen, und die Muldenflächen vereinigen sich im Raum Mühlebach in einer weiten, gesamthaft etwas aufgewölbten Hangzone, welche eine in horizontaler und vertikaler Richtung leicht gewellte Oberfläche aufweist. Diese untere Hangzone und die zwischen den Rippen liegenden Mulden zeigen unverkennbare Merkmale einer ausgeprägten Massenselbstbewegung.

Die Bruchränder befinden sich nicht unmittelbar im Bereich des Wechsels von anstehenden Aalénienschiefer zum nördlichen anschliessenden Aaléniensandstein, sondern liegen durchwegs innerhalb der Aalénienschiefer.

Die unter den Bruchrändern liegenden Hauptböschungen werden entweder durch das Anstehende gebildet oder tragen eine dünne Bodendecke mit Vegetation (Mähwiese, Weide, Grünerlengebüsch, Fichtenwald). Im ersten Falle ist vor allem Abgrusung (Element 365)<sup>1)</sup> festzustellen und hauptsächlich mit Sturzgefahr zu rechnen, während die Hänge im zweiten Falle häufig durch Blattanbrüche (Elemente 361 - 369) überprägt sind und allgemein als rutschgefährdet angesehen werden müssen.

Die Bruchränder und Hauptböschungen der einzelnen Mulden laufen seitlich zusammen und bilden teilweise die erwähnten sehr markanten Rippen, welche sich jeweils über einige hundert Meter in südlicher Richtung talwärts erstrecken.

Die Muldenzonen bilden die oberen Teile der Akkumulationskörper, welche sich im unteren Teil (ab einer Höhenlinie von ca. 1300 m) vereinigen und morphologisch kaum mehr zu trennen sind. Einzig in der Fortsetzung der Rippe, welche sich zwischen Bort und Gigli in SSE Richtung talwärts erstreckt und ca. 400 m NE von Regenmatte bei Koord.: 647 460/165 920 abtaucht, kann eine markante Geländelinie (Element 941) festgestellt werden, welche sich als teilweise vernässte Mulde (Element 131) zuerst in S, weiter unten in SSW Richtung gegen die Schwarze Lutschine hinunterzieht. Diese Linie ist der ortsansässigen Bevölkerung bekannt als Grenzlinie zwischen zwei verschiedenen Rutschmassen, von welsch sich die westliche schneller bewegt als die östliche (nach mündl. Mitt. von Herrn Ch. Bauermann, Bausekretär, Grindelwald).

---

1) Als "Element" wird jede geomorphologische Erscheinung bezeichnet, welche in der geomorphologischen Grundlagenskarte eingetragen und in der Legende mit einer Nummer versehen ist (vgl. Kap. 2.4., S. 71)

Die Zungen der vereinigten Akkumulationskörper stossen mit einem Teil ihrer Front in die Schwarze Lütschine. In diesem Bereich sind vermehrt Stauchwülste (ausgedrückt durch die Elemente 513 und 514), Zugrisse und sekundäre Rutsche (Elemente 331, 333 und 321, 323) sowie Uferabbrüche (Elemente 211 - 214) anzutreffen. All das zeugt von erhöhter Instabilität in diesem Bereich. Die Schwarze Lütschine transportiert das von den Talzuschüben eingestossene Material laufend ab. Dadurch wird verhindert, dass sich im Frontbereich der Talzuschübe Material ansammelt, das mit der Zeit für die Hänge eine Stütze bieten könnte und wodurch die Bewegungen allgemein verzögert würden. Wegen der ständig anhaltenden Materialzufuhr durch die Talzuschübe dürfte die Schwarze Lütschine trotz ihrer feststellbaren Erosionstätigkeit (eintiefende Sohle = Element 115) ihr Niveau im Endeffekt heute ungefähr beibehalten. Da aber keine diesbezüglichen Messungen bestehen, kann das nicht mit Sicherheit festgestellt werden.

Sehr aktiv ist die Zone unterhalb Oberhaus (Raum Koord.: 646 400/164 800) mit einem durchschnittlichen Gefälle von ca. 14°. Neben gewaltigen Stauchwülsten sind hier vertikal stark gegeneinander verschobene Sackungsschollen und grössere, offene Rutschungen zu beobachten (vor allem Elemente 321 - 324, 514).

Die Bergbahn Grindelwald-First (Sesselbahn) hat wegen dieses Talzuschubes einige Stützen auf ihren Fundamenten verschiebbar angebracht, so dass deren Lage ab und zu wieder korrigiert werden kann. Wegen diesem praktischen Problem und ähnlichen Schwierigkeiten im Zusammenhang mit der Druckleitung zwischen dem Staubecken von Bort, Koord.: 646 770/165 925 und dem Elektrizitätswerk in Grindelwald (Koord.: 646 825/164 090) wurden durch das Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETH, Zürich (KOBOLD 1971) verschiedene Punkte vor allem entlang der Druckleitung und der Firstbahn in den 60er Jahren regelmässig vermessen. Die in der Karte eingetragenen braunen Verschiebungsvektoren (Element 905) geben im Massstab 1 : 1 die "durchschnittliche" jährliche Verschiebung an (Messperiode 2 - 10 Jahre), wobei festgestellt wurde, dass die Verschiebungsrichtungen und -beträge von Jahr zu Jahr schwanken.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass 1975 im Gebiet zwischen Bort und der Schwarzen Lütschine durch das Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETH, Zürich ein dichteres Messnetz von ca. 25 Punkten erstmals eingemessen worden ist, durch welches wir uns in einigen Jahren weiteren Aufschluss über die Bewegungsvorgänge in diesem Talzuschub erhoffen.

Unter diesen Talzuschüben haben nicht nur die Firstbahn und das Elektrizitätswerk zu leiden, sondern es sind auch Versetzungserscheinungen an Strassen, Risse in Hausmauern und schiefgestellte Häuser zu beobachten, wobei darauf hingewiesen werden muss, dass Häufigkeit und Ausmass der Schäden je nach der momentanen lokalen Aktivität des Talzuschubes innerhalb des Gebietes sehr verschieden sein können. Dies wird bei der Beurteilung der Rutschgefahr, welche in diesem Raum im Vordergrund steht, zu beachten sein.

2.3.2.2. Der aktive Talzus Schub in den Hängen zwischen Alpiglen, Brandegg, Wärgistal und dem Wärgistalbach

---

(Blatt 2; Zentrum Koord.: 644 000/162 500)

Gebietsumschreibung: Station Alpiglen (Koord.: 643 100/161 100) nach W - Tschingelbach - Wärgistalbach - Wärgistal - Brandegg - Alpiglen.

Geologie: Aalénienschiefer im südlichen und Aalénien-Eisensandstein im nördlichen Teil (Dogger der helvetischen Wildhorndecke). GUENZLER-SEIFFERT, WYSS (1938 : 18) beschreiben den schiefrigen Eisensandstein als "knorrige, sandige und eisenschüssige Tonschiefer", welche ebenfalls zu den veränderlichfesten Gesteinen (vgl. Begriffs-Erläuterungen, S.195) zu zählen sind. Ueber grossen Teilen dieses Gebietes liegt ein dünner Moränenschleier.

Am Fusse des westlichen Teils dieser Hangzone wird das eingeschobene Material vom Wärgistalbach weggeschafft. Aehnlich wie bei der Schwarzen Lutschine (vgl. Abschn. 2.3.2.1., S. 60) fehlen hier Messungen darüber, ob der Bach im Endeffekt das Niveau beibehält oder ob er sich effektiv eintieft. Entscheidend ist aber, dass er vor allem bei Hochwassern in und neben dem Bachbett sehr viel Material aufnehmen und wegtransportieren kann und dass dadurch am Fusse dieser bewegten Masse immer wieder von neuem instabile Zustände geschaffen werden.

Die Intensität der tiefgründigen Bewegungen ist in diesem Gebiet schwer abschätzbar. Sie dürfte jedoch allgemein unter derjenigen der in Abschn. 2.3.2.1. beschriebenen Talzuschübe liegen. Dagegen deuten Anzeichen wie Krümmwuchs vieler Bäume, Versetzungserscheinungen in der Güterstrasse zwischen der Brandegg und dem Tschingelbach und kartierte geomorphologische Erscheinungen auf intensive oberflächennahe Massenselbstbewegungen hin.

Im Bereich des E von Brandegg eingetragenen Bruchrandes (Element 313 zwischen Koord.: 643 200/161 750 und Koord.: 643 900/162 580) sind die Verhältnisse recht kompliziert. Der Bruchrand und seine südwestliche Fortsetzung (inklusive Teile des den Talzuschubs-Kessel N von Alpiglen einrahmenden Bruchrandes) könnte als seitlicher Bruchrand des ganzen Talzuschubs in den Gebieten Itramenwald - Itramen angesehen werden. Es wäre aber auch abzuklären, ob der Steilabfall zum Wärgistalbach nicht als solcher bereits tektonisch angelegt worden ist. Wie die Antwort auch ausfallen müsste, ändert sich jedoch nichts an der Tatsache, dass dieser Steilhang sehr rutschgefährdet ist. Die als Element 511 bezeichnete Fläche oberhalb des Bruchrandes ist vergleichbar mit dem in Kap. 2.3.4. (S. 67) erwähnten Erdstrom, wobei hier die Bewegung sehr gering sein dürfte.

Der obere bzw. südliche Grenzbereich zwischen feststellbar bewegten und unbewegten Massen scheint ziemlich eng zu sein, sind doch zwischen Brandegg und Alpiglen Spuren von aktuellen Massenselbstbewegungen z. T. bereits 200 m N des Bahntrasses zu beobachten, während nach Mitteilung der Bahndirektion (Direktion WAB, Interlaken) das seit 1893 bestehende Bahntrasse selbst von keinen erkennbaren Bewegungen betroffen wird.

In den Gebieten östlich der Brandegg dominieren heute ebenfalls die oberflächennahen Massenselbstbewegungen, während die Intensität der tiefgründigen Bewegungen hier mangels Hinweisen (Schäden) von uns als gering eingeschätzt wird.

2.3.2.3. Das Gebiet zwischen Eigergletscher und Bustiglen (Talzuschub mit aktuell geringer Aktivität).

---

(Blatt 2; Zentrum Koord.: 640 700/159 400)

Gebietsumschreibung: Kleine Scheidegg (Koord.: 640 000/159 450) - Bustiglen - Salzegg - Eigergletscher - Kleine Scheidegg.

Geologie: Zur Hauptsache Aalénienschiefer (Dogger der helvetischen Wildhorndecke); im südlichen Teil Flyschzone mit meist schiefrigen, schwarzen, braunen, sandigen oder kalkigen Gesteinen (GENGE 1967 : 313; GUENZLER-SEIFFERT, LOUIS 1938).

Im Gebiet zwischen der Kleinen Scheidegg und Eigergletscher haben die ver-sackten, noch im Schichtverband erhaltenen Schollen musterhafte, teilweise vernässte Nackentälchen gebildet. Die Spuren weisen hier an sich auch auf rezente Aktivität hin. Erstaunlicherweise hat man aber am seit 1893 bestehenden Bahntrasse zwischen der Kleinen Scheidegg und Salzegg bis heute keine Versetzungen festgestellt (Mitteilung der Direktion WAB, Interlaken). Dieser Hinweis zeigt, dass hier heute höchstens sehr geringe tiefgründige Bewegungen stattfinden.

Die grössere Aktivität zwischen dem Bahntrasse und Bustiglen (unter anderem Rutsche und Sackungsbewegungen bei Koord.: 640 650/159 700 und Koord.: 640 950/160 200) scheint heute nur einzelne Schollen zu betreffen und im zweiten Beispiel vor allem auch mit der Eintiefung des Wärgistalbaches zusammenzuhängen. Die Alphütten von Bustiglen geben trotz der grösseren Unruhe des Kleinreliefs (Element 513) keinen Hinweis (Schäden, Schiefstellung) auf aktuelle Bewegungen.

2.3.2.4. Brandswald - Itramenwald - Itramen (Talzuschub mit aktuell geringer Aktivität)

---

(Blätter 2 und 1; Zentrum Koord.: 642 600/163 000)

Geologie: Im oberen, westlichen Teil Aalénienschiefer-Eisensandstein und im unteren, östlichen Teil schiefriger Aalénienschiefer-Eisensandstein (Dogger der helvetischen Wildhorndecke). Grössere Teile des Gebietes tragen einen dünnen Moränenschleier.

Die allgemein unruhige Oberfläche, die Verstellung einzelner Schichtpakete, sekundäre Rutschungen in den Zonen NE des grossen Waldes und die Verhältnisse in den weiter oben liegenden Gebieten (vgl. Abschn. 2.3.3.2., S. 66) sind Hinweise auf Massenselbstbewegungen grösseren Ausmasses. Die Merkmale von aktuellen Verschiebungen sind allerdings nur in den waldfreien Gebieten erkennbar, während solche in den fast undurchdringlichen Wäldern weitgehend fehlen.

Wir verfügen leider nur über die Verschiebungsmessung (Element 905) im Gebiet von Wärgistal, wo sich der Punkt Koord.: 644 785/163 270 jährlich

im Durchschnitt (1963 - 1970) um ca. 2 cm talwärts verschiebt. Diese Angabe wird immerhin bestätigt durch zahlreiche Versetzungsercheinungen an der Erschliessungsstrasse von Itramen.

2.3.2.5. Das westliche Dorfgebiet von Grindelwald (Talzuschub mit aktuell geringer Aktivität)

---

(Blätter 1 und 2; Zentrum Koord.: 645 500/163 900)

Gebietsumschreibung: Fläche, welche in der geomorphologischen Grundlagenkarte durch die Balkensignatur mit grünem Punktraster (Element 512) dargestellt ist.

Geologie: Aalénienschiefer (Dogger der helvetischen Wildhorndecke), in grossen Teilen durch Blockschutt (Eisensandstein) und Moräne überdeckt.

Die Oberfläche zeigt keine ausgeprägten Merkmale von aktuellen Massenbewegungen. Nur selten werden hier Schäden an Bauwerken festgestellt. Immerhin zeigt die Verschiebung (Element 905) der zwei Messpunkte (Raum Koord.: 645 000/164 150) und des Punktes (Koord.: 646 015/163 600) deutlich, dass wir hier vergleichbare Bewegungsbeträge haben, wie auf der gegenüberliegenden Talseite (vgl. Abschn. 2,3,2.4).

2.3.2.6. Das Gebiet westlich von der Grossen Scheidegg (Talzuschub mit aktuell geringer Aktivität)

---

(Blatt 1; Zentrum Koord.: 650 200/167 300)

Gebietsumschreibung: Grosse Scheidegg - Ob. Lauchbühl - Stöpfi - Grosse Scheidegg.

Geologie: Aalénienschiefer und Aalénien-Eisensandstein (Dogger der helvetischen Wildhorndecke).

Unterhalb des markanten Bruchrandes entlang der Wasserscheide N der Grossen Scheidegg erstreckt sich eine gestufte, unruhige Formen aufweisende Mulde. Während im oberen Teil keine Anzeichen für aktuelle tiefgründige Bewegungen bestehen, sind solche im unteren, westlichen Teil sichtbar. Die zahlreichen, wegen ihrer geringen Ausdehnung nicht einzeln darstellbaren Spalten zeigen zum Teil Spuren aktueller Bewegung: frisches Aufreissen der Vegetationsdecke und Spannen von grösseren Wurzeln.

Diese sackenden Bewegungen im unteren Teil des Gebietes stehen aber mit grosser Sicherheit bereits im Zusammenhang mit dem unmittelbar westlich anschliessenden Bruchrand (Raum Koord.: 649 500/167 000). Die dazugehörige Hauptböschung bedingt die Labilität im unteren Teil des betrachteten Gebietes, indem die Massen hier ohne grossen Widerstand hinausstossen können. Es ist nicht auszuschliessen, dass diese Bewegungen auch die oberen Teile des Areals bis zur Grossen Scheidegg wieder erfassen könnten, zumal vom Material her und bedingt durch die schlechte Entwässerung günstige Voraussetzungen bestehen.

2.3.2.7. Ein blockstromartiger Talzuschub: das Gebiet zwischen der Linie Rotenegg - Uf Spitzen und Schwendi

---

(Blatt 1; Zentrum Koord.: 644 500/165 500)

Gebietsumschreibung: Zone, welche in der geomorphologischen Grundlagenskarte primär als Element 511 dargestellt und sekundär durch Element 533 überlagert ist (vgl. Abschn. 2.4.8.3., S. 103).

Geologie: Nach der geologischen Karte (GUENZLER- SEIFFERT, WYSS 1938) "Alter Blockschutt, z. T. noch in Bewegung". Aufschlüsse an den Rändern des Gebietes zeigen, dass der Untergrund aus Aalénien-Eisensandstein, Aalénienschiefern sowie sandigen Kalken und Tonschiefern des Bajocien (Dogger der helvetischen Wildhorndecke) besteht.

Morphologisch bezeichnen dieselben Autoren (l. c. : 25) das ganze als "Bergsturz aus dem Rötihorn", dessen Material sich als "stone glacier" talwärts bewegt.

Nach ALTMANN (1959 : 44) sind für die Materialzulieferung des Trümmerstromes vor allem Felssackungen im Bereich SE des Rötihorns bis zur Versteilung im Höhenbereich zwischen 2000 und 1700 m verantwortlich. Dieser Befund lässt sich nach unserer Kartierung bestätigen.

Das in Abschn. 2.3.3.1. (siehe unten) erwähnte chaotische Trümmerfeld SE des Rötihorns weist auf kleinräumig sehr unterschiedliche, zum grossen Teil auch rezente aktive Sackungsbewegungen hin. Der obere Bruchrand lässt sich nicht sauber abgrenzen, kann aber als identisch mit dem SE-Grat des Rötihorns angenommen werden. Die Auflösung in den Sackungsbereichen äussert sich an der Oberfläche vor allem durch die zahlreichen losen Eisensandsteinblöcke und die Versteilungen und wallförmigen Gebilde, von welchen die markantesten als Elemente 945 kartiert wurden.

Die bis hinunter zu den Alluvionen der Schwarzen Lüttschine reichende Blockschuttmasse ist durch die da und dort aus dem gesamthaft unruhigen Gelände herausragenden Blöcke gekennzeichnet. Gleichzeitig ist aber auch festzustellen, dass in den vorwiegend als Weide oder Mähwiese genutzten Flächen eine relativ mächtige Bodenschicht besteht, welche den Blockstrom zum Teil verhüllt. Dies weist auf das hohe Alter der Blockschuttmasse hin, welche vermutlich postglazial angelegt wurde, da auf ihr mit Ausnahme des Gebietes S von Stutz (Umgebung von Koord.: 643 900/164 300) kein Moränenmaterial des Talgletschers zu finden ist (vgl. GUENZLER-SEIFFERT, WYSS 1938).

Bei der Anlage dieses Blockstromes dürften vor allem Kriechbewegungen mitgespielt haben. Es ist durchaus anzunehmen, dass er ursprünglich Eis enthalten hat und daher als reliktischer Blockgletscher bezeichnet werden kann (vgl. dazu beispielsweise HAEBERLI 1975 : 96 - 97), zumal die in GUENZLER-SEIFFERT, WYSS (1938 : 25) erwähnten "söllartigen Kesselreihen" ein deutlicher Hinweis darauf sind.

Für uns wesentlich ist aber die Tatsache, dass dieser Blockstrom heute noch zumindest partiell und sehr langsam in Bewegung sein muss. Gemessen wurde bisher zwar allein die als Element 905 kartierte Verschiebung von Koord.: 644 495/164 495 bei Stutz, welche mit einem durchschnittlichen jährlichen (allerdings nur zweijähriger Messdauer : 1968 - 1970) Betrag von etwas mehr als zwei Zentimeter vergleichbar ist mit den in Abschn. 2.3.2.4., S. 63) erwähnten Verschiebungsbeträgen. Als weiterer Hinweis auf die aktuelle Massenbewegung muss auch hier die Tatsache angesehen werden, dass die geteerte Erschliessungsstrasse Grindelwald -



Bussalp verschiedene Versetzungserscheinungen zeigt. Besonders aufgefallen ist ein Riss, welcher zwischen 1973 und 1974 genau an der westlichen seitlichen Begrenzungslinie des Blockstromes im Gebiet E von Gmeinenboden quer durch die Strasse entstanden ist (Koord.: 644 230/165 985, in der Nähe des Ueberganges der Strasse über den Abbach).

Die Kriechbewegungen (vgl. Kap. 2.3.4.) dürften durch das gut versickernde, (vgl. die geringe Bachdichte) aber im Untergrund auf Stauhorizonte (Tonschiefer, Eisensandstein) auftreffende Wasser gefördert werden.

Gleichzeitig ist zu beachten, dass dieser Untergrund wahrscheinlich zum Teil auch versackt ist. Die Hinweise sind östlich und westlich vom Blockstrom vorhanden: Einerseits in den von GUENZLER-SEIFFERT, WYSS (1938) kartierten Felssackungen N von Grindelwald im Gebiet der Aellfluh (Raum Koord.: 645 000/165 000) sowie S von Uf Spitzen (Raum Koord.: 645 600/166 800) und andererseits in den in Aufschlüssen entlang dem Abbach (z. B. Koord.: 644 230/166 240) sichtbaren Paketen von verstellten Aalénienschiefern.

Aufgrund dieser Indizien nehmen wir an, dass sich die Masse als sackender Talzusub mit Teilen des Untergrundes und durch Kriechen des Blockschuttes talwärts bewegt.

### 2.3.3. Bergzerreissung

Im Kartierungsgebiet zeigen sich Stellen, welche einen deutlich sichtbaren Zerfall des anstehenden Untergrundes erkennen lassen. Dabei lösen sich kleinere und grössere Gesteinspakete von einander und bilden Trümmerhaufen von teilweise hausgrossen Blöcken im Wechsel mit meter-tiefen oft hundert Meter langen Spalten. Diese Erscheinung, Bergzerreissung genannt, steht oft in engem Zusammenhang mit den im vorangehenden Kapitel behandelten Talzuschüben (vgl. AMPFERER 1939, STINY 1942 a, BUNZA 1976 : 49). Dies trifft auch für das erste der folgenden zwei Beispiele aus dem Raum Grindelwald zu.

#### 2.3.3.1. Rötihorn - Nothalten

(Blatt 1; Zentrum Koord.: 645 600/167 000)

Gebietsumschreibung: Rötihorn (Koord.: 643 840/168 350) - Uf Spitzen - Nothalten - N Hohlenwang - Rotenegg - Rötihorn.

Geologie: Vor allem Aaléniensandstein mit einer Zone von Bajocien-Tonschiefern und sandigen Kalken (Dogger der helvetischen Wildhorndecke).

Der Raum S des Verbindungsgrates Rötihorn - Uf Spitzen zeigt sich als chaotischer Trümmerhaufen, welcher sowohl auf Sturz - (vom SE-Grat des Rötihorns) als auch auf zum Teil rezente Sackungsbewegungen zurückgeht. Dieses Gebiet kann als Zugspannungszone des in Abschn. 2.3.2.7. besprochenen Talzuschubs angesehen werden.

Das Gebiet S von Uf Spitzen erscheint wegen der stärkeren Vegetationsbedeckung (teilweise Bewaldung) im allgemeinen weniger chaotisch. Aber

auch hier sind Spuren von Sturz- und Sackungsbewegungen zu beobachten (besonders im Raum Koord.: 645 600/166 900). Auffällig sind auch die meist SSE streichenden, auf Spalten zurückgehenden Furchen E Nothalten (z. B. Koord.: 646 050/165 700 oder 646 340/166 000).

Ueber die Ausmasse aktueller Bewegungen bestehen keine Messungen, doch schätzen wir sie aufgrund der weitgehend intakten Vegetation auf höchstens wenige Zentimeter pro Jahr. Nach mündl. Mitteilung von Prof. Chaperon (Institut für Photogrammetrie und Geodäsie der ETH, Zürich) ist der Triangulationspunkt Nothalten (Koord.: 645 375/165 625) instabil. Dies könnte aber auch auf nur lokale Bewegungen zurückzuführen sein.

#### 2.3.3.2. Das Gebiet zwischen Gummi und Honegg

(Blatt 2; Zentrum Koord.: 640 800/161 300)

Gebietsumschreibung: Die mit den Elementen 334 und 336 (Zugrisse im Anstehenden) direkt durchsetzte Zone (Raum Koord.: 640 650/161 200) und Teile des NW anschliessenden, N exponierten Hanges, durch welchen die Sesselbahn führt.

Geologie: Aalénien-Eisensandstein (Dogger der helvetischen Wildhorndecke).

Im südlichen Teil sind im anstehenden Eisensandstein zahlreiche, teilweise vegetationsbedeckte Spalten sichtbar, welche erkennen lassen, dass hier einzelne Schollen gleitend und sackend talwärts fahren, wobei die Bewegungsgeschwindigkeit durch uns aufgrund von Krummwuchs der Bäume auf wenige Zentimeter pro Jahr geschätzt wird.

Im nordwestlichen Teil des Gebietes finden ebenfalls solche Bewegungen statt. Sie sind aber durch überdeckendes Felssturzmaterial getarnt. Ein Felssturz mit einer bewegten Masse von ca. 300 m<sup>3</sup> im Raum Koord.: 640 350/161 250 vom Frühjahr 1975 und die langsamer verlaufenden Gleit- und Sackungsbewegungen sind hier Beweis für die aktuelle Bergzerreissung, welche mit den weiter unten liegenden Talzuschiebmassen (vgl. Abschn. 2.3.2.4., S. 62) in ursächlichem Zusammenhang stehen dürfte.

#### 2.3.4. Kriech- und Fliessbewegungen (Typen 2.2, 2.5 und 2.6 in Tab. 1, S. 53).

(Zum Begriff "Kriechen" vgl. auch Begriffserläuterungen, S. 194, unter "Schneekriechen"!)

Diese in HAEFELI (1954 : 12 - 15) übersichtlich behandelten Massenbewegungen, im englischen Sprachbereich "creeps" oder "flows" genannt, werden von LAATSCH, GROTTENTHALER (1972 : 312) in den Uebergangsbereich zwischen Massenselbstbewegungen und Massentransporten gestellt. In der Tat spielt hier das Wasser eine wichtige Rolle als Medium innerhalb der bewegten Masse, kann aber noch nicht als eigentliches Transportmittel angesprochen werden (der Gewichtsanteil des Wassers ist kleiner als derjenige des übrigen Materials).

Die Bewegung findet unter innerer Verformung des Körpers statt, wobei neben den verschiedenen Faktoren, welche auch bei den Rutschen (vgl. Kap. 2.3.1. (S. 56) eine Rolle spielen und neben Textur, Struktur und Materialzusammensetzung vor allem der Wasseranteil entscheidenden Einfluss hat (BUNZA 1975 : 17).

Je nach Wassergehalt, welcher im Einzelfall periodisch und episodisch schwanken kann, sind die Bewegungen in allen Uebergängen vom "steif-plastischen Kriechen" bis zum "quasiviskosen Fliessen" zu beobachten (LAATSCH, GROTTENTHALER 1972 : 321; vgl. auch HAEFELI 1954 : 4). Langsame, nicht unmittelbar wahrnehmbare Bewegungen werden als Kriechen, schnellere Bewegungen als Fliessen bezeichnet.

FISCHER (1967) beschreibt solche in den Alpen vorkommende Kriech- und Fliessströme, welche gegenüber den in Kap. 2.3.2. beschriebenen Talzuschüben nicht immer scharf abgegrenzt werden können. Es handelt sich bei diesen Erdströmen (vgl. Fig. 11) um "gletscherähnliche, stromartige" Bewegungen "mit schleichender Talfahrt" in überwiegend feinkörnigem Material (FISCHER 1967 : 231).

Ergänzend sei noch darauf hingewiesen, dass auch die vor allem frostwechselbedingte Solifluktion (Typ 2.3 in Tab. 1, S. 53) zu den Kriech- und Fliessbewegungen zu rechnen ist.

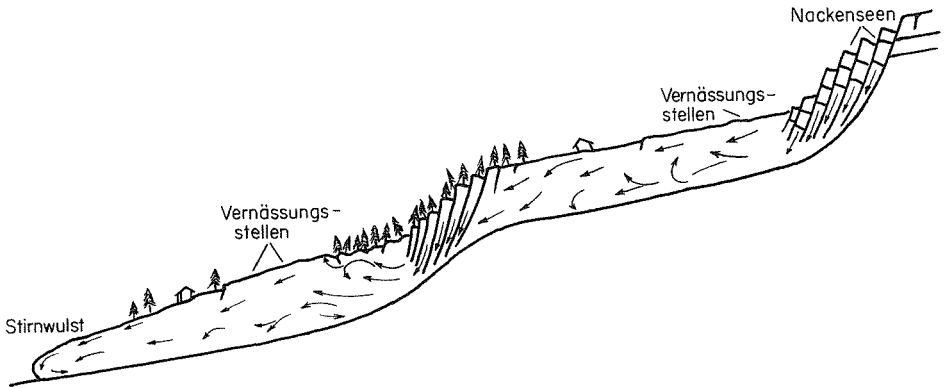


Fig. 11 Schematisches Längsprofil eines Erdstromes  
(nach FISCHER 1967:231)

Im Raum Grindelwald ist ein solcher Erdstrom im östlichen Teil des in Abschn. 2.3.2.1. beschriebenen Talzuschubes zu finden. Zur Hauptsache handelt es sich um den ein durchschnittliches Gefälle von ungefähr  $12^\circ$  aufweisenden Strom, welcher sich aus dem Kessel ca. 500 m SW Stöpfi (Raum Koord. 649 350/167 150) zum Bergelbach (Raum Koord. 648 500/165 500) hinunterzieht. Letzterer transportiert als Vorfluter das einfließende und eingeschobene Material laufend ab. Das bewegte Material ist zum grössten Teil stark verwitterter und mechanisch beanspruchter Aalénienschiefer.

Analysen von Proben aus der Fusszone am Ufer des Bergelbaches (Koord.: 648 425/165 400) ergaben folgende Ergebnisse (BAUDER 1976).

Korngrösse	Sand: 61 %	Silt: 30 %	Ton: 9 %
Spez. Trockenraumgewicht	1,84		
Porosität	44 %		
Durchlässigkeit (k-Wert)	0,001 cm/sec		
Plastizitätszahl	6,85 %		
Gesamtkarbonat	0,6 %		
Gesamteisen	2,2 %		

2.3.5. Murgang, Erd- und Schuttgang (Typen 2.8 und 2.7 in Tab. 1, S. 53)

Bei beiden Erscheinungen handelt es sich um quasiviskoses Fliessen. Die Erd- und Schuttgänge, welche "aus explosionsartig verlaufenden Translationsrutschen hervorgehen" (LAATSCH, GROTTENTHALER 1972 : 325) entsprechen im Prinzip den "debris avalanches" und zum Teil den "debris flows" von VARNES (1958 : Plate I o und I r).

Die Murgänge sind breiartige Suspensionen aus Wasser, Erde, Schutt und oft Holz, welche sich in Bach- oder alten Murfurchen in schneller Bewegung talwärts wälzen (BUNZA 1975 : 20). Gegenüber dem Massentransport durch Wasser (Typ 3.7 in Tab. 1, S. 53), wo im Verhältnis zur Feststoffmenge viel mehr Wasser an der Bewegung beteiligt ist, ist das Verhältnis bei Murgängen etwa ausgeglichen oder der Gewichtsanteil der Feststoffe gar grösser als derjenige des Wassers (LAATSCH, GROTTENTHALER 1972 : 327).

Murgänge gehen aus "Murbetten oder Wildbachtobeln während katastrophaler Niederschläge und plötzlicher, aussergewöhnlicher, mit Niederschlägen verbundener Schneeschmelzen aus einem Wildwasser" hervor, "dessen Geschiebefracht sich laufend erhöht. Dabei reisst der Bach seine Sohle auf, unterwühlt seine Böschungsfüsse und ruft Hangrutschungen hervor, oder er erhält durch Rotationsbrüche aus hoch am Hang anstehenden Halden seine Feststoffe. Durch die Rutschmassen oder durch Baumstämme, Lawinen und dergleichen entstehen im Bachbett Verklausungen, die beim Durchbruch zu gefährlichen Murschüben Anlass geben" (LAATSCH, GROTTENTHALER 1972 : 327).

Spuren eines Erdganges konnten ca. 500 m N Unt. Läger (Blatt 1, Koord. 648 200/167 650) festgestellt werden. Die Erscheinung wurde als Element 361, kombiniert mit Element 551 dargestellt.

Die murfähigen Bäche in Grindelwald sind in Tab. 9 (S.144) zusammengestellt.

2.3.6. Massensturz (Typ 1.4 in Tab. 1, S. 53)

VARNES (1958 : 23) beschreibt die "falls" als Massenseibstbewegungen, bei welchen das bewegte Material den grössten Teil des Weges in der Luft zurücklegt, sei es im freien Fall, springend oder rollend. Dabei

besteht zwischen den beiden einzelnen Komponenten keine oder nur eine geringe Interaktion.

Je nach Grösse der Komponenten sprechen wir in der vorliegenden Arbeit von Felssturz ( $\emptyset$  der Komponenten ca.  $\geq 1$  m) oder Steinschlag ( $\emptyset$  der Komponenten ca.  $\leq 1$  m).

Bei entsprechenden geologischen und strukturellen Voraussetzungen ist für die Auslösung der Massenstürze in erster Linie die Verwitterung (Frost, Hydratation) in und oberhalb von Felswänden und Steilhängen verantwortlich.

Im Raum Grindelwald ist diese Art von Massenselbstbewegungen angesichts der zahlreichen Felswände sehr häufig zu beobachten. Zeugen davon sind Schutthalden, wie sie etwa E von Oberjoch (Blatt 1, Koord.: 647 500/169 400) oder ENE von Eigergletscher (Blatt 2, Koord.: 641 500/158 700) kartiert wurden.

## 2.4. INHALT UND LEGENDE DER GEOMORPHOLOGISCHEN GRUNDLAGENKARTE 1 : 10 000 VON GRINDELWALD

---

Der Karteninhalt soll möglichst anwendungsorientiert sein. Er umfasst aus diesem Grund lange nicht alles, was in eine "traditionelle", allgemeine geomorphologische Karte gehört. Es sollen diejenigen geomorphologischen Prozesse bzw. deren "stumme Zeugen" (vgl. Abschn. 3.3.2.2., S. 116) kartiert werden, die auf irgendwelche Art eine mehr oder weniger starke Gefährdung oder Behinderung von menschlichen Aktivitäten bedeuten.

In der hier angewendeten fünffarbigen Darstellungsweise können folgende Inhaltsgruppen farblich unterschieden werden:

1. blau: Gewässer, Vernässung
2. rot: Erosion, Denudation, Massenselbstbewegung
3. grün: Akkumulation
4. schwarz: anthropogene oder anthropogen direkt beeinflusste Formen
5. a) braun: Verschiedenes: geodätische und morphographische Signaturen
5. b) braun: Lawinenkatasterkarte

Wir sind uns bewusst, dass diese Inhaltsgruppen kein einheitliches Gliederungsprinzip erkennen lassen, wie dies etwa bei dem in DEMEK (1972 : Anhang S. 1 - 14) publizierten Vorschlag der "IGU-Subcomission on geomorphological mapping" für eine Einheitslegende der Fall ist, wo die Gliederung primär nach der Morphogenese erfolgt. In der obenstehenden Aufstellung der Inhaltsgruppen unserer Karte würde höchstens die 4. Gruppe (anthropogene Formen) diesem Prinzip entsprechen, während die 1., 2. und 3. Gruppe andern Prinzipien folgen und je Teile verschiedener Prozessgruppen umfassen. Mit Ausnahme der anthropogenen Formen und der hydrographischen Elemente erfolgt die Unterscheidung in der farblichen Darstellung der natürlichen morphodynamischen Prozesse nach der Wirkungsrichtung der gestaltenden Faktoren (Erosion bzw. Denudation einerseits oder Akkumulation andererseits). Folgende Gründe sind massgebend dafür:

1. Für die Beurteilung geomorphologischer Gefahren ist die Kenntnis der dominierenden Wirkungsrichtung der Prozesse von grosser Bedeutung; denn es ist z. B. nicht dasselbe, ob ein Haus durch Unterspülung oder durch Ueberflutung bedroht ist (beides sind Prozesse des fliessenden Wassers), vor allem dann nicht, wenn es in einer Gefahrenzone mit Auflagen bezüglich Bauweise darum geht, diese Auflagen konkret zu formulieren.

2. Da praktisch jedem geomorphologischen Prozess beide Wirkungsrichtungen innewohnen, ist es wünschenswert, deren Elemente in ihrem räumlichen Nebeneinander optisch auseinanderzuhalten, was in unserem grossen Kartenmassstab auch für kleinräumig wirksame Prozesse möglich ist.
3. Eine farbliche Aufteilung des Karteninhalts nach den zwei Wirkungsrichtungen (die Ausnahmen sind oben erwähnt) ist für den hier anvisierten Benützerkreis (in der Regel nicht Geomorphologen) leichter verständlich als eine primäre Aufteilung in Prozessgruppen, die ja im übrigen keineswegs problemlos ist (vgl. dazu LESER 1975 : 171).

Es muss hier ausdrücklich festgehalten werden, dass die von uns gewählte farbliche Differenzierung allein im Hinblick auf unsere in Kap. 1.3. formulierten Zielsetzungen und den Umstand erfolgt, dass es sich um eine partielle geomorphologische Karte (vgl. Kap. 2.1., S. 48) handelt.

Für allgemeine geomorphologische Karten mit umfassendem Inhalt, welche rein für Fragestellungen der Geomorphologie selbst bestimmt sind, dürfte sich dagegen innerhalb der Morphogenese und Morphodynamik mit Recht das Einteilungsprinzip nach Prozessgruppen durchsetzen; denn die von KUGLER (1964 : 627 - 629) geäusserte Kritik am Einteilungsprinzip nach der Wirkungsrichtung der Prozesse ist auf jeden Fall zu beachten.

Auf weitere Abgrenzungsprobleme und die innere Gliederung der fünf kartierten Inhaltsgruppen werden wir in den Kapiteln 2.4.2. - 2.4.6. eintreten.

Das kartographische Problem der Generalisierung, welches sich auch im grossen Massstab von 1 : 10 000 stellt, wird grundsätzlich folgendermassen gelöst:

1. Grundrisse werden nach Möglichkeit form- und lagetreu eingetragen. Ausnahmen bilden längliche Grundrisse, welche schmaler als ca. 5 m (= 0,5 mm in der Karte) sind; diese müssen etwas zu breit dargestellt werden. Grundrisse mit kleineren Dimensionen als ca. 10 x 10 m (= 1 x 1 mm in der Karte) werden unterdrückt, wenn es sich nicht um eine Häufung der gleichen Erscheinungen auf engem Raum handelt. In diesem Falle werden mehrere Einzelercheinungen zu einem grösseren Grundriss vereinigt.
2. Signaturen werden lagerichtig eingetragen. Eine Signatur kann für mehrere gleichartige geomorphologische Erscheinungen stehen, falls diese dicht beieinanderliegen und in der Karte nicht mehr aufgelöst werden können.

Auf allfällige spezielle Generalisierungsprobleme wird bei der Besprechung der einzelnen Elemente (vgl. unten) noch hingewiesen.

Im folgenden wird jede geomorphologische Erscheinung und jeder Prozess, welcher in der Legende der geomorphologischen Grundlagenkarte aufgeführt wird und mit einer Kennziffer (siehe unten) versehen ist, als "Element" bezeichnet.

Für jedes dieser Elemente sind in unserer Legende in der Regel folgende Informationen enthalten: Kennziffer, kartographische Ausdrucksform, Bezeichnung, Beschreibung und Alter.

- Die Kennziffer dient als abgekürzte Schreibweise in diesem Text. Die Nummernfolge ist sehr locker aufgebaut, damit bei weiteren Kartierungen die gleiche Legende mitverwendet, ergänzt und erweitert werden kann.
- Bei der Wahl der kartographischen Ausdrucksformen wurde versucht, vor allem folgenden Grundsätzen Rechnung zu tragen:
  1. Die kartographischen Ausdrucksformen sollen möglichst bildhaft, leicht lesbar und einprägsam sein.
  2. Sie sollen, zum Teil aus dem gleichen Grunde, nach Möglichkeit von bestehenden Kartenlegenden abgeleitet werden.

Der grosse Kartenmassstab erlaubt es, einen Grossteil der Objekte als Grundrisse mit linearen, flächenbedeckenden oder Zusatzsignaturen darzustellen. Bildhafte Lokalsignaturen, reine lineare oder flächenbedeckende Signaturen werden weniger verwendet (kartographische Begriffe nach IMHOF 1972 : 55 - 70). Bei der Besprechung der einzelnen Elemente in Kap. 2.4.2. - 2.4.6. wird jeweils unter der Skizze mit der kartographischen Ausdrucksform eine Benennung der letzteren angeführt.

Es wurde versucht, die Zusatz- und flächenbedeckenden Signaturen für die verschiedenen dargestellten Objekte zu standardisieren, soweit sie ähnliche und vergleichbare Bestandteile der Aussage enthalten. So sind z. B. Anbrüche, wo Locker- oder tiefgründig gelockertes Material ohne Vegetationsbedeckung vorliegt, mit einem vollen Flächenton dargestellt, während Anbrüche mit vegetationsbedecktem Locker- oder tiefgründig gelockertem Material mit einem gerasterten Flächenton markiert werden. Die vegetationslosen, offenen, "eventuell rezenten" (vgl. unten) Objekte werden als die potentiell mehr gefährdenden oder gefährdeten Stellen stärker hervorgehoben als die vegetationsbedeckten, eher ruhigen Erscheinungen.

- Die Bezeichnung der einzelnen Erscheinungen und Prozesse erfolgt teilweise in Anlehnung an die von KARL, DANZ (1969) verwendeten Begriffe, welche ihrerseits stark durch die Nomenklatur von STINY (1931) beeinflusst sind.
- Die Beschreibung dient der näheren Charakterisierung des durch die entsprechende kartographische Ausdrucksform dargestellten geomorphologischen Sachverhaltes. Sie wird vor allem dort eingesetzt, wo unter derselben Bezeichnung mehrere Elemente mit unterschiedlicher Bedeutung dargestellt werden.
- Wo dies sachlich möglich und im Hinblick auf die Erstellung der Gefahrenkarte sinnvoll ist, wird eine grobe relative Altersangabe hinzugefügt, welche das Begriffspaar "relikt" und "eventuell rezent" enthält.

Der Begriff "relikt" wird dort verwendet, wo eine Form noch auf einen abgelaufenen Prozess hinweist, andere Merkmale aber einen gegenwärtigen Stillstand anzeigen (z. B. eine ungestörte Vegetationsdecke in der Hohlform eines alten Blattanbruchs = Element 363 in der Legende zur geomorphologischen Grundlagenkarte).

Der Begriff "rezent" (im Sinne von: Alter in der Grössenordnung von höchstens einigen Jahren) wird nur in der Form "eventuell rezent" verwendet, um dem Umstand gerecht zu werden, dass ein Prozess bei der Kartierungsarbeit selten direkt verfolgt werden kann und oft über längere



Zeit, zum Teil infolge sekundärer Prozesse, frisch erscheint.

In diesem Sinne sind die in der Legende aufgeführten relativen Altersangaben nur als grobe Hinweise aufzufassen.

In den Kapiteln 2.4.2. - 2.4.6. werden die verschiedenen Elemente (noch ohne speziellen Bezug auf das Gebiet von Grindelwald) kurz besprochen. Wenn einzelne Elemente Bestandteile der in Kap. 2.3. beschriebenen Erscheinungen der Massenverlagerung sind, wird darauf hingewiesen.

Auf die praktische Bedeutung der einzelnen Elemente für die Gefahrenkartierung wird nur dort eingetreten, wo diese nicht unbedingt offensichtlich ist. Dagegen werden jeweils beim Titel in Klammern Angaben darüber gemacht, ob ein Element nur formal oder im Hinblick auf die Gefahrenkarte funktionell ist. Im ersten Falle steht die Bemerkung "(formal)" und im zweiten Falle "(funktionell)" mit zusätzlichem Hinweis auf die in Frage kommenden Gefahrenarten. Welche konkreten Gefahren unter den einzelnen Stichworten verstanden werden, wird in Kap. 3.2.1. erläutert.

#### 2.4.1. Topographische Grundlage (grau)

Als topographische Grundlage wurden Teile folgender Uebersichtspläne (Massstab 1 : 10 000, Aequidistanz der Höhenkurven: 10 m) vom VERMESSUNGSAMT DES KANTONS BERN verwendet: Nr. 1209.4, 1229.1, 1229.2, 1229.3, 1229.4 (alle mit Ausnahme von Nr. 1209.4 provisorisch).

Sie wurden ergänzt mit den Kilometerwerten des ebenen rechtwinkligen Koordinatennetzes der Eidgenössischen Landestopographie und einigen wichtigen topographischen Namen. Gleichzeitig wurden ein paar inhaltliche Ergänzungen (neue Strassen) vorgenommen, so dass die Karten im Prinzip dem Stand vom September 1973 entsprechen.

Die Strassen und Wege 1. bis 4. Klasse wurden durch einen vollen Flächenton etwas hervorgehoben, um die Orientierung im Gelände zu erleichtern. Die topographische Grundlage, besonders die Isohypsen- sowie die Fels- und Walddarstellung werden als integrierter Bestandteil der geomorphologischen Karte betrachtet.

#### 2.4.2. Gewässer, Vernässung (blau)

Mit blauer Farbe werden hydrographische Erscheinungen festgehalten. Bei der Darstellung der linearen Gewässer (Elemente 111 - 118) werden zusätzlich Aussagen über den Sohlenzustand gemacht. Diese Begriffe sind von KARL, DANZ (1969 : Karten 3 und 13) übernommen worden. Hier stellte sich die Frage, ob es nicht konsequent wäre, Element 115 (Eintiefung, Erosion) rot und analog Element 114 (Akkumulation) grün darzustellen. Eintiefende Bachstrecken sind aber häufig ohnehin von rot dargestellten Anbrüchen gesäumt und auflandende Bachstrecken liegen meist im Bereich von grün eingetragenen Alluvionen, so dass wir der geforderten Konsequenz optisch auf diese Weise gerecht werden, ohne dass die Einheitlichkeit in der Darstellung des Gewässernetzes durchbrochen werden muss.

Element 111: Bach, klein, nicht klassierbar (vgl. Abb. 1 )



Grundriss mit linearer Signatur (funktionell → Wasser)

---

In diese Kategorie fallen die kleinen Wasserläufe mit einer Breite von wenigen Dezimetern und entsprechend geringer Tiefe. Sie finden sich naturgemäss vorwiegend in den höheren Lagen als Quellbäche, die sich weiter unten zu grösseren, klassierten Bächen (Elemente 112 - 115) vereinigen.

In Gebieten mit schwer durchlässigem Untergrund sind diese kleinen Fliessgewässer auch in tieferen Regionen anzutreffen. Häufig sind sie dort auch zwecks besserer Hangentwässerung künstlich angelegt.

Das Problem der Abgrenzung zwischen Element 111 und Element 118 (periodisch/episodisch fliessender Bach) wird bei der Kommentierung des letzteren behandelt

Element 112: Bach oder Fluss mit Sohle in latenter (= verborgener, nicht sichtbarer) Erosion (vgl. Abb. 2 )



Grundriss mit linearer Signatur (funktionell → Wasser)

---

Die Transportkapazität des Baches ist nicht ausgelastet. Weil aber die Bachsohle im anstehenden Fels liegt, kann sich der Bach durch Schurf das Material nicht oder nur in sehr beschränktem Umfang beschaffen, so dass diese Bachstrecken als stabil anzusehen sind.

Eine Erosionsleistung ist nicht direkt, sondern nur in langen Zeiträumen sichtbar (BUNZA, KARL 1975 : 61). Der Erosionsbetrag dürfte in veränderlichstem Gestein (vgl. Begriffs-Erläuterungen, S. 195) wesentlich höher liegen, als dort, wo die Bachsohle durch harte oder feste Gesteine gebildet wird. JAECKLI (1957 : 69) schätzt für die veränderlichfesten Bündnerschiefer einen jährlichen Erosionsbetrag von 4 - 7,5 mm, während er für hartes Kristallin 1 - 3 mm/Jahr angibt.

Element 113: Bach oder Fluss mit Sohle im Beharrungszustand (vgl. Abb. 3 )



Grundriss mit linearer Signatur (funktionell → Wasser)

---

Die Transportkapazität des Baches ist gerade so ausgelastet, dass dieser das anfallende Geschiebe bewältigen kann. Dadurch verharrt die Bachsohle auf dem gleichen Niveau.

Im Endeffekt sind weder Erosion, noch Akkumulation feststellbar. Bei Hochwasser sind dagegen Veränderungen in der Bachsohle nicht auszuschliessen. (Nach mündlichen Mitteilungen von Dr. K. Scheurmann, Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft).

Element 114: Bach oder Fluss mit auflandender Sohle oder  
----- Umlagerungsstrecke (vgl. Abb. 4 )

Grundriss mit linearer Signatur (funktionell→Wasser)

---

Wenn die Transportkapazität des Gewässers überschritten wird, wird der überschüssige Materialanteil deponiert mit dem Ergebnis, dass die Sohle auflandet, was zur Bildung von Schuttfächern oder Dammflüssen führen kann. Auflandungsstrecken sind im allgemeinen potentielle Gefahrenherde.

Eine Umlagerungsstrecke entsteht, wenn die Transportkapazität des Gewässers im zeitlichen und räumlichen Wechsel einmal überschritten wird, das andere Mal aber nicht ausgelastet ist.

Einerseits wird durch das Gewässer Material abgelagert, andererseits aber solches wieder aufgenommen und weitertransportiert: die Sohle "atmet". Ablagerungs- und Abtragungstendenz halten sich über längere Zeit die Waage. Die Gewässerrinne erscheint häufig verästelt.

Solche Bachstrecken "wirken ausgleichend auf Abfluss und Feststoffführung der Gebirgs- und Wildbäche" (BUNZA, KARL 1975 : 61).

Element 115: Bach oder Fluss mit eintiefender Sohle (vgl. Abb. 5 )

-----

Grundriss mit linearer Signatur (funktionell→Wasser)

---

Wie bei Element 112 ist hier die Transportkapazität des Gewässers nicht ausgelastet, so dass dieses noch Material aufnimmt. In Locker- oder gelockertem Material kommt es dabei oft zu einer deutlich wahrnehmbaren Eintiefung, welche mit einem häufigen Nachrutschen der seitlichen Böschungen verbunden ist. Eintiefende Sohle ist daher sinngemäss oft im Zusammenhang mit rezenten Feilenanbrüchen (Element 221) zu beobachten. Solche Bachstrecken können sowohl für die benachbarten Uferzonen als auch für die weiter unten liegenden Gebiete eine Gefahr bedeuten.

Element 118: Bach, periodisch oder episodisch fliessend

.....

Grundriss mit linearer Signatur (funktionell→Wasser)

---

In unserem Kartierungsgebiet handelt es sich dabei allgemein um kleine Rinnen, so dass sich nur gegenüber Element 111 ein Abgrenzungsproblem stellt. Es wurde so gelöst, dass die bei der Kartenaufnahme in Trockenperioden und nach der Schneeschmelze trocken angetroffenen Rinnen als Element 118 kartiert wurden.

Einige mit dieser Signatur bezeichnete "Bachläufe", vor allem im Gebiet von Grindel und Unt. Läger (Blatt 1, Raum Koord.: 648 000/168 000), sind reine Schmelzwasserläufe mit einer vegetationsbedeckten Sohle.

Element 131: Vernässungsstelle, Sumpf, Moor  
(vgl. Abb. 6 )



Grundriss mit flächenbedeckender Signatur (funktionell → Rutsch)

Die oberflächlichen Vernässungserscheinungen wurden kartiert, weil sie leicht zugängliche Einblicksmöglichkeiten in den Wasserhaushalt des oberflächennahen Untergrundes bieten. Solche Stellen sind immer ein Hinweis auf eine zumindest stark gehemmte Versickerung des Wassers (Stauflüsse) oder teilweise auch für Wasseraustritte (Quellflüsse). Zugunsten einer raschen Erfassung (nach Möglichkeit durch Luftbildinterpretation, zum Teil mit Infrarot-Schwarzweiss-Aufnahmen) wurde nicht unterschieden, ob es sich bloss um eine leichte Vernässung, um Versumpfung, Vermoorung oder einfach um Quellaustritte handelt.

Auf die grundsätzliche Wichtigkeit des Bodenwasserhaushaltes für die Probleme der Massenbewegungen wurde bereits in Kap. 2.3.1. (insbesondere S. 56) hingewiesen.

Element 135: See



Grundriss mit flächenbedeckender Signatur (funktionell → Wasser)

Berücksichtigt sind nur die in der topographischen Grundlage eingetragenen Seen. Periodisch bzw. episodisch entstehende Seen (z. B. zur Zeit der Schneeschmelze) werden den Vernässungsstellen (Element 131) zugerechnet.

#### 2.4.3. Erosion, Denudation, Massenselbstbewegung (rot)

Aus den am Anfang des Kap. 2.4. (S. 70) dargelegten Gründen wurden alle diese Erscheinungen einheitlich in roter Farbe kartiert, einer Farbe, welcher auch eine gewisse, in diesem Zusammenhang erwünschte Signalwirkung zukommt.

Die hier verwendete Terminologie geht zum Teil auf STINY (1931) zurück und wird da und dort ergänzt durch diejenige von BUNZA (1975) und BUNZA, KARL (1975).

Elemente 211, 213, 214: Uferanbruch  
(vgl. Abb. 7)



211 im Lockermaterial, ohne Vegetation



213 im Lockermaterial, mit Vegetation



214 im Anstehenden: Abgrusung/Absandung

Grundriss mit flächenbedeckenden Signaturen (funktionell → Rutsch,  
Wasser)

STINY (1931 : 33 - 47) befasst sich eingehend mit diesen Anbrüchen. Generell sind es Anbrüche, welche durch seitliche Unterschneidung

der Bach- oder Flussufer durch das Wasser und durch das Nachrutschen der darüberliegenden Massen entstehen. Sie bilden sich an Prallstellen, wo der Stromstrich des Gewässers durch ein Hindernis irgendwelcher Art an das Ufer gelenkt wird (STINY 1931 : 35). Je nach Vorhandensein oder Fehlen einer bach- oder flusswärts einfallenden Unstetigkeitsfläche können solche Uferanbrüche gemäss Tab. 1 (S. 53) den Translations- oder Rotationserd- bzw. -felsrutschen zugeordnet werden (vgl. Kap. 2.3.1., S. 55). Sie werden hier aber als separate Elemente aufgenommen, weil ein spezifischer Auslösefaktor, nämlich das seitliche An- oder Unterschneiden immer mitspielt. Dies ungeachtet dessen, ob noch andere Faktoren zu berücksichtigen sind, wie etwa der Umstand, dass das Ufer als Teil einer grösseren Rutschungs- oder Sackungsbewegung zu Instabilität neigt.

Die Elemente 211 und 213 werden gemäss den Angaben zu Beginn des Kap. 2.4. (S. 72) unterschieden, wobei der Begriff Lockermaterial auch gelockertes Anstehendes (z.B. gelockerte Aalénienschiefer) einschliesst.

Element 214 bezeichnet Stellen, wo das Ufer zwar durch Anstehendes gebildet wird, dieses aber veränderlichfest ist, so dass unter der Wirkung des Wassers ein relativ rasches seitliches Unterschneiden mit Abgrusung und Absandung stattfindet.

Uferanbrüche bedeuten primär am Ort selbst eine Gefahrenquelle, können sich aber als Materiallieferanten auch sekundär in den weiter unten am betreffenden Gewässer liegenden Gebieten gefährlich auswirken.

Elemente 221, 223, 224: Feilenanbruch (Kerbtälchen)  
(vgl. Abb. 5)



221 im Lockermaterial, ohne Vegetation



223 im Lockermaterial, mit Vegetation



224 im Anstehenden: Abgrusung/Absandung

Grundriss mit flächenbedeckenden Signaturen (funktionell → Rutsch,  
Wasser)

Feilenanbrüche sind nach der Definition von STINY (1931 : 8) - im Gegensatz zu den Uferanbrüchen - Tiefenschurfanbrüche, welche "Kahlflächen in Lockermassen" bilden und welche im äusseren Erscheinungsbild die Negativ-Form einer Feile mit meist dreieckförmigem Querschnitt ergeben. Nach STINY (1931 : 13) können sie sich nur dort vorbildlich entwickeln, wo das "Bachrinnsal von fast ebenen oder doch wenigstens gleichmässig ausgebildeten Ufern begrenzt wird."

Wir haben den Begriff etwas erweitert und versucht, mit den Elementen 221 - 224 die Kerbtälchen allgemein zu erfassen, wobei aber die folgenden Einschränkungen beachtet werden:

1. Die Abgrenzung in der Grösse erfolgt gegenüber den Tälern, welche ihre Entstehung in der Regel wenigstens teilweise auch der Tiefenerosion verdanken, so, dass nur solche Kerbtälchen einbezogen werden, in welchen das ganze Gehänge durch die erosiven Prozesse des Gewässers direkt beeinflusst wird.

2. Kerben (oft mit asymmetrischem Querschnitt), welche offensichtlich weniger durch die Tiefenerosion als durch den Verlauf von geologischen Strukturlinien geprägt sind, werden nicht als Feilenanbruch eingetragen (z. B. Wärgistalbach, Blatt 1, ca. zwischen den Höhenlinien 1400 m und 1100 m).
3. Es werden nur Kerben als Elemente 221 - 224 kartiert, welche in Locker- oder gelockertem und veränderlichstem Gestein eingeschnitten sind, in Material also, das grundsätzlich eine weitere sichtbare Eintiefung und Materialzulieferung an das Gewässer ermöglicht.

Weil die Abgrenzung zwischen Feilen- und Uferanbrüchen zwar theoretisch einfach, praktisch aber nicht immer eindeutig ist, und weil diese Abgrenzung für die Erstellung der Gefahrenkarte nicht wesentlich ist, werden für beide Erscheinungen im Prinzip dieselben kartographischen Ausdrucksformen verwendet. Dadurch wird eine Bachstrecke mit beidseitigen, nahe beieinanderliegenden Uferanbrüchen in der Karte nicht unbedingt von einer solchen mit Feilenanbruch unterschieden.

#### Element 228: Steinschlagrinne

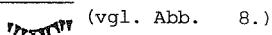


Grundriss mit linearer Signatur (funktionell → Sturz)

In Schutthalden (Elemente 521, 523) am Fuss von Felswänden und in den letzteren selbst finden sich häufig allgemein in der Falllinie verlaufende Rinnen, die hauptsächlich die Sturzbahn von Steinen bezeichnen. Die Sohle dieser Rinnen wird häufig durch das Anstehende gebildet.

Grössere Rinnen dienen häufig als Kanäle für Lawenniedergänge. Zum Teil führen sie auch periodisch oder episodisch Wasser, so dass die Abgrenzung gegenüber Element 118 nicht scharf ist.

#### Element 231: Rand einer Fluss- oder Bachterrasse



(vgl. Abb. 8.)

Grundriss mit linearer Signatur (funktionell → Wasser)

Als "Rand" wird die Terrassenböschung bezeichnet, welche als Erosionsform im Akkumulationskörper (meist Bach- bzw. Flussschotter) erscheint.

Solche Böschungen können durch Rotationserdrutsche (Entstehung von Muschelanbrüchen) gefährdet sein, wenn die dahinter liegenden Terrassenflächen aus irgendeinem Grund schlecht durchlässig sind (vgl. dazu KARL, DANZ 1969 : 20 - 23). In unserem Kartierungsgebiet konnten allerdings keine solchen Anbrüche beobachtet werden.

Die Böschungen sind kartiert, weil sie einerseits vor allem für die Abgrenzung der hochwassergefährdeten Gebiete (vgl. Gefahrenkarte) wichtig sind und andererseits auch ein gliederndes Element innerhalb des Akkumulationskörpers darstellen.

Element 251: Mulde ohne Oberflächenabfluss



Grundriss mit Zusatz-Signatur → (formal)

"Mulde ohne Oberflächenabfluss" ist eine rein morpho- und hydrographische Bezeichnung, welche nichts über die Genese aussagt. Genetisch kann es sich um Karstformen, Toteislöcher oder grössere durch Massenselbstbewegung entstandene Eintiefungen handeln, welche wenigstens zum Teil unter die Abtragungsformen gezählt werden können (daher Darstellung in roter Farbe). Im Untersuchungsgebiet handelt es sich vor allem um sackungs- und rutschbedingte Erscheinungen, wobei nur Mulden mit einer Fläche von mindestens 4 Aren kartiert wurden.

Element 301: Verdacht auf Massenbewegung





Lineare Signatur (funktionell → Rutsch)


Mit dieser Signatur werden Stellen bezeichnet, wo gewisse Anzeichen auf eine stärkere aktuelle Massenbewegung (vor allem Massenselbstbewegung) hindeuten, an Ort und Stelle aber keine Anbrüche oder Bruchränder festzustellen sind. Als Anzeichen für aktuelle Massenbewegungen wurden folgende Erscheinungen gewertet: Risse und Versetzungen in Strassen, schiefe Hütten, Risse in Hausmauern, schiefgestellte und krummgewachsene Bäume (soweit nicht Gletschnee als alleinige Ursache in Frage kommt), grosse Intensität von Rutschbuckeln usw.

Die als Signatur eingetragenen roten Pfeile haben keine quantitative Bedeutung. Sie sagen nichts aus über Intensität und Ausdehnung der allfälligen Massenbewegung, sondern geben nur eine ungefähre Lokalisierung und die vermutete Richtung der Bewegung an.

Elemente 311, 313, 316: Bruchrand grossräumiger, versackter bzw. verrutschter Massen (vgl. Abb. 9)

 311 ohne Vegetation

 313 mit Vegetation

 316 hypothetisch




Grundriss mit linearen Signaturen (funktionell → Rutsch, Sturz, Lawine)

Diese Bruchränder bilden die obere und teilweise auch die seitliche Begrenzung der grossen Rutschungs- und Sackungsmassen in den Talzuschubsgebieten. Die von den bewegten Massen eingenommenen Flächen sind als Elemente 511 und 512 (vgl. S. 92) kartiert. Die Elemente 311 - 316 markieren dagegen den Bruchrand, d. h. den oberen Rand der Hauptböschung (nach VARNES 1958 : Plate I - t und CROZIER 1973 : 81 den Uebergang zwischen "Crown" und "Main-Scarp"), welche in der Regel als steiler Hang, oft auch als Wand den oberen morphologischen Abschluss eines Talzuschubes bildet.

Die halbkreisförmigen Zusatzsignaturen (Elemente 311, 313) geben einen Hinweis auf die Vegetationsbedeckung im betreffenden Hangteil, ohne dabei eine genaue Abgrenzung vorzunehmen. Die vegetationslosen Flächen geben durchwegs anstehendes, zum Teil veränderlichfestes Gestein frei, auf welchem eine Regeneration der Vegetationsdecke an sich schwierig ist, so dass diese Flächen keineswegs allein aufgrund der fehlenden Vegetation als rezente Anbruchflächen angesprochen werden können. Wegen der relativ groben Signatur (sie hat in der Karte eine räumlich gliedernde Funktion zu erfüllen) können jeweils im oberen Teil der den Bruchrand bildenden Hänge keine weiteren Details dargestellt werden. Dagegen werden vor allem Blattanbrüche (Elemente 361 - 369), Abgrusungen (Element 385) und Stellen mit verletzter Vegetationsdecke (Element 381) in den mittleren und unteren Partien dieser Hänge detailliert aufgenommen.

Element 316 wird dort kartiert, wo einerseits weder im Luftbild noch im Gelände ein deutlicher Bruchrand oder andere direkt sichtbare und auf einen solchen hinweisende Merkmale festgestellt werden können, wo aber andererseits aufgrund von Beobachtungen in den talwärts liegenden Geländeabschnitten ein solcher Bruchbereich angenommen werden muss. Dabei sind sowohl die Existenz an sich als auch der allfällige Verlauf dieser Bruchränder oder -bereiche hypothetisch.

Elemente 321, 323, 324: Bruchrand einer Sackung bzw. Rutschung  
(vgl. Abb. 10)

-  321 im Lockermaterial, ohne Vegetation
-  323 im Lockermaterial, mit Vegetation
-  324 im Anstehenden: Abgrusung/Absandung

Grundriss mit flächenbedeckenden Signaturen (funktionell → Rutsch)

Hier markiert der Grundriss den Bruchrand und die Hauptböschung ("Main-Scarp" nach VARNES 1958 : Plate I - t) zugleich. (Vgl. dazu Kap. 2.3.1., S.54 ff. und Fig. 8, S. 55). Diese Elemente werden in der Regel ergänzt durch die Elemente 513 oder 514, welche die Fläche der versackten bzw. verrutschten Massen darstellen (vgl. Abschn. 2.4.8.1., S. 101). Wo diese Massen infolge Ausräumung fehlen, wird nur der rote Grundriss des Bruchrandes (inklusive Hauptböschung) eingetragen.

Im Raum Grindelwald sind diese Sackungen und Rutschungen teilweise auf den Flächen der Talzuschübe (Elemente 511 und 512) anzutreffen und müssen entsprechend der in Kap 2.3.1. (S. 57) gemachten Bemerkung als sekundäre Erscheinungen betrachtet werden.

Die Differenzierung zwischen den Elementen 321, 323 und 324 erfolgt gleich wie die zwischen den Elementen 211, 213 und 214 (vgl. S. 76).



Abb. 1

Element 111 :

Kleiner Bach, nicht  
klassierbar

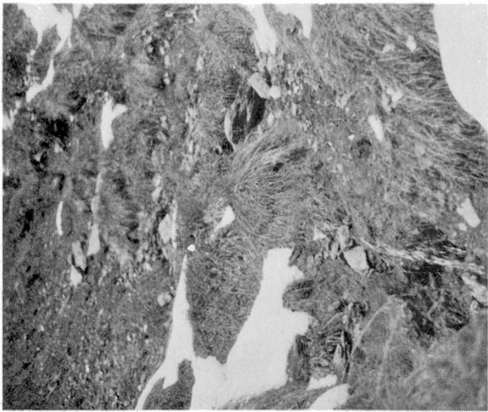


Abb. 3

Element 113 :

Bach, Sohle im Be-  
harrungszustand



Abb. 2 Element 112 : Bach, Sohle in latenter Erosion



Abb. 4 Element 114 : Bach, Umlagerungsstrecke

Abb. 5

Elemente 115 + 221 :

Bach, eintiefende  
Sohle und  
Feilenbruch, im  
Lockermaterial,  
ohne Vegetation



Abb. 7 Element 211 : Uferbruch, im Lockermaterial,  
ohne Vegetation

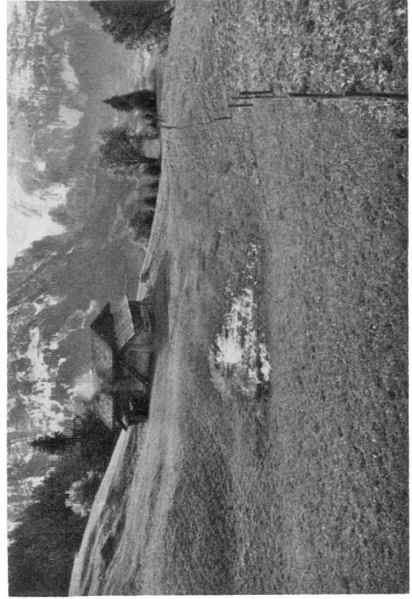
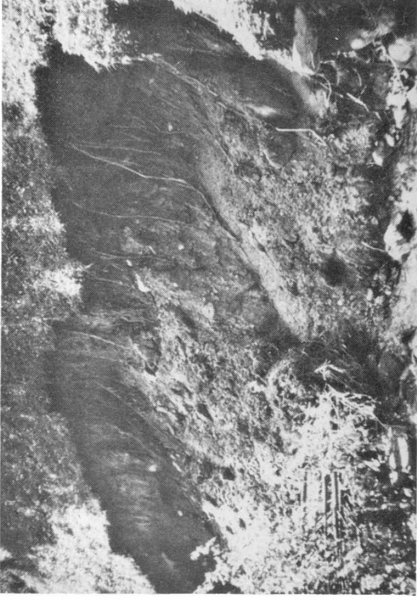


Abb. 6 Element 131 : Vernässungsstelle

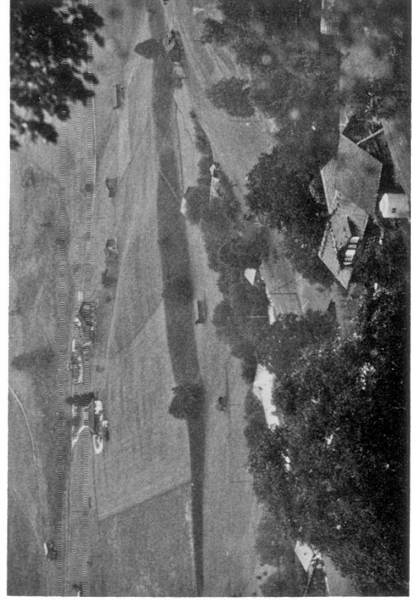


Abb. 8 Element 231 : Rand einer Flussterrasse



Abb. 9 Elemente 311 + 312 + 511 : Bruchrand (mit und ohne Vegetation) und Fläche von grossräumig ver-sackten bzw. verrutschten Massen



Abb. 11 Element 333 : Zugriss, im Lockermaterial, mit Vegetation

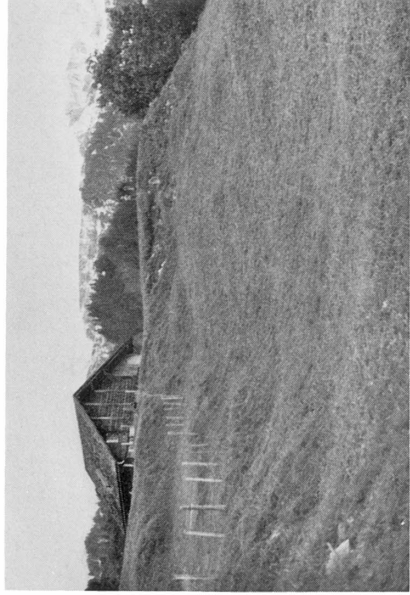


Abb. 10 Elemente 321 + 323 : Bruchrand einer Sackung bzw. Rutschung, im Lockermaterial, mit und ohne Vegetation



Abb. 12 Element 361 : Blattanbruch, im Lockermaterial, ohne Vegetation



Abb. 13 Element 385 : Abgrunzung



Abb. 14 Element 513 : Fläche einer versackten bzw. verrutschten Masse, teilweise buckelig



Abb. 15 Element 514 : Fläche einer versackten bzw. verrutschten Masse, intensiv buckelig



Abb. 16 Element 521 : frisches Felssturzmaterial



Abb. 17 Elemente 511 + 533 : Fläche von grossräumig ver-  
sackten bzw. verrutschten Massen mit z.T. bewach-  
senem Blockschutt



Abb. 18 Element 553 : Mur- und Bachschuttkegel,  
mit Vegetation

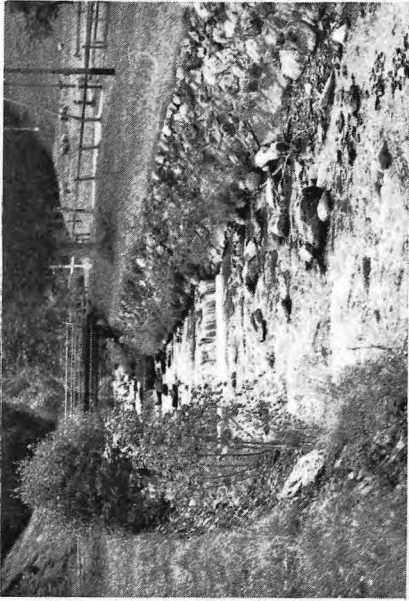


Abb. 19 Elemente 811 + 816 : Bachverbauung, einfache  
Abstürze, Kanalisierung



Abb. 20 Element 831 : Künstlicher Ansschnitt, im Locker-  
material, ohne Vegetation





Abb. 21 Element 877 : Planierung (Skipiste), ohne Vegetation

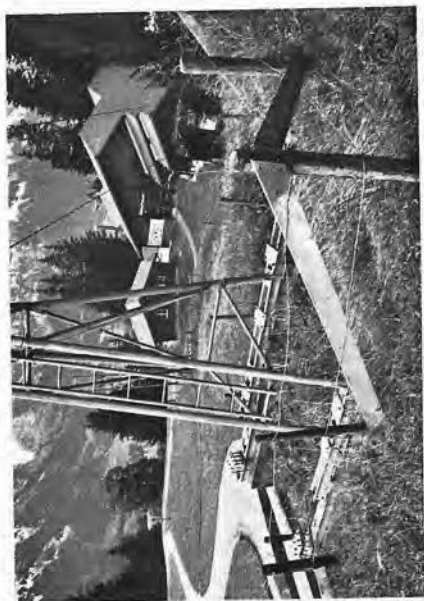




Abb. 23 Element 905 : Messpunkt für die Bestimmung der jährlichen horizontalen Verschiebung (Sockel der Stütze der Sesselbahn)  
Um die Bewegungen des Sockels ausgleichen zu können, ist die Stütze auf dem Sockel verschiebbar montiert



Abb. 22 Element 881 : ViehgängeIn

Elemente 331, 333: Zugriss im Lockermaterial  
(vgl. Abb. 11)

-  331 ohne Vegetation  
 333 mit Vegetation

Grundrisse mit linearen Signaturen (funktionell → Rutsch)



Im Anfangsstadium eines Blattanbruches (Elemente 361 - 369), eines Rutsches oder einer Sackungsbewegung (Elemente 321 - 324) sind häufig Zugrisse (Zugspalten) festzustellen. Sehr oft finden wir solche Risse auch am Kopf von erfolgten Rutschen. Die in Rutschungszonen auftretenden Querrisse wurden ebenfalls als "Zugrisse" kartiert.

Zugrisse sind im Grundriss oft sichelförmig und verraten damit eine Tendenz zur Bildung von Rotationsanbrüchen und Blattanbrüchen in Rasengesellschaften, während ungefähr quer zum Hang verlaufende Zugrisse einen Hinweis auf entstehende sonstige Blattanbrüche geben (vgl. BUNZA, KARL 1975 : 37).

Die vegetationsbedeckten Zugrisse (Element 333) zeigen sich im Querschnitt oft als gerundete Furchen, wobei die Vegetationsbedeckung zweierlei Bedeutung haben kann:

1. Der Zugriss ist relict; die Bewegung, welche er anzeigt, ist zum Stillstand gekommen.
2. Der Zugriss ist erst im Anfangsstadium; die Vegetationsdecke ist wegen der Langsamkeit der Bewegung noch nicht zerrissen worden.

Elemente 334, 336: Zugriss im Anstehenden

-  334 ohne Vegetation  
 336 mit Vegetation

Grundriss mit linearen Signaturen (funktionell → Rutsch, Sturz)

Wie bei den Zugrissen im Lockermaterial (Elemente 331, 333) wird auch hier der gleiche Begriff verwendet, weil die hier angesprochenen Spalten mindestens zum Teil und vor allem im Initialstadium durch Zugspannungen des tektonisch oder durch Massenselbstbewegung aufgelockerten Gesteins bedingt sind. Auch wenn die Auflockerung vorwiegend durch die Verwitterung erfolgt, wird diese doch durch bestehende Absonderungsflächen usw. in ihrem Weg vorgezeichnet. JAECKLI (1957 : 26) sieht den Ablauf dieser Vorgänge wie folgt:

- "1. Mechanische, kataklastische Beanspruchung des Gesteins infolge tektonischer Bewegungen, ohne nachherige Rekristallisation.
2. Sehr tiefgründige Auflockerung.
3. Chemische Verwitterung, von der Oberfläche ins Berginnere rasch fortschreitend und die mechanische Auflockerung weiter fördernd.
4. Oberflächliche Kippbewegungen längs steilstehender Absonderungsflächen: Hakenwurf.
5. Auflösung des geordneten Gesteinsverbandes in lose Blöcke."

Diese losen Blöcke können bei gewissen Bedingungen (Hangneigung, vorhandene Gleitflächen usw.) in Bewegung geraten und somit zu Massenselbstbewegungen führen. Auch in Element 336 kann die Vegetationsbedeckung auf frühere, zum Stillstand gekommene Bewegungen oder aber auf die Langsamkeit der aktuellen Bewegung zurückzuführen sein.

Elemente 361, 362, 363, 364: Blattanbruch (Typ 1.311 in Tab. 1, S. 53)  
(vgl. Abb. 12)

- ☞☞ 361 im Lockermaterial, ohne Vegetation
- ☞☞ 362 im Lockermaterial, mit Vegetationsinseln
- ☞☞ 363 im Lockermaterial, mit Vegetation
- ☞☞ 364 Anstehendes freigelegt

Bildhafte Lokalsignaturen (funktionell → Rutsch, evtl. Gleitschnee)

Elemente 366, 367, 368, 369: Blattanbruch, primär durch Gleitschnee oder Lawinenschurf bedingt (Typ 3.1 in Tab. 1, S. 53)

- ☞☞ 366 im Lockermaterial, ohne Vegetation
- ☞☞ 367 im Lockermaterial, mit Vegetationsinseln
- ☞☞ 368 im Lockermaterial, mit Vegetation
- ☞☞ 369 Anstehendes freigelegt

Bildhafte Lokalsignaturen (funktionell → Gleitschnee, Lawine, evtl. Rutsch)

---

"Blattanbruch" (auch "Plattenanbruch") in STINY (1931 : 52 - 58) entspricht den Begriffen "Translationsbodenrutschung" (BUNZA 1975 : 14) und "Blaiken" (z. B. SCHAUER 1975).

Unter Blattanbrüchen werden "Erosionsformen verstanden, die durch Gleiten oder Rutschen einer geschlossenen Vegetationsdecke samt Wurzelschicht und Erdreich mit einer Mächtigkeit von etwa 20 - 40 cm und einer Flächengröße von 2 - 200 m<sup>2</sup> entstehen" (SCHAUER 1975 : 1).

Typisch ist die präformierte, mehr oder weniger ebene Bruchfläche, welche in der Regel die Grenze zwischen dem hangenden wasserdurchlässigeren und dem liegenden undurchlässigeren Material bildet. Häufig ist es nur die Rasendecke, welche auf den liegenden, dichteren Bodenhorizonten abgleitet. Nach SCHAUER (1975 : 19) sind Blaiken besonders oft auf tiefgründigen Böden mit hohem Siltgehalt festzustellen.

Weil wir in unserer Karte den Begriff der Blattanbrüche etwas ausgeweitet haben, wird versucht, diese von der Genese her in zwei Gruppen aufzuteilen. Dies, obschon eine Abgrenzung schwierig und nicht immer eindeutig ist, zumal bei beiden Gruppen der Schnee als wichtiges Agens auftritt.

1. Elemente 361 - 364: Diese entstehen nach den Untersuchungen von SCHAUER (1975 : 19) auf folgende Weise:



"Als Initialstadium der Blaikenbildung entsteht zunächst quer zum Hang ein Zugriss von 1 - 20 m Länge, der sich allmählich verbreitert. Oberflächlich ausgelöst werden die Zugrisse durch Schneekriechen<sup>1)</sup> und hohe Schneeauflast. Die Scherkraft der Schneemassen überträgt sich auf die Vegetation samt Wurzel- und Bodenschicht, und zwar um so mehr, je höher die Reibung zwischen der Vegetation und dem hangabwärts kriechenden Schnee ist. Horstbildende Gräser wie Knäuelgras (*Dactylis glomerata*), Rasenschmiele (*Deschampsia caespitosa*) und hochwüchsige Kräuter bieten zumindest im eingefrorenen Zustand dem Schneekriechen einen hohen Widerstand, der bei kurzgehaltenem Gras (Mahd und Weide) wesentlich geringer ist.

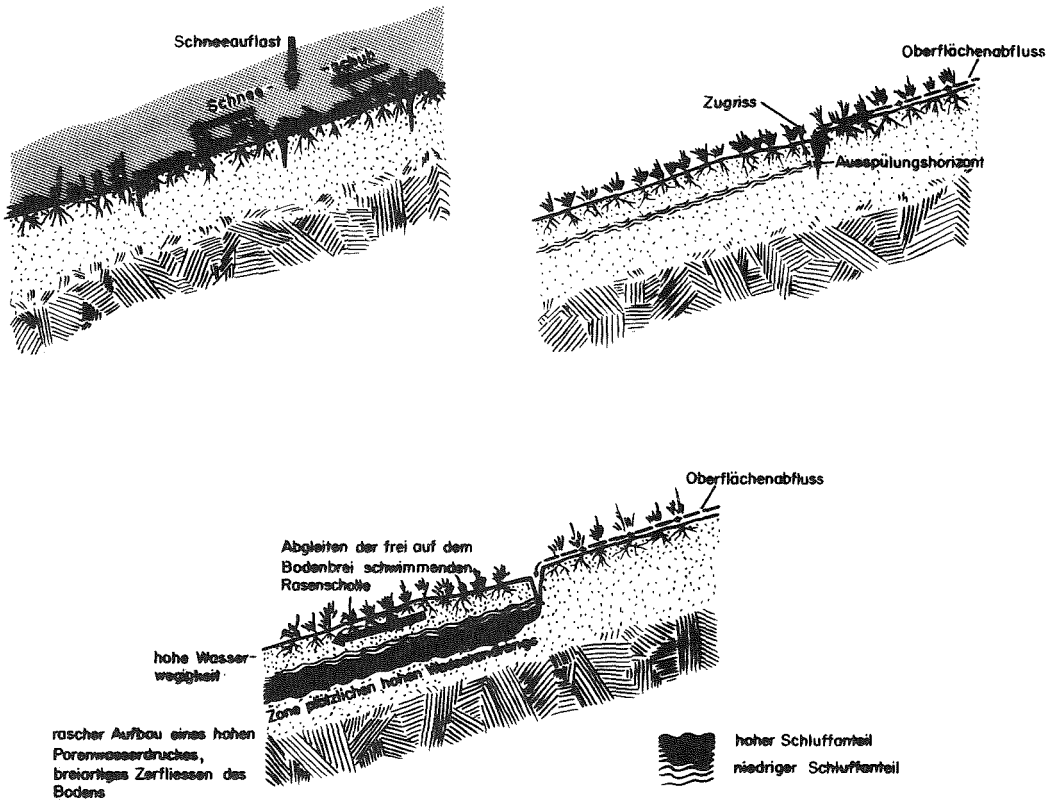


Fig. 12 Die Bildung von Blattanbrüchen als Folge von Schneeauflast und Schneekriechen (nach SCHAUER 1975 : 17)

1) vgl. Begriffs-Erläuterungen, S. 195 )

Oberflächlich abfliessendes Niederschlagswasser dringt in diese Zugrisse ein und fliesst hangparallel an der Untergrenze des Wurzelhorizontes der Vegetationsdecke ab. Dabei entsteht ein Ausspülungshorizont, der durch seine bessere Wasserwegigkeit zum Gleithorizont wird. Auf dieser nahezu hangparallelen, ebenen Fläche gleitet die obere Boden- und Vegetationsschicht, ausgelöst durch Starkregen oder auch infolge hoher Schneelast ab."

Die aus SCHAUER (1975 : 17) übernommenen Darstellungen (Fig. 12) helfen diesen Vorgang zu veranschaulichen.

2. Elemente 266 - 269: Die direkte Wirkung des Gleitschnees (vgl. Begriffs-Erläuterungen, S. 194) kann über die blosser Bildung von Zugrissen (Elemente 331, 333) hinausführen und ein Abschürfen der Rasendecke zur Folge haben. Dies ist vor allem dort der Fall, wo der Boden eine Rauigkeit aufweist, welche dem gleitenden Schnee Angriffsflächen bietet (IN DER GAND 1968 : 319). Bei Schneerutschen und Bodenlawinen ist diese erodierende Wirkung noch grösser und führt in der Regel zu eher langgestreckten aufgeschürften Flächen entlang der Falllinie (LAATSCH, GROTTENTHALER 1973 : 14).

Beide hier unterschiedenen Gruppen von Blattanbrüchen geben Hinweise auf gewisse Gefahren:

Im ersten Falle (Elemente 361 - 364) ist mit dem plötzlichen Bruch der Oberfläche und dem darauffolgenden Translationsrutsch zu rechnen, während im zweiten Falle die Bewegung des Schnees selbst (Gleitschnee, Schneerutsch, Lawine) als Gefahr auftritt.

Die Ueberprägung der beiden Gruppen von Blattanbrüchen durch erodierendes Wasser, Schnee und Wind ist gleich, so dass die Unterscheidung mit zunehmendem Alter der Erscheinung eher noch schwieriger wird. Die Trennung der beiden Gruppen auf der geomorphologischen Grundlagenkarte ist daher mit einer gewissen Vorsicht aufzunehmen. Diesem Umstand wird auch dadurch Rechnung getragen, dass sich die Signaturen nur geringfügig unterscheiden, indem für die Elemente 366 - 369 im Gegensatz zu den Elementen 361 - 364 jeweils ein s (= Schnee) hinzugefügt wird.

Die Unterscheidung zwischen den Elementen 361 und 363 bzw. 366 und 368 erfolgt wie bei den Elementen 211 und 213 (vgl. S. 76). Die Elemente 362 bzw. 367 (Blattanbruch im Locker- oder gelockerten Material mit Vegetationsinseln) bedeuten, dass die Vegetationsdecke nur teilweise zerstört worden ist oder nach einer totalen Zerstörung nun allmählich wieder aufgebaut wird.

Die Elemente 364 und 369 bedeuten, dass durch den Blattanbruch das in diesen Fällen zumeist hangparallel fallende Anstehende von einer dünnen Bodenschicht freigelegt worden ist. Dabei liegt beim Element 364 gemäss mündlicher Mitteilung von Dr. J. Karl (Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft) die Gleitfläche im allgemeinen innerhalb des Lockermaterials bzw. des Bodens. Nach dem Abgleiten der Rasendecke wird dann das ungeschützte restliche Lockermaterial leicht vom Anstehenden weggespült.

Stellen, wo sich die Vegetationsdecke allgemein auflöst und das Anstehende abgedeckt ist, werden nicht (als Elemente 364 bzw. 369) bezeichnet, sondern nur diejenigen Orte, wo der Anbruch deutlich inner-

halb einer Masse der sonst einigermaßen geschlossenen Vegetationsdecke liegt.

Sämtliche Signaturen der Elemente 361 - 369 bezeichnen in der Regel nur den Ort je eines einzelnen Blattanbruchs. Diese Regel wird aber durchbrochen, wo mehrere Blattanbrüche sehr dicht vergesellschaftet sind oder ineinander übergreifen. In diesen Fällen kann eine Signatur für mehrere Anbrüche stehen.

Wegen der in der Regel geringen Ausdehnung der einzelnen Blattanbrüche können die Elemente 361 - 369 aus kartographischen Gründen nicht durch die konsequenterweise dazugehörige Eintragung der ver-rutschten Masse (vgl. Abschn. 2.4.8.1., S.101) in grüner Farbe ergänzt werden.

Element 381: Verletzte Vegetationsdecke

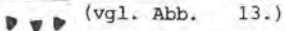


Flächenbedeckende Signatur in offenen Arealen (funktionell → Rutsch, Lawine, Sturz)

Dieses Element bezeichnet Stellen mit kleinflächig (Größenordnung von höchstens wenigen Quadratmetern) unterbrochener Vegetationsdecke, soweit es sich nicht um Auflösungserscheinungen in der alpinen Kampfzone oder an steilen Felshängen, um Blattanbrüche (Elemente 361 - 369), Zugrisse (Elemente 331 - 336), frostbedingte Erscheinungen im Sinne von Element 391 oder künstliche (vor allem Element 881 = Viehgangeln) Vegetationsverletzungen handelt.

Die Signatur bezeichnet einzelne definierte Stellen sondern z. T. grössere Flächen mit verletzter Vegetationsdecke. Die Dichte der Signaturen ist eine grobe Angabe über das Ausmass der Vegetationsverletzung auf der betreffenden Fläche.

Element 385: Abgrusung, Absandung



(vgl. Abb. 13.)

Flächenbedeckende Signatur in offenen Arealen (formal)

Dieses Element bezeichnet vegetationslose Flächen, wo das Anstehende einer starken Verwitterung unterliegt und grusiger bis sandiger Detritus in grösseren Mengen anfällt, wie das im Gebiet von Grindelwald vor allem in Felspartien im Aalénienschiefer der Fall ist.

Element 385 ist nicht konsequent kartiert. Es werden nur kleinere Flächen in Gebieten mit Massenselbstbewegungen als Ergänzung der Darstellung eingetragen, da ja grössere Felswände aus der topographischen Basis deutlich genug ersichtlich sind.

Element 391: Frostbedingte Formen



Flächenbedeckende Signatur in offenen Arealen (formal)

Dieses Element umfasst die als mehr oder weniger sicher erfassbaren frostbedingten Oberflächenerscheinungen. Im Untersuchungsgebiet sind es vor allem Bülden, welche nach ELSASSER (1967 : 30) als relikte Erscheinungen zu betrachten sind und Solifluktuationsformen (Typ 2.3 in Tab. 1, S. 53) . Auch hier ist die Dichte der Signaturen ein grobes Mass für die Intensität und Häufigkeit dieser Formen innerhalb der Fläche.

Die frostbedingten Formen werden in dieser Arbeit nur summarisch behandelt, weil sie für unsere Fragestellung im Untersuchungsgebiet nur von untergeordneter Bedeutung sind.

2.4.4. Akkumulation (grün)

Sämtliche Erscheinungen der Akkumulation werden aus den zu Beginn des Kapitels 2.4. (S. 70) dargelegten Gründen in der geomorphologischen Grundlagenkarte in der gleichen Farbe eingetragen. Der Begriff Akkumulation wird hier sehr weit gefasst, indem mit den Elementen 511 - 514, die durch versackte und verrutschte Massen eingenommenen Flächen (vgl. Fig. 8 (S. 55) ebenfalls als Gebiete mit "abgelagertem Material" einbezogen werden und da und dort anzutreffender Residualschutt (vgl. Begriffserläuterungen, S.194) in den Elementen 521, 523, 531 und 533 eingeschlossen ist.

Einer solchen Ausweitung des Begriffes "Akkumulation" liegt der Gedanke zugrunde, dass Akkumulationsmaterial allgemein Locker- oder gelockertes Material ist, welches einer Abtragung (Erosion, Massenselbstbewegung) eher unterworfen ist als Festgestein. Dies trifft auch für verrutschtes und versacktes Material zu, welches durch die Bewegung, selbst wenn diese nur über kurze Distanzen ging, aufgelockert und oft auch in einem instabileren Zustand am jetzigen Standort abgelagert worden ist.

Elemente 511, 512: Fläche von grossräumig versackten, bzw. verrutschten Massen (vgl. Abb. 9, 17)



511

512 hypothetisch


Grundriss mit flächenbedeckender Signatur (funktionell→Rutsch)

Diese Flächen sind verknüpft mit den Elementen 311 - 316 (Bruchränder). Sie können bezüglich ihrer rezenten Dynamik untereinander und in sich selbst sehr verschieden sein. Die Flächen sind dadurch auch in ihrem äusseren Habitus und teilweise ebenfalls geologisch sehr inhomogen. Trotzdem werden diese Mesoformen als ein Element kartiert, um damit vor allem die Einheit der Talzuschübe zu dokumentieren.

Die Abgrenzung der Flächen ist recht schwierig und selten auf den Meter genau möglich, dies nicht zuletzt wegen ihrer inhomogenen Morphologie.

Wir haben sie aufgrund von Luftbildinterpretationen, dem Studium der geologischen Karte (GUENZLER-SEIFFERT, WYSS 1938), Feldbefunden und durch Beiziehung der Arbeit von ALTMANN (1958) abgegrenzt. Dort wo gewisse Unsicherheiten in der Beurteilung bestehen, sind solche Flächen als Element 512 statt 511 kartiert worden.

Weil diese beiden Elemente einerseits durch verschiedene andere Elemente überlagert werden, andererseits als Mesoformen auch eine gliedernde Funktion erfüllen, werden sie durch den schwachen Grünton "durchsichtig" und trotzdem markant hervortretend dargestellt. Der feine Punktraster, welcher diesen Grünton erzeugt, bildet gleichzeitig eine niedrigere Intensitätsstufe in der Reihe der Elemente 511 - 514.


Element 513: Fläche einer versackten bzw. verrutschten Masse, teilweise buckelig  
 (vgl. Abb. 14 )

Grundriss mit flächenbedeckender Signatur (funktionell→Rutsch)

---

Dieses Element bezeichnet Stellen, welche infolge von Massenselbstbewegungen zum Teil eine unruhige Oberfläche (Stauchwülste usw.) aufweisen. Die Intensität der Unruhe des Kleinreliefs ist geringer als bei Element 514.

Diese geringere Intensität kann bedingt sein durch eine bereits erfolgte nachträgliche Ueberformung (natürlicher oder anthropogener Art) oder durch eine Lage im Randbereich der von der betreffenden Massenselbstbewegung beeinflussten Fläche. Sie kann aber auch dadurch bedingt sein, dass die Fläche von einer grossräumigen, eher tiefgründigen Massenselbstbewegung betroffen ist, welche sich hier durch weniger, dafür aber höhere (bis etwa zwei Meter) und breitere (bis etwa zehn Meter) Rutschbuckel äussert, wie das etwa im Gebiet von Itramen (Blatt 1, z. B. Raum Koord.: 643/163) der Fall ist.

Element 514: Fläche einer versackten bzw. verrutschten Masse, intensiv buckelig  
 (vgl. Abb. 15 )



Grundriss mit flächenbedeckender Signatur (funktionell→Rutsch)

---

Als Element 514 sind die ausgesprochen unruhigen, intensiv buckeligen Flächen bezeichnet, welche im bewegten Material (Akkumulationskörper) von meist eher kleinräumigen, häufig sekundären Massenselbstbewegungen gebildet werden (vgl. dazu Kap. 2.3.1. (S.57)). Sie finden sich meist im Zusammenhang mit deutlichen Bruchrändern (Element 321 - 324).

Die oft zahlreichen kleinstflächigen Vernässungsstellen innerhalb dieser Flächen werden nicht speziell dargestellt, obschon sie wichtige Indizien für den gestörten Wasserhaushalt innerhalb der Rutschmasse sind. Wegen letzterem, wegen des unausgeglichene Reliefs und wegen des meist nicht ganz wieder hergestellten Gleichgewichts können sich in diesem Bereich weitere Massenselbstbewegungen abspielen.

Elemente 521, 523: Gehängeschutt, Schutthalde, Moräne

-  521 ohne Vegetation  
 523 mit Vegetation

Flächenbedeckende Signaturen in offenen Arealen (funktionell →  
Sturz, Rutsch)

---

In diesen Elementen wird das Lockermaterial zusammengefasst, welches nicht als Element 525 oder 551 - 556 genetisch, bzw. als Element 531 oder 533 bezüglich Grössenverhältnisse seiner Komponenten näher spezifiziert wird.

Element 521 bezeichnet alle offenen, vegetationslosen Schuttflächen, ohne eine Aussage über deren Mächtigkeit zu machen. Falls diese Areale inner- oder unterhalb von Felswänden oder Steilhängen liegen, geben sie einen Hinweis auf dort bestehende Steinschlaggefahr.

Wie Element 521 bezeichnet grundsätzlich auch Element 523 leicht erodierbares und transportfähiges Material, wenn die Vegetation ihre Schutzfunktion nicht mehr wahrnimmt. Element 523 ist dort kartiert worden, wo unter dem eigentlichen Boden (im Sinne der pedologischen Definition, z. B. nach SCHROEDER 1969 : 9) Lockermaterial liegt oder der anstehende Untergrund in seinen obersten Partien wesentlich aufgelockert ist. Die Dichte der Signatur gibt ein angenähertes Mass für die Mächtigkeit des Lockermaterials im betreffenden Bereich. Geringe Dichte, bzw. eine einzelne Signatur bedeuten jeweils eine geringe Mächtigkeit des Lockermaterials im betreffenden Hangteil.

Die Elemente 521 und 523 können mit den Elementen 531 bzw. 533 vergesellschaftet sein.

Element 525: Moränenwall



Grundriss mit linearer Signatur (formal)

---


Moränenwälle zeigen uns die Ausbreitung einzelner Gletschervorstöße und der häufig damit verbundenen Deponierung von Lockermaterial an. Sie können durch ihre Riegel-Wirkung die Lockermaterial-Ablagerung in ihrer Umgebung begünstigen.


Verschiedene, in der geologischen Karte von GUENZLER-SEIFFERT, LOUIS (1938) kartierte Lokalmoränenwälle werden in unserer Karte nicht übernommen, weil diese Wallformen nicht eindeutig als Moränenwälle angesprochen werden können, sondern teilweise strukturbedingt sein müssen (z. B. Bussalp, Raum Koord.: ca. 642 200/167 400). In diesen Fällen werden die Wälle als Element 945 kartiert.

Mit allem Nachdruck muss hier vermerkt werden, dass diese Fragen im Rahmen der vorliegenden Arbeit als sekundär betrachtet und daher nur gelegentlich diskutiert worden sind. Der Problemkreis der Vergletscherung und Vergletscherungsgeschichte dieses Tales muss im Detail in andern Arbeiten gezielt angegangen werden.

Elemente 531, 533: Felssturzmaterial, Blockschutt

(vgl. Abb. 16, 17)

 531 frisches Material

 533 angewittertes Material

Flächenbedeckende Signaturen in offenen Arealen (funktionell → Sturz)


Im Gegensatz zu den Elementen 521/523 wird hier Lockermaterial kartiert, dessen Komponenten teilweise einen Durchmesser von ca. 1 m oder grösser aufweisen. HARTMANN-BRENNER (1973 : 16) verwendet die Bezeichnung Felssturz bereits, wenn mindestens die Hälfte der Komponenten "kopfgrosse oder grössere" Blöcke sind.


Die Signaturen stehen in der Regel nicht für einen einzelnen Block, sondern deuten blockbedeckte Areale an. Bei Element 533 sind die einzelnen Blöcke durch den Bewuchs oft kaum mehr wahrnehmbar. Eine besonders verdichtete Darstellung erfolgte im Felssturzgebiet zwischen Schwand und An der Egg (Blatt 1; Raum Koord.: 642 900/164 300) und im Gebiet zwischen Rötihorn und Schwendi (Blatt 1; Raum Koord.: 644 500/166 000), auf welches wir in Abschn. 2.3.2.7. (S. 64) hingewiesen haben. Falls die Blöcke eher vereinzelt in feinerem Lockermaterial auftreten, werden die Signaturen 531 und 533 mit 521 und 523 in der Darstellung kombiniert.


Blöcke am Fusse von Felswänden oder Steilhängen sind jeweils als Hinweis auf Felssturzgefahr zu betrachten (vgl. Kap. 2.3.6., S. 68).

Elemente 551, 553, 556: Murschutt, Bachschutt, Lawinenschutt, Alluvione

(vgl. Abb. 18)

 551 Murschutt, Bachschutt, Lawinenschutt, ohne Vegetation

 553 Murschutt, Bachschutt, Lawinenschutt, mit Vegetation

 556 Alluvione

Grundriss mit flächenbedeckenden Signaturen (funktionell → Wasser, z. T. Lawinen, Sturz)

Diese Elemente bezeichnen Lockermaterial-Ablagerungen, deren Herkunft den oben erwähnten Prozessen zugeschrieben werden kann. Bei den Elementen 551 und 553 wird mit der Signatur die Kegelform markiert, während die streng horizontal gezeichnete Signatur für Element 556 die meist regelmässige Schichtung von alluvialen Ablagerungen zum Ausdruck bringen soll.

Auf den Schuttkegeln ist der Wildbach-, Lawinen- und z. T. auch der Sturzgefahr besondere Aufmerksamkeit zu schenken, während im Bereich der Alluvionen vor allem die Hochwassergefahr beachtet werden muss.

2.4.5. Anthropogene oder anthropogen direkt beeinflusste Formen (schwarz)

---

Der Mensch ist heute ein gewichtiger Gestalter des Reliefs. Menschliche Eingriffe können direkt oder indirekt geomorphologische Prozesse auslösen, beschleunigen, verzögern oder verhindern. Eine Wildbachverbauung setzt z. B. die Erosion herab, während ein Hanganschnitt beim Strassenbau einen Rutsch auslösen kann. Weil letzterer zwar vom Menschen ausgelöst wird, dann aber natürlich abläuft, wird er auch als quasinatürlicher Prozess bezeichnet. Dass Erscheinungen, welche auf quasinatürliche Prozesse zurückgehen, oft gar nicht mehr als anthropogen beeinflusst erkennbar sind, ist ein Grund dafür, dass wir bei der Kartierung die anthropogenen Formen nie vollständig erfassen können.

Wir beschränken uns daher bewusst auf auffällige Erscheinungen, welche positive (Wildbachverbauung) oder negative Auswirkungen (Hanganschnitte, Aufschüttungen, Skipisten-Planierungen → Erosion, Rutsche) haben können und soweit sie nicht aus der topographischen Karte ersichtlich sind.

Viehgangeln (Weidetreppen) werden kartiert, weil sie sich direkt als Folge der menschlichen Bewirtschaftung manifestieren (=anthropogen direkt beeinflusste Formen) und, wie wir weiter unten sehen werden (vgl. Element 881), auf verschiedene geomorphologische Prozesse Auswirkungen haben.

Elemente 811, 812, 815, 816: Bach- bzw. Flussverbauung  
(vgl. Abb. 19)

- + # + 811 einfache Abstürze
- # — 812 Schwellen
- ≡≡≡≡ 815 einfach verbaute Ufer
- ≡≡≡≡ 816 Kanalisierung

Bildhafte Lokalsignaturen (811, 812) bzw. funktionell → Wasser  
Grundrisse mit linearen Signaturen (815, 816)


---


Unter einfachen Abstürzen (Element 811) bzw. einfach verbauten Ufern (Element 815) sind Verbauungen zu verstehen, welche einen kleinen Eingriff in den Bach- oder Flusslauf bedeuten und welche meist mit "naturnahem Material" (Holz, Natursteine) erstellt worden sind, während die Elemente 812 und 816 markante anthropogene Eingriffe in den Bach- oder Flusslauf bezeichnen.


Die Signaturen bezeichnen nicht durchwegs alle Einzelobjekte, sondern markieren die verbauten Bachstrecken. Diese Informationen dienen vor allem der Beurteilung der Wildbachgefahren (vgl. Kap. 3.3.7.).



Elemente 831, 833, 834: Künstlicher Abschnitt  
(vgl. Abb. 20)

 831 im Lockermaterial, ohne Vegetation

 833 im Lockermaterial, mit Vegetation

 834 im Anstehenden: Abgrusung/Absandung

Grundriss mit flächenbedeckender Signatur (funktionell→Rutsch)

SCHAUER (1975 : 1) weist auf die altbekannte Tatsache hin, dass die Stabilität eines Hanges bzw. der oberen Bodenschicht "durch einen einmal entstandenen Anbruch stark vermindert" wird, und dass eine ähnliche Stabilitätsminderung durch "die Anlage von Fahrstrassen in einem steilen Hang" bedingt sein kann, "auch wenn der Hang keine Quellhorizonte hat oder sonstwie rutschgefährdet erscheint". Die Erfahrungen, welche bei vielen Wegebauten gemacht werden, bestätigen diese Aussage.

In diesem Sinne sind die künstlichen Anschnitte als potentielle, an Hängen Instabilität verursachende Faktoren kartiert worden.

Die Unterscheidung zwischen den Elementen 831, 833 und 834 entspricht derjenigen zwischen den Elementen 211, 213 und 214, wobei Stellen mit Element 831 am meisten zu beachten sind.


Element 841: Kiesgrube





Grundriss mit flächenbedeckenden Signaturen (formal)


Diese werden kartiert als markanter anthropogener Eingriff und als Hinweis auf grössere Lockermaterial-Ansammlungen in der näheren Umgebung.

Elemente 851, 853, 861, 863: Böschung einer Aufschüttung, Aufschüttungsfläche

 851 Böschung einer Aufschüttung, ohne Vegetation

 853 Böschung einer Aufschüttung, mit Vegetation

 861 Aufschüttungsfläche, ohne Vegetation

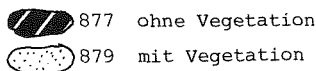
 863 Aufschüttungsfläche, mit Vegetation

Grundriss mit flächenbedeckenden Signaturen (funktionell→Rutsch)

Abgesehen davon, dass künstliche Böschungen wegen der grossen Steilheit oft zu Rutschen neigen, ist zu beachten, dass Aufschüttungen auf einen labilen Untergrund in diesen Bewegungen auslösen können (vgl. dazu auch Kap. 2.3.1., S. 56). Dies mag folgendes illustrieren:

Beim Hotel Blümlisalp in Grindelwald (Mühlebach, Blatt 1, Koord. : 648 150/164 690) wurde 1971 auf bisher ruhigem Untergrund ein Parkplatz aufgeschüttet mit dem Ergebnis, dass kurz darauf der Hang unterhalb des Hotels in Bewegung geriet.

Elemente 877, 879: Planierung (z.B. Skipiste)  
(vgl. Abb. 21)



Grundriss mit flächenbedeckenden Signaturen (funktionell → Rutsch,  
Erd- und Schuttgang)

---

Grössere Planierungen (im Untersuchungsgebiet heute vor allem für die Anlage von Skipisten) können geomorphologische Prozesse je nach Situation verschieden beeinflussen, führen jedoch häufig durch den erhöhten Oberflächenabfluss zu Erosionsschäden sowohl auf den planierten Flächen selbst, als auch in den unterhalb davon liegenden Gebieten.

Die Planierungen werden im Sinne einer Registrierung kartiert, ohne eine direkte Wertung ihrer Auswirkungen vorzunehmen. Allerdings wird zwischen vegetationslosen (Element 877) und erfolgreich begrüntem (Element 879) Planierungen unterschieden, wobei auch Stellen mit unfreiwilliger Entblössung von der Vegetationsdecke kartiert werden (Schäden durch Pistenfahrzeuge).

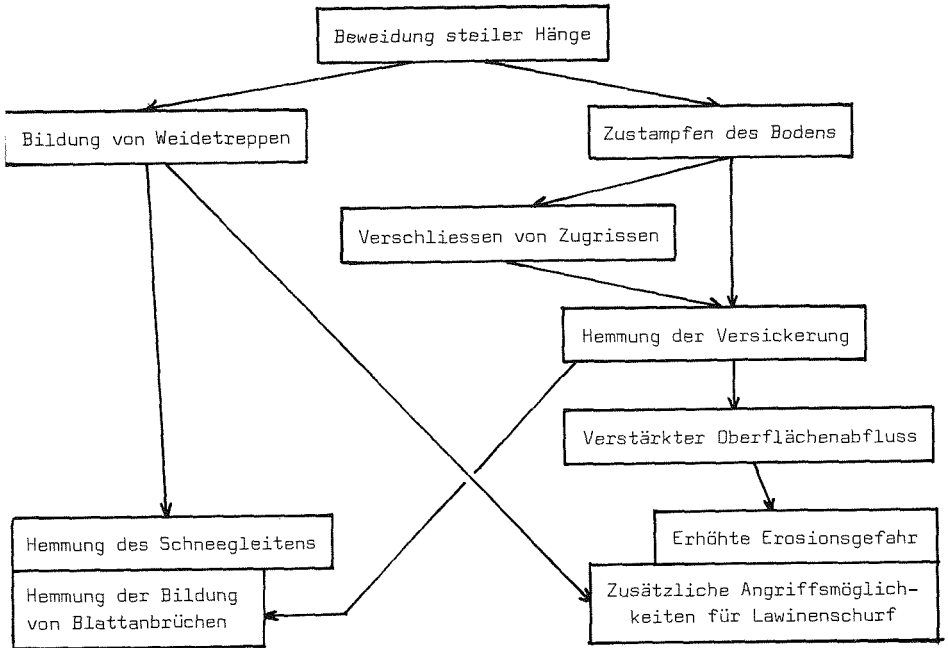
In unserem Kartierungsgebiet wurden ausser kleinen Erdgängen (vgl. Kap. 2.3.5., S. 66) bisher keine direkten Folgen solcher Planierungen festgestellt. Dass letztere aber nicht nur vom landschaftsästhetischen, sondern auch vom ökologischen Standpunkt aus problematisch sind, beweist neben der Tatsache, dass die verantwortlichen Unternehmen diese Stellen intensiv pflegen müssen, auch die einschlägige Literatur, aus welcher hier einige Artikel angeführt werden: GIRARDI (1972), HENSLER (1972), SCHIECHTL (1972), HANAUSEK (1972), TISCHENDORF (1973, 1975), SCHATZ (1975), WALZ (1976).

Element 881: Viehgangeln  
^ ^ (vgl. Abb. 22)

Flächenbedeckende Signatur in offenen Arealen (funktionell → Rutsch,  
Gleitschnee, Lawine)

---

Die durch das weidende Vieh in steilere Hänge getretenen, mehr oder weniger horizontal verlaufenden Stufen (Weidetreppen, Viehgangeln) können sich gemäss Fig. 13 bezüglich Erosion und Denudation positiv und negativ auswirken. Analog zu Element 381 bezeichnet die Signatur nicht einzelne Stellen, sondern ganze Hangflächen mit Viehgangeln.



= POSITIVE AUSWIRKUNGEN

= NEGATIVE AUSWIRKUNGEN

Fig. 13 Auswirkungen des Viehtritts auf Erosion und Denudation  
 (nach Angaben von LAATSCH, GROTTENTHALER 1973:14; SCHAUER 1975:18;  
 STINY 1952:34 und nach mündl. Mitt. von RD Dr. J. KARL, Bayer.  
 Landesamt für Wasserwirtschaft, München)

Element 885: Zusammengetragene Steinhaufen



Flächenbedeckende Signatur in offenen Arealen (funktionell → Sturz)

Diese sogenannten Lesesteine sind Hinweis auf das Anfallen von Schuttmaterial in grösserer Menge. Das Element ist in seiner Bedeutung zum Teil den Elementen 521 und 523 gleichzusetzen.

2.4.6.            Verschiedenes: geodätische und morphographische Signaturen  
                  (braun)

---

Element 9o5: Gemessene horizontale Verschiebung eines Punktes pro  
                  O → Jahr (vgl. Abb. 23 )




Lineare Signatur    (funktionell → Rutsch)

---

Das Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETH, Zürich (KOBOLD 1971) vermisst seit 1961 verschiedene Punkte im Gebiet nördlich von Grindelwald (vor allem entlang der Bergbahn Grindelwald-First und der Druckleitung des Elektrizitätswerkes Grindelwald; Blatt 1) in Lage und Höhe gegenüber als fest angenommenen Punkten am Eiger, am Mettenberg und am Wetterhorn.

In der geomorphologischen Grundlagenkarte werden die zwischen 1961 und 1970 festgestellten durchschnittlichen jährlichen Verschiebungen in ihrer horizontalen Projektion im Massstab 1 : 1 dargestellt. Diese Vektoren zeigen uns Ausmass und Richtung der Bewegungen einzelner Oberflächenpunkte innerhalb von Talzuschub-Gebieten (vgl. Abschn. 2.3.2.1.).

Elemente 941, 943, 945: morphographische Signaturen

-  941 Markante Geländelinie
-  943 Oberer Rand einer markanten Versteilung
-  945 Wall / Rücken

Grundriss mit linearen Signaturen    (formal)

---

Hier werden selektiv verschiedene Reliefelemente dargestellt, welche einerseits in der topographischen Unterlage zu wenig hervortreten, andererseits aber genetisch nicht immer sicher zu deuten sind. In den Talzuschub-Gebieten markieren die Elemente 943 und 945 verschiedentlich Formen, welche auf diese Massenselbstbewegungen zurückgehen.

2.4.7.            Die Lawinenkatasterkarte

W. SCHWARZ

Die geomorphologische Grundlagenkarte von Grindelwald ist in brauner Farbe mit einer Lawinenkatasterkarte überdruckt. Letztere ist Bestandteil des Lawinenkatasters, welcher Kartierung und Beschreibung der bekannten Lawinniedergänge umfasst.

Die Beschreibung jeder bekannten Lawine erfolgt in einem entsprechenden Formular; dieses enthält Angaben über Ort, Einzugs- und Ablagerungsgebiete, Schadenwirkungen, Häufigkeit des Auftretens der betreffenden Lawine, sowie über bestehende Schutz- und Abwehrvorrichtungen.

Die Beschreibungen der Lawinen im Gebiet von Grindelwald sind beim Lawinendienst der Forstinspektion Oberland in Interlaken archiviert.

In der Lawinenkatasterkarte sind neben den Anrissgebieten und Absturzbahnen die Ablagerungs- und Auslaufgebiete mit der Begrenzungslinie (Umhüllende) aller bis heute registrierten Lawinen eingetragen.

Da die dem Lawinenkataster zu Grunde liegenden Beobachtungsperioden meistens nicht genügend lang sind und die registrierten Lawinen nur selten dem Extremfall entsprechen, kann die Ausdehnung der gefährdeten Gebiete wesentlich grösser sein als die in der Lawinenkatasterkarte umgrenzte Fläche des Auslaufgebietes (vgl. dazu Fig. 15 a und b, S.118/9).

Die Lawinenkatasterkarte gibt daher lediglich einen ersten Hinweis auf die Lawinengefährdung und bildet nur eine der Grundlagen für die Lawinengefahrenkarte (vgl. Kap. 3.3.3.).

#### 2.4.8. Die Darstellung komplexer Phänomene durch Kombination mehrerer Elemente

Verschiedene geomorphologische Erscheinungen und Prozesse werden in unserer Karte nicht mit einer einzigen, sondern als Gefüge verschiedener kartographischer Ausdrucksformen dargestellt, weil versucht wurde und es angesichts des grossen Massstabs möglich schien, diese jeweils in verschiedene Elemente aufzulösen. Dies hat den Vorteil, dass die Lokalisierung und Darstellung von verschiedenen Einzelheiten möglich ist. Es könnte aber auch den gravierenden Nachteil zur Folge haben, dass grössere zusammenhängende Komplexe von geomorphologischen Erscheinungen und Prozessen vor lauter Einzelheiten nicht mehr homogen (z. B. als einheitliche flächenbedeckende Signatur wirken, sondern als unregelmässiges Gefüge erscheinen und nicht mehr als Ganzheit erkannt werden können.

Tatsächlich ist es aber so, dass solche Gefüge je nach Art und Verteilung der Komponenten, welche für bestimmte komplexe geomorphologische Erscheinungen und Prozesse charakteristisch sind, ein spezifisches Kartenbild ergeben und mit der Umgebung kontrastieren.

Die Darstellung einiger solcher komplexer Erscheinungen soll in den folgenden Abschnitten gezeigt werden.

##### 2.4.8.1. Rutschung

Beispiel aus dem Gebiet von Grindel, ca. 400 m WNW von Stöpfi (Blatt 1 ; Koord. : 649 300/167 400)

Rutschungen werden als einfache Gefüge durch die Kombination der Elemente 321, 323 oder 324 einerseits und des Elementes 514 andererseits dargestellt und treten daher durch die Kombination der roten und vollen grünen Farbtöne deutlich hervor.

In unserem Beispiel ist die Hauptböschung (vgl. Fig. 8, S. 55) auf der Westseite vegetationslos und rezent, während sie auf der Nordseite vegetationsbedeckt und offensichtlich wieder vernarbt, also älter (= relik) ist. Auf der Ostseite geht sie über in anstehenden Fels (Aalénienschiefer). Die grün dargestellte verrutschte Masse ist intensiv buckelig. Hier ist die Vegetationsbedeckung vor allem durch Zugbewegungen

teilweise unterbrochen, was durch die Elemente 331, 333 (Zugriss) und 381 (verletzte Vegetationsdecke) ausgedrückt wird. Die innerhalb des Akkumulationskörpers dicht übereinander eingetragenen Elemente 321 und 361 (Sackungsbruchrand und Blattanbruch) weisen auf sekundäre Prozesse hin. Die Vernässungsstellen (Element 131), welche gemäss den Angaben in Kap. 2.4.2. (S. 76) kartiert wurden, weisen auf den gestörten Wasserhaushalt hin.

Der am Fuss der Rutschzunge vorbeiziehende Bach mit eintiefender Sohle (Element 115) schafft das eingeschobene Material im unteren Bereich der Bachböschungen laufend weg. Dieser Prozess dürfte sehr langsam vor sich gehen, da auch die rechte, den Rutschungskörper tangierende Flanke des Feilenanbruchs (Element 223) hier weitgehend vegetationsbedeckt ist.

Gesamthaft erscheint der Rutsch als langsame Massenselbstbewegung, welche momentan vor allem auf der W-Seite ausgeprägt ist. Instabil ist im übrigen auch der von Zugrissen (Element 331) durchzogene W anschliessende Bereich.

#### 2.4.8.2. Aktiver Talzus Schub

Beispiel: Talzus Schub zwischen dem Gebiet von Bort - Gigli als ungefähr oberer und der Schwarzen Lüttschine als unterer Begrenzung.

(Blatt 1; Zentrum Raum Koord.: 647 400/165 000; Fläche ca. 1,3 km<sup>2</sup>).

Dieser Talzus Schub ist Teil des in Abschn. 2.3.2.1. (S. 58 ff.) besprochenen Talzus Schub-Gebietes.

Die Talzus Schub-Gebiete werden primär dargestellt durch die Elemente 311 - 316 (Bruchränder grossräumig versackter bzw. verrutschter Massen) einerseits und Element 511 (Fläche von grossräumig versackten bzw. verrutschten Massen) andererseits. Diese primären Elemente werden sekundär durch weitere Elemente überprägt, wie wir dies im folgenden anhand unseres Beispiels sehen.

Teile des Bruchrandes mit den unten anschliessenden Flanken und der Hauptböschung weisen keine Vegetationsdecke auf (Element 311) und werden durch anstehende Aalénienschiefer gebildet, wo heute vor allem Abgrusung (Element 385, z. B. bei Koord.: 647 320/166 330 E von Gigli) und Steinerschlag (Element 521, bei Koord.: 647 320/166 250 E von Gigli) beobachtet werden.

Der überwiegende Teil des Bruchrandes geht aber in die steile (ca. 25° - 40°) vegetationsbedeckte Hauptböschung und Flanke über, welche mit zahlreichen Blattanbrüchen (Elemente 361 - 369) durchsetzt sind. Dabei sind vor allem diejenigen am Hang 250 m ENE von Bort (Koord.: 647 200/166 450) und an der westlichen Flanke (Raum Koord.: 646 950/165 650) primär auf Gleitschnee und Lawinenschurf zurückzuführen (Elemente 366 - 369). Die Böschung weist im übrigen an verschiedenen Stellen eine in kleinerem Ausmass verletzte Vegetationsdecke (Element 381) auf, was zu einem guten Teil ebenfalls durch die mit der Schneedecke zusammenhängenden Prozesse bedingt ist. Der vermessene Punkt (Element 305) ca. 400 m S

von Bort (Koord.: 646 910/165 930) deutet auf eine langsame Massenselbstbewegung des gesamten Bodenkörpers hin.

Im Akkumulationskörper des Talzuschubes bilden sich durch Zug- und Druckspannungen grössere und kleinere Verformungen. Markante Uebergänge von z. T. ausgedehnten flachen Stellen zu steilen Böschungen (Element 943) sind in unserem Beispiel vorwiegend im oberen Teil des Akkumulationskörpers anzutreffen. Neben den allgemein zahlreichen Vernässungsstellen (Element 131) sind vor allem die oberhalb dieser Böschungskanten liegenden Verflachungen meist stark vernässt, während sich in den darunterliegenden Böschungen Blattanbrüche (Elemente 361 - 364) bilden, wie dies im Gebiet 400 m SSE von Bort (Koord.: 647 200/165 950) der Fall ist.

In Bereichen mit erhöhter Zugspannung und grösserer Instabilität treten oft Rutsche auf, deren Darstellung im vorangehenden Abschnitt besprochen und auf deren Entstehungsursachen in Kap. 2.3.1. (S. 57) hingewiesen wurde. Zugrisse (Elemente 331, 333) weisen ebenfalls auf gespannte Verhältnisse hin, wobei deren gehäuftes Auftreten in unserem Beispiel unmittelbar N der Schwarzen Lutschine im Zusammenhang mit der durch diesen Vorfluter geschaffenen Instabilität (eintiefende Sohle = Element 115) stehen dürfte.

Vor allem in Zonen mit erhöhter Schubspannung kommt es zu Aufwölbungen und allgemein unruhiger Oberfläche, was im Beispiel an verschiedenen Orten durch Element 513 bezeichnet wird.

#### 2.4.8.3. Blockstromartiger Talzuschub

zwischen dem Gebiet von Rotenegg - Uf Spitzen und Schwendi  
(Blatt 1; Zentrum Koord.: 644 500/165 500)

Der blockstromartige Talzuschub wird nach oben ungefähr durch den Grat zwischen Rötihorn und Uf Spitzen abgegrenzt. Ein sehr deutlicher Bruchrand (Element 311) mit Zugspalten im Anstehenden zeigt sich im Raum Koord.: 644 800/167 850, während in dessen Umgebung kein geomorphologisch ausgeprägter Bruchrand feststellbar, aber im Gratbereich anzunehmen ist (Element 316).

Der Akkumulationskörper wird wie im vorangehenden Beispiel auch hier als Element 511 dargestellt. Das ganze Gebiet wird aber hier vor allem durch eine Blockschuttmasse (Element 533) charakterisiert.

Als sekundäre, überprägende Elemente treten im Prinzip dieselben Erscheinungen (allerdings in wesentlich geringerer Dichte) auf wie in dem im vorangehenden Beispiel beschriebenen Talzuschub.

#### 2.4.8.4. Wandfusslage

Beispiel: S-Fuss des Schwarzorns  
(Blatt 1; Raum Koord.: 648 000/170 000)

HARTMANN-BRENNER (1973 : 13), welche sich ausführlich mit Schuttakkumulationen in Wandfusslagen befasst, unterscheidet Residualhalden (vgl. Begriffs-Erläuterungen), Sturzhalde, Murschwemmkegel und Lawinenschuttkegel.

Im Gebiet S des Schwarzorns bezeichnet Element 521 sowohl Residualschutt (vor allem in den oberen Lagen) als auch Steinschlagmaterial. Letzteres ist durchsetzt von größerem Felssturzmaterial (Element 531). Das stürzende Material sammelt sich im Fels in bestehenden Rinnen, welche sich als Steinschlagrinnen (Element 228) auch in der Schutthalde fortsetzen. Dass die Materialverfrachtung nicht nur als Sturz erfolgt, sondern auch durch Lawinen, zeigen die Blattanbrüche (Elemente 366, Koord.: 647 900/169 950). Auf die Wirkung von Wasser und Murgängen weisen der Feilenanbruch (Element 221) und der Schuttkegel (Element 551 und 553) im Raum Koord.: 648 300/169 600 hin. Andere Ablagerungen von Schuttgängen (Typ 2.7 in Tab. 1, S. 53) und Lawinen innerhalb der Schutthalde (Elemente 521 und 531) werden dagegen nicht speziell dargestellt.

#### 2.4.8.5. Bachlauf

Beispiel Mehlbaumbach

(Blätter 2 und 1; Mündung in die Schwarze Lüttschine,  
Koord.: 643 630/164 150)

Der zum Teil in Steinschlagrinnen (Element 228) unmittelbar ENE des Tschuggen beginnende Bachlauf (Element 118) hat im Gebiet von Gummi (Raum Koord.: 640 000/161 500) grössere, heute überwachsene Schuttmassen (Element 553) abgelagert. Heute ist die Bachsohle hier im unteren Teil (Raum Koord.: 640 250/161 610) im Beharrungszustand (Element 113). Sie verläuft weiter unten auf dem Anstehenden und wurde als Element 112 (Sohle in latenter Erosion) kartiert. Bis zur Höhenlinie 1520 m fehlen entlang dem Ufer nennenswerte Anbrüche. Von hier an folgen nun offene Uferanbrüche (Element 211), Abgrusungsstellen (Element 385) und bei Höhenlinie 1400 m von rechts her ein vermuteter Materialeinschub (Element 301). Ab ca. Höhenlinie 1450 m ist der Bach verbaut, was sich in verschiedenen einfachen Querbauwerken (Element 811) manifestiert. Bei Höhenlinie 1300 m ist eine kurze Strecke als vegetationsbedeckter Feilenanbruch (Element 223) kartiert, und bei Höhenlinie 1250 m befindet sich am rechten Ufer eine Rutschung mit Uferanbruch (Elemente 323, 514 und 211). Von hier an verläuft der Bach in einer heute generell vegetationsbedeckten Kerbe (Element 223), welche mit offenen Uferanbrüchen (Element 211), Stellen mit Verdacht auf Massenselbstbewegung (Element 301), sowie offenen und geschlossenen Rutschungen und Zugrissen (Elemente 321, 514 und 333) durchsetzt ist.

Die heute im Beharrungszustand befindliche Sohle (Element 113) verläuft von Koord.: 643 510/164 000 bis zur Schwarzen Lüttschine auf einem bewachsenen Schuttkegel (Element 553).



3.

DIE KOMBINIERTE GEOMORPHOLOGISCHE GEFAHREN-  
KARTE 1 : 10 000 VON GRINDELWALD

---

### 3.1. DIE VERSCHIEDENEN TYPEN VON GEFAHRENKARTEN

Gemäss Tab. 2 können wir zwischen verschiedenen Typen von Gefahrenkarten unterscheiden.

Gibt Antwort auf folgende Fragen:	Karten-typ	Ein-fache Gefahren-karte	Allge-meine Gefahren-karte	Gefah-ren-arten-karte	Gefah-ren-stufen-karte	Kombi-nierte Gefahren-karte
Besteht eine Gefahr ?	durch eine ein-zige Gefahren-art	X			X	
	durch mehrere Gefahrenarten		X ohne Spezifi-zierung	X		X
Durch welche Gefahrenart(en) ?				X		X
In welchen Gefahrenstufen ?					X	X
BEISPIELE IN :		COAZ 1910	OFI 1976	GRUNDER 1976	OFI 1975	LEYS,HAGEN 1975

Tab. 2 Die Inhalte einiger Typen von Gefahrenkarten

Die hier angeführten Beispiele für einfache und allgemeine Gefahrenkarten wurden in den Abschnitten 1.1.2.1. bzw. 1.1.2.2. kurz beschrieben.

Das einzige uns bekannte Beispiel für eine Gefahrenartenkarte ist der in Bearbeitung befindliche Kartenausschnitt Lenk (GRUNDER 1976).

Die gemäss OFI (1975) ausgearbeiteten Lawinengefahrenkarten (vgl. auch Kap. 3.3.3.) sind als Gefahrenstufenkarten zu bezeichnen.

Gemäss Tab. 2 muss die kombinierte (geomorphologische) Gefahrenkarte folgende Aussagen machen:

1. Ob eine Stelle gefährdet ist oder nicht, oder ob sie ausserhalb des Untersuchungsgebietes liegt,
2. durch welche Gefahrenarten diese Stelle gefährdet ist und
3. wie intensiv (und allenfalls wie häufig) ein gefährdendes Element an der betreffenden Stelle wirken kann.

Dabei wird Punkt 1 bei der Beantwortung von Punkt 2 und 3 mit beantwortet.

Bei dem in Tab. 2 erwähnten Beispiel von LEYS, HAGEN (1975 : 291) handelt es sich um einen Kartenausschnitt 1 : 2880 aus dem inneren Pitztal, welcher gemäss einer "Vorläufigen Dienstanweisung für die Ausarbeitung von Gefahrenzonenplänen" (BUNDESMINISTERIUM FUER LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT 1973) hergestellt wurde. In diesen kombinierten Wildbach- und Lawinengefahrenkarten werden folgende Zonen unterschieden:

"Rote Zone: Hier herrscht grosse Gefahr...  
 Gelbe Zone: Hier herrscht geringere Gefahr unterschiedlichen Ausmasses...  
 Grüne Zone: Hier sind keine Schäden zu erwarten, oder sie sind so gering, dass Vorkehrungen nicht erforderlich sind..."  
 (l. c. : 5).

Die Lawinen-Gefahrengebiete werden durch E-W und die Wildbach-Gefahrengebiete durch N-S verlaufende Schraffuren dargestellt.

Es sei weiter darauf hingewiesen, dass die erwähnte österreichische Dienstanweisung auch die Ausscheidung von Schutzgebieten als "Blaue Flächen" vorsieht, welche Raum für Verbauungsmassnahmen freihalten.

Verschiedene der in Kap. 1.1.1. zitierten Gesetzesbestimmungen fordern für die Ortsplanungen eine umfassende Berücksichtigung der Naturgefahren. Dies bedeutet, wenn wir das Ziel einer optimalen Nutzung des Bodens im Auge haben, dass Angaben über Gefahrenart und Gefahrenstufe zur Verfügung stehen müssen, dass wir hier also eine kombinierte Gefahrenkarte benötigen.

Andere Typen von Gefahrenkarten sind unter Umständen sinnvoll für Planungsarbeiten auf höherer Stufe (allgemeine Gefahrenkarten oder Gefahrenartenkarten für Regional- und Landesplanung) oder für Spezialprobleme (z. B. Wildbach-Gefahrenstufenkarten im Zusammenhang mit Wildbachverbauungen).

### 3.2. GRUNDSÄTZLICHE BEMERKUNGEN ZUM INHALT DER KOMBINIERTEN GEOMORPHOLOGISCHEN GEFAHRENKARTE VON GRINDELWALD

---

#### 3.2.1. Die Gefahrenarten

Die vorliegende geomorphologische Gefahrenkarte schliesst nur Naturgefahren ein, welche mit Massenverlagerungen auf dem Boden oder im Boden zu tun haben. Ausgeschlossen sind rein meteorologische Gefahren wie Hagel, Föhnsturm usw. oder vertikale Schneeauflast (mit Beschädigung von Hausdächern).

Wir unterscheiden folgende fünf Gefahrenarten: Eissturz (E), Lawine (L), Rutsch (R), Sturz (S = Steinschlag, Felssturz) und Wasser (W = Hochwasser, Ueberschwemmung, Murgang).

Diese Einteilung in fünf Gefahrengruppen mag dem einen oder anderen Kartenbenützer bereits zu detailliert, dem Verbauungsfachmann möglicherweise als zu grobe Verallgemeinerung erscheinen. So tritt beispielsweise die Gefahrenart "Wasser" in verschiedenen Formen wie Erosion, Ueberschwemmung und Uebermuring auf, wobei die jeweiligen Mechanismen der Schadenwirkung verschieden sein können (vgl. Abschn. 3.2.2.1.). Aber alle diese Gefahrenformen stehen in Zusammenhang mit ein- und demselben Gefahrensystem (vgl. Begriffserläuterungen, S.193) wie beispielsweise mit einem bestimmten Bachlauf. Es ist jeweils das gesamte Gefahrensystem, welches umfassend in allen seinen Konsequenzen beurteilt und berücksichtigt werden muss.

Indessen können und wollen wir hier nicht eine detaillierte Unterlage für aktive Gegenmassnahmen (Verbauungen) schaffen, sondern nur zeigen, welche Zonen unter den heutigen Verhältnissen zu meiden oder nur mit Einschränkungen zu nutzen sind. Immerhin ist es im Hinblick auf eine nur zeitweise beschränkte Nutzung einzelner Gebiete sinnvoll, die jeweilige Gefahrengruppe zu kennen, welche die Beschränkung verursacht. So können zum Beispiel viele lawinengefährdete Gebiete im Sommer fast uneingeschränkt landwirtschaftlich und touristisch genutzt werden, was dank den Angaben über die Gefahrenart aus der Karte hervorgeht.

#### 3.2.2. Grundsätzliches zur Bestimmung der Gefahrenstufen

Das Ausmass einer Gefährdung eines Ortes durch eine bestimmte Gefahr kann durch zwei Grössen angegeben werden:

1. Die Stärke und Wirkung des gefährdenden Prozesses
2. Die Häufigkeit seines Auftretens.

### 3.2.2.1. Zur Stärke von gefährdenden Prozessen

Sämtliche hier berücksichtigten Gefahren resultieren aus Prozessen der Massenverlagerung.

Durch solche Massenverlagerungen kann beispielsweise ein Haus auf drei prinzipiell verschiedene Arten beschädigt oder zerstört werden:

1. Das Haus steht auf der sich bewegenden Masse selbst. Falls sich letztere innerlich verformt, was meistens der Fall ist, wird der Baugrund des Hauses in seiner Struktur und örtlichen Tragkraft verändert: das Haus wird schiefgestellt oder auseinandergerissen.
2. Es steht als Hindernis in der Bahn einer sich bewegenden Masse (Lawine, Wasser, Erd-/Felsmasse) und wird durch deren Aufprall (z. T. auch durch den Sog oder durch Auflast) beschädigt oder zerstört.
3. Es steht im Einflussbereich der Bewegungsbahn der Masse und wird indirekt durch den mit der Bewegung verbundenen Schurf und einem allfällig damit gekoppelten Nachrutschen des Baugrundes wie im Fall 1 in Mitleidenschaft gezogen.

In allen drei Fällen werden infolge der Massenverlagerung Kräfte auf das Haus ausgeübt, welche es je nach den Umständen beschädigen, verschieben und im Extremfall zerstören können.

Die Lawinenforschung hat durch theoretische und experimentelle Untersuchungen (z. B. VOELLMY 1955, ROCH 1962, SOMMERHALDER 1966, OFI 1975) präzise Vorstellungen über wirkende Kräfte der Lawinen entwickelt, welche auf die zweite der oben genannten Beschädigungs- und Zerstörungsart anwendbar sind. Dabei werden Aufpralldrücke der Lawine auf eine senkrecht zu deren Bewegungsrichtung stehende Ebene als Mass verwendet.

Während sich im Falle der Lawinen heute die Kräfte bzw. Drücke berechnen oder wenigstens abschätzen lassen, sind die Methoden für die Beurteilung der anderen Gefahrenarten nicht so weit entwickelt, vor allem dann nicht, wenn es dabei um die erste oder dritte der oben genannten Beschädigungs- und Zerstörungsarten geht.

Bedingt durch die Unterschiede in der Schadenart und durch den unterschiedlichen Entwicklungsstand der Methoden ist es schwierig, die Kräfte der verschiedenen Gefahrenarten vergleichbar zu bestimmen. Deshalb verwenden wir für die Beurteilung der Kraft der einzelnen Prozessarten als gemeinsames Mass die mögliche Schadenwirkung und nehmen dabei in Kauf, dass diese nur bei der Lawinengefahr berechnet, bei den anderen Gefahrenarten in der Regel nur abgeschätzt oder angenommen werden kann (vgl. Kap. 3.3.1.).

### 3.2.2.2. Zur Häufigkeit des Auftretens von gefährdenden Prozessen

Die Bedrohung von Menschen, Tieren und Sachen wird nicht nur durch die potentielle Schadenwirkung, sondern auch durch die Frequenz gefährdender Ereignisse bestimmt. Diese Auffassung, welche zum Beispiel der Arbeit von DE QUERVAIN (1974) zugrunde liegt, lässt sich damit begründen, dass die Schadenwirkung eines Ereignisses, welches durchschnittlich alle 300 Jahre nur einmal eintritt, eher in Kauf genommen werden kann, als wenn es alle 30 Jahre zu erwarten ist.

Solange es dabei nur um Sachschäden geht, trifft diese Auffassung zu, weil es vor allem eine Kostenfrage ist, welche Risiken man eingehen will. Sobald es aber in der Schadenwirkung um Menschenleben gehen könnte, müssen die nüancierten Ueberlegungen bestimmend werden, welche AULITZKY (1973 : 92 - 93) darlegt und die wir ihrer grundsätzlichen Wichtigkeit wegen hier im Wortlaut wiedergeben wollen:

"Da ein Schadenereignis - je grösser und exzessiver, umso seltener bzw. in umso längeren zeitlichen Abständen auftritt, wird es nur selten möglich sein, gerade diese Grossereignisse in den jungen Aufzeichnungen der Kataster und in der selbsterlebten Erinnerung der jetzigen Bewohner zu finden. Gerade dieses seltene Grossereignis, an das der Bewohner aus psychologisch verständlichen Gründen auch gar nicht glaubt, wird aber der Gefahrenzonen-Ausscheidung im potentiellen Siedlungsgebiet zugrunde zu legen sein, weil es bei einer Wohnstätte ja einfach nicht zur Diskussion gestellt werden darf, wann sie zerstört werden wird, sondern nur, ob dies überhaupt der Fall sein könnte. Hier steht ja eine Sicherheit, nämlich die bestimmte Lage des Hauses im Gefahrenraum, einer Wahrscheinlichkeit gegenüber, dem Zeitpunkt nämlich, bzw. der Häufigkeit des zu erwartenden Schadenereignisses. Die Frage der Häufigkeit erscheint demnach bei der Beurteilung von Gefahrenzonen im ständigen Siedlungsgebiet als unerheblich für die Ausscheidung, nicht aber sollte die Frage der Häufigkeit bei der Bedrohung von Verkehrswegen ausser Acht gelassen werden, wo nun zwei Wahrscheinlichkeiten bzw. Häufigkeiten, nämlich jene des Verkehrsaufkommens und jene des Schadensgeschehens einander gegenüberstehen und sonach auch zu Recht miteinander verglichen werden dürfen."

Die letzte Feststellung bezüglich der Verkehrswege gilt sinngemäss auch für landwirtschaftlich oder touristisch (Skilauf, Wandern usw.) genutzte Gebiete.

Das Problem wird bei der Erstellung der schweizerischen Lawinengefahrenkarte 1 : 10 000 (vgl. OFI 1975 : 15) und bei der Beurteilung der Lawinengefahr in den hier vorliegenden Gefahrenkarten (vgl. Kap. 3.3.3.) nach folgendem Prinzip gelöst:

Gebiete mit zu erwartenden grossen Schadenwirkungen gelten ungeachtet der Frequenz der Ereignisse als sehr gefährdet. Bei Gebieten mit zu erwartenden geringen Schadenwirkungen wird dagegen unterschieden, ob die Ereignisse häufig oder selten eintreten. Im ersten Falle sind die Belästigung und die Kosten durch die zwar relativ geringen aber häufig eintretenden Schadenereignisse unter Umständen so gross, dass man das Gebiet demjenigen mit zu erwartender hoher Schadenwirkung gleichstellen muss. Im zweiten Falle können dagegen die Nutzungseinschränkungen gelockert werden, weil die geringe Belästigung auch nur selten eintritt und deshalb in Kauf genommen werden kann.

Ein Problem methodischer Art liegt nun darin, dass die Wiederkehrdauer (= reziproker Wert der relativen Häufigkeit des Ereignisses bezogen auf die Beobachtungsperiode) schwer zu bestimmen ist, vor allem dann, wenn es um eine Wiederkehrdauer von mehr als ca. 100 Jahren geht. Im letzten Falle ist man auf die Auswertung von Chroniken und alten Berichten angewiesen. Dort sind aber in der Regel nur grössere, vor

allem von Lawinen und Wildbächen verursachte Ereignisse aufgezeichnet, welche den eigentlichen Siedlungsraum betreffen. Es fehlen also meist die Angaben über Ereignisse ausserhalb der besiedelten Gebiete und über solche geringerer Wirkung.

Vor allem wegen den methodischen Schwierigkeiten sahen wir uns genötigt, bei der Gefahrenbeurteilung, mit Ausnahme der Lawinengefahr, in erster Linie nur die Schadenwirkung zu berücksichtigen.

Für die Rutsch- und Wassergefahren sind die in Tab. 5 (S. 129) bzw. Tab. 8 (S. 143) zusammengestellten, schriftlich überlieferten Ereignisse als Hinweise zwar interessant; sie eignen sich aber wegen ihrer relativ grossen räumlichen Streuung und wegen ihrer Seltenheit nicht für eine statistische Auswertung.

Die im Gumbeldiagramm (Fig. 4, S. 39) ermittelten Wiederkehrperioden für Starkniederschläge zeigen einen Ansatz, wie das Problem angegangen werden kann. Die Zusammenhänge zwischen Starkniederschlag und Hochwasserführung werden heute studiert (vgl. ZELLER 1974). Durch umfangreiche Berechnungen soll es in Zukunft möglich sein, aus der Frequenzanalyse der Starkniederschläge auf die Wiederkehrperiode von Hochwasserereignissen in kleinen Einzugsgebieten zu schliessen. Dazu sind aber jeweils nach Möglichkeit Niederschlagsmessungen und Untersuchungen der bodenhydrologischen Verhältnisse in den betreffenden Einzugsgebieten selbst notwendig. Noch komplexer werden die Probleme, wenn noch die Geschiebeführung der Bäche berücksichtigt werden muss oder wenn von der Häufigkeit der Starkniederschläge auf Rutschereignisse geschlossen werden soll.

Dass die aufgrund relativ scharf definierter Kriterien beurteilte Lawinengefahr (vgl. Kap. 3.3.3.) die Wiederkehrdauer berücksichtigt, führt nicht zwangsläufig zu einer Inhomogenität unserer Karte. Auch bei den Lawinen wird nämlich primär die potentielle Schadenwirkung berücksichtigt und erst in zweiter Linie werden zusätzliche Gebiete als relativ stark gefährdet ausgeschieden, in welchen zwar mit geringerer aber mit häufigerer (Wiederkehrdauer  $\leq 30$  Jahre) Schadenwirkung zu rechnen ist.

Bei den andern Gefahrenarten werden solche Gebiete mit häufigen kleineren Schäden an den rezenten Spuren erkannt und können je nach Grösse der Belästigung einer höheren Gefahrenstufe zugeordnet werden, als dies rein nach der möglichen Schadenwirkung notwendig wäre.

### 3.2.3. Besondere Probleme.

#### 3.2.3.1. Gefahren durch Bruch von Staudämmen und -mauern

Hydraulische Kraftwerke bedeuten einen Eingriff in den natürlichen Wasserhaushalt und bewirken in den betreffenden Bach- und Flussläufen Veränderungen der mit dem Abfluss des Wassers verbundenen Prozesse (vgl. dazu GRENGG 1971, SIMMLER 1971, STAUDER 1973 a, 1973 b und RIENOESSL 1975).

Auf der einen Seite werden durch die Stauseen Hochwasserspitzen gebrochen, was die Gefahren herabsetzt, andererseits bedeuten Stauseen eine neue Gefahr durch Ueberschwappung (ausgelöst durch Lawinen, Rutsche oder Fels- und Bergstürze) und Mauer- oder Dammbruch.

Bei diesen Gefahren können wir davon ausgehen, dass sie bekannt sind und ihnen durch Kontrollen grosse Aufmerksamkeit geschenkt wird, so dass hier im allgemeinen - tragische Ausnahmen sind bekannt - nicht mit katastrophalen Ereignissen gerechnet werden muss.

In der GEFAHRENKARTE DER SCHWEIZ 1 : 100 000 (1976) werden die von einem Damm- oder Mauerbruch bedrohten Gebiete, welche anlässlich der Kraftwerkprojektierungen bestimmt worden sind, nicht als gefährdete Zonen ausgeschieden. Eine Ausscheidung dieser Gebiete hätte ohnehin zur Folge, dass in der Schweiz grosse Areale und ganze Täler zur Gefahrenzone deklariert und konsequenterweise mit Bauverboten belegt werden müssten.

Wir schliessen uns diesem Vorgehen an und dürfen voraussetzen, dass die im Raum Grindelwald existierenden künstlich aufgestauten Seen (Oberer und Unterer Bachsee, Raum Koord.: 644 700/168 700 und Ausgleichsbecken Bort, Koord.: 646 780/165 950) gut kontrolliert werden und somit keine Gefahr für die unterhalb liegenden Gebiete bedeuten.

### 3.2.3.2. Zum Problem der präventiven Ausscheidung von belastungsempfindlichen Zonen

Wenn eine Gefahr erst durch andere oder zusätzliche Nutzung einer bestimmten Zone entstände oder erhöht würde, kann es erforderlich sein, diese gefährdende Nutzung zu verhindern, indem die betreffende Zone bereits von Anfang an präventiv als stärker gefährdet ausgeschieden wird.

So kann beispielsweise in einem Gebiet mit Talzuschüben (vgl. Kap. 2.3.2., S. 57 ff.) folgende Situation eintreten: Die Rutschgefahr wird für eine bestimmte Zone unter der Voraussetzung einer mit heute vergleichbaren Nutzungs- und Landschaftsstruktur auch für die nächsten 100 Jahre als gleichbleibend beurteilt (z. B. Gefahrenstufe 1, bedingt durch langsame, tiefgründige Massenbewegungen). Dagegen ist bei einer veränderten Nutzungs- und Landschaftsstruktur, insbesondere durch Errichtung einer grösseren Zahl von Wohnhäusern, unter Umständen mit dem Eintreten einer höheren Gefahrenstufe (z. B. Stufe 2) zu rechnen: Dies kann sich allein aus der zusätzlichen Belastung (sensu stricto) ergeben oder wird verursacht durch die für diese Wohnbauten notwendige Infrastruktur. So haben das erforderliche Wasserversorgungs- und das Kanalisationsnetz unter dem Einfluss des Talzschubes eine grössere Eintritts-Wahrscheinlichkeit für Leitungsbrüche zur Folge. Diese bedeuten eine weitere unkontrollierte (negative) Beeinflussung des Wasserhaushaltes im ohnehin labilen Untergrund: Die Rutschgefahr steigt und kann einen Grad erreichen, der diese Zone und andere, vor allem unterhalb liegende Gebiete als zu gefährlich für Wohnbauten werden lässt.

Die prospektive Berücksichtigung von Gefahren, welche mit einer allfälligen Veränderung der Nutzungs- und Landschaftsstruktur verbunden sind, stellt erhebliche Probleme:

1. Es sind verschiedene Richtungen einer Strukturveränderung denkbar.
2. Die Veränderungen im Gefahrenpotential, welche durch solche Strukturveränderungen hervorgerufen werden können, sind noch viel schwerer zu fassen als das ohnehin schon schwer genug zu bestimmende aktuelle Gefahrenpotential.



Wir haben aus diesem Grunde darauf verzichtet, Zonen zu kennzeichnen, welche auf solche Strukturveränderungen empfindlich reagieren könnten, und haben erst recht davon abgesehen, im Hinblick auf potentielle Strukturveränderungen eine prospektive Gefahrenbeurteilung vorzunehmen.

Wir müssen hier betonen, dass unsere Karte auf einer Beurteilung des Jetztzustandes, teilweise auf einer solchen früherer Zustände beruht und dass das Vorausblicken auf die nächsten 100 - 150 Jahre nur soweit gilt, als im betreffenden Gebiet keine Veränderungen in der Nutzungs- und Landschaftsstruktur zu verzeichnen sind.

Jede Veränderung in der Nutzungs- und Landschaftsstruktur verlangt eine Revision der Gefahrenbeurteilung im betreffenden Zonenbereich (vgl. Kap. 3.6.3.)!

3.3. DIE GEFAHRENBEURTEILUNG UND DIE ERMITTLUNG  
DES GEFAHRENPOTENTIALS BEI DEN EINZELNEN  
GEFAHRENARTEN

3.3.1. Die Qualität der Gefahrenbeurteilung

Wegen der sachlichen, wirtschaftlichen und politischen Bedeutung der Gefahrenbeurteilung müssen die Entscheide bei der Einstufung und Abgrenzung der verschiedenen Gefahrenzonen gut begründet werden können und die zu den Entscheiden führenden Ueberlegungen möglichst nachvollziehbar sein.

Fig. 14 zeigt, dass wir in der Gefahrenbeurteilung je nach Qualität des erhobenen Grundlagenmaterials und je nach Verfahren zu einem verschieden hohen Objektivitätsgrad der Entscheidungsbeurteilung bezüglich Nachvollziehbarkeit kommen. Wenn wir etwa abklären müssen, ob ein nicht geschiefbeführender Bach an einer kritischen

Erhebung der Indikatoren durch:	Ermittlung der Gefahrenstufe durch:	Objektivität der Ent- scheidungsbeurteilung (Reproduzierbarkeit)
---------------------------------------	---	--

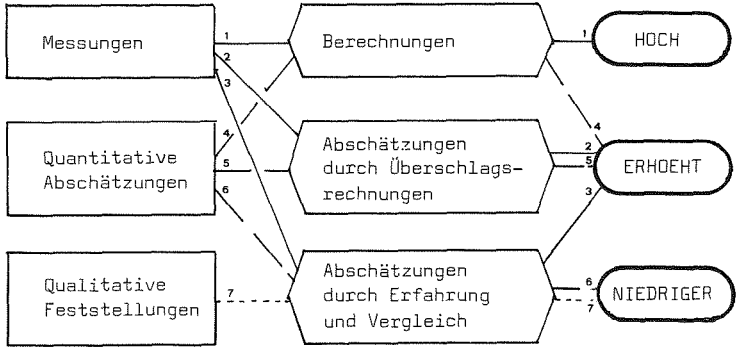


Fig. 14 Die Güte der Entscheidungsbeurteilung bei der Gefahrenbeurteilung

Stelle (geringer Querschnitt des Grabens) über die Ufer treten kann, so erfolgt die Beurteilung zum Beispiel durch die Berechnung des Hochwasserabflusses nach MUELLER (1943), zit. in EASF (1974 : Beilage 32). Dieser Berechnung liegen Parameter (mittlere Bodendurchlässigkeit im Einzugsgebiet usw., vgl. Kap. 3.3.7., S. 147) zugrunde, welche praktisch meist nur durch Abschätzung bestimmt werden können, so dass eine gewisse Subjektivität im Entscheid nicht zu vermeiden ist. Eine so erfolgte Gefahrenbeurteilung entspricht in Fig. 14 dem Weg 4, das heisst, wir erreichen mit dieser Methode nur "erhöhte" Objektivität bezüglich Nachvollziehbarkeit.

Messungen, die Voraussetzung zum Erreichen "hoher" Objektivität, sind meist sehr zeitraubend und oft gar nicht durchführbar. So kann zum Beispiel die Kubatur einer potentiellen Felssturzmasse aus sachlichen Gründen (mangelnder Einblick in deren Struktur) oft gar nicht gemessen und berechnet, sondern nur abgeschätzt werden. Aus diesem Grunde sind die Wege 1, 2 und 3 in Fig. 14 praktisch nur in Ausnahmefällen gangbar, und hohe Objektivität bezüglich Nachvollziehbarkeit ist nur sehr selten zu erreichen.

Man wird deshalb anstreben müssen, nach Möglichkeit wenigstens die Wege 4 und 5 zu beschreiten. Trotzdem werden, bei realistischer Betrachtung, die Wege 6 und 7 sehr häufig gewählt werden müssen, so dass in vielen Fällen die Objektivität der Nachvollziehbarkeit relativ niedrig ist.

Nun müssen wir aber deutlich festhalten, dass "niedrigere" Objektivität bezüglich Nachvollziehbarkeit noch keineswegs a priori eine schlechtere Qualität der Gefahrenbeurteilung selbst ergeben muss, dass ein Verfahren mit hoher Reproduzierbarkeit (Weg 1 in Fig. 14) ebensowenig für absolute Richtigkeit der Beurteilung garantieren kann! Wenn nämlich das rechnerische Modell, welches dem letztgenannten Verfahren zugrunde liegt, sachlich von den wirklichen Verhältnissen abweicht, oder diese zu stark vereinfacht, kann die Gefahrenbeurteilung unter Umständen schlechter ausfallen, als wenn mit genügender Sachkenntnis die Wege 6 oder 7 beschritten werden.

Es ist zwar bedauerlich, dass es wegen der geringeren Objektivität bezüglich Nachvollziehbarkeit der Gefahrenbeurteilung bei schwierigen Abgrenzungen, wo grössere wirtschaftliche Interessen tangiert werden, zu Streitfällen kommen kann, aber entscheidend ist schliesslich allein die Tatsache, ob die Gefahrenbeurteilung als solche richtig oder falsch ist, und darauf werden wir nur im Laufe der Zeit durch die Ereignisse selbst Antwort erhalten!

### 3.3.2. Grundmethoden der Gefahrenbeurteilung

Wir unterscheiden drei Grundmethoden:

1. "Historische" Methoden
2. Grundmethode der (geomorphologischen) Geländeanalyse und der Auswertung von "stummen Zeugen"
3. Grundmethode der Modellversuche und -rechnungen

### 3.3.2.1. Die "historische" Grundmethode

Hier wird die Geschichte der zu bearbeitenden Gefahrenstelle und der damit im Zusammenhang stehenden Ereignisse zur Beurteilung herangezogen. Der Ablauf und das Schadenausmass früherer Ereignisse können uns vor allem bei den Gefahrenarten, welche durch sich wiederholende Prozesse bedingt sind (Wasser, Lawinen), wertvolle Angaben über das Gefahrenpotential und die durch die örtlichen Verhältnisse bestimmten Modifikationen im Ablauf des Prozesses liefern.

Als Quelle für die Geschichte von Gefahrenstellen kommen Chroniken, Zeitungsmeldungen, Versicherungsprotokolle, Gutachten und Berichte im Zusammenhang mit Verbauungsprojekten sowie die Befragung Einheimischer (Behörden und Einzelpersonen) in Frage.

Die Chroniken sind die einzigen, leider meist unvollständigen und nicht immer präzisen Informationsquellen über Ereignisse aus der Zeit vor unserem Jahrhundert.

Die genauesten Informationen über jüngere Ereignisse sind aus Gutachten und Berichten für Verbauungsmassnahmen zu erwarten, während die Aussagen von Personen über weiter zurückliegende Ereignisse mit einer gewissen Vorsicht zu interpretieren sind.

Optimale Informationen werden aber erst systematisch aufgenommene Gefahrenkataster liefern, in welchen unter anderem alle Ereignisse möglichst umfassend beschrieben werden.

Die "historische" Grundmethode ist eng verknüpft mit der 2. Grundmethode:

### 3.3.2.2. Die Grundmethode der "stummen Zeugen" und der (geomorphologischen) Geländeanalyse

"Stumme Zeugen" (vgl. AULITZKY 1973a: 93) sind alle erkennbaren Erscheinungen und Wirkungen von abgelaufenen und ablaufenden, Gefahren verursachenden Prozessen.

Eine umfassende, vor allem geomorphologische Geländeanalyse ist notwendig, um erstens diese "stummen Zeugen" aufzufinden, sie zweitens richtig zu interpretieren und drittens, um potentielle Gefahrenstellen wie z. B. eine mögliche Bach-Ausbruchsstelle aufgrund der morphographischen Verhältnisse zu erkennen. Mit Ausnahme der in Kap. 4.1. angebrachten Vorbehalte sind die Ergebnisse der Geländeanalyse in der geomorphologischen Grundlagenkarte von Grindelwald festgehalten worden.

### 3.3.2.3. Die Grundmethode der Modellversuche und Modellrechnungen

Während die beiden oben umschriebenen Grundmethoden retrospektiv sind, ist die 3. Grundmethode prospektiv: Potentielle Schadenereignisse werden durch Modellversuche simuliert und auf die wirklichen Verhältnisse umgerechnet. Dadurch können quantitative Aussagen über das voraussichtliche Schadenausmass gewonnen werden (ZELLER 1973 : 185).

Als Beispiel sei hier auf die Versuche hingewiesen, welche HUBER (1975) beschreibt: In einem Modell 1 : 300 wurde ein Absturz von Felsmassen in den Walensee simuliert, um Voraussagen über dessen Ablauf und Folgen machen zu können.

Solche Modellversuche sind in der Regel sehr kostspielig und zeitaufwendig, so dass sie nur punktuell in speziellen Fällen durchgeführt werden können. Aber abgesehen von diesen rein ökonomisch bedingten Einschränkungen sind auch solche technischer Natur zu berücksichtigen: Es müssen z. B. verschiedene Vereinfachungen gemacht werden, indem nicht alle möglichen Parameter in der Natur bestimmt und anschliessend erst noch ins Modell umgesetzt werden können. Auch die Forderung nach Massstabstreue ist nicht leicht zu erfüllen, da sich nicht alle Grössen massstäblich verkleinern lassen. Wenn etwa bei einem flussbaulichen Modellversuch Sandkörner im Modellmassstab durch Tonpartikel ersetzt würden, würden diese Teilchen durch zusätzliche interpartikuläre Kräfte (Kohäsion) das Bild verfälschen.

Gewisse Probleme lassen sich heute im Modellversuch überhaupt nicht lösen, wie dies ZELLER (1973 : 173) am Beispiel der Wildbäche mit hohem Geschiebeanteil feststellt.

#### 3.3.2.4. Ergänzende Bemerkungen

Da unter Anwendung nur einer einzigen der Grundmethoden eine umfassende Gefahrenbeurteilung kaum denkbar ist, sollten nach Möglichkeit alle drei Methoden eingesetzt werden. Allerdings ist der Einsatz der 3. Methode aus den oben erwähnten Gründen nur selten realisierbar. Gerade deshalb müssen vom Bearbeiter möglichst viele Gefahrenereignisse auch aus andern Gebieten studiert werden. Dem letztlich spielt die Erfahrung eine wesentliche Rolle, indem sie die Beurteilung der mit den genannten Grundmethoden gewonnenen Daten entscheidend mitbestimmt.

#### 3.3.3. Die Ermittlung der Lawinengefahr

(Bearbeitung: W. SCHWARZ, Oberförster, Lawinendienst  
der Forstinspektion Oberland, Interlaken)

Die in die geomorphologische Grundlagenkarte integrierte und in Kap. 2.4.7. (S. 100) besprochene Lawinenkatasterkarte bildet nur eine der Grundlagen für die hier zu besprechende Lawinengefahrenkarte, welche in die kombinierte geomorphologische Gefahrenkarte integriert worden ist.

In der Lawinengefahrenkarte (Kurvenkarten im Massstab 1 : 10 000 bis 1 : 2 000) werden gestützt auf Lawinenkataster, Geländebeurteilung sowie lawinentechnische Berechnungen und Vergleiche die lawinensicheren von den -gefährdeten Gebieten ausgeschieden.

Die Lawinengefahrenkarte von Grindelwald berücksichtigt Lawinen- und Schneerutschgefahren, die in Hängen ab einer Grenzneigung von  $28^{\circ}$  und einer Länge ab 50 - 60 m (Höhenunterschied ca. 30 m) auftreten können.

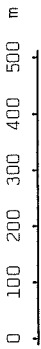
Die lawinentechnischen Berechnungen erstrecken sich vor allem auf die Auslaufstrecken der Lawinen und die von diesen ausgeübten Druckwirkungen. Für Fließlawinen lauten die entsprechenden wichtigsten Berechnungsformeln:

Fig. 15 a

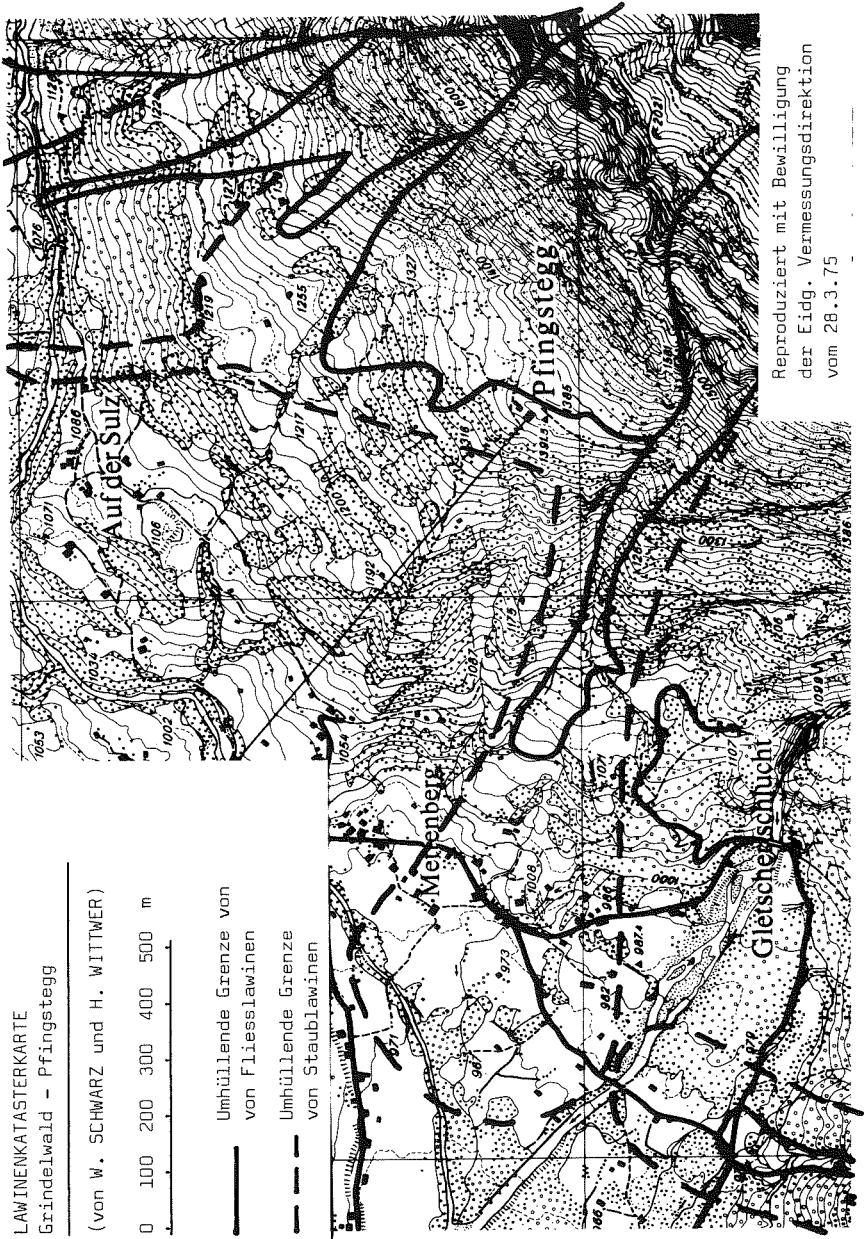
LAWINENKATASTERKARTE

Grindelwald - Pfingstegg

(von W. SCHWARZ und H. WITTMER)

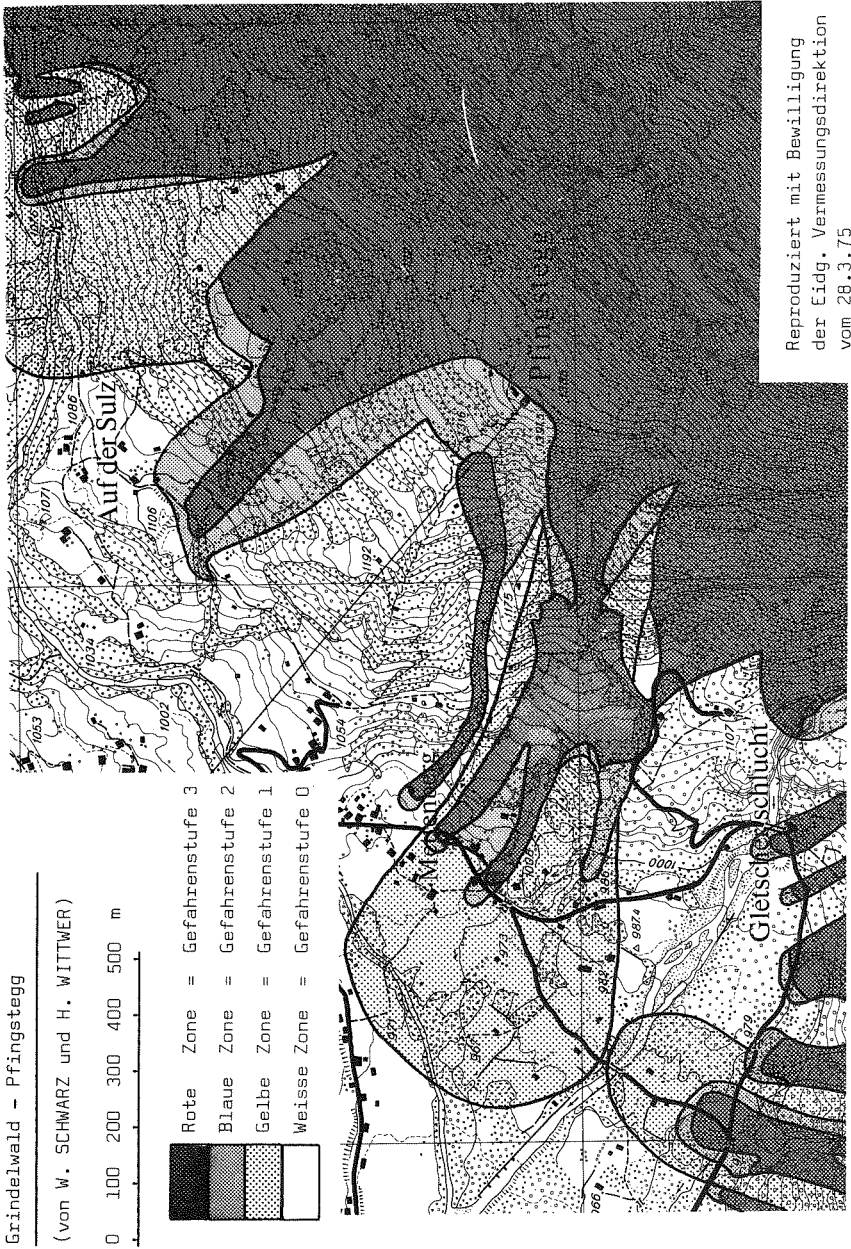


- Umhüllende Grenze von  
von Fliesslawinen
- - - Umhüllende Grenze  
von Staublawinen



Reproduziert mit Bewilligung  
der Eidg. Vermessungsdirektion  
vom 28.3.75

Fig. 15 b LAWINENGEFAHRENKARTE  
Grindelwald – Pfingstegg  
(von W. SCHWARZ und H. WITTMER)



Geschwindigkeit der Fließlawinen  $v_1$  :

$$v_1^2 = k d_o (\sin \psi_o - \cos \psi_o)$$

Auslaufstrecke der Lawinen  $S$  :

$$S \approx \frac{v_1^2}{2g (\mu \cos \psi_u - \operatorname{tg} \psi_u + \frac{v_1^2}{2k d_a})}$$

Normalbelastungen (senkrecht auf eine Wand)  $p_{nd}$  :

$$p_{nd} = \frac{\gamma_1 v_1^2}{g}$$

Es bedeuten dabei in diesen Formeln:

$k$	Koeffizient für Bodenreibung (400 - 600 $\text{m/s}^2$ )
$d_o$	abgleitende Schneeschicht im Anrissgebiet (m)
$\psi_o$	Hangneigung im Anrissgebiet ( $^\circ$ )
$\mu$	Reibungskoeffizient (im Anrissgebiet 0,15 - 0,20) (im Auslaufgebiet 0,20 - 0,25)
$g$	Erdbeschleunigung ( $\text{m/s}^2$ )
$\psi_u$	Geländeneigung im Auslaufgebiet ( $^\circ$ )
$d_a$	mittlere Ablagerungshöhe (m)
$\gamma_1$	mittleres Raumgewicht des fließenden Schnees ( $\text{kg/m}^3$ )

Ueber die Berechnung der Auslaufstrecken und der Lawinendrucke (Normalbelastungen) werden unter Berücksichtigung der Lawinenhäufigkeit die drei Hauptgefahrenstufen rot, blau und gelb unterschieden: (vgl. Fig. 15 b)

#### Rotes Gebiet

häufig und stark von Lawinen gefährdetes Gelände:

- Druckwirkungen von Lawinen 3 t/m<sup>2</sup> und mehr bei einer mittleren Wiederkehrdauer von bis zu 300 Jahren (extreme Lawinen) oder
- Lawinen mit schwächerer Druckwirkung, aber mittlerer Wiederkehrdauer 30 Jahre oder weniger

#### Blaues Gebiet

Weniger häufig und weniger stark von Lawinen gefährdetes Gebiet:

- Druckwirkung von Lawinen 3 t/m<sup>2</sup> oder weniger bei einer mittleren Wiederkehrdauer derselben von bis zu 300 Jahren



### Gelbes Gebiet

- Geländeteile, die im Auslaufgebiet von Staublawinen mit einer mittleren Wiederkehrdauer von mehr als 30 Jahren liegen und wo die Druckwirkung 0,3 t/m<sup>2</sup> oder weniger beträgt, oder
- Geländeteile, die von theoretisch nicht ausschliessbaren, aber extrem seltenen und statistisch nicht erfassbaren Fließlawinen erreicht werden können.

### Weisses Gebiet

In der weissen Zone sind nach menschlichem Ermessen keine Lawineneinwirkungen zu erwarten. Die Abgrenzung dieser Zone gegenüber nicht bearbeiteten Flächen ist mit einer geschlossenen grünen Linie angegeben.

Zu diesen ausgeschiedenen Lawinengefahrengeländen gelten die Mindestvorschriften gemäss Tab. 15 (S. 164).

In Fig. 15 b ist ein Ausschnitt aus der Lawinengefahrenkarte von Grindelwald (Blatt 4, Raum Koord.: 647/163) dargestellt. Fig. 15 a zeigt den dazugehörenden Ausschnitt aus der Lawinenkatasterkarte (vgl. Kap. 2.4.7., S. 100).

### 3.3.4. Die Gefahr von Eislawinen und Eissturz

Das bekannteste Beispiel in der Schweiz dürfte neben der tragischen Katastrophe von Mattmark 1965 (Allalingsletscher, vgl. SCHILD 1966 : 111) die von BRÜCKNER (1895) und HEIM (1896) beschriebene Gletscherlawine an der Altels sein.

LEYS, REINWARTH (1975 : 354) nennen zwei Ursachen für Eisstürze:

- "1. Abbruch des vorrückenden Gletschers über einen Steilrand oder glattes Gelände. Warnzeichen sind Spaltenbildung mit schnellen Erweiterungen als Folge rascher Geschwindigkeitszunahme.
2. Zungenrutschungen durch Gleiten des Eises auf der Unterlage mit Abbruch auf glattem, steilem Untergrund."

In Grindelwald sind diesbezüglich zwei Stellen zu beachten:

1. Das Gebiet des Vorfeldes des Oberen Grindelwaldgletschers (Raum Koord.: 648 950/164 300).
2. Gebietes NW-Fuss des Wetterhorns, welche durch Eislawinen vom Gutzgletscher (Raum Koord.: 651 300/165 700) gefährdet sind.

Im Vorfeld des Oberen Grindelwaldgletschers kann das heutige Gefahrenpotential wie folgt beurteilt werden:

1. Abbrüche über die Felsstufe bei Koord.: 649 000/164 300 sind heute angesichts des jährlich um 40 - 50 m (ZUMBUEHL 1977 : 125 ) vorrückenden Gletschers laufend zu beobachten. Die aktuell gefährdete

Zone umfasst einen Bereich vom Fuss der Felsstufe bis zu einem Umkreis von ca. 50 m, wie dies aufgrund der Eistrümmer angenommen werden kann. Die entfernter liegenden Zonen dürften höchstens noch durch einzelne kleinere Eissplitter tangiert werden und sind entsprechend als weniger gefährdet einzustufen. Wenn der Gletscher vorrücken wird, wie dies 1923/24 (bis ca. Koord.: 648 700/164 560) oder 1854/55 (bis ca. Koord. 648 500/164 400 (vgl. dazu KINZL (1932 : 334) und ZUMBUEHL (1977 : 113) der Fall war, wird an dessen jeweiliger Front je nach Ausbildung der Zunge mit kleineren Eisabbrüchen zu rechnen sein, hier einer relativ geringen Gefahr, welche auch nur allmählich, parallel zum Vorrücken des Gletschers, auftreten kann.

2. Zungenrutschungen sind vom Oberen Grindelwaldgletscher bis heute nicht bekannt und auch nicht zu erwarten (mündliche Mitteilung von Herrn Dr. W. HAEBERLI, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH, Zürich).

Die Zonierung bezüglich Eissturzungefahr im Vorfeld des Oberen Grindelwaldgletschers erfolgte entsprechend diesen Aussagen. Dass trotzdem der ganze Bereich des Vorfeldes in die rote oder blaue Zone fällt, ist auf die Berücksichtigung der schwer erkenn- und abschätzbaren Gefahr von Wasserausbrüchen zurückzuführen (vgl. Kap. 3.3.7., S. 141).

Die Situation am NW-Fuss des Wetterhorns ist etwas anders. Am Gutzgletscher abgebrochene Eismassen werden in den in der Felswand vorhandenen Lawinenbahnen kanalisiert und durch Reibung und Aufschlagen am Fels so stark zerlegt, dass sich das Material dieser Eislawinen gemäss SCHEIDEGGER (1975 : 167) entsprechend den Gesetzmässigkeiten der Lawinenmechanik bewegt. Die von den Eislawinen betroffenen Gebiete befinden sich innerhalb der ausgeschiedenen Lawinenzonen.

Die grosse Steilheit des Untergrundes des Gutzgletschers bewirkt, dass die Eismassen laufend in kleineren Portionen abbrechen, so dass eine Zungenrutschung grösseren Ausmasses bei der geringen Ausdehnung und Mächtigkeit des Gletschers nicht zu erwarten ist. Auch in diesem Falle müsste übrigens eine Zerkleinerung des Materials und ein Prozessablauf nach den Gesetzmässigkeiten der Lawinenmechanik erwartet werden, wie dies z. B. anlässlich des von STRASSER (1890 : 170) erwähnten Ereignisses der Fall sein musste: "1737 am 15 yäner gab es zu yschboden (Raum Koord.: 649 200/165 200) bei villem schnee Ein grosse Schne und Gletscherlauwena, die nam 4 Schiren hinwäg..."

### 3.3.5. Die Sturzgefahr

Wie bereits in Kap. 2.3.6. erwähnt, verstehen wir unter Stürzen Massenselbstbewegungen, bei welchen das bewegte Material den grössten Teil des Weges in der Luft zurücklegt, sei es im freien Fall, springend oder rollend, wobei zwischen den einzelnen Komponenten keine oder nur eine geringe Interaktion besteht. Bedingt durch die Bewegungsart handelt es sich hier ausnahmslos um schnelle Massenselbstbewegungen, welche sich innerhalb von Sekunden oder wenigen Minuten ereignen.

Gemäss Tab. 3. unterscheiden wir zwischen Steinschlag, Felssturz und Bergsturz.

	Durchmesser der grössten Komponenten	Kubatur der bewegten Masse	Ablagerungsfläche
Steinschlag	< 1 m	< 1 Mio m <sup>3</sup>	< 10 ha
Felssturz	> 1 m	< 1 Mio m <sup>3</sup>	< 10 ha
Bergsturz <sup>1)</sup>	> 1 m	> 1 Mio m <sup>3</sup>	> 10 ha

Tab. 3 Abgrenzung der Begriffe Steinschlag, Felssturz und Bergsturz (vgl. dazu ABELE 1974:5)

1) Der Begriff ist hier wesentlich enger gefasst als in HEIM (1932)

Die Gefährdung von Menschen, Tieren und Sachen erfolgt in der Regel durch die zweite der in Abschn. 3.2.2.1. beschriebenen Wirkungsarten der Prozesse, also vor allem durch den Aufprall der stürzenden, springenden oder rollenden Komponenten.

Nur spektakuläre Ereignisse, welche Opfer forderten oder zu grösseren Zerstörungen führten, sind überliefert worden. Die zahlreichen Steinschlagereignisse, aber ebenfalls grössere Felsstürze in den unbewohnten Gebieten werden auch heute nur ausnahmsweise registriert. So ist zum Beispiel der in Abschn. 2.3.3.2. erwähnte Felssturz nicht publik geworden. Deshalb erstaunt es nicht, dass auch in STRASSER (1890 : 187) nur eine einzige entsprechende Notiz zu finden ist, nämlich dass am 5.2.1872 in der Ortweid (Blatt 1, Raum Koord.: 642 600/165 000) ein Mann durch einen Stein oder ein Stück Holz tödlich verletzt wurde.

Unter diesen Umständen fällt für uns die Anwendung der "historischen" Grundmethode für die Sturzgefahren-Beurteilung weitgehend ausser Betracht.

Wie die Arbeiten von HUBER (1975; vgl. dazu Kap. 3.3.2., S.116) und FUMAGALLI, CAMONUOVO (1975) zeigen, lassen sich Modellversuche für Sturzereignisse allen Schwierigkeiten zum Trotz erfolgreich und mit recht guter Prognosewirkung durchführen. Sie sind aber so aufwendig, dass sie nur in ganz besonderen Fällen eingesetzt werden können.

Angaben für Ueberschlagsrechnungen gibt SCHEIDEGGER (1975 : 98 - 122). Dabei zitiert er (l. c. : 99) allerdings BJERRUM, JØRSTAD (1968), welche aufgrund empirischer Untersuchungen zum Schluss kommen, dass die Stabilität von Felshängen nicht durch theoretische Berechnung, sondern nur durch Vergleich mit Hängen bekannten Verhaltens beurteilt werden

kann. Wenn auch Ueberschlagsrechnungen bis zur Materialbereitstellung schwer durchführbar sind, so können solche aber vom Moment an eingesetzt werden, wo sich ein Felsbrocken oder ein Stein gelöst hat und sich im freien Fall oder springend und rollend talwärts bewegt (SCHEIDEGGER 1975 : 108ff.).

Notwendig sind solche Rechnungen allerdings auch nur dort, wo sich Stürze bisher nicht in dem Ausmass ereignet haben, wie dies aufgrund einer neuen Situation angenommen werden muss. Sonst wird aber die Methode der "stummen Zeugen" und der geomorphologischen Geländeanalyse schneller und besser zum Ziel führen.

Jeder Geländeteil, in welchem sich aktuell Stürze ereignen, aber auch die meisten Orte, wo dies früher der Fall war, zeigen bestimmte Merkmale in Form von "stummen Zeugen".

Die wichtigsten dieser Zeugen sind die am Fusse einer Wand, am Fusse eines Hanges oder innerhalb eines Hanges liegenden Steine, Blöcke oder Trümmersmassen. Sie zeigen folgendes an:

1. Die Stellen, bis zu welchen Sturzmaterial gelangt ist
2. Das Spektrum der Komponentengrösse dieses Sturzmaterials
3. Je nach Fehlen oder Vorhandensein von Vegetationsbedeckung und Verwitterungskrusten die Aktualität von Stürzen

Allerdings muss gleichzeitig auch abgeklärt werden, ob es sich nicht um Residualschutt oder anderswie hertransportiertes Material (z. B. Moräne) handelt.

Weitere "stumme Zeugen" sind oberhalb der Hangfuss- und der unteren Hangzone zu suchen, nämlich an den Herkunftsorten dieser Blöcke und Steine. An diesen Abtragsstellen sind folgende Fragen zu beantworten:

1. Ist das Gestein identisch mit dem weiter unten abgelagerten Material?
2. Sind in diesem Gestein Klüfte und Spalten vorhanden und wenn ja, verlaufen diese so, dass losgelöstes Material talwärts stürzen kann?
3. Wird durch die Verwitterungsprozesse (v. a. Frostwechsel) Material losgelöst, so dass es talwärts stürzen kann?
4. Wie gross sind die Komponenten des zum Sturz vorbereiteten Materials?
5. Sind allfällig vorhandene Abbruchstellen frisch, oder tragen sie eine Vegetationsbedeckung (Flechten)?

Wenn aufgrund der Beantwortung dieser Fragen und aufgrund der "stummen Zeugen" in den unteren Hangpartien auf aktuelle und potentielle Stürzmöglichkeiten geschlossen werden muss, gilt es nun, das Ausmass der Gefährdung in den möglichen Gefahrenbereichen zu beurteilen.

Diese Beurteilung erfolgte bei unserer Kartierung durch Beantwortung der folgenden Fragen:

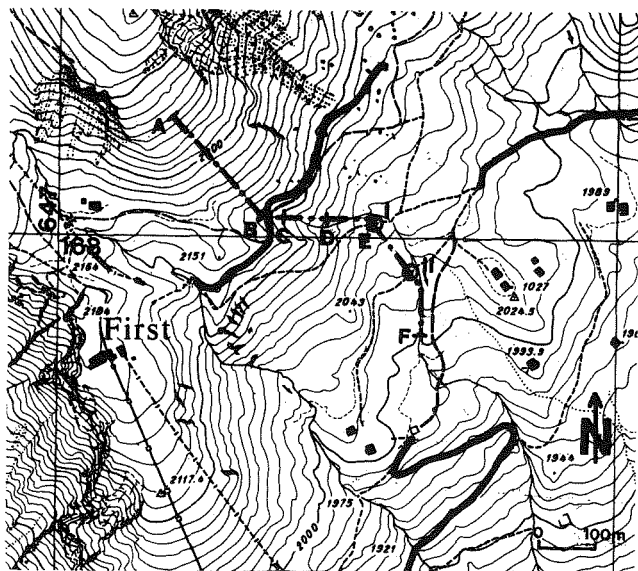
1. Wie ist die aktuelle Situation im Abbruchgebiet?
2. Wie ist die aktuelle Situation im Ablagerungsgebiet?
3. Wie ist das Gelände dazwischen heute beschaffen?
4. Sind in Zukunft weitere Abbrüche zu erwarten?
5. Sind deren Komponenten allenfalls grösser als die heute vorzufindenden?
6. Ist das Gelände unterhalb der heutigen Ablagerungsstelle so beschaffen, dass solche grösseren Steine und Blöcke weiterstürzen können?
7. Wie weit würden diese im Maximum stürzen?
8. Welche Wirkungen sind in den einzelnen Hangteilen zu erwarten?

Diese Beurteilungen können bestenfalls als Abschätzungen taxiert werden, welche eine "erhöhte" Reproduzierbarkeit (Weg 5 in Fig. 14, S. 114) aufweisen, sind aber in der Regel als begründete Annahme mit geringerer Reproduzierbarkeit (Weg 6 oder 7 in Fig. 14) zu betrachten.

Dass wir auch bei rechnerischen Verfahren kaum höhere Objektivität erreichen können, weil die einzelnen Parameter durch Abschätzung oder Annahme bestimmt werden müssen und das rechnerische Modell stark vereinfachend ist, mag das folgende Beispiel veranschaulichen:

Am Hang ca. 400 m NE von First (Koord.: 647 180/168 280 ist aufgrund der Geländeanalyse mit einem Translationsfelsrutsch zu rechnen, der zu einem Felssturz führen könnte. Da an diesem Hang bis heute offenbar keine grösseren Blöcke gestürzt sind, fehlen auch die entsprechenden "stummen Zeugen". Aus diesem Grunde haben wir versucht, mit einer einfachen Modellrechnung die potentielle Reichweite von stürzenden Blöcken an diesem Hang abzuschätzen.

Zuerst wurde im Gelände die ungefähre Sturzlinie festgelegt und anschliessend schematisch in die Karte eingetragen (Fig. 16):



(Reproduziert mit Bewilligung der Eidg. Vermessungsdirektion vom 28.3.75)

#### Legende

- schematische Sturzlinie
- A,B,...,F Grenzpunkte zwischen den Teilabschnitten mit unterschiedlichem Gefälle (vgl. Fig. 17)
- | | Endpunkte der Sturzbewegung je nach Berechnungsvariante gemäss Tab. 4

Fig. 16 Das potentielle Felsrutsch- und Sturzgebiet NE von First

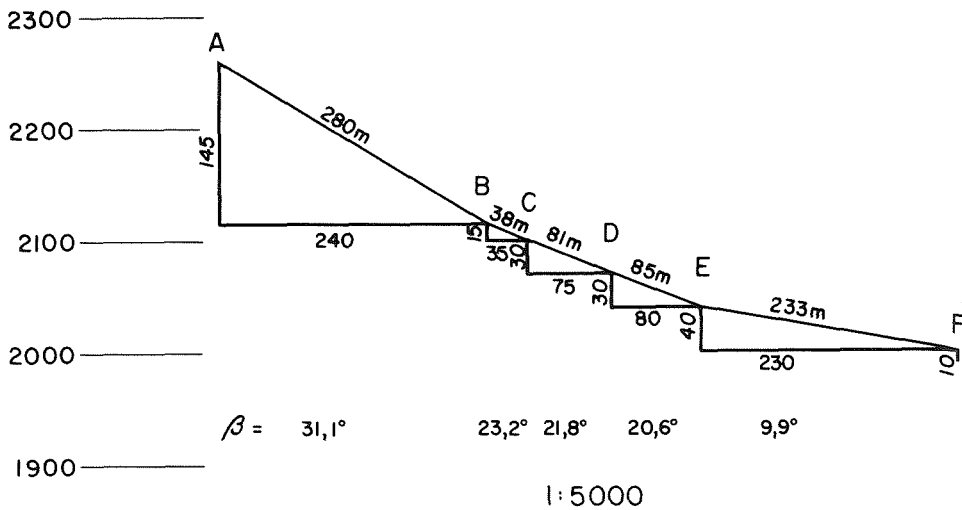


Fig. 17 Längenprofil einer potentiellen Sturzbahn am Hang NE von First

Punkt	I $\mu = 0,51$		II $\mu_{A-B} = 0,36 ; \mu_{B-F} = 0,51$	
	$v^2 \left[ \frac{m^2}{s} \right]$	$v \left[ \frac{m}{s} \right]$	$v^2 \left[ \frac{m^2}{s} \right]$	$v \left[ \frac{m}{s} \right]$
A	0	0	0	0
B	156,8	12,5	396,5	19,9
C	137,6	11,7	377,3	19,4
D	80,5	9,0	320,1	17,9
E	8,1	2,8	247,8	15,7
	Stillstand des Blockes bei E + 4 m ( $v^2 = -1,0$ )		Stillstand des Blockes bei E + 110 m ( $v^2 = -1,7$ )	

Tab. 4 Die Geschwindigkeit eines rollenden Felsblockes am Hang NE von First bei verschiedenen angenommenen Reibungskoeffizienten  $\mu$  (Variante I und II)

Darauf basierend wurde das Längenprofil (Fig. 17) konstruiert und die Sturzbahn in Teilabschnitte unterschiedlicher Hangneigung unterteilt.

Für jeden Teilabschnitt wurde im Längsschnitt ein rechtwinkliges Dreieck konstruiert, Dreiecke, für welche unter Annahme, dass sich ein stürzender Stein oder Block wie eine rollende Kugel verhält (vgl. dazu SCHEIDEGGER 1975 : 120) folgende energetischen Beziehungen gelten:

$$\text{in A: } E = E_{\text{Kin}} + E_{\text{Pot}} = \frac{7}{10} m v_A^2 + m g h_A$$

$$\text{in B: } E = E_{\text{Kin}} + E_{\text{Reibung}} = \frac{7}{10} m v_B^2 + \mu m g \cos \beta_A s_A$$

$E_{\text{Kin}}$  Kinetische Energie

$E_{\text{Pot}}$  Potentielle (Gravitations-)Energie

$E_{\text{Reibung}}$  Reibungsenergie

$m$  Masse des Blockes

$v_A$  Geschwindigkeit des Blockes an der Stelle A

$v_B$  Geschwindigkeit des Blockes an der Stelle B

$g$  Erdbeschleunigung  $\approx 9,81 \text{ m/s}^2$

$h_A$  Höhendifferenz zwischen A und B

$s_A$  schiefe Distanz zwischen A und B

$\beta_A$  Neigungswinkel des Hanges zwischen A und B

$\mu$  Rollreibungskoeffizient

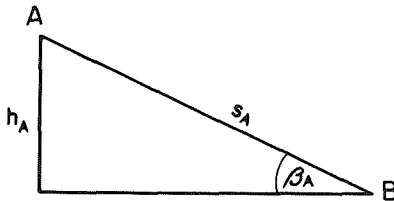


Fig. 18 Skizze zur Berechnung der Bewegung einer rollenden Kugel

Aus dem Prinzip der Energie-Erhaltung folgt:

$$\frac{7}{10} m v_B^2 + \mu m g \cos \beta \cdot s = \frac{7}{10} m v_A^2 + m g h$$

Daraus lässt sich folgende Gleichung ableiten:

$$\underline{v_B^2 = v_A^2 + \frac{7}{10} g (h_A - \mu s_A \cos \beta_A)}$$

Analog gilt dann für die weiteren Teilabschnitte gemäss Fig. 17  
zum Beispiel:

$$v_D^2 = v_C^2 + \frac{7}{10} g (h_C - \mu s_C \cos \beta_C)$$

Der Reibungskoeffizient von kohäsionslosem Material entspricht dem Tangens des Hangneigungswinkels, welchen aus demselben Material gebildete Schutthalden in der Natur aufweisen (vgl. dazu SCHEIDEGGER 1975 : 121). Nach PIOWAR (1903 : 22) beträgt dieser Hangwinkel bei unreinem Kalksandstein mindestens  $33^\circ$  und bei Tonschiefer mindestens  $27^\circ$ . Da am betrachteten Hang beides ansteht, rechnen wir mit  $27^\circ$ , was einen Reibungskoeffizienten von  $\mu = 0,51$  ergibt. In diesem Falle I (vgl. Tab. 4) steht der Block zwischen E und F, 4 m nach E still.

Im Falle II nehmen wir für die erste Teilstrecke einen etwas geringeren Reibungskoeffizienten an ( $\mu = 0,36 = \text{tg } 20^\circ$ ), für die restlichen Teilstrecken dagegen wieder den Wert  $\mu = 0,51$ . Unter dieser Annahme steht der Block auch zwischen E und F, allerdings erst 110 m nach E still.

Da die Wirkung des Blockes beim Aufprall auf ein Hindernis (z. B. eine Hausmauer) schwer abzuschätzen ist<sup>17</sup>, betrachten wir in unserem Falle die gesamte Strecke bis zum völligen Stillstand als gefährdet.

Ziehen wir Bilanz nach diesem Beispiel: Gemäss Fig. 14 (S. 114) wurde Weg 4 beschritten. Das heisst, dass wir trotz Anwendung rechnerischer Methoden nicht eine "hohe" Objektivität bezüglich Nachvollziehbarkeit erreichen, weil wir allzu viele Parameter schätzen oder gar annehmen müssen. Natürlich könnten wir mit entsprechendem Aufwand einige Parameter durch Messung bestimmen oder mit Modellversuchen abschätzen, aber auf diese Weise werden wir nie flächenhaft kartieren können. Eine sorgfältige Auswertung der "stummen Zeugen", falls solche vorhanden sind, dürfte bei der Beurteilung der Sturzgefahr rascher und ebenso gut zum Ziele führen!

### 3.3.6. Die Rutschgefahr

Unter dem Begriff Rutschgefahr fassen wir alle Gefahren zusammen, welche aus Massenselbstbewegungen resultieren, soweit sie nicht als Sturzgefahr (vgl. Kap. 2.3.6. und 3.3.5.) oder im Falle von Murgängen (vgl. Kap. 2.3.5.) als Wassergefahr (vgl. Kap. 3.3.7.) ausgeschieden werden. Rutschgefahr entsteht also aus den in den Kapiteln 2.3.1. bis 2.3.4. kurz beschriebenen Talzuschüben, Rutsch-, Sackungs-, Kriech- und Fließbewegungen.

Was die Anwendung der historischen Grundmethode zur Ermittlung der Rutschgefahr anbelangt, dürfen wir keineswegs damit rechnen, dass sämtliche Ereignisse aufgezeichnet werden, sondern müssen uns damit abfinden, dass nur grössere, die bewirtschafteten Zonen tangierende Rutsche registriert werden.

---

1) Kenntnis folgender Parameter wäre notwendig:

- Masse, Form und "Festigkeit" von Block und Hindernis
- Zeitlicher Verlauf der Impulsabnahme des Blockes während des Aufpralls



Jahr	Ort	Raum Koord.	Schäden
1572	Holzmatzen	644000/167000 ?	Schäden mit Wald; bis zur Lüttschine; Überschiebung Wagtsbach
8. 1588	Bergelegg (Grindel)	648500/167700 ?	Hütten "ein Handwurf vom Bach" zerstört. 1 †
Martini 1626	Klusmeid	646800/164600	Flurschäden; ein "Glatenschutz" an den Häusern im Klusi und Isch sowie am Klusistadel vorbei
7. 1649	Lisch	?	Bis in die Lüttschine
Joh. Tag 1677 (23. 6.)	Holzmatzen	Raum 644400/ 166500 ?	Nach schwerem Hagelwetter; Mühle zerstört, auf Bachs-bort 1 Scheuer zerstört; Schwendigut Flurschäden
12. 8. 1709	In der Brauen (Hinder Willbach)	647950/165450	Haus mit Speicher mit viel Erdreich
19. 12. 1740			Verschiedene Rutsche nach Gewitter
19. - 21. 8. 1764			Verschiedene Rutsche nach Schnee und Regen
27. 6. 1843	Spilmatten	644500/166700	"Stein- und Händbruch" → Rotmoos (644500/166300) → Vorsassen
1870	Kirche	646500/163900	Kirchturm wegen Senkung abgebrochen
1874			Rutsche
29. / 30. 12. 1885	Wasserwendi (Hramen)	639400/163000	Schäden durch Fallbach in der Tschingeley
16. 4. 1928	Bussalp Ueberläger	642750/166050	Verschiedene Rutsche nach Starkregen
16. 11. 1929	" "	" "	Wohnhaus mit Scheune beschädigt
30. 1. 1933	" "	" "	Scheune beschädigt
März 1956	Anggistalden, Schwand	643020/165090	Scheune beschädigt
Winter 1958/ 59	Alpweg	648100/165900 ?	SAC - Abortgebäude beschädigt
Winter 1961/ 62	Alpweg	648100/165900 ?	SAC - Abortgebäude beschädigt
8. 5. 1962	Im Ritt	643025/162950	Wohnhaus beschädigt
Jan. 1971	Bodmi	646525/164300	Wohnhaus beschädigt
20. 3. 1974	Kleine Scheidegg	640130/159450	Ferienhaus beschädigt

Tab. 5 Schriftlich überlieferte Rutsche im Gebiet von Grindelwald

ESCHER (1794 : Pap. 92) weist auf frische Rutsche mit Schadenwirkungen am Weg von der Grossen Scheidegg nach Grindelwald hin. In STRASSER (1890) sind einige Ereignisse erwähnt (meist als "Härdrich" = Erdbrüche bezeichnet), welche in Tab. 5 zusammengefasst sind. Die Angaben aus der Zeit seit 1928 stammen aus Schadenakten der Bernischen Brandversicherungsanstalt (zit. in ORGA 1976).

Diese relativ wenigen Angaben über Rutsche im Gebiet von Grindelwald weisen zwar ausnahmslos auf Rutschgebiete hin, welche durch eine genaue Geländeanalyse ohnehin erkannt werden können, dürfen aber als Bestätigung dieser Befunde und dank ihren ergänzenden Angaben über die angerichteten Zerstörungen in ihrem Wert nicht unterschätzt werden.

Die gemäss Fig. 14 (S. 114) anzustrebende Quantifizierung der Erhebungs- und Beurteilungsverfahren (Anwendung der 3. Grundmethode) für die Rutschgefahr ist bei einer Gefahrenkartierung praktisch nur in Ausnahmefällen durchführbar.

Zwar sind in der Fachliteratur der Bodenmechanik, der Ingenieurgeologie und der Bautechnik verschiedene Verfahren beschrieben, um die Stabilität von Böschungen zu berechnen. So etwa in BAKER, JODER (1958 : 189 - 223), BENTZ, MARTINI (1969 : 1699 - 1715), LAMBE, WHITMAN (1969 : 352 - 373, 464 - 483), ZÁRUBA, MENCL (1969 : 124 - 137) und DNA (1972 : 238 - 241). Diese Verfahren setzen die Kenntnis verschiedener Parameter<sup>1)</sup> voraus, deren Erhebung zum Teil sehr aufwendige Labor- oder Felduntersuchungen erfordern. Diese können aus wirtschaftlichen Gründen nur punktuell, beispielsweise im Zusammenhang mit Strassenbauten eingesetzt werden, kaum aber anlässlich einer flächenhaften Kartierung von Gefahrenzonen.

Die einzigen für uns verfügbaren gemessenen Werte über Rutsche im Raum Grindelwald sind die in Kap. 2.4.6. (S.100) erwähnten Verschiebungsvektoren von Oberflächenpunkten, welche durch das Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETH, Zürich (KOBOLD 1971) bestimmt worden sind (vgl. Geomorphologische Grundlagenkarte). Falls aber für einzelne Projekte (Neubauten usw.) in rutschgefährdeten Gebieten genauere quantitative Angaben erforderlich sind, wird man nicht darum herum kommen, in diesen speziellen Fällen trotz des hohen Aufwandes eine bodenmechanische Untersuchung durchzuführen (vgl. dazu auch die Bemerkungen in Kap. 3.6.3., S. 169).

Wenn wir das Verhältnis von Aufwand und Ertrag berücksichtigen, drängt sich auch für die Beurteilung der Rutschgefahr das Vorgehen nach der 2. Grundmethode ("stumme Zeugen" und geomorphologische Geländeanalyse) auf. "Stumme Zeugen" von Rutschen sind rezente und relikte Rutschungen selbst, wobei letztere an Hohlformen mit meist unten anschliessendem Akkumulationskörper erkennbar sind. Zur grossräumigen Erscheinungen sind vor allem Grossbruchränder, Rutschbuckel, gewisse Gefällsbrüche und Zugrisse wichtige Zeugen. Ein deutlicher Hinweis ist auch der Krümm- oder Säbelwuchs von Bäumen, sowie Zerstörungen an Bauten.

---

1) vor allem: Dichten der einzelnen Schichten im Untergrund, Scherfestigkeit des im Bereich der Gleitfläche anstehenden Materials in verschiedenen Zuständen (konsolidiert oder nach grosser Verschiebung) und Porenwasserdruck.

Bei der geomorphologischen Geländeanalyse sind neben diesen Aspekten weitere Punkte zu berücksichtigen. Solche sind zum Beispiel in der "checklist for sites liable to large scale-instability" von COOKE, DOORNKAMP (1974 : 152 - 153) aufgeführt.

MOSER (1973 : 161 - 167) schlägt ein Testsystem zur Klassifikation der Hangstabilität mit Hilfe eines Gefährlichkeitsindex vor. Die von ihm berücksichtigten Faktoren haben in der von uns verwendeten Checkliste (vgl. Tab. 6) zum grössten Teil Eingang gefunden. Dagegen haben wir aufgrund einer Untersuchung im Raum Grindelwald (HURNI 1974) davon abgesehen, die Punktebewertung zu übernehmen.

Konkret sind wir nun so vorgegangen, dass wir jede zu beurteilende Teilfläche (vgl. Kap. 3.4., S.157) mit Hilfe einer tabellarischen Checkliste (Tab. 6) überprüft haben. In dieser Checkliste wurde für jeden Parameter die Lage der zutreffenden Feststellung gesucht. Je weiter rechts diese Feststellungen allgemein lagen, als desto grösser wurde die Labilität des betreffenden Hanges angenommen.

Wesentliche Beurteilungskriterien waren dabei die an demselben Hang oder in der Nachbarschaft festgestellten Rutschungen und Kennzeichen von Talzuschüben, welche in der geomorphologischen Grundlagenkarte durch die vor allem in den Abschn. 2.4.8.1. - 2.4.8.3. (S.101:ff.) aufgeführten Elemente dargestellt sind. Dabei wurde den relikten Erscheinungen ebenso viel Beachtung geschenkt wie den rezenten. Aus praktischen Erwägungen im Hinblick auf die Einstufung der Gefahr haben wir primär zwischen tiefgründigen und flachgründigen ("oberflächlichen") und sekundär zwischen schnellen und langsamen Massenselbstbewegungen unterschieden. Ein tiefgründiger Rutsch reicht im Gegensatz zum flachgründigen tiefer als ca. 1 - 2 m in den Untergrund. "Langsam" bedeutet gemäss Tab. 1 (S. 53) "nicht unmittelbar wahrnehmbare" und "schnell" "direkt wahrnehmbare" Bewegung.







Die vor allem bei den tiefgründigen Massenselbstbewegungen massgeblichen Festgesteine wurden nach ihrer morphologischen Wertigkeit (d. h. ihrer Rutschanfälligkeit) beurteilt. Die Erfahrung aus den aktuellen und historischen Rutschen zeigt, dass der im Gebiet des parautochthonen Sedimentmantels (vgl. Kap. 1.2.2., S. 35 ff.) anstehende Oehrlikalk und die Mürrenbreccie nur wenig zu Rutschen neigen, diese Neigung aber bei den Aalénien-Tonschiefern und dem "schiefrigen Eisensandstein" sehr ausgeprägt ist, während die sandigen Kalke und der weit verbreitete Eisensandstein eine Zwischenstellung einnehmen.

Für die Entstehung von tiefgründigen Rutschen ist auch das Schichtfallen (und die Schieferungsrichtung) im Verhältnis zur Neigung und Orientierung des betreffenden Hanges massgebend. Dieses wurde gemäss Fig. 19 (S. 135) berücksichtigt.

Die für die Hangstabilität sehr entscheidenden bodenhydrologischen Verhältnisse hängen eng mit der Beschaffenheit (Mineralogie, Textur, Lagerung) des Lockermaterials zusammen. So weist SCHAUER (1975 : 17) darauf hin, dass "durchlässige schluffreiche Böden bei hohem Wasserandrang sehr leicht ihre Standfestigkeit" verlieren, da sich hier "der Porenwasserdruck sehr rasch aufbauen kann". Diese Tatsache wird auch im Hangstabilitätsindex von MOSER (1973 : 163) berücksichtigt, indem "schluffige Tone" bis "schluffige Sande" mit der maximalen Punktezahl der Hanglabilität verursachenden Eigenschaften versehen werden. Auch die übrige Klassierung des Lockermaterials von MOSER (l. c.) wurde in unserer Checkliste übernommen, da sie durch unsere Erfahrungen weitgehend bestätigt wird.

Tab. 6 Checkliste zur Ermittlung der Labilität eines Hanges

Diese Checkliste ist auf die Verhältnisse in Grindelwald zugeschnitten und lässt sich nicht ohne weiteres in anderen Gebieten anwenden.  
Sie ist ein Vorschlag im Sinne der Bemerkungen in Kap. 4.2.

Parameter	Tendenz zu Hanglabilität						
	A	A - B	B	B - C	C	C - D	D
1. Art der festgestellten Rutsche	keine		flachgründig langsam	tiefgründig langsam	sandige Kalke	flachgründig schnell	tiefgründig schnell
2. Festgestein : Beschaffenheit			Mürrenbreccie Oehnlkalk			sandige Schiefer Eisensandstein	Tonschiefer schiefriger Eisensandstein 
3. Festgestein : Lagerungsverhältnisse					Moräne 	Sand, Kies	siltiges Material 
4. Lockermaterial : Beschaffenheit		Gröbschutt		Schutt < 20 cm			Größenord- nung Meter
5. Lockermaterial : Mächtigkeit		wenige cm					20° - 40°
6. Neigung der Teilfläche	< 2°		2° - 10°	> 50°	10° - 20° 40° - 50°		permanenter Wasseraustritt
7. Hydrologie der Teilfläche	kein Wasseraustritt linearer Oberflächen- abfluss		ungegliedert	episodischer Wasseraustritt		vernässte Verfla- chungszone ober- halb des Hanges	stark gegliedert
8. Morphologie der Teilfläche							Wiese, Busch
9. Vegetation der Teilfläche		Mischwald					Weide

Die Mächtigkeit des Lockermaterials spielt vor allem hinsichtlich der potentiellen Grösse der einzelnen Rutsche und der bewegten Masse eine Rolle.

Die Tatsache, dass Hänge mit mittleren Neigungen tendenziell am anfälligsten für Rutsche sind, ist dadurch bedingt, dass bei geringer Hangneigung bereits ein kleiner "Winkel der inneren Reibung" (vgl. Begriffserläuterungen, S.195) genügt, um die Standsicherheit zu gewährleisten, während bei grosser Hangneigung auch oberflächennahe Schichten gestützt sind (vgl. Fig. 19).

Auf die wichtige Rolle der bodenhydrologischen Verhältnisse bei der Auslösung von Rutschen wurde bereits in Kap. 2.3.1(S. 56) hingewiesen. Hier wird vor allem auf Wasseraustritte geachtet, weil diese auf bestehende Stauhorizonte hinweisen, in deren Bereich häufig die Gleitfläche von Rutschen zu finden ist.

Die morphographischen Verhältnisse geben Hinweise auf zu erwartende Eigenschaften des Wasserhaushaltes. Ein im Längsprofil stark gegliederter Hang hemmt den Oberflächenabfluss des Wassers, was zu einer stärkeren Versickerung, aber auch zu häufigeren Wasseraustritten führen kann. Die Gliederung des Hanges kann auch direkter Hinweis auf Rutsche sein, falls dieser Stauchwülste usw. aufweist.

Je nach Vegetationsbedeckung ist ein Hang schlechter oder besser mechanisch stabilisiert (nur für flachgründige Rutsche von Bedeutung) und sind unterschiedliche bodenhydrologische Verhältnisse vorzufinden (vgl. die Hinweise in Kap. 2.3.1. , S. 56).

Diese Parameter entscheiden nicht je einzeln über die Stabilität eines Hanges, sondern müssen in ihrer Gesamtheit, in ihrem Zusammenwirken betrachtet werden. Die Gewichtung der einzelnen Parameter ist an sich schwierig und hängt ausserdem von der Kombination der festgestellten Fakten ab, wie dies zum Teil im Bewertungssystem des erwähnten Hangstabilitäts-Indexes von MOSER (1973) zum Ausdruck kommt.

Weil aber diese Bewertungsmethode von MOSER (1973) noch nicht in allen Verhältnissen getestet worden ist und um eine allzu starre Schematisierung zu vermeiden, haben wir darauf verzichtet, Punktzahlen zu errechnen und die ganze Beurteilung zu quantifizieren. Wir sind unter bewusster Inkaufnahme einer geringeren Reproduzierbarkeit der Beurteilung qualitativ vorgegangen.

Jede Teilfläche wurde mit der Checkliste (Tab. 6) und der Hilfstabelle (Tab. 7) folgendermassen beurteilt (Beispiele vgl. Fig. 20 und 21):

1. Einrahmen der für die einzelnen Parameter zutreffenden Fakten (z.B. "Weide" für den 9. Parameter, "Vegetation der Teilfläche" in Fig. 20).
2. Feststellen der Kolonne, in welcher der Schwerpunkt der für die verschiedenen Parameter zutreffenden Feststellungen liegt = Abschätzen der "Tendenz zu Hanglabilität" (beispielsweise Kolonne C in Fig.20).
3. Aufsuchen der auf die geschätzte "Tendenz zu Hanglabilität" zutreffenden Hauptkolonne in der Hilfstabelle (Hauptkolonne C in Fig. 20).

Tendenz zu Hanglabilität gemäss Checkliste (Tab. 6 )	A		B		C		D	
	flach lan sch	tief lan sch	flach lan sch	tief lan sch	flach lan sch	tief lan sch	flach lan sch	tief lan sch
zu erwartende Rutschbewegung: Tiefgründigkeit Geschwindigkeit								
Gefährdungsart								
I Durch Mittransport	- -	0 0	- -	1 1	- -	1 2	- -	1 3
II Durch Hindernisbildung	0 0	0 0	0 1	1 2	1 2	1 2	1 3	2 3
III Durch Untergrabung	0 0	0 0	0 1	1 1	1 1	1 2	1 1	3 3

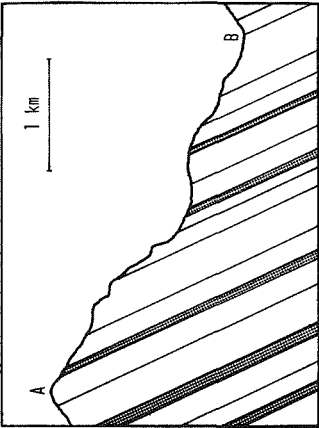
lan = langsam  
sch = schnell

- = nicht vorkommend  
0, 1, 2, 3 = rutschbedingte Gefahrenstufe

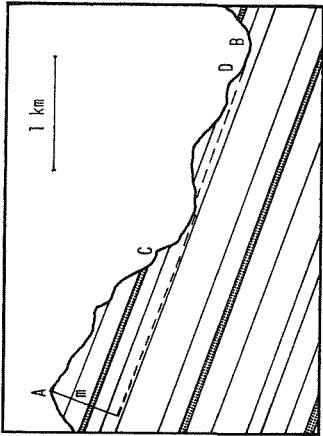
Tab. 7 Hilfstabelle zur Bestimmung der rutschbedingten Gefahrenstufe

4. Feststellen der in der betrachteten Fläche vorhandenen und möglichen Arten von Rutschungen (Parameter 1 in der Checkliste, in Fig. 20 = "flachgründig langsam").
5. Aufsuchen der zutreffenden Kolonne(n) innerhalb der bereits ermittelten Hauptkolonne in der Hilfstabelle (Kolonne "flach lan" in Fig. 20).
6. Feststellen der in der Teilfläche möglichen Gefährdungsarten (Zeilen-I, II und III in der Hilfstabelle) und Einrahmen der entsprechenden Ziffer(n) innerhalb der bereits ermittelten Kolonne(n) in der Hilfstabelle (Ziffer 1 in Fig. 20 bzw. Ziffern -,1,2,2,1,3 in Fig. 21).
7. Die grösste der eingerahmten Ziffern gibt die rutschbedingte Gefahrenstufe an (z.B. Ziffer 3 in Fig. 21).

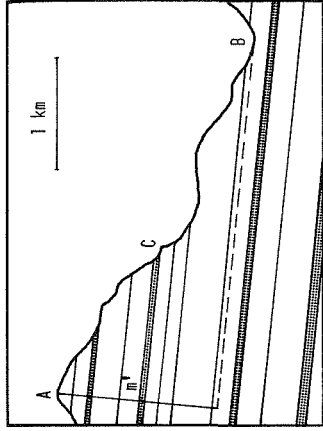
Diese Checklisten haben sich bei unserer Arbeit gut bewährt und die Beurteilung der Rutschgefahr etwas systematisiert. Dass keine starre Punktebewertung im Sinne von MOSER (1973) verwendet wurde, hat zwar den Nachteil, dass die Nachvollziehbarkeit der Beurteilung etwas geringer wird, hat aber den nicht zu unterschätzenden Vorteil, dass nicht nur nach diesem starren Schema bewertet wird, sondern, dass alle die verschiedenen zusätzlichen Daten, welche der Bearbeiter feststellt und einbezieht, bei der Bewertung mitberücksichtigt werden.



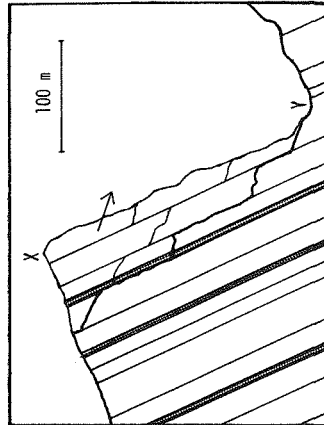
65° steile, hangauswärtsfallende Schichten. Gebiet AB bezüglich Rutschens längs den Schichtflächen stabil.



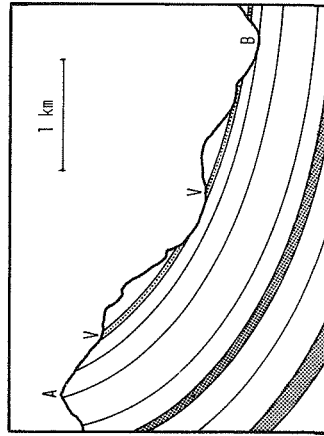
20° steile, hangauswärtsfallende Schichten. Stützender Hangfuss fehlt für das Gebiet AD mit der Mächtigkeit *m*. Erhöhte Labilität für AC wegen ausgeprägter Gleitfläche.



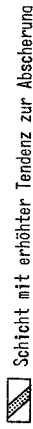
5° steile, hangauswärtsfallende Schichten. Stützender Hangfuss fehlt für den ganzen Hang AB mit einer Mächtigkeit *m*. Ebenfalls vergrößert sich die Mächtigkeit für AC.



Verflachung einer 65° steilen, "stabilen" Böschung XY durch Abbröckeln einzelner Gesteinspakete entlang von Bruchflächen. Hauptagens ist dabei die Wirkung des Spaltenfrosts.



Umbiegen der Schichten hangauswärts. Trotz steilem Einfallen in A sind die oberflächlichen Schichten zwischen A und B nicht "stabil" (verstärkt durch Vermässungen V).









▨ Schicht mit erhöhter Tendenz zur Abscherung

Fig. 19 Die Abhängigkeit der Hangstabilität vom Schichtfallen und der Hangneigung

(Vgl. BAUMGARTNER 1974: 31,38-41,59)

CHECKLISTE

Tendenz zu Hangabiltät	A	A - B	B	B - C	C	C - D	D
Parameter							
1. Art der festgestellten Rutschgefahren	keine		flachgründig langsam	tiefgründig langsam	flachgründig schnell	flachgründig schnell	tiefgründig schnell
2. Festgestein : Beschaffenheit		Mürrenbreccie Gehirnkalk	Sandige Kalke	sandige Schiefer Eisensandstein	Tonschiefer schiefriger Eisensandstein		
3. Festgestein : Lagerungsverhältnisse							
4. Lockermaterial : Beschaffenheit	Grobschutt	wenige cm	Moräne	Schutt < 20 cm	Sand, Kies	siltiges Material	
5. Lockermaterial : Mächtigkeit						Größenord- nung Meter	
6. Neigung der Teilfläche	< 2°	2° - 10°	> 50°	10° - 20° 40° - 50°	20° - 40°	permanenter Wasseraustritt	
7. Hydrographie der Teilfläche	kein Wasseraustritt linearer Oberflächen- abfluss	episodischer Wasseraustritt	schwach gegliedert	stark gegliedert	vernässte Verflä- chungszone ober- halb des Hanges	Wiese, Busch	Weide
8. Morphologie der Teilfläche	ungegliedert	Mischwald	Fichtenwald				
9. Vegetation der Teilfläche							



Der Schwerpunkt der für die verschiedenen Parameter zutreffenden Feststellungen liegt im Bereich der Kolonne 6  
 daraus folgt : Tendenz zu Hanglabilität = Stufe C



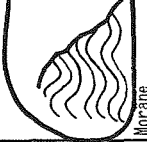


Zu erwartende Rutschart: α flachgründig langsam

HILFSTABELLE																		
Tendenz zu Hanglabilität gemäss Checkliste			A			B			C			D						
			flach	tief	lan	sch	flach	tief	lan	sch	flach	tief	lan	sch				
zu erwartende Rutschbewegung: Tiefgründigkeit Geschwindigkeit			flach	tief	lan	sch	flach	tief	lan	sch	flach	tief	lan	sch				
			lan	sch	lan	sch	lan	sch	lan	sch	lan	sch	lan	sch				
Gefährdungsart																		
I Durch Mittransport			-	-	0	0	-	-	1	1	-	-	1	2	-	-	1	3
II Durch Hindernisbildung			0	0	0	0	0	1	1	2	1	2	1	2	1	3	2	3
III Durch Untergrabung			0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	3
lan = langsam	sch = schnell		0, 1, 2, 3 = rutschbedingte Gefahrenstufe - = nicht vorkommend															

RUTSCHBEDINGTE  
 GEFAHRENSTUFE  
 der betrachteten  
 Teilfläche : 1

Fig. 20 Die Bestimmung der Rutschgefahr unter Anwendung von Tab. 6 und 7 am Beispiel des Hanges ca. 400 m SE von First zwischen den Höhen 2110 m und 2010 m mit Zentrum bei Koord.: 647 300/167 450 (Blatt 3)  
 Die Checkliste ist auf die Verhältnisse in Grindelwald zugeschnitten und lässt sich nicht ohne weiteres in andern Gebieten anwenden.

CHECKLISTE

Tendenz zu Hangablässigkeit							
Parameter	A	A - B	B	B - C	C	C - D	D
1. Art der festgestellten Rutsche	keine		flachgründig langsam	tiefergründig langsam	sandige Kalke	flachgründig schnell	tiefergründig schnell
2. Festgestein : Beschaffenheit		Mürrenbreccie Oehrlkalk				sandige Schiefer Eisensandstein	Tonschiefer schiefriger Eisensandstein
3. Festgestein : Lagerungsverhältnisse							
4. Lockermaterial : Beschaffenheit		Grobschutt		Schutt < 20 cm	Moräne	Sand, Kies	siltiges Material
5. Lockermaterial : Mächtigkeit	wenig cm					Größenord- nung Meter	
6. Neigung der Teilfläche	< 2°	2° - 10°	> 50°	10° - 20° 40° - 50°	20° - 40°	permanenter Wasseraustritt	permanenter Wasseraustritt
7. Hydrographie der Teilfläche	kein Wasseraustritt linearer Ober- flächenabfluss	ungegliedert	schwach gegliedert	Fichtenwald	stark gegliedert	Weide, Busch	Weide
8. Morphographie der Teilfläche							
9. Vegetation der Teilfläche							

Der Schwerpunkt der für die verschiedenen Parameter zutreffenden Feststellungen liegt im Bereich der Kolonnen C-D und D

daraus folgt: Tendenz zu Hanglabilität = Stufe D

Zu erwartende Rutscharten: ① flachgründig schnell und ② tiefergründig langsam

HILFSTABELLE		A		B		C		D					
Tendenz zu Hanglabilität gemäss Checkliste		flach		flach		flach		flach					
zu erwartende Rutschbewegung: Tiefergründigkeit Geschwindigkeit		tief langsch		tief langsch		tief langsch		tief langsch					
Gefährdungsart		langsch		langsch		langsch		langsch					
I Durch Mittransport		-	0	0	-	-	1	2	-	-	1	3	
II Durch Hindernisbildung		0	0	0	0	1	1	2	1	2	1	3	
III Durch Untergrabung		0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	3	3
lan = langsam	sch = schnell	0, 1, 2, 3 = rutschbedingte Gefahrenstufe								- = nicht vorkommend			

RUTSCHBEDINGTE  
GEFAHRENSTUFE  
der betrachteten  
Teilfläche : ③

Fig. 21 Die Bestimmung der Rutschgefahr unter Anwendung von Tab. 6 und 7 am Beispiel des Hanges ca. 500 m S der Station Oberhaus zwischen den Höhen 1220 m und 1180 m mit Zentrum bei Koordin.: 646 450/164 750 (Blatt 3)

Die Checkliste ist auf die Verhältnisse in Grindelwald zugeschnitten und lässt sich nicht ohne weiteres in anderen Gebieten anwenden.

### 3.3.7. Die Wassergefahr

Wie bereits in Kap. 3.2.1. (S.108) erwähnt, umfasst die Gefahrenart "Wasser" alle direkt im Zusammenhang mit Fliessgewässern stehenden Gefahren wie Erosion, Ueberschwemmung und Uebermürung. Die Gefahren treten in den Bachläufen selbst, aber auch in benachbarten Zonen auf.

Bevor wir eine Beurteilung der Wassergefahren in Grindelwald vorgenommen haben, konsultierten wir die Pläne mit den aufgrund des Bundesbeschlusses über dringliche Massnahmen auf dem Gebiete der Raumplanung vom 17. März 1972 provisorisch ausgeschiedenen Gefahrengebieten (KREISOBERINGENIEURBUERO I, 1974). Da dort der Grad der Gefahr jeweils nicht umschrieben ist und nur das eigentliche Siedlungsgebiet einbezogen wurde, haben wir uns, selbstverständlich unter Berücksichtigung dieser Grundlage, entschlossen, auch die Wassergefahren nach unsern Gesichtspunkten neu zu beurteilen.

Bei den Wassergefahren dürfen wir sowohl für die Vergangenheit als auch für die Gegenwart eher damit rechnen, dass ungewöhnliche Ereignisse registriert und bekannt werden, da ja die Bäche alle ins Tal münden und damit Siedlungs- und Wirtschaftsgebiete tangieren und weil die betreffenden Ereignisse oft auf weiten Strecken und grossen Flächen schadenbringend sind. Deshalb können in Tab. 8 recht zahlreiche Ereignisse erwähnt werden.

Sie zeigen, dass Grindelwald bisher offenbar von ganz grossen Wasserkatastrophen mit Todesopfern weitgehend verschont geblieben ist, dass es aber einige Gebiete<sup>1)</sup> gibt, welche zum Teil mehrmals überschüttet worden sind, und in welchen bei deren allfälliger weiteren Ueberbauung unter Umständen mit grösseren Zerstörungen und mit Gefährdungen von Mensch und Tier zu rechnen wäre. Der Wasserausbruch im Unteren Grindelwaldgletscher vom 2.7.1951 (KREISOBERINGENIEURBUERO I, 1951), bei welchem die Station Grund (Koord.: 644 800/163 650) 50 cm unter Wasser gesetzt wurde, zeigt, dass wir im Talboden der Lutschine diese im Ausmass unberechenbare Gefahr berücksichtigen müssen (vgl. auch nächste Seite).

In der geomorphologischen Grundlagenkarte sind die Fliessgewässer durch verschiedene kartographische Ausdrucksformen charakterisiert, vor allem bezüglich Sohlenzustände und Anbrüche (Rutschungen) im Uferbereich. Die fast ausnahmslos relikten Schwemmkegel sind möglichst genau abgegrenzt worden. Mit diesen geländeanalytischen Angaben können die potentiell gefährdeten Gebiete bereits erfasst werden.

Im weiteren wurde gemäss Tab. 9 und 10 die Charakteristik der Bäche nach AULITZKY (1973 b : 115 - 116) beurteilt. Die damit gewonnenen Indexzahlen und deren Bewertung gemäss Anleitung entsprechen im allgemeinen dem bei der Aufnahme der geomorphologischen Grundlagenkarte gewonnenen Bild. Eine Ausnahme bilden die Grindelwaldner Weisse

---

1) u. a. Mettenberg (646 500/163 400), Grund (644 800/163 500), Boden (644 300/163 600), Schwendibrücke (642 960/164 780).

Lütschine, d. h. der Abfluss des Unteren Grindelwaldgletschers bis zur Mündung in die Schwarze Lütschine und letztere unterhalb der genannten Mündung (= Schwarze Lütschine II), deren hohe Indexzahlen vor allem aus den Fragen 7 (Auswirkungen früherer Ereignisse) und 8 (Niederschlag) stammen. Frage 8 wurde hier je mit 4 Punkten beantwortet, weil Gletscherausbrüche wie derjenige vom 2.7.1951 (vgl. unten) zu Abflussmengen führen, die unter normalen Verhältnissen nur bei exzessiven Niederschlägen möglich wären, wie sie in Grindelwald bisher nicht registriert worden sind (vgl. Fig. 4, S. 39). Die hohe Indexzahl weist hier nicht auf Muren hin, sondern auf diese durch den Ausbruch von Wassertaschen im Gletscher bedingten, geschiebebringenden Hochwasser. Das folgende Zitat aus KREISOBERINGENIEURBUERO I (1951) mag dies illustrieren:

"Gletscherausbruch beim untern Grindelwaldgletscher am Montag, den 2. Juli 1951, um 04.30 Uhr

...

Laut erhaltener Auskunft wurden die Einwohner von Grindelwald am Montag, den 2. Juli um 04.30 h durch Lärm und Getöse - wie beim Niedergang einer riesigen Lawine - aus dem Schlaf geschreckt. Sofort wurde aber festgestellt, dass es sich um die Lütschine handle. Innert 10 Min. gab es Feueralarm mit Sirene und bald darauf waren zahlreiche Leute zur Wasserwehr bereit. Man konzentrierte sich auf die Strassenbrücke beim Bahnhof im "Grund"....

Nach Aussage von Augenzeugen gab diese schon dem ersten Anprall nach. Die eisernen Träger Normalprofil I 30 bogen sich rechtwinklig und wurden abgeschwemmt. Der Uferrand daselbst wurde - wie die Spuren zeigen - 1.30 m hoch überflutet, das Stationsareal war 50 cm tief unter Wasser.

Der Wasserschwall dauerte etwa 20 Minuten. ....

Während, wie bereits erwähnt, die Grundbrücke mit einem Durchflussquerschnitt von ca. 20 m<sup>2</sup> dem Wasseranprall zum Opfer fiel, hielt die Rollbahnbrücke mit einem Durchflussquerschnitt von ca. 27 m<sup>2</sup> stand, dank intensiver Abwehr des angeschwemmten Holzes durch die Feuerwehr.

Zwischen diesen Brücken fanden lokale Ueberflutungen nach rechts statt. Von der Rollbahnbrücke bis zum Zusammenfluss der schwarzen und der weissen Lütschine sind 3 - 4 Ausbrüche nach rechts erfolgt, doch ohne dass das Terrain aufgerissen wurde.

In der soeben beschriebenen, seit Jahren planmässig verbauten Strecke zwischen Grundbrücke und Zusammenfluss beider Lütschinen haben die zahlreichen Verbauungen sich vorzüglich bewährt. Beschädigungen sind keine festgestellt worden. Dagegen ist die Notwendigkeit der Massnahmen, die in dem zur Zeit in Ausarbeitung befindlichen Ergänzungsprojekt vorgesehen sind, neuerdings erkannt worden.

Die weisse Lütschine, dem untern Grindelwaldgletscher entspringend, war bisher harmlos, so dass Verbauungen bis dahin nicht nötig waren. Einzelne Bauten waren im Rahmen des erwähnten Ergänzungsprojektes vorgesehen. Nun ist die Situation vollständig verändert, indem direkt unter der steinernen Bogenbrücke vor der Lütschinenschlucht die Lütschine nach links ausgebrochen ist und weiter unten, oberhalb des Aspisteges nochmals. Sie hat neben dem alten Bett ein neues Gerinne geschaffen, hat Wald zerstört und Kulturland überflutet. Der sog. "Aspisteg" im Zuge der Gemeindestrasse Mettenberg - Wärgistal mit einem Durchflussquerschnitt von ca. 30 m<sup>2</sup> ist ebenfalls zerstört, samt den Widerlagern.

Dem Umstand, dass der Gletscherausbruch am frühen Morgen und nicht tags-

Jahr	Bach	Schäden
5. 1627	Würgistalbach	Im Boden (644300/163600) "Mehr als für 400 Pfund"
12. 8. 1709	Alle ? Horbach	Hagelwetter → Hochwasser, im Tal alle Brücken weggetragen. Brawen (647950/165450) → Haus mit Speicher mit viel Erdreich
19. 12. 1740	Alle ?	Gewitter → Hochwasser
6. 8. 1755	Alle ?	Dauerregen → Hochwasser
6. 1763	Alle Lütschine	Hochwasser → alle Brücken weggetragen → 5 grosse und 3 kleine Vorrassen, 2 Häuser zerstört, grosse Schäden in Mettenberg (646500/163400) und im Grund (644800/163500) sowie im äusseren Grund "ausser der Mülli" (644700/163800) "hat sich das Land zwäggesetzt bis fast an die Strass", 1 Scheuer abgerissen.
19. - 21. 8. 1764	Diverse ?	Schnee und Regen : Hochwasser
19. / 20. 9. 1776	Weisse Lütschine	Warmer Regen → Gletscherausbruch → Steine und Sand zwischen den Lütschinen mit grossem Schaden, Eisstücke bis Zweilütschinen
8. 1779	Bäche von Grindel bis Wetterhorn	Starker Wolkenbruch zwischen Grindel und Wetterhorn (Zentrum Raum Koord. (649000/167000 ?) → Hochwasser → alle Brücken weggetragen bis zur Kilchbrugg (644900/163550), Steine und Sand auf dem Land
2. 8. 1783	Bergelbach Schwarze Lütschine	Gewitter → Hochwasser → alle Brücken weggetragen, Schopf in der Schopfwald (648500/165500) weggespült Brücke Judenwang (647630/163920) und 2 Brücken in Mettenberg weggetragen
18. 7. 1794	Bergelbach	Graupeln (schulhoch) an Grindel → Brücke Judenwang (647630/163920) weggetragen
2. 8. 1794	Bach an der oberen Sulz	Gewitter am Mettenberg → Gut von Peter und Melchior Wyssen (647150/163650 ?) mit Steinen besetzt. (Murgang ?)
11.- 13. 10. 1810	Diverse, v. a. Schwarze Lütschine	Dauerregen → Hochwasser → Schäden v. a. bei Mettenberg (646500/163400) und im Grund (644800/163500)
13. 6. 1869	Bäche von Grindel bis Grosse Scheidegg	Hagel über Grindel - Grosse Scheidegg (Zentrum Raum Koord. 649000/167000 ?) → Hochwasser → Zerstörung der Brücken bis zur Kilchbrücke (644900/163550), Mettenberg (646500/163400) bis Grund (644800/163500) Aecker zerstört
30. 6. 1872	Bussalpbach Tiefengraben Abbach	Wolkenbruch → Hochwasser → Brücken inkl. Schwendibrücke (642960/164780) fortgetragen, Land unter der Brücke überschwemmt, Tannen und Steine auf die Strasse und in die Lütschine
4. / 5. 8. 1874	Alle ?	Hochwasser → Schwendibrücke (642960/164780), Stägbrücke (643250/164430) und viele andere fortgetragen → Schäden in der Tschingelley
23. 8. 1875	Fallbach Alle ?	Starkniederschlag am 22. 8. → Hochwasser → Weisse Lütschine (welche ?) ausgebrochen
29. / 30. 11. 1885	Alle ?, Lütschine	Starkregen → Hochwasser → Schäden v. a. bei Mettenberg (646500/163400)
3. 8. 1906	Abbach	Gewitter, Hagel v. a. im Gebiet des Rötthorns (644000/168000) → Ufererosion im obersten Einzugsgebiet, Murgänge bis 15m über die Bachsohle, Talstrasse und Eisenbahn überschüttet und einige Tage unterbrochen, Bachsohle vielerorts um Meter vertieft. Ufer unterfressen (KREISOBERINGENIEURBUERO 1, 1906)
6. 1917	Würgistalbach	Ausbruch bei 1340müü. → Zerstörung der Brücke über die Itramenstrasse = "Luchssteig" (644110/162920) (KREISOBERINGENIEURBUERO 1, 1922)
Herbst 1920	Würgistalbach	Hagel : Ausbruch am Kehlhals bis zur Lütschine auf rund 600 m "wage Verwüstungen", Anbrüche, 1 Wohnhaus gefährdet, Wiesen und Matten links und rechts mit Schutt überführt (KREISOBERINGENIEURBUERO 1, 1922)
27. 7. 1927	Schwarze Lütschine	Gletscherausbruch Oberer Gletscher (EASF 1974 : 12)
1. 8. 1937	Schwarze Lütschine	Hochwasserschäden (KREISOBERINGENIEURBUERO 1, 1938)
2. 7. 1951	Weisse/Schwarze Lütschine	Gletscherausbruch Unterer Gletscher → Aspibrücke (646130/162930) und Grundbrücke (644830/163550) weggeschwemmt, Bahnhof Grund 50 cm unter Wasser (KREISOBERINGENIEURBUERO 1, 1951)
23. 7. 1963	Mehlbaumbach	Wasserschaden : Sägereigebäude (643070/162950) (MERK 1976)

Die Angaben bis zum Jahr 1885 stammen aus STRASSER (1890)

Nr.	Bach	Mündung von	in Nr. 1	Koordinaten	Fragen Nr.				Summe : beantwort. Fragen =	Index	Auswertung	
					7 Chronik	8 Niederschlag	9 Geschiebe	10 Holz				11 Gestein
1	Briegbach	rechts	6	648410/164440	0	3	3	3	2,67	11,67	5	2,3 Geschlebeführend
2	Bergelbach	rechts	6	647870/164010	4	3	4	3	3	17	5	3,4 Mufffähig
3	Horbach	rechts	6	647480/163940	0	3	3	3	3	12	5	2,4 Geschlebeführend
4	Hälltergräbli	rechts	6	647120/164060	0	2	2	3	3	10	5	2,0 Geschlebeführend
5	Mühlbach	rechts	6	646880/163925	0	3	4	4	2	13	5	2,6 Geschlebeführend
6	Schwarze Lüttschne 1	-	8		4	3	4	4	3	18	5	3,6 Mufffähig
7	Weisse Lüttschne	links	8	645850/163230	4*)	4*)	3	2	-	13	4	3,2 Geschlebe/Hochwasser
8	Schwarze Lüttschne 2				4*)	4*)	3	3	3	17	5	3,4 Geschlebe/Hochwasser
9	Aellauenbächli	links	8	645325/163250	0	3	3	4	2,5	12,5	5	2,5 Geschlebeführend
10	Sandbach	links	8	644950/163450	0	3	3	4	2,5	12,5	5	2,5 Geschlebeführend
11	Würgstetabach	links	8	644325/163875	2	3	4	4	3,5	16,5	5	3,3 Mufffähig
12	Schuelgräbli	links	8	644210/163875	0	2	2	2	3	9	5	1,8 Hochwasserführend
13	Mehlbaumbach	links	8	643640/164150	1	3	4	4	3	15	5	3,0 Mufffähig
14	Fluibach	links	8	643360/164290	0	3	2	3	3	11	5	2,2 Geschlebeführend
15	Abbach	rechts	8	642920/164710	4	3	3	4	2	16	5	3,2 Mufffähig

\*) Gletscherausbruch

Tab. 9 Erhebung der Charakteristik der Grindelwaldner Wildbäche nach AULLITZKY (1973 b: 115-116)  
( = Beantwortung der Fragen 7 - 11 in Tab. 10)

Tab. 10 **Vorläufige Wildbach-Gefährlichkeits-Klassifikation für Schwemmkegel**

(Wildbach-Index zur Erstellung von Wildbach-Zonenplänen innerhalb von Flächenwidmungsplänen)

Von H. Aulitzky (1973 b: 114-116)

**Gebrauchsanweisung:**

Der *erste Abschnitt* der Klassifikation (Fragen 1-6) dient der Feststellung des örtlichen Gefahrenaussesmaßes an verschie- den gelegenen Schwemmkegelflächen an Hand von sogenann- ten „stummen Zeugen“, die sich normalerweise am „na- turbelassenen“ Schwemmkegel mehr oder weniger deutlich erkennen lassen.

Der *zweite Abschnitt* charakterisiert die Art der zu er- wartenden Wildbachtätigkeit, wobei murstoßfähige, geschie- beführende und hochwasserführende Wildbäche in grober Weise unterschieden werden sollen (Fragen 7-11). Durch Art und Reihung aller Testfragen soll vor allem dann ein einigermaßen zutreffendes und überprüfbares Bild der abge- stufen Gefährdung für den Gutachter entstehen, wenn dieser im Zuge der Amtshandlung die notwendige Zeit für umfang- reichere Untersuchungen nicht zur Verfügung hat.

Jede der gestellten Testfragen ergibt, wenn sie nach Un- erteilung a) mit 4 Punkten hatte bewertet werden müssen, einen Ausdruck für einen so gefährlichen Zustand, daß hier mit schweren Zerstörungen und Todesfällen gerechnet werden muß. Würde hingegen die Frage nach den Unterteilungen b), c) oder d) entsprechend mit nur 3, 2 oder nur 1 Punkt (für d) bewertet, so kommt mit abnehmender Punktezahl die Ab- nahme der Gefahr, die Verringerung der Sachschäden usw. zum Ausdruck. Die sich aus der Testfragenbeantwortung er- gebende Punktesumme der Fragen 1-6, dividiert durch die Anzahl der beantwortbaren Fragen, ergibt den örtlichen Gefährlichkeitsindex für die jeweilige Schwemmkegelfläche.

Liegt dieser Index (1-6) über einem Quotienten von 2,6, so ist die zu beurteilende Fläche wegen der hier möglichen Zerstörungen und Todesfolgen, als „Rote Zone“, also als *Bauverbotszone* auszuscheiden. Würde der Quotient jedoch zwischen 2,6 und 1,6 liegen, so wäre diese Fläche als „Gelbe Zone“ bzw. als *Baubeschränkungsgebiet* auszuscheiden, wo nur unter bestimmten Auflagen und Bedingungen, durch die die zu erwartenden Sachschäden entsprechend verringert wür- den, gebaut werden darf. Als solche Auflagen und Bedingungen kommen u. a. erhöhte Hauseingänge über Stiegen, bzw. solche auf der bachabgewandten Hausseite, der Verzicht auf tief gelegene Fenster und Kelleröffnungen, das Abdichten sol- cher Öffnungen mittels Glasbausteinen, ein Drehen oder Her- ausbauen der Fundamente, Grobsteinwürfe entlang der Fun- damente, die Verstärkung der Hausmauern, das Offenhalten von Fluchtwegen u. a. m. in Frage. Bei einem Index unter 1,6 kann wegen der geringen Wildbachbeeinflussungsgefahr ohne besondere Auflagen gebaut werden („Grüne Zone“). Nicht beurteilte Gebiete werden als „Weiße Zone“ gekennzeichnet. Die Zugangsmöglichkeiten zu den Bau- und Wohngebieten sind gesondert in sinngeößer Weise zu beurteilen.

Die Testsomme der Fragen 7-11, ebenso dividiert durch die Anzahl der beantwortbaren Fragen, läßt einen *murfähigen Wildbach* erwarten, wenn der Index über 2,7 liegt, zwischen 2,7 und 1,9 ist ein *geschiebeführender Wildbach* und unter dem Index von 1,9 ein *hochwasserführender Wildbach* zu er- warten. Die zu erwartenden größten Amplituden der Indizes dürften für die 3 genannten Bereiche mit 2,4 bis 4,0 für die mur- stoßfähigen, mit 1,6 bis 3,0 für die geschiebeführenden und mit 1,0 bis 2,2 für die hochwasserführenden anzusetzen sein. Sicher kann damit nur ein Anhalt gegeben werden und man wird immer mit fließenden Grenzen rechnen müssen.

Im Falle einer völligen Verbauung eines Wildbaches wür- den natürlich früher bestimmte Indizes zu annullieren sein.

**WILDBACH-INDEX:**

(zur Ausscheidung der wildbachgefährdeten Zonen am Schwemmkegel)

**Frage 1:**

Vorgefundene Größt-Korn-Kubatur des re- zent erodierten Geschiebes?

- a) 1 m<sup>3</sup> und darüber
- b) 0,2 bis knapp 1 m<sup>3</sup>
- c) 0,01 bis knapp 0,2 m<sup>3</sup>
- d) unter 0,01 m<sup>3</sup>

Anmerkung: Das Größt-Korn ist Ausdruck des Schleppvermögens des Murstoßes bzw. der Geschiebeführung durch das Wasser und somit auch Ausdruck der Geschwindigkeit und Wucht des Vorganges. Mißdeutungen wären im Falle allmählicher Nachsackung und langsamer Abdrift einzelner Geschiebe- blöcke oder im Falle diluvialer Reste denkbar.

**Frage 2:**

Größte Einzel-Schichtdicke erkennbarer Ablagerungen, getrennt durch Humushorizonte oder Strukturunterschiede?

- a) 1 m und darüber
- b) 0,5 bis knapp 1 m
- c) 0,1 bis knapp 0,5 m
- d) kleiner als 0,1 m

**Frage 3:**

Neigung im beurteilten Schwemmkegelbereich?

- a) über 15%
- b) von 7-15%
- c) von 2-7%
- d) unter 2%

Anmerkung: Auch die Neigung beeinflusst die Geschwindigkeit des Katastrophenablaues und den Ablagerungsvorgang, weswegen die Ablagerungsbereitschaft mit zunehmender Streihheit des Schwemmkegels abnimmt.

**Frage 4:**

Ist die gegenwärtig vorherrschende Vegetationsbedeckung

- a) vorwiegend eine aus Robbodenbesiedlern des Schwemmland, also Erlen (Alnus)- Weiden (Salix)- Tamarisken (Myricaria)- Formationen auf grobsteinigem Unter- grund bestehende bis zu Flächen mit ein- setzender Sukzession (Lärchen- Kiefern- Fichten-anflug)?
- b) eine bereits fortgeschrittene Sukzession bis zu vorwiegend gleichaltrigen Lärchen- Birken- Kiefern- Fichtenwald auf grob- steinigen Untergrund (Rein- oder Misch- bestände)?
- c) durch das Überwiegen der Wiesen und Weiden gegenüber den Feldern, mitunter gegliedert durch Steinhage oder Steinterrassen aus Klaubsteinen, gekennzeichnet, Erde mit kleinen Steinen im Boden ge- mischt?
- d) durch das Überwiegen der Felder ohne Steinhage oder Klaubsteinterrassen, mit nur mehr wenig kleinen Steinen im Erd- reich gekennzeichnet?

Anmerkung: Der Vegetationseindruck wird umso zutreffender sein, je weniger die Natür- lichkeit durch Maschinenarbeit, Maßnahmen der Grundzusammenlegung usw. verändert worden ist. Auch Alter und Wachstumsge- schwindigkeit der einzelnen Formen der Vegetationsbedeckung, sowie ihre Wider- standsfähigkeit gegenüber Einschotterung sind zu berücksichtigen (Schiechtl 1958)

**Frage 5:**

Finden sich als erosionsbedingte Geländeun- ebenheiten auf der beurteilten Schwem- mkegelfläche

- a) Materialkämme, Schwemmfirste und Schwemmrückten mit Schurf-Erosions- rinnen aus Grobsteinen, die sich als Be- streichungsgebiete und Bestreichungs- möglichkeiten der konzentrierten, unver- teilten Mure mit hoher Geschwindigkeit deuten lassen?



Querschnitt

- b) wenige kontourierte Ablagerungsformen, die von der sich bereits ausbreitenden Mure bestrichen wurden oder im Zuge der vorangegangenen Ausbreitung später ein- schwemmt wurden?
- c) deutlich überhöhte Flächen gegenüber dem heute eingerüsteten Wildbach, die nur mehr im Wege einer vorangegangenen Verkläusung des Bachbettes bestrichen werden könnten?
- d) stark überhöhte Flächen gegenüber dem tief eingerüsteten Bachbett, die vom Wildbach nicht mehr erreicht, zu denen aber noch die Verbindungen abgeschnit- ten werden könnten?



Querschnitt

**Frage 6:**

Sind die Abflußverhältnisse am Schwemmkegel

- a) gekennzeichnet durch das Vorhandensein stark abflußbehindernder Bauwerke sei- wärts oder oberhalb der Beurteilungsflä- che (Brücken und Durchlässe mit zu klei- nem Querschnitt, Engstellen, Bachüber- bauungen, Schütze, Wehre usw.) oder sonstige abflußbehindernde Gegebenhei- ten oberhalb, seitwärts oder unterhalb der Beurteilungsfläche (Flachstrecken unter 3%, enge Kurven, mangelhaftes Abfuhr- vermögen des Vorfluters), die schon bei stärkerer Geschiebeführung zu Bachaus- tritten führen müssen?
- b) durch das Vorhandensein ähnlicher Ge- gebenheiten gekennzeichnet, wobei jedoch erst Wildholz und Grobgeschiebe zu Bachaustritten führen würden?
- c) durch das Fehlen abflußbehindernder und abflußfördernder Bauweisen bei jedoch nur mäßig eingetieftem nicht zu flachem Bachbett und einigermaßen gesichertem Abfuhrvermögen des Vorfluters gekenn- zeichnet?
- d) durch das Vorhandensein abflußförder- nder Bauweisen entlang des Unterlaufes gekennzeichnet, die dem zu erwartenden Höchststochwasser etwa entsprechen?

Anmerkung: Im Falle der Abflußbehinderung durch Objekte und Gegebenheiten wird der örtliche Bereich der Folgewirkungen geson- dert zu erheben sein.

**WILDBACH-CHARAKTERISTIK:**

**Frage 7:**

Haben Mur- und Hochwasserkatastrophen (erhoben aus Gemeinde-Kirchenchronik bzw. aus dem Wildbachkataster)

- a) sogar zu schweren Zerstörungen und Per- sonenschäden im alten (bach-peripheren) Ortskern (zur Zeit der Anlage des Kata- sters um 1856) geführt oder nachweisbare ausgedehnte Verhee- rungen solcher Peripherie-Flächen am damals unbesiedelten Schwemmkegel be- wirkt?
- b) lediglich Sachschäden ohne Zerstörung von Objekten im alten Ortskern bewirkt?
- c) Zerstörungen in neuerbauten bachnahen Ortsteilen bewirkt?
- d) lediglich Sachschäden in neuerbauten bachnahen Ortsteilen bewirkt?

Anmerkung: Alte Ortsteile sind unter Benüt- zung des Instinktes und unter Berücksichti- gung der verfügbaren Überlieferung norma- lerweise in sehr sicheren Lagen angelegt wor- den und nur selten kommt es zur Zerstörung solch alter Objekte, es sei denn es wären ehemalige Sägen oder Mühlenobjekte, die sz. mit dem dazugehörigen Berufsrisiko die Bachnähe suchen mußten.

**Frage 8:**

Liegt der zu erwartende Ein-Tages-Höchst- niederschlag (unter Berücksichtigung der mittleren Höhenlage des Einzugsgebietes und einer langjährigen Reihe)

- a) über 200 mm (z. B. am Nord-Südost- und Südrand der Alpen) bzw. über 2 mm/Min- ute für die Dauer wenigstens 1 Stunde?
- b) zwischen 150 mm und 200 mm, bzw. zwi- schen 1,5-2,0 mm/Minute für die Dauer einer Stunde?
- c) zwischen 100 mm und 150 mm, bzw. 1,0-1,5 mm/Minute für die Dauer einer Stunde?
- d) unter 100 mm, bzw. unter 1,0 mm/Minute für die Dauer einer Stunde?

Anmerkung: Da das Wasserhaltevermögen der Vegetationsbedeckung wie der oberen Bodenschichten bei 200 mm Niederschlag pro Tag in den meisten Fällen ausgeschöpft sein dürfte, wurden größere Eintagsniederschläge (wie sie in Österreich bis zu 670 mm vor- kommen) unberücksichtigt gelassen.

**Frage 9:**

Lage und potentielle Einspreimung der Geschiebeherde im Talinnern:

- a) Reichen die großen Geschiebequellen bis an den Schwemmkegel heran, bzw. kön- nen große Geschiebeemengen nicht nur im Talinnern sondern auch noch talnah entlang oder knapp oberhalb einer, im Längenschnitt steilen (über 20%), im nichtfelsigen Querschnitt dreieckigen, verkläusungsfähigen, engen Bachstrecke in der Wildbach eingestoßen werden oder würde die höchste, aus dem Perimeter bei einem Ereignis möglicherweise zu erwar- tende Geschiebeemenge 100000 m<sup>3</sup> oder mehr betragen können?

- b) Befinden sich die talnächsten großen Ge- schiebeherde erst oberhalb eines zwar steilen, aber nicht zu engen und nicht verkläusungsfähigen Mittellaufes oder würde die höchste, aus dem Einzugsge- biet bei einem Ereignis zu erwartende Geschiebeemenge 10000 bis 100000 m<sup>3</sup> betragen können?

- c) Befinden sich die talnächsten Geschiebe- quellen erst oberhalb einer flachen, jenen- falls als Deponie oder Zwischendeponie wirkenden Mittellaufstrecke ohne talwärts anschließende, verkläusungsfähige Bachabschnitte oder würde die höchste, aus dem Einzugsgebiet bei einem Ereignis zu erwartende Ge- schiebeemenge zwischen 1000 u. 10000 m<sup>3</sup> betragen können?
- d) Sind die talnächsten Geschiebequellen durch mehr als eine wirksame Flachstrecke vom Schwemmkegel entfernt oder würde die höchste, aus dem Einzugsge- biet bei einem Ereignis zu erwartende Geschiebeemenge weniger als 1000 m<sup>3</sup> betragen können?

**Frage 10:**

Holzanteil des Murmaterials (Hochwassers)

- a) Können im Katastrophenfall Teile von Alholzbeständen im potentiellen Bereich von Uferanrissen oder im Zuge von Glit- tungen (GLEITSCHICHTEN, Hangwasserex- pllosionen, hangparallele Felsunterlagen unter flachgründigen Böden) in den Mur- strom (Hochwasser) geraten?
- b) Können im Katastrophenfall nur einige Alholz-Einzelbäume im potentiellen Be- reich von Uferanrissen oder im Zuge von Glit- tungen in den Murstrom (Hochwasser) geraten?
- c) Können im Katastrophenfall nur Wurzel- stöcke oder kurz abgelängtes Rundholz in den Murstrom (Hochwasser) geraten?
- d) Können im Katastrophenfall nur dünne Sortimente unter 12 cm BHD (Brusthö- hendurchmesser) in den Murstrom (Hoch- wasser) geraten?

**Frage 11:**

Wasseraufnahmefähigkeit und Eroderbar- keit der Festgesteine und Böden im Einzugs- gebiet (Je nach dem Flächenanteil der hydro- geologisch wirksamen Flächen wären bei den Einzelfragen nur entsprechende Anteile der sonst vollen Punktezahl zu geben)

- a) Kompakter nicht gegliederter Fels bzw. horizontal gelagerter Schiefer und Mergel ohne Überdeckung oder Ton-Lehm, Ton-Lehm-Sand-Grobstein- gemische mit einem Überwiegen des Feinstmaterials, Moräne
- b) stark angewittertes oder wenig überlagertes Kompakt-Gestein, geneigte bis steile Schiefer und Mergel oder Altschutt mit tonigen und lehmigen Sanden
- c) klüftiger Fels oder Sande, Kiessande mit mehr oder weniger Steinen, jedoch ohne Ton und Lehm, mittelmäßig wasserdrüllässig
- d) stark klüftiger und gegliederter Fels, Fels mit Versickerungslöchern, Karst oder Kiessande und Gerölle ohne Feinanteile inclusive Schutthalden (Jungschutt), stark bis sehr stark wasserdrüllässig



über erfolgt ist, ist es zu verdanken, dass keine Menschenleben zu beklagen sind, sondern nur Kulturschaden entstanden ist. Unterhalb der Grundbrücke hat der Wasserwall schon keinen Schaden mehr angerichtet....

Inspektion des Gletschertores, wie auch der Gletscheroberfläche bis hinauf zur Stieregg (oberhalb Bäregg) hat ergeben, dass weder ein sogen. Gletschersee besteht oder bestanden hat, noch irgendwelche andere Anzeichen vorhanden sind.

Es muss sich also um eine vorübergehende Verstopfung des unterirdischen Gletscherbaches mit nachherigem explosionsartigem Ausbruch gehandelt haben.

Bei der steinernen Bogenbrücke am Ausgang der Schlucht erreichte das Wasser den Gewölbekämpfer, was einem Wasserquerschnitt von ca. 60 m<sup>2</sup> entspricht. Dies ergibt bei einer Wassergeschwindigkeit von 4m/sek., was keinesfalls übertrieben sein dürfte, ein Wasserquantum von 240 m<sup>3</sup>/sek. Dieses Quantum floss nach Aussagen der Anwohner während 20 Minuten = 1200 Sekunden, einen Totalabfluss von ca. 288'000 m<sup>3</sup> ergebend. (Zum Vergleich: Ausbruch des Grubengletschersees im September 1942 = ca. 600'000 m<sup>3</sup> in 800 Sekunden)."

Die als murfähig bezeichneten Bäche sind alle verbaut. Die Katastrophe von Inzing im Tirol vom 26.7.1969 (AULITZKY 1970 und HOPF, WANNER 1975) mag aber Warnung genug sein, dass dies noch kein Grund ist, die Bäche heute als harmlos zu bezeichnen. Damals wurden nach einem 20 minütigen Hagelschlag im oberen Einzugsgebiet durch einen Murstoss, welcher bis zu 108 km/h erreichte, 42 von 44 Sperren teilweise zerstört und umgangen.

Für die Erstellung einer Gefahrenkarte ist es wichtig, die Charakteristik der einzelnen Fliessgewässer in einem 1. Schritt kennenzulernen. Sie erlaubt es bereits, die Gefahrensituation im Bachgraben selbst zu beurteilen. Zur Ermittlung der anderen potentiellen Ueberschwemmungs- und Uebermurgungsgebiete müssen nun aber in einem 2. Schritt die potentiellen Ausbruchsstellen aus dem Bachbett bzw. Bachgraben festgestellt werden. Dazu müssen wir Hindernisse (Brücken, andere Bauten, enge Stellen, enge Kurven) entlang dem Bachlauf, die kritischen Durchflussquerschnitte und die an den betreffenden Stellen zu erwartenden Höchst-Hochwasserabflüsse kennen.

Für die durch die Geländeanalyse ermittelten und in Fig. 22 bezeichneten kritischen Stellen haben wir nach der in der Schweiz gebräuchlichen Müller-Formel (von MUELLER 1943, zit. in EASF 1974 : Beilage 32) die Höchst-Hochwassermengen bestimmt. Gemäss brieflicher Mitteilung von Herrn Dr. C. LICHTENHAHN (Eidg. Amt für Strassen- und Flussbau), die ich hier bestens verdanke, dürfte die Formel "angenähert einen Wert ergeben, der etwa dem loojährigen Wert ( $Q_{100}$ )" entspricht.

Diese Müller-Formel lautet:

$$q_{\max} = \psi_0 \cdot \frac{43}{\sqrt[3]{E}}$$

bzw.

$$Q_{\max} = \psi_0 \cdot 43 \cdot \sqrt[3]{E^2} = \psi_0 \cdot 43 \cdot E^{2/3}$$

$Q_{\max}$  = Spezifischer Höchst-Hochwasserabfluss [ $m^3/s \text{ km}^2$ ]

$Q_{\max}$  = Absoluter Höchst-Hochwasserabfluss [ $m^3/s$ ]

$\psi_0$  = Faktor, abhängig von den Boden- und Neigungsverhältnissen im Einzugsgebiet (vgl. Tab. 11)

E = Fläche des Einzugsgebietes [ $km^2$ ]

Höhenlage	Charakter	$\psi_0$ Hangneigung		
		flach	mittel	steil
oberhalb der Waldgrenze	undurchlässige Weideböden, Fels	0,4	0,6	0,8
Waldgrenzgebiet	Weiden mit Sträuchern und einzelnen Bäumen	0,3	0,5	0,7
	lichter Wald ohne Schluss	0,2	0,4	0,6
tiefere Lagen	jüngerer Wald, Wies- und Ackerland	0,1	0,3	0,5
	nur Wald, mittlerer	0,1	0,2	0,4
	alter Wald	0,05	0,15	0,3

Tab. 11 Die Bestimmung des Koeffizienten  $\psi_0$  für die Müller-Formel (nach EASF 1974 : Beilage 32)

In Tab. 13 sind die gemäss Tab. 11 ermittelten  $\psi_0$ -Werte, sowie die Grösse der Einzugsgebiete und die aus diesen Werten mit der Müller-Formel errechneten  $Q_{\max}$  in den Kolonnen 8-10 eingetragen.

In derselben Tabelle sind gleichzeitig die für die Berechnung der hydraulischen Abflusskapazität benötigten Faktoren (Kolonnen 2-6) und das Ergebnis dieser Berechnungen (Kolonne 7) aufgeführt. Die Berechnung der hydraulischen Abflusskapazität erfolgt nach STRICKLER (1923 : 45) mit der Formel:

$$Q_{\text{vorh}} = F \cdot v = F \cdot k \cdot R^{2/3} \cdot J^{1/2}$$

Die Formel  $v = k \cdot R^{2/3} \cdot J^{1/2}$  kann als "allgemein gültige Gleichung für die mittlere Strömungsgeschwindigkeit bei gleichförmiger Bewegung in Flüssen, Kanälen und geschlossenen Leitungen betrachtet werden" (STRICKLER 1923 : 45).

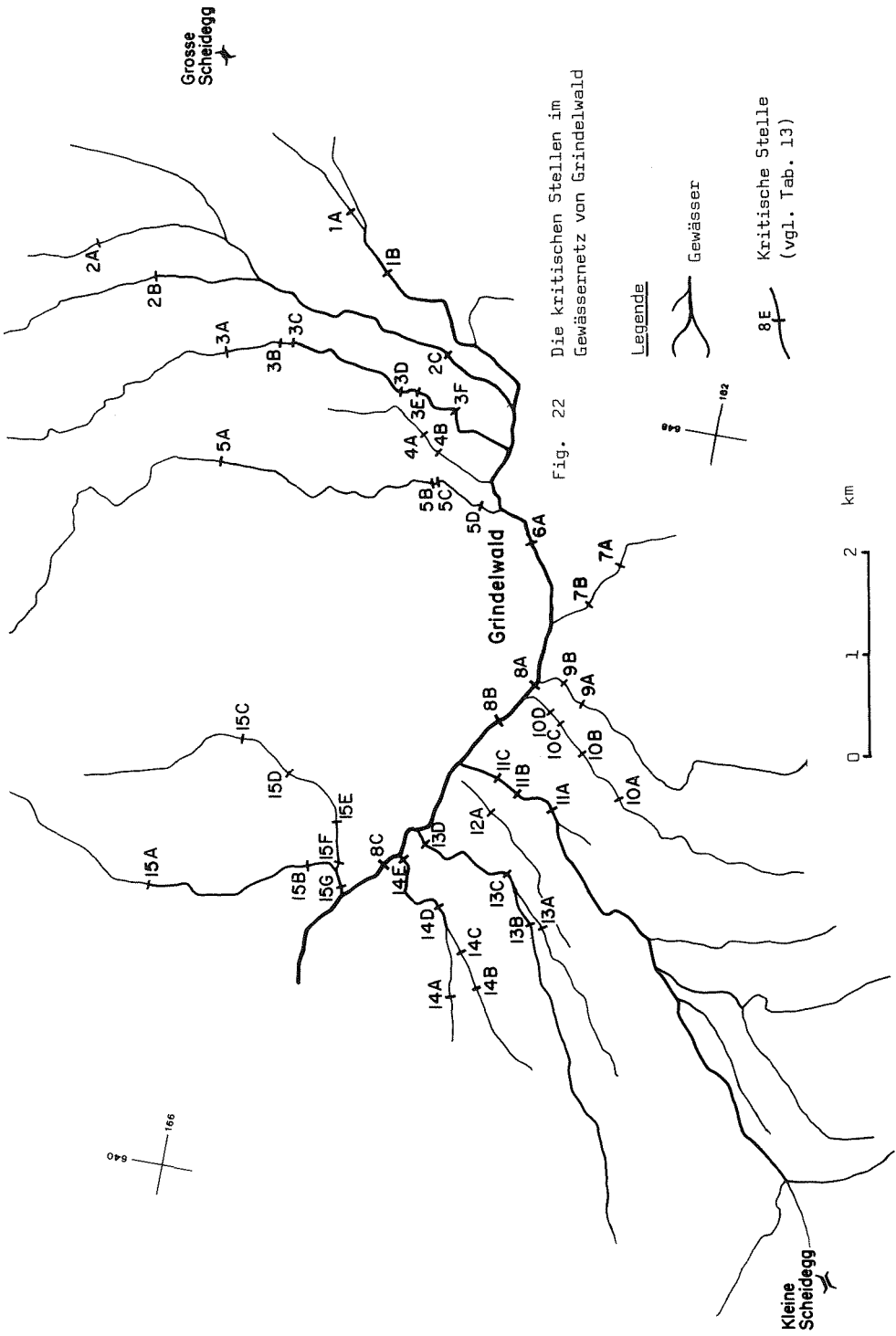


Fig. 22 Die kritischen Stellen im Gewässernetz von Grindelwald

Es sind:

$Q_{\text{vorh}}$  = natürlich oder baulich vorhandene Durchflussmenge, d. h. der Bachgraben kann an der betreffenden Stelle eine Abflussmenge von  $Q_{\text{vorh}}$  aufnehmen, ohne dass der Bach über die Ufer tritt.

$F$  = Querschnittsfläche des Bachgrabens [ $\text{m}^2$ ]

$v$  = mittlere Strömungsgeschwindigkeit des Wassers bei einem Abfluss von  $Q_{\text{vorh}}$  [ $\text{m/s}$ ]

$k$  = Geschwindigkeitskoeffizient (abhängig von der Rauigkeit des Gerinnes, nach STRICKLER 1923 : 46):

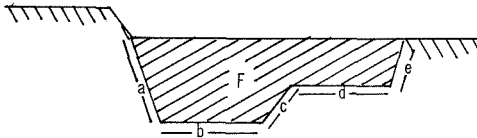
- Fels, sehr grob	15 - 20
- Fels, mittel	20 - 28
- Kopfgrosse Steine	25 - 30
- Kies, grob	35
- Kies, fein	40
- Feiner Kies mit viel Sand	50
- Grobes Bruchsteinmauerwerk	50
- Gutes Bruchsteinmauerwerk	60
- Gutgeschalter Beton, unverputzt	60

$R$  = mittlerer hydraulischer Radius

$$R = \frac{F}{p} \quad [\text{m}]$$

$F$  = siehe oben

$p$  = benetzter Umfang (vgl. Fig. 23)



$$p = a + b + c + d + e$$

Fig. 23 Die Bestimmung des benetzten Umfanges  $p$

$J$  = Gefälle der Bachsohle [ $10^{-2}$  %]

Auf Empfehlung von Dr. C. LICHTENHAHN (Eidg. Amt für Strassen- und Flussbau) wurde auch versucht, die Höchst-Hochwassermenge für die einzelnen Stellen nach folgender Methode zu bestimmen:

Die in EASF (1974, Beil. 4) für die Lüttschine eingetragenen "maximalen spezifischen Abflussmengen in Abhängigkeit der Grösse des Einzugsgebietes" wurden auf die uns interessierenden kleinen Einzugsgebiete extrapoliert. Wir haben die den Abfluss der Schwarzen Lüttschine erfassenden Stationen Gsteig und Grindelwald berücksichtigt:

Gsteig (beobachtet 1908 - 1969):  $E = 379 \text{ km}^2$   $Q_{\text{ex}} = 190 \text{ m}^3/\text{s}$

Grindelwald (beob. 1923 - 1928):  $E = 44,5 \text{ km}^2$   $Q_{\text{ex}} = 48 \text{ m}^3/\text{s}$

(ex = extrapoliert)

Die graphische Extrapolation auf ein Einzugsgebiet von beispielsweise 2,8 km<sup>2</sup> ergab den

$$Q_{\text{ex}} \cdot 2,8 \cdot 3,0 \text{ m}^3/\text{s} = 8,4 \text{ m}^3/\text{s}$$

Diese Extrapolationen sind aber äusserst problematisch, weil das grosse Einzugsgebiet der Pegelstation im Durchschnitt oft anders beschaffen ist, als das interessierende kleine Einzugsgebiet, für welches die Extrapolation vorgenommen wird. Die auf diese Weise ermittelten Zahlen sind daher nur im Sinne von groben Hinweisen zu benutzen.

Die Ergebnisse aller dieser Ueberschlagsrechnungen sind in Tab. 13 eingetragen. Die errechneten und die extrapolierten Werte der Höchst-Hochwasserabflüsse ( $Q_{\text{max}}$  bzw.  $Q_{\text{ex}}$ ) haben wir bei den geschiebeführenden und murfähigen Bächen gemäss Praxis der Wildbachverbauer (mündl. Mitt. von Herrn F. Wenger, Kreisoberingenieurbüro I, Thun) verdoppelt (=  $2 Q_{\text{max}}$  bzw.  $2 Q_{\text{ex}}$ ). Diese Verdoppelung soll den durch das Geschiebe bedingten gefährlicheren Verhältnissen Rechnung tragen.

Die in den Kolonnen 8 bzw. 9 (Tab. 13) eingetragenen Werte von  $Q_{\text{max}}$  bzw.  $2 Q_{\text{max}}$  sowie die in den Kolonnen 11 bzw. 12 aufgeführten Werte von  $Q_{\text{ex}}$  bzw.  $2 Q_{\text{ex}}$  werden mit den in der Kolonne 7 eingetragenen Werten der hydraulischen Abflusskapazität ( $Q_{\text{vorh}}$ ) verglichen:

Wenn letztere grösser ist als die errechneten Werte von  $Q_{\text{max}}$  und  $Q_{\text{ex}}$  bzw.  $2 Q_{\text{max}}$  und  $2 Q_{\text{ex}}$ , wenn also der Querschnitt des Bachgrabens oder des Durchlasses der Brücke die Höchst-Hochwassermenge aufzunehmen vermag, wird dies in den Kolonnen 10 bzw. 13 mit dem Zeichen + (= Kapazität genügt) vermerkt. Im umgekehrten Falle, wenn also  $Q_{\text{vorh}}$  kleiner ist als  $Q_{\text{max}}$  und  $Q_{\text{ex}}$  bzw.  $2 Q_{\text{max}}$  und  $2 Q_{\text{ex}}$  wird das Zeichen - (= Kapazität genügt nicht) gesetzt.

Dort, wo es sinnvoll erschien, wurde die jeweils gefährdetere Uferseite unmittelbar unterhalb der betreffenden Engstelle oder des Hindernisses (Brücke) im Bachlauf zusätzlich nach dem Wildbachindex von AULITZKY (1973 b : 114 - 115) beurteilt. Die Antworten zu den in Tab. 10 (S. 145) aufgeführten Fragen 1-6 sind in Tab. 12 zusammengestellt.

Die Indizes und die nach AULITZKY (1973 b : 114) daraus resultierenden Gefahrenstufen sind in den Kolonnen 14 und 15 der Tab. 14 (übernächste Doppelseite) eingetragen. In Kolonne 16 derselben Tabelle schliesslich, ist unsere Beurteilung aufgrund der Angaben in den Kolonnen 10, 13 und 15 niedergelegt, indem die Frage "genügt die Kapazität an der betreffenden Stelle?" mit "ja" oder "nein" beantwortet wird.

Wo eine ungenügende Kapazität festgestellt wurde, wo bei einem Hochwasser also ein Uferaustritt oder gar eine Zerstörung der Brücke (Verklauungsgefahr) möglich wäre, musste anschliessend qualitativ abgeklärt werden, welche Flächen vom Wasser, Geschiebe und den Murmassen bedroht wären.

Diese Abklärungen bestanden vor allem aus einer detaillierten Geländebeurteilung (Relief, Hindernisse). Die Fragen des Wildbach-Indexes von AULITZKY (1973 b : 114 - 115) wurden im Sinne einer Checkliste verwendet.

Stelle Nr.	1	2	3	4	5	6	Anzahl			
	Grösst-Korn	Schicht- dicke	Neigung	Vegetation	Relief	Hindernisse	$\sum$	: beantwortete Fragen	= Index	Gefahrenstufe 1)
1 A	3	-	4	2	3	3	15	5	3	3
1 B	3	-	4	1	2	3	13	5	2,6	2
2 A	2	-	4	1	2	4	13	5	2,6	2
2 B	2	-	4	1	2	4	13	5	2,6	2
3 A	2	-	4	2	3	4	15	5	3	3
3 B	2	-	4	3	2	4	15	5	3	3
3 C	2	-	3	1	3	2	11	5	2,2	2
3 E	2	-	4	1	1	2	10	5	2	2
3 F	2	-	4	1	3	4	14	5	2,8	3
4 A	2	-	4	2	2	2	12	5	2,4	2
5 A	3	-	4	2	3	3	15	5	3	3
6 A	4	-	2	2	2	3	13	5	2,6	2
7 B	4	-	2	2	3	3	14	5	2,8	3
8 A	3	-	1	1	2	4	11	5	2,2	2
8 B	3	-	1	1	2	4	11	5	2,2	2
8 C	3	-	1	1	2	4	11	5	2,2	2
9 A	3	-	4	2	3	3	15	5	3	3
9 B	3	-	3	2	3	3	14	5	2,8	3
10 A	4	-	4	2	3	3	16	5	3,2	3
10 B	4	-	3	2	2	3	14	5	2,8	3
10 B	4	-	3	2	2	3	14	5	2,8	3
10 C	4	-	4	2	1	2	13	5	2,6	2
11 B	4	-	2	2	2	2	12	5	2,4	2
11 C	4	-	3	2	2	3	14	5	2,8	3
12 A	3	-	4	2	3	2	14	5	2,8	3
13 A	3	-	4	2	2	4	15	5	3	3
13 A	3	-	4	2	2	4	15	5	3	3
13 D	4	-	3	2	2	3	14	5	2,8	3
14 A	2	-	4	2	2	4	14	5	2,8	3
14 D	3	-	4	1	2	3	13	5	2,6	2
14 E	3	-	3	3	2	3	14	5	2,8	3
15 A	3	-	4	4	3	4	18	5	3,6	3
15 B	3	-	4	2	2	3	14	5	2,8	3
15 C	3	-	4	2	3	4	16	5	3,2	3
15 F	4	-	4	4	3	3	18	5	3,6	3
15 G	4	-	3	2	2	3	14	5	2,8	3

1) 3 = grosse Gefahr, 0 = keine Gefahr (vgl. Tab. 16, S. 165)

Tab. 12 Die Bestimmung von Wildbachindizes nach AULITZKY (1973 b : 114-115) für einige kritische Stellen in Grindelwald (vgl. Fig. 22, S. 148) (= Beantwortung der Fragen 1-6 in Tab. 10, S. 145)

LOKALITÄT	BERECHNUNG DER ABFLUSSKAPAZITÄT ( $Q_{\text{vorh}}$ )					BERECHNUNG DES ABFLUSSES NACH MUELLER				
	2 F [m <sup>2</sup> ]	3 p [m]	4 R [m]	5 k	6 J [%·10 <sup>-3</sup> ]	7 $Q_{\text{vorh}}$ [m <sup>3</sup> /s]	8 $\Psi_0$	9 E [m <sup>2</sup> ]	10 $Q_{\text{max}}$ [m <sup>3</sup> /s]	
1 A	3,8	6,0	0,6	20	0,19	24,4	0,53	2,8	45,3	
1 B	8,6	8,3	1,0	20	0,25	88,1	0,53	3,6	53,5	
2 A	0,9	3,0	0,3	20	0,32	4,6	0,60	1,3	30,7	
2 B	3,8	6,9	0,6	20	0,17	21,1	0,62	1,7	38,0	
2 C	27,2	18,4	1,5	20	0,17	291,8	0,58	10,2	117,3	
3 A	2,2	4,3	0,5	20	0,26	14,4	0,66	1,6	38,8	
3 B	5,3	6,6	0,8	30	0,08	38,9	0,65	2,0	44,4	
3 C	2,7	4,7	0,6	30	0,06	13,7	0,65	2,1	45,8	
3 D	37,5	16,4	2,3	20	0,09	390,5	0,60	2,8	51,3	
3 E	4,1	5,7	0,7	20	0,11	21,8	0,60	2,9	52,5	
3 F	3,1	6,3	0,5	25	0,09	14,5	0,57	3,3	54,3	
4 A	1,2	3,9	0,3	25	0,16	5,5	0,47	0,4	11,0	
4 B	12,4	9,9	1,3	25	0,15	139,5	0,45	0,5	12,2	
5 A	9,2	8,6	1,1	20	0,11	63,8	0,59	4,3	67,1	
5 B	12,5	21,8	0,6	20	0,09	51,8	0,42	1,1 *	19,2	
5 C	19,2	12,5	1,5	20	0,09	153,4	0,42	1,1 *	19,2	
5 D	12,4	9,6	1,3	20	0,15	113,9	0,41	1,4 *	22,1	
6 A	45,0	17,4	2,6	20	0,04	339,1	0,41	44,0 *	219,7	
7 A	89,1	26,7	3,3	20	0,07	1052,9	0,30	45,1	163,4	
7 B	36,4	19,0	1,9	40	0,04	449,2	0,30	45,3	169,9	
8 A	44,1	21,0	2,1	30	0,01	217,0	0,36	97,8 *	328,6	
8 B	20,6	14,6	1,4	30	0,02	109,9	0,36	101,3 *	336,4	
8 C	39,6	19,4	2,0	30	0,02	270,4	0,38	127,4 *	413,7	
9 A	4,7	5,8	0,8	20	0,16	32,7	0,59	3,2	55,1	
9 B	7,0 *	7,5 *	0,9	20	0,07	35,4	0,58	3,4	56,4	
10 A	7,0	8,5	0,8	20	0,13	44,3	0,57	2,3	42,7	
10 B <sub>1</sub>	19,6	12,3	1,6	20	0,19	233,1	0,54	2,6	43,9	
10 B <sub>2</sub>	3,2	6,5	0,5	20	0,19	17,4	0,54	2,6	43,9	
10 C	6,7	7,3	0,9	20	0,24	62,0	0,54	2,7	45,0	
10 D	17,3	11,8	1,5	20	0,15	172,9	0,54	2,8	46,1	
11 A	43,5	18,1	2,4	15	0,11	388,3	0,54	12,6	125,7	
11 B	22,5	17,2	1,3	20	0,08	152,2	0,54	12,9	127,7	
11 C	14,4	10,4	1,4	25	0,06	109,5	0,54	13,1	129,0	
12 A	1,0	3,0	0,3	30	0,12	5,0	0,37	0,3	7,1	
13 A <sub>1</sub>	1,0	3,5	0,3	20	0,15	3,4	0,39	0,7	13,2	
13 A <sub>2</sub>	3,9	6,3	0,6	20	0,15	21,9	0,39	0,7	13,2	
13 B	21,9	12,6	1,7	20	0,10	200,2	0,48	2,8	41,0	
13 C	110,6	30,3	3,7	15	0,15	1523,2	0,45	4,1	49,6	
13 D	17,0	11,4	1,5	20	0,11	147,2	0,44	5,0	55,3	
14 A	0,4	2,2	0,2	20	0,12	0,9	0,48	0,3	9,2	
14 B	7,5	7,7	1,0	20	0,25	73,7	0,44	1,5	24,8	
14 C	10,3	8,6	1,2	20	0,22	109,0	0,43	1,6	25,3	
14 D	9,1	7,5	1,2	20	0,13	74,7	0,43	2,4	33,1	
14 E	9,0	8,5	1,1	20	0,09	56,1	0,40	3,1	36,6	
15 A	6,4	7,2	0,9	20	0,17	48,8	0,43	2,8	36,7	
15 B	12,6	10,1	1,2	20	0,24	143,1	0,43	5,4	56,9	
15 C	2,0	5,0	0,4	50	0,16	21,7	0,47	1,1	21,5	
15 D	62,3	20,9	3,0	20	0,05	577,1	0,36	4,0	39,0	
15 E	24,5	13,0	1,9	20	0,15	289,5	0,36	4,2	40,3	
15 F	7,8	7,9	1,0	20	0,13	55,8	0,36	5,13	46,0	
15 G	8,9	8,0	1,1	20	0,06	46,8	0,40	10,6	83,0	

\*) geschätzt

Zur Berechnung der Abflusskapazität:  
vgl. S. 147Zur Berechnung von  $Q_{\text{max}}$ :  
vgl. S. 146

Tab. 13 Abflusskapazität und höchst - Hochwasserabfluss nach MUELLER (1943) für einige kritische Stellen in Grindelwald: Zahlenwerte zur Berechnung von  $Q_{\text{vorh}}$  und  $Q_{\text{max}}$

1	2	3	4	5	6	7	ABFLUSS- KAPAZITÄT DER STELLE		ABFLUSS NACH MUELLER (1941)		ABFLUSS NACH EASF (1974)		WILDBACH-INDEX NACH AULITZKY (1973)	INSERE BEUR- TEILUNG
							$Q_{\text{max}}$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	$Q_{\text{max}}$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	$Q_{\text{max}}$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	$Q_{\text{max}}$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	$Q_{\text{max}}$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	$Q_{\text{max}}$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]		
Stelle Nr.	Bach	Ort	Höhe [m]	Koordinaten	Bezeichnung	$Q_{\text{max}}$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	$Q_{\text{max}}$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	$Q_{\text{max}}$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	$Q_{\text{max}}$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	$Q_{\text{max}}$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	$Q_{\text{max}}$ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	14	15	16
1 A	Briggbach	Unt. Lauchbühl	1430	649265/165770	Brücke	24,4	90,5	-	16,8	16,8	16,8	3,0	3	nein
1 B	"	S "	1368	648925/165450	Brücke	88,1	107,1	-	19,8	19,8	19,8	2,6	2	nein
2 A	Bergelbach	Ob.Läger (Weggablung)	1935	648720/168305	Brücke	4,6	61,5	-	10,6	10,6	10,6	2,6	2	nein
2 B	"	Grindel (Skilift-Talstat.)	1798	648480/167330	Brücke	21,1	75,9	-	12,6	12,6	12,6	2,6	2	nein
2 C	"	Mühlbach	1308	646305/164630	Brücke	291,8	234,6	+	49,0	49,0	49,0	+	ja	ja
3 A	Hornbach	Gigli - Unter Läger	1595	647910/166845	Brücke	14,4	77,6	-	12,0	12,0	12,0	3,0	3	nein
3 B	"	W Gigli	1492	648100/166365	Brücke	38,9	88,7	-	13,8	13,8	13,8	3,0	3	nein
3 C	"	"	1483	648095/166220	Brücke	13,7	91,7	-	14,2	14,2	14,2	2,2	2	nein
3 D	"	Mühlbach	1275	647840/165170	Graben	390,5	102,5	+	16,8	16,8	16,8	+	ja	ja
3 E	"	"	1240	647860/165010	Brücke	21,8	104,9	-	17,2	17,2	17,2	2,0	2	nein
3 F	"	"	1180	647730/164560	Durchlass	14,5	108,7	-	18,8	18,8	18,8	2,8	3	nein
4 A	Hältlergräbli	"	1205	647465/164800	Graben	5,5	21,9	-	4,8	4,8	4,8	2,4	2	nein
4 B	"	"	1166	647330/164650	Brücke	139,5	24,4	+	5,6	5,6	5,6	+	ja	ja
5 A	Mühlbach	N Bort	1596	646855/166890	Brücke	63,8	67,1 <sup>1)</sup>	(-)	11,2 <sup>2)</sup>	9,4 <sup>3)</sup>	9,4 <sup>3)</sup>	3,0	3	knapp
5 B	"	Mühlbach	1150	647025/164605	Holzsteg	51,8	38,5 <sup>4)</sup>	+	9,4 <sup>4)</sup>	9,4 <sup>4)</sup>	9,4 <sup>4)</sup>	+	ja	ja
5 C	"	"	1148	647025/164580	Brücke	153,4	38,5 <sup>4)</sup>	+	11,4 <sup>4)</sup>	11,4 <sup>4)</sup>	11,4 <sup>4)</sup>	+	ja	ja
5 D	"	" (EWG)	1050	646875/164115	Brücke	113,9	44,1 <sup>4)</sup>	+	96,2 <sup>2)</sup>	96,2 <sup>2)</sup>	96,2 <sup>2)</sup>	+	nein	nein
6 A	Schwarze Lüttschine 1	Mettenberg	986	646620/163555	Brücke	389,1	439,5	-	240,0 <sup>3)</sup>	240,0 <sup>3)</sup>	240,0 <sup>3)</sup>	+	ja	ja
7 A	Weisse Lüttschine	Gletscherschlucht	1000	646555/162660	Brücke	1052,9	163,4	+	240,0 <sup>3)</sup>	240,0 <sup>3)</sup>	240,0 <sup>3)</sup>	+	nein	nein
7 B	"	NW "	975	646130/162930	Brücke	449,2	169,9	+	270,0 <sup>4)</sup>	270,0 <sup>4)</sup>	270,0 <sup>4)</sup>	+	nein	nein
8 A	Schwarze Lüttschine 2	Grund (Roilbainbrücke)	951	645255/163290	Brücke	217,0	328,6	-	272,0 <sup>4)</sup>	272,0 <sup>4)</sup>	272,0 <sup>4)</sup>	+	nein	nein
8 B	"	" (Bahnhof)	944	644820/163555	Brücke	109,9	336,4	-	285,0 <sup>4)</sup>	285,0 <sup>4)</sup>	285,0 <sup>4)</sup>	+	nein	nein
8 C	"	Schwendli (neue Brücke)	919	643240/164430	Brücke	270,4	413,7	-	16,8	16,8	16,8	+	ja	ja
9 A	Aellauenbächli	Würgistal	1009	645130/162680	Brücke	32,7	110,2	-	18,6	18,6	18,6	+	nein	nein
9 B	"	"	960	645345/163015	Brücke	35,4	112,8	-	19,4	19,4	19,4	+	nein	nein
10 A	Sandbach	E Brandegg	1218	644250/162250	Graben	44,3	85,4	-	15,0	15,0	15,0	+	nein	nein
10 B <sub>1</sub>	"	Würgistal	1103	644650/162675	" (inkl. Weg)	233,1	87,8	+	16,2	16,2	16,2	+	ja	ja
10 B <sub>2</sub>	"	"	1103	644650/162675	" (ohne Weg)	17,4	87,8	-	16,2	16,2	16,2	+	nein	nein
10 C	"	"	1000	644930/162955	Brücke	62,0	90,0	-	16,6	16,6	16,6	+	nein	nein
10 D	"	"	975	645010/163070	Brücke	172,9	92,3	+	16,8	16,8	16,8	+	ja	ja
11 A	Würgistalbach	"	1031	644110/162920	Brücke	388,3	251,5	+	44,0	44,0	44,0	+	ja	ja
11 B	"	(Kege Thal)is	968	644210/163330	Schale + Dämme	152,2	255,4	-	45,2	45,2	45,2	+	nein	nein
11 C	"	Grund	956	644290/163490	Brücke	109,5	258,1	-	45,8	45,8	45,8	+	nein	nein
12 A	Schuelgräbli	(Framen	965	643945/163510	Graben	5,0	7,1	-	2,7 ?	2,7 ?	2,7 ?	+	nein	nein
13 A <sub>1</sub>	Mehlbaumbach	Im Ritt S	1224	642945/162800	Durchlass	3,4	26,4	-	7,0	7,0	7,0	+	nein	nein
13 A <sub>2</sub>	"	"	1224	642945/162800	Graben	21,9	26,4	-	7,0	7,0	7,0	+	nein	nein
13 B	"	" N	1217	642925/162900	Brücke	200,2	82,0	+	16,8	16,8	16,8	+	ja	ja
13 C	"	(Framen	1110	643365/163230	" (bis unter Bogen)	1523,2	99,1	+	21,8	21,8	21,8	+	ja	ja
13 D	"	S Schwendi	940	643515/164030	Brücke	147,2	110,6	+	24,4	24,4	24,4	+	ja	ja
14 A	Fluhbach	ESE Rauff	1380	642105/163530	Durchlass	0,9	18,5	-	5,4	5,4	5,4	-	nein	nein
14 B	"	SE "	1370	642205/163300	Brücke	73,7	49,6	+	8,4	8,4	8,4	+	ja	ja
14 C	"	W An der Egg	1248	642575/163510	Brücke	109,0	50,6	+	8,8	8,8	8,8	+	ja	ja
14 D	"	"	1145	642870/163780	Brücke	74,7	66,3	+	15,4	15,4	15,4	+	ja	ja
14 E	"	S Schwendi	924	643340/164255	Brücke	56,1	73,1	-	18,0	18,0	18,0	+	nein	nein
15 A	Bussalpbach	SW Holzmaten	1740	642640/166750	Brücke	48,8	73,5	-	16,8	16,8	16,8	+	nein	nein
15 B	"	Anggistalden	1080	643095/165165	Brücke	143,1	113,8	+	26,0	26,0	26,0	+	ja	ja
15 C	Abbach	E Gneinboden	1461	644220/166025	Durchlass	21,7	63,1	-	9,4	9,4	9,4	+	nein	nein
15 D	"	SE "	1259	643950/165520	Brücke	577,1	78,0	+	21,2	21,2	21,2	+	ja	ja
15 E	"	ESE Anggistalden	1055	643580/164980	Brücke	289,5	80,6	+	21,8	21,8	21,8	+	ja	ja
15 F	Schwendi-Bach	S "	940	643180/164890	Graben (krit.Stelle)	55,8	92,1	-	25,1	25,1	25,1	+	nein	nein
15 G	"	S "	920	642965/164800	Strassenbrücke	46,8	166,0	-	39,2	39,2	39,2	+	nein	nein

- 1) Mühlbach nur von Staubecken Bort an gerechnet  
2) Ausbruch des Oberen Grindelwaldgletschers vom 27. 7. 1927  
berücksichtigt (EASF 1974 : 12 )  
3) Errechneter Hochwasserabfluss nach dem Gletscherausbruch  
von 2. 7. 1951 (vgl. S. 141)  
4) Unter Berücksichtigung von 3)  
5) Stufe 3-grosse Gefahr, Stufe 0-keine Gefahr (vgl. Tab. 16, S. 165)
- + : Abflusskapazität der Stelle genügt  
- : Abflusskapazität der Stelle genügt nicht

Tab. 14 Die Beurteilung einiger ausbruchgefährdeter Stellen entlang den Bachläufen in Grindelwald (vgl. Fig. 22, S. 146)



Wenn in der Frage, ob an einer bestimmten Stelle ein Uferaustritt möglich sei oder nicht, dank der quantitativen Abschätzung der Parameter und deren rechnerischer Verarbeitung (Weg 4 in Fig. 14, S. 114) "erhöhte" Objektivität in der Entscheidungsbegründung erreicht werden kann, so ist dies bei der anschliessenden Beurteilung der Auswirkungen nicht mehr der Fall. Wir müssen hier praktisch allein auf qualitative Feststellungen basieren, weil Berechnungen bei grösseren Feststoffkonzentrationen beim heutigen Stand der Kenntnisse kaum erfüllbar sind (vgl. dazu ZELLER 1973 : 174 - 177). Wir müssen uns also mit "niedrigerer" Objektivität in der Entscheidungsbegründung begnügen, dürfen aber bei seriösem Vorgehen in der Geländebeurteilung, in der Uebertragung von Erfahrungen aus andern Gebieten und bei vorsichtiger Grenzziehung mit einer genügend guten Beurteilung rechnen.

Mit allem Nachdruck muss aber zu den verwendeten rechnerischen Methoden (Müller-Formel und Extrapolation von Abflusswerten grösserer Einzugsgebiete) festgehalten werden, dass sie bestenfalls nur grobe Annäherungen bringen. Das von ZELLER (1974 : 43 ff.) beschriebene Laufzeitverfahren dürfte zusammen mit einer konsequenten Auswertung von Gumbeldiagrammen (vgl. Fig. 4, S. 39) zu besseren Annäherungen führen, wobei aber sehr detaillierte Feldaufnahmen erforderlich sind.

Ein spezielles Problem wären noch die teilweise aufgestauten Becken von Bach (Raum Koord.: 644 800/168 700) und das Ausgleichsbecken von Bort (Koord.: 646 780/165 970): Bei einem Sperrenbruch müsste im Bereich des Mühlebaches und der Schwarzen Lutschine mit grösseren Schäden gerechnet werden. Da wir aber gemäss Abschn. 3.2.3.1. (S. 111) von der Voraussetzung ausgehen, dass diese Bauwerke unter ständiger Kontrolle stehen, rechnen wir in den nächsten 100 - 150 Jahren nicht mit einem solchen Ereignis. Bei einer allfälligen Aufgabe der Nutzung dieses Wasser und einem Nachlassen der Kontrolle, müsste die Gefahr allerdings neu beurteilt werden.

### 3.4. DAS ALLGEMEINE VORGEHEN BEI DER ERSTELLUNG DER KOMBINIERTEN GEOMORPHOLOGISCHEN GEFAHRENKARTE VON GRINDELWALD

---

Gemäss Fig. 5 (S. 43) stand für den gesamten Arbeitsablauf von Anfang an fest, dass der Weg über eine geomorphologische Grundlagenkarte führen musste, und dass die Lawinengefahr erst in der Schlussphase in die kombinierte Gefahrenkarte integriert werden konnte.

Deshalb ging es hier im Hinblick auf den weiteren einzuschlagenden Weg nur noch um folgende Fragen:

1. Wie wird die Grundlagenkarte konkret in die Gefahrenkarte umgesetzt?
2. Wie und in welcher Reihenfolge werden die zusätzlich zu erhebenden Informationen zu den einzelnen Gefahrenarten in die kombinierte geomorphologische Gefahrenkarte eingebracht.

In Fig. 24 sind die zwei Varianten dargestellt, welche für uns zur Diskussion standen. Eine dritte Variante, in welcher analog zur Variante I zuerst eine Gefahrenstufenkarte für jede Gefahrenart erstellt würde, aber alle Gefahrenarten bei ein und derselben Feldbegehung zugleich definitiv kartiert würden, kam bei uns nicht in Frage, da sie wohl nur mit grosser Erfahrung zuverlässig durchgeführt werden könnte.

Die erste Variante musste aus Zeitgründen fallengelassen werden (vgl. dazu auch die Bemerkungen in Kap. 4. 2., S.177), so dass wir uns in Grindelwald für die Variante II entschlossen haben.

#### 3.4.1. Die Lokalisierung der Gefahren und die Bildung von Kindynotopen (Arbeitsschritte 3 - 7 in Fig. 24)

---

Unter Verwendung des Entwurfes der geomorphologischen Grundlagenkarte als topographische und geomorphologische Unterlage wurden auf einer Pause total knapp 4000 Kindynotope provisorisch abgegrenzt. Nach unserer Definition ist ein Kindynotop (griechisch: κίνδυνος = Gefahr, τόπος = Raum, Ort) ein Ausschnitt aus der Erdoberfläche, welcher durch eine charakteristische Assoziation verschiedener Gefahrenarten gleicher oder unterschiedlicher Gefahrenstufe eine Einheit darstellt.

Die Abgrenzung erfolgte unter Berücksichtigung der geomorphologischen Grundlagenkarte, der topographischen und geologischen Karte (GUENZLER-SEIFFERT, WYSS 1938) und durch stereoskopische Luftbilddauswertung.

Anschliessend wurde für jedes Kindynotop ein Protokoll (vgl. Fig. 25) vorbereitet und eine provisorische Beurteilung vorgenommen. Diese Protokolle sind so gestaltet, dass primär das Kindynotop des Standortes selbst bezüglich jeder Gefahrenart beurteilt wird.

Sekundär wurden alle unmittelbar benachbarten Kindynotope darauf hin geprüft, wie weit das zu protokollierende Kindynotop von ihnen her durch Gefahren bedroht wird.



Wir illustrieren die Protokollierung an einem Beispiel (vgl. Fig. 25). Das Kindynotop K 29, umgeben von den Kindynotopen K 14, 16, 30, 27, 28 und 15 wird durch eine Bachstrecke entlang einer Rutschung (K 15) gebildet. In der Zeile "Standort" wurden in den entsprechenden Kolonnen die sich aus der Beurteilung des Standortes ergebenden Gefahren mit einer Ziffer entsprechend der Gefahrenstufe (0 = keine Gefahr, 3 = grosse Gefahr) eingetragen, nämlich in den Kolonnen "Wildbach-Abfluss"<sup>1)</sup> und "Murgang" die Gefahrenstufe 3. In den nächsten Zeilen wurden nun die von den Nachbarflächen kommenden Gefahren, d. h. die passive (= p in der ersten Kolonne) Beeinflussung von K 29 eingetragen<sup>2)</sup>. So sehen wir aus dem Beispiel der untersten Zeile, dass das betrachtete Kindynotop K 29 von der Nachbarfläche K 15 (3. Kolonne) von oben her (= 0 in der 2. Kolonne) durch schnelle flachgründige (Gefahrenstufe 2) und schnelle tiefgründige Rutsche (Gefahrenstufe 3) bedroht wird.

In der Rubrik "Bemerkungen" in dem in Fig. 25 abgebildeten Protokoll wurden jeweils die resultierende Gefahrenstufe (= höchste der protokollierten Gefahrenstufen) mit einer Ziffer und die beteiligten Gefahrenarten mit Buchstaben festgehalten (vgl. dazu Abschn. 3.5.2.1. u. 3.5.2.3. und die Legende der kombinierten Gefahrenkarte).

Der Umstand, dass die einzelnen provisorisch abgegrenzten Kindynotope eine überblickbare Grösse aufweisen, ist eine günstige Voraussetzung zu einer optimalen Gefahrenbeurteilung und verhindert, dass wichtige Details übersehen werden können. Gleichzeitig verhindert die jeweilige Berücksichtigung des Einflusses der Nachbar-Kindynotope, dass die zu beurteilende Fläche isoliert betrachtet wird und zwingt zur mehrmaligen Auseinandersetzung mit den Gefahren in jedem Kindynotop.

- 
- 1) Die "Wassergefahr" wird hier qualitativ näher spezifiziert: Da sich der Standort im Abflusskanal befindet und nicht im engeren Einzugsgebiet oder auf dem Schwemmkegel, wird die Bewertung bei "Wildbach-Abfluss" eingetragen. "Wildbach-Abfluss" beinhaltet Hochwasser- und Erosionsgefahr, während alleinige Hochwassergefahr in der Kolonne "Hochwasser" eingetragen würde. Die Kolonne "Ueberschwemmung" dient der Angabe von Wassergefahren neben dem eigentlichen Bach- oder Flusslauf, beispielsweise im Gebiet ESE Grund (Blatt 4, Raum Koord.: 646/163). Diese Aufgliederung der "Wassergefahr" und analog der übrigen Gefahren, dient nur der Vervollständigung des Belegs (Protokoll), findet aber in der Gefahrenkarte selbst keine Anwendung.
  - 2) Auf die ursprünglich vorgesehene Eintragung der aktiven Beeinflussung (= a in der ersten Kolonne) des betrachteten Kindynotops wurde im Laufe der Arbeit verzichtet. Die daraus resultierende Doppelspurigkeit in der Protokollierung der gegenseitigen Beeinflussung zweier Nachbarflächen hätte zwar eine gewisse zusätzliche Kontrollmöglichkeit dargestellt, sachlich aber keine neuen Beziehungen aufgezeigt und vor allem einen grossen zusätzlichen Arbeitsaufwand bedeutet.



Die Verifikation im Felde diente erstens der Kontrolle der Gefahrenbeurteilung in den provisorischen Kindynotopen und zweitens der definitiven Grenzziehung.

Zum ersten: Die Kontrolle erfolgte durch Vergleich der Protokolleintragungen mit dem Gelände und den "stummen Zeugen". Notwendige Korrekturen, Ergänzungen und - seltener - auch Weglassungen wurden direkt in die Protokolle eingetragen. Grosse Beachtung wurde der Erfassung der gesamten Gefahrensysteme geschenkt, das jeweils zu bearbeitende Kindynotop also im Hinblick auf dessen Einfügung in die weitere Umgebung und gefahrenbringende Umwelt überprüft.

Zum zweiten: Die Grenzziehung zu den Nachbar-Kindynotopen wurde kontrolliert und in der Kartenpausekorrigiert. Im weiteren mussten da und dort einzelne Teilflächen, welche sich als zu inhomogen erwiesen und damit keine echten Kindynotope darstellten, oft mehrfach in homogene Kindynotope unterteilt werden.

Die Erstellung der kombinierten geomorphologischen Gefahrenkarte bestand im wesentlichen aus der Uebertragung der Kindynotop-Grenzen in die Karte und der Eintragung der Gefahrenstufen und -arten in die einzelnen Teilflächen (Kartographisches vgl. Kap. 3.5.). Dabei konnten häufig mehrere Kindynotope zu einer grösseren Gefahrenzone mit einheitlicher Indizierung (vgl. Kap. 3.5., S.167 ) zusammengefasst werden. Die kartographische Darstellung hat aber auch an einigen Stellen Unstimmigkeiten aufgedeckt, so dass diese Zonen nochmals gezielt, meist im Gelände selbst, überprüft werden mussten.

Die vom Lawinendienst der Forstinspektion Oberland erstellte Lawinengefahrenkarte wurde durch Ueberlagerung in die kombinierte Gefahrenkarte integriert.

### 3.5. AUFBAU UND INHALT DER KOMBINIERTEN GEOMORPHOLOGISCHEN GEFAHRENKARTE 1 : 10 000 VON GRINDELWALD

---

#### 3.5.1. Allgemeine Bemerkungen

Gemäss Kap. 3.1. muss die kombinierte geomorphologische Gefahrenkarte Aussagen über die Gefahrenstufen und die Gefahrenarten machen.

Für uns galt es erstens abzuklären, was wir überhaupt in der Karte darstellen und wie stark wir die Gefahrenstufen und -arten sowie Kombinationen und Uebergangsstufen differenzieren wollen.

Zweitens mussten die Möglichkeiten der kartographischen Darstellung dieser Sachverhalte überprüft werden.

Zum ersten: Bestehende Anweisungen zur Erstellung von Gefahrenstufenkarten (OFI 1975) oder von kombinierten Gefahrenkarten (BUNDESMINISTERIUM FUER LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT 1973) sehen 3 bzw. 4 Gefahrenstufen vor. Dabei ist nur in OFI (1975 : 14) eine fakultative weitere Aufgliederung der "blauen", zweithöchsten Gefahrenstufe vorgesehen. Gegen die Bildung von noch mehr Stufen spricht die von der Anwendungsseite her geforderte Einfachheit der Karte, welche primär nur festzulegen hat, ob an einer Stelle gebaut werden darf oder nicht. Wenige Stufen erleichtern teilweise auch die Entscheidungen bei der Gefahrenbeurteilung, indem für eine bestimmte Zone beispielsweise nur zwischen zwei Stufen entschieden werden muss und nicht ein ganzes Spektrum von Stufen zur Diskussion steht. In speziellen Fällen ist dagegen durch die Schaffung von Uebergangsstufen eine aussagegerechtere Kartierung möglich. Durch die Ausscheidung von "Arealen mit nicht eindeutiger Gefahrenstufung" haben wir bei der Kartierung in Grindelwald gezwungenermassen solche Uebergangsstufen geschaffen (vgl. Abschn. 3.5.2.2., S. 166). Im übrigen haben wir uns aber an die in OFI (1975 : 12 - 16) vorgeschlagene Stufung gehalten.

Gemäss den in Kap. 3.2.1. (S.103) gemachten Bemerkungen und angeführten Begründungen unterscheiden wir in Grindelwald zwischen den 5 Gefahrengruppen Eissturz, Lawine, Rutsch, Sturz und Wasser.

Zum zweiten: Obschon die Gefahr sich innerhalb des Geländes in den allermeisten Fällen kontinuierlich<sup>1)</sup> ändert, haben wir (siehe oben) eine Stufung vorgenommen. Dadurch und durch den Umstand, dass nicht nur diese Gefahrenstufen, sondern gleichzeitig auch die Angaben über die Gefahrenarten in der Karte enthalten sein müssen, fiel für uns eine Darstellung

---

1) Dieser kontinuierliche Uebergang zwischen z. B. hoher und geringer Gefahr kann in der Natur allerdings oft auf eine Distanz von wenigen Metern erfolgen, so dass der Uebergangsbereich in der Karte nur als Linie erscheinen würde.

der Sachverhalte als Isoliniengefüge (IMHOF 1972 : 124 - 148, GROSJEAN 1975 : 42 - 43) ausser Betracht. Naheliegender ist für kombinierte Gefahrenkarten, welche eingegrenzte Areale darzustellen haben, sogenannte Flächenmosaike (GROSJEAN 1975 : 31) zu verwenden. In unserem Falle müssen wir dabei aber zwei Aussagen (Gefahrenstufe und Gefahrenart) darstellen, wobei in der einzelnen Fläche gleichzeitig verschiedene Gefahrenarten kombiniert auftreten können.

Die Abwägung der sachlich begründeten Forderung nach einer möglichst grossen Detaillierung des Karteninhaltes gegenüber den technischen und gestalterischen Möglichkeiten der Kartographie führte uns schliesslich zu der im nächsten Kapitel beschriebenen Lösung.

### 3.5.2.            Inhalt und Legende der kombinierten geomorphologischen Gefahrenkarte 1 : 10 000 von Grindelwald

---

Als topographische Grundlage wurden wie bei der geomorphologischen Grundlagenkarte Teile folgender Uebersichtspläne (Massstab 1 : 10 000, Aequidistanz der Höhenkurven : 10 m) vom VERMESSUNGSAMT DES KANTONS BERN verwendet: Nr. 1209.4, 1229.1, 1229.2, 1229.3, 1229.4 (alle mit Ausnahme von Nr. 1209.4 provisorisch). Die vorgenommenen Ergänzungen entsprechen den in Kap. 2.4.1. (S. 73) erwähnten.

Die Gefahrenstufe der einzelnen Kindynotope wird durch die Farben rot (= grosse Gefahr), blau, gelb und weiss (= keine Gefahr) bezeichnet. Schraffuren weisen hin auf engräumigen Wechsel oder "unsichere" Beurteilung im Bereich zwischen der durch die Flächenfarbe und die Farbe der Schraffur bezeichneten Gefahrenstufen. Diese Zonen müssen vor der Verwirklichung von Bauvorhaben usw. noch detaillierter untersucht werden.

Neben diesen auf den ersten Blick erfassbaren Informationen ist jedes Kindynotop durch Buchstaben bezeichnet. Sie weisen auf die in der betreffenden Teilfläche feststellbaren Gefahrenarten hin.

#### 3.5.2.1.        Areale mit eindeutiger Gefahrenstufung

In Anlehnung an die "Richtlinien zur Berücksichtigung der Lawinengefahr beim Erstellen von Bauten und bei der Verkehrs- und Siedlungsplanung" (OFI 1975) unterscheiden wir vier Gefahrenstufen, deren allgemeine Bedeutungen in Tab. 16 festgehalten sind. Die Bedeutungen für die Lawinengefahr im Speziellen sind in Kap. 3.3.3. (S. 120) formuliert.

Massgebend für die Gefahrenstufe eines Kindynotops ist jeweils die "gefährlichste" Gefahrenart in der betreffenden Teilfläche.

In Tab. 15 sind die Mindestvorschriften zusammengestellt, welche zum Schutz gegen die Lawinengefahr in den verschieden eingestufteten Lawinengefahrenzonen zu beachten sind. Zusätzlich gilt folgendes:

- Verhältnismässig kleine isolierte Flächen, welche nur über wesentliche Strecken mit höherem Gefahrengrad zugänglich sind, sollen wie Gebiete mit diesem höheren Gefahrengrad behandelt werden.



STUFE	BEDEUTUNG (LAWINENGEFAHR)	MINDESTVORSCHRIFTEN FUER DIE AUS DER LAWINENGEFAHR RESULTIERENDEN STUFEN
3 rot	siehe Kap. 3.3.3. S. 120	<p>Es dürfen keine Neubauten gestattet werden, die für den Aufenthalt von Menschen bestimmt sind oder die während der Lawinengefährlichen Jahreszeit der Unterbringung von Tieren dienen. Zulässige Neubauten (z.B. Wasserreservoir, Abwasser-Reinigungsanlage usw.) sind bei grossem Schadenrisiko auf Lawinenkräfte zu dimensionieren.</p> <p><u>Umbauten und Zweckänderungen</u> bestehender Bauten sollen dann gestattet werden, wenn</p> <p>a) keine Erweiterung des gefährdeten Personenkreises zu erwarten ist und</p> <p>b) gleichzeitig geeignete technische Sicherungseinrichtungen angebracht werden.</p> <p>Für bestehende Siedlungen sind Alarmorganisation und Evakuationsplan vorzubereiten.</p>
2 blau		<p>In dem nach Lawinengefahrenkarte blauen Gebiet dürfen Neubauten und Wiederaufbauten, die für den Aufenthalt von Menschen bestimmt sind oder die während der lawinengefährlichen Jahreszeit der Unterbringung von Tieren dienen, nur erstellt werden, wenn sie</p> <p>a) aus technischen, insbesondere auch aus landwirtschaftstechnischen Gründen auf den betreffenden Standort angewiesen sind oder</p> <p>b) in bereits bestehenden geschlossenen Siedlungen Lücken ausgefüllt oder Bauten ersetzt werden oder</p> <p>c) keine wesentliche Erweiterung des gefährdeten Personenkreises zu erwarten ist;</p> <p>d) die Zugänge zur Siedlung gesichert sind und untere Druckbereiche vorliegen.</p> <p><u>Umbauten und Zweckänderungen</u> bestehender Bauten dürfen überdies gestattet werden, wenn dadurch keine wesentliche Erweiterung des gefährdeten Personenkreises zu erwarten ist.</p> <p>Für bestehende Siedlungen sind Alarmorganisation und Evakuationsplan vorzubereiten.</p>
1 gelb		<p>In der gelben Zone sind keine baulichen Sicherheitsmassnahmen vorzukehren. Hingegen ist eine Alarmorganisation vorzusehen, welche in Zeiten akuter Lawinengefahr vor dem Aufenthalt im freien warnt.</p>
0 weiss		<p>Keine Sicherheitsvorkehrungen erforderlich.</p>

Tab. 15 Mindestvorschriften für die aus der Lawinengefahr resultierenden Gefahrenstufen  
(von W. SCHWARZ)

STUFE	ALLGEMEINE BEDEUTUNG	VORSCHLAG ZUR FORMULIERUNG RESULTIERENDER MINDESTVORSCHRIFTEN
3 rot	Hier ist mit der Zerstörung von Gebäuden oder Teilen davon zu rechnen, wobei Personen auch innerhalb dieser Gebäude gefährdet sind; oder die Ereignisse treten zwar in schwächerem Ausmass, dafür aber häufiger auf (Lawanen), wobei Personen vor allem ausserhalb von Gebäuden gefährdet sind.	Hier dürfen keine Neubauten gestattet werden, die für den Aufenthalt von Menschen bestimmt sind oder der ständigen Unterbringung von Tieren dienen. Zulässige Neubauten (Wasserreservoirs, Abwasser-Reinigungsanlagen usw.) sind so zu dimensionieren, dass sie den schadenbringenden Kräften genügend Widerstand leisten können. <u>Umbauten und Zweckänderungen</u> von bestehenden Bauten sollen dann gestattet werden, wenn a) keine Erweiterung des gefährdeten Personenkreises zu erwarten ist und b) gleichzeitig geeignete technische Sicherungseinrichtungen angebracht werden. Für bestehende <u>Siedlungen</u> sind Alarmorganisation und Evakuationsplan vorzubereiten.
2 blau	Gebäudezerstörungen sind hier in den nächsten 100-150 Jahren nicht zu erwarten, falls gewisse Auflagen bezüglich Bauweise beachtet werden; ausserhalb von Gebäuden besteht eine gewisse Gefährdung von Personen, die allerdings geringer ist als im roten Gebiet.	Hier dürfen <u>Neubauten und Wiederaufbauten</u> , die für den Aufenthalt von Menschen bestimmt sind oder der ständigen Unterbringung von Tieren dienen, nur erstellt werden, wenn sie a) aus technischen, insbesondere auch aus landwirtschaftstechnischen Gründen auf den betreffenden Standort angewiesen sind oder b) in bereits bestehenden geschlossenen Siedlungen Bauten ersetzt werden oder c) keine wesentliche Erweiterung des gefährdeten Personenkreises zu erwarten ist; d) die Zugänge zur Siedlung gesichert sind. <u>Umbauten und Zweckänderungen</u> bestehender Bauten dürfen überdies gestattet werden, wenn dadurch keine wesentliche Erweiterung des gefährdeten Personenkreises zu erwarten ist. Bei <u>Neubauten</u> sowie bei <u>Umbau oder Zweckänderung</u> bestehender Gebäude müssen gleichzeitig geeignete technische Sicherungseinrichtungen angebracht werden. Für <u>bestehende Siedlungen</u> sind Alarmorganisation und Evakuationsplan vorzubereiten.
1 gelb	Hier herrscht sehr geringe Gefahr. Gebäudezerstörungen sind während der nächsten 100-150 Jahre unwahrscheinlich. Personen im Freien sind hier kaum oder nur selten gefährdet.	Hier sind keine baulichen Sicherheitsmassnahmen vorzukehren. Hingegen ist eine Alarmorganisation vorzusehen, welche vor allem bei akuter Lawinengefahr vor dem Aufenthalt im Freien warnt.
0 weiss	Hier herrscht nach menschlichem Ermessen keine Gefahr.	Hier sind keine Sicherheitsvorkehrungen erforderlich.

Tab. 16 Bedeutung der Gefahrenstufen allgemein und Vorschlag zur Formulierung resultierender Mindestvorschriften

- Für zulässige Bauten in Zonen mit Lawinengefahrenstufe 3 (rote Lawinengefahrengebiete) sind Dimensionierungs- und Konstruktionsvorschriften zu erlassen.

In Tab. 16 ist ein Vorschlag zur Erlassung von Mindestvorschriften unter Berücksichtigung aller Gefahrenarten aufgeführt, welcher weitgehend von den Formulierungen in Tab. 15 abgeleitet worden ist.

Zur Bedeutung der Gefahrenstufe 3 in Tab. 16 ist ergänzend folgendes zu bemerken:

Diese Umschreibung der Gefahrenstufe berücksichtigt, dass ein Gebäude auf verschiedene Arten, nämlich durch Mittransport (z. B. auf einer Rutschmasse), als Hindernis (für Lawinen und Muren) oder durch Unterspülung zerstört werden kann. Die Gefährdung von Personen in Gebäuden setzt nicht unbedingt deren Zerstörung voraus. Es genügt, dass beispielsweise Hochwasser mannhoch ins Erdgeschoss eindringen, damit Menschenleben gefährdet sind (vgl. dazu BERGTHALER 1975 : 164 - 165). Dabei werden aber in der Regel doch Teile des Hauses beschädigt, was in der Umschreibung mit dem Passus "... oder Teilen davon..." berücksichtigt ist.

#### 3.5.2.2. Areale mit nicht eindeutiger Gefahrenstufung

Solche Gefahrenzonen können aus zwei Gründen ausgeschieden werden:

1. Zonen, in welchen ein enräumiger Wechsel zwischen verschiedenen Gefahrenstufen besteht, so dass Teilzonen verschiedener Stufung nicht mehr einzeln darstellbar sind. Ein Beispiel:

Die Fläche am linken Ufer der Lüttschine zwischen der Gletscherschlucht und dem Aspisteg (Blatt 4, Raum Koord.: 646 300/162 760) ist stark coupiert (vgl. dazu die Kartenbeilage 1 : 2 000 mit einer Aequidistanz von 2 m von ZURBUCHEN und ZUMBUEHL in MESSERLI et al. 1976). Bei einem Uferübertritt der Lüttschine, wie er 1951 stattfand (vgl. Kap. 3.3.7., S. 141) würde nicht die ganze Zone gleichermassen tangiert, sondern einzelne Flächenstücke würden stärker, andere schwächer oder überhaupt nicht in Mitleidenschaft gezogen. Indem wir diese Zone als revidierbar (im Bereich der Gefahrenstufen 2 und 1) bezeichnen, weisen wir darauf hin, dass es innerhalb dieser allgemein etwas gefährdeten Zone Stellen gibt, welche relativ sicher sind und welche nach nochmaliger, detaillierterer Abklärung (Revision) vom Gesichtspunkt der Naturgefahren z.B. als Standort für ein Bauwerk in Frage kämen.

2. Zonen, in welchen die Einstufung mangels genügendem Einblick in die örtlichen Verhältnisse oder mangels geeigneter Methoden nicht eindeutig erfolgen kann.

Die Zonen mit nicht eindeutiger Gefahrenstufung werden jeweils in der Flächenfarbe dargestellt, welche der niedrigsten der zur Diskussion stehenden Gefahrenstufen entspricht. Diese Flächenfarbe wird überlagert durch eine schräge Schraffur in der Farbe, welche der höchsten zur Diskussion stehenden Gefahrenstufe entspricht.

Eine gelbe Fläche mit roter Schraffur weist also entweder auf einen engräumigen Wechsel zwischen den Gefahrenstufen 1, 2 und 3 hin (Fall 1), oder sie deutet an, dass hier eine Unsicherheit in der Beurteilung besteht und dass eine definitive Beurteilung mit verfeinerten Methoden die Stufen 1, 2 oder 3 ergeben würde (Fall 2).

Schraffierte Flächen weisen grundsätzlich darauf hin, dass bei einem Vorhaben in der betreffenden Zone noch eine Verfeinerung, eine Revision der Gefahrenbeurteilung vorgenommen werden sollte.

### 3.5.2.3. Die Darstellung und Bezeichnung der Kindynotope

Zusätzlich zur Kennzeichnung mit Farbe und eventuell mit Schraffur ist jedes Kindynotop mit Buchstaben bezeichnet. Die Buchstaben weisen auf die Gefahrenarten hin und bedeuten folgendes:

- E = Eissturz, Eislawine
- L = Lawine, Gleitschnee
- R = Rutsch
- S = Sturz (Steinschlag, Felssturz, Bergsturz)
- W = Wasser (Hochwasser, Ueberschwemmung, Murgang)

Die für die Einstufung eines Kindynotops massgebenden Gefahrenarten werden durch Grossbuchstaben in alphabetischer Reihenfolge bezeichnet. Andere Gefahrenarten, welche für sich allein eine niedrigere Einstufung desselben Kindynotops bewirken würden, werden mit Kleinbuchstaben bezeichnet (Reihnfolge nach abnehmender Gefahrenstufe der betreffenden Gefahrenarten oder in alphabetischer Reihenfolge bei gleicher Einstufung).

Zur Illustration fügen wir zwei Beispiele aus der Gefahrenkarte an:

1. Hang ca. 200 m SW Oberhaus (Blatt 3, Raum Koord. 646 250/165 200):

Hier besteht Rutschgefahr mit nicht eindeutiger Stufung im Bereich der Stufen 1 und 2 sowie geringe Sturzgefahr in der Stufe 1.  
Farbe: gelb mit blauer Schraffur  
Bezeichnung: Rs

2. Hang "im Gummi" (Blatt 4, Raum Koord. 640 000/161 400):

Hier besteht Lawinengefahr in der Stufe 3, Sturzgefahr in der Stufe 2, Wassergefahr in engräumigem Wechsel zwischen den Stufen 2 und 1 sowie Rutschgefahr in der Stufe 1.  
Farbe: rot  
Bezeichnung: Lswr

### 3.6. BEMERKUNGEN ZUR BENUETZUNG DER KOMBINIERTEN GEOMORPHOLOGISCHEN GEFAHRENKARTE VON GRINDELWALD

---

#### 3.6.1. Allgemeines

Als Basis für die Gefahrenkarte verwendeten wir die gleichen Uebersichtspläne wie für die geomorphologische Grundlagenkarte (vgl. Kap. 2.4.1., S. 73). Mit wenigen Ausnahmen entspricht diese dem Zustand von 1973.

Die Gefahrenbeurteilung erfolgte im Sommer 1975. Die Gefahrenkarte entspricht also dem Stand 1975.

Da Flächen mit der Gefahrenstufe O (nach menschlichem Ermessen keine Gefahr) in der Karte wie die nicht beurteilten Flächen weiss erscheinen, wurden letztere mit einer dicken schwarzen Linie deutlich vom kartierten Gebiet abgegrenzt. Das Gebiet ausserhalb dieser Grenze ist bezüglich Naturgefahren nicht beurteilt worden!

#### 3.6.2. Das Restrisiko

Gemäss den Ausführungen in Kap. 3.2.2. und 3.2.3. haben wir angestrebt, bei der Abgrenzung und Einstufung der Gefahrenzonen alle Ereignisse zu berücksichtigen, welche in den nächsten 100 bis 150 Jahren eintreten könnten. In Zweifelsfällen wurden die Entscheide eher vorsichtig gefällt, wobei aber immer danach getrachtet wurde, die Grenzen so richtig wie möglich festzusetzen.

Und doch weiss jeder, welcher sich mit der Natur beschäftigt, dass immer wieder unter besonderen Umständen unerwartete Ereignisse eintreten können, und dass sich Naturkatastrophen auch an Orten, wo sie nicht erwartet werden und in unvorhergesehenem Ausmass ereignen. Deshalb wird keine Gefahrenkarte je eine Garantie für absolute Richtigkeit geben können. Und deshalb wird auch die Umschreibung der Gefahrenstufe O (weisse Zone) nie kategorisch feststellen "hier herrscht keine Gefahr", sondern sie wird eine Einschränkung enthalten müssen wie etwa bei unserer Karte, wo wir diese Zonen ausdrücklich nicht mit "hier herrscht nach menschlichem Ermessen keine Gefahr" umschrieben haben.

Wir können eine Gefahr nach bestem Wissen und Gewissen beurteilen, politische Instanzen können sich auf ein bestimmtes Risiko festlegen, das gegenüber diesen Gefahren eingegangen werden darf, aber wir können nie dafür garantieren, dass nicht irgend ein Ereignis von besonderem Ausmass die Beurteilung der Gefahr und des Risikos als falsch erscheinen lässt! Ein Restrisiko wird letztlich jeder einzelne trotz Gefahrenkarte und allfälligem Zonenplan einzugehen haben (vgl. dazu auch de QUERVAIN 1968).

3.6.3. Die Notwendigkeit der Revision der Beurteilung infolge natürlicher oder künstlicher Veränderungen

Die Landschaft ist einer ständigen Dynamik unterworfen. Ein heute lockerer Jungwald kann sich in wenigen Jahrzehnten zu einem kräftigen Bestand entwickeln. Dieser bildet im Gegensatz zur heutigen Situation für die weiter unten liegenden Gebiete einen wirksamen Lawinenschutz. Wenn wir heute jene Zone noch als lawinengefährdet ausscheiden, so dürfen wir in einigen Jahrzehnten die Beurteilung revidieren und können die Zone möglicherweise als geringer gefährdet einstufen.

Umgekehrt kann ein heute bestehender Schutzwald durch eine Lawine zerstört werden. Die darunter liegenden Gebiete, welche bis heute als sicher galten, sind plötzlich ohne Schutz und müssen gefahrenmässig höher eingestuft werden.

Eine weitere Bautätigkeit im Gebiet von Mühlebach (Raum Koord.: 647 500/ 164 500) oder zwischen Grindelwald und Oberhaus (Raum Koord.: 646 500/ 164 500) könnte buchstäblich zu einer immer stärkeren Belastung der betreffenden Hänge führen. Die Rutschgefahr könnte anwachsen, so dass im Prinzip mit jedem Haus, das dort erstellt wird, die Gefahrensituation neu überprüft und die Gefahrenbeurteilung revidiert werden muss.

Andererseits kann die Ueberbauung eines heutigen Gleitschneehanges dazu führen, dass die Schneedecke durch den Widerstand der Baukörper an der Bewegung gehindert und die damit verbundene Gefahr reduziert wird, so dass hier eine Reivision im Sinne einer geringeren Gefahr möglich ist.

Die vorliegende Gefahrenkarte entspricht dem Stand vom Sommer/Herbst 1975. Jede Veränderung im Gelände, ob diese nun künstlich oder natürlich ist, kann Veränderungen im Gefahrenbild zur Folge haben und muss eine Revision der Gefahrenbeurteilung auch ausserhalb der "Areale mit nicht eindeutiger Gefahrenstufung" nach sich ziehen. Gefahrenbeurteilung ist nicht eine einmalige, sondern eine permanente Notwendigkeit und Aufgabe.

3.6.4. Rechtswirkungen

Die vorliegende kombinierte geomorphologische Gefahrenkarte 1 : 10 000 von Grindelwald ist aus eigener Initiative und primär aus rein wissenschaftlichem Interesse erstellt worden. Sie ist nicht im Auftrag eines direkt Interessierten (einer Behörde, einer öffentlich-rechtlichen Institution oder von Privaten) hergestellt worden.

Im Sinne der Ausführungen in Kap. 1.1.3. (S. 31 ) stellt die vorliegende Gefahrenkarte eine streng nach objektiven wissenschaftlichen Kriterien erstellte Grundlagenkarte dar, welche nicht rechtskräftig werden soll.

Dagegen steht es den zuständigen Behörden frei, unter Benutzung dieser Karte einen Gefahrenzonenplan als rechtlich verbindliches Planungsinstrument zu erstellen und diesen in die umfassende Ortsplanung zu integrieren.



4.

ABSCHLIESSENDE BEMERKUNGEN



#### 4.1. ZUR GEOMORPHOLOGISCHEN GRUNDLAGENKARTE

Gemäss den in Kap. 1.3. formulierten Zielsetzungen hat die Grundlagenkarte folgenden Aufgaben gerecht zu werden:

1. Sie soll Grundlage und Beleg für die Erstellung der kombinierten geomorphologischen Gefahrenkarte sein.
2. Sie soll ein Beispiel für eine praktisch anwendbare "partial applied geomorphological map" sein.

Wie weit das zweite Ziel erreicht worden ist, wird sich erst bei der Verwendung der Karte durch Geomorphologen und andere Kartenbenützer zeigen.

Das erste Ziel ist nach unserer Ansicht erreicht worden. Es darf festgestellt werden, dass die geomorphologische Grundlagenkarte ihre Aufgabe bei der Erstellung der Gefahrenkarte erfüllt hat. Einige Vorbehalte und Verbesserungsmöglichkeiten aber wollen wir im folgenden diskutieren.

##### 4.1.1. Zum Inhalt der geomorphologischen Grundlagenkarte

Trotz den genannten zwei verschiedenen Zielsetzungen mussten im Inhalt und in der Darstellung der geomorphologischen Grundlagenkarte kaum Kompromisse eingegangen werden. Denn die geomorphologischen Sachverhalte (im Sinne einer "partial applied geomorphology") konnten ohne grosse Schwierigkeiten auf die erste Zielsetzung (Grundlage zur Gefahrenkarte) ausgerichtet werden.







Als überflüssig bei der Erstellung der Gefahrenkarte erwiesen sich dabei höchstens die Elemente 251 (Mulde ohne Oberflächenabfluss), 385 (Abgrusung, Absandung) und 391 (frostbedingte Formen).

Immerhin fehlen aber in der Grundlagenkarte einige Elemente, welche für die Erarbeitung einer Gefahrenkarte durchaus nützlich wären (vgl. Tab. 17 )

Vom rein inhaltlichen Gesichtspunkt her liessen sich dabei die unter a bis k enthaltenen Elemente recht zwanglos in eine geomorphologische Grundlagenkarte einbauen, während die unter l anfallenden Elemente aus dem Themenkreis der Geomorphologie hinausführen. Vom kartographischen Standpunkt aus würden sich allerdings wegen der flächenhaft darzustellenden Elementgruppen f bis j und allenfalls l erhebliche Schwierigkeiten ergeben (Näheres siehe weiter unten).

##### 4.1.2. Zur Kartographie der geomorphologischen Grundlagenkarte

Primär muss bedauert werden, dass die topographische Grundlage nicht geschummert ist. Denn die dargestellten geomorphologischen Elemente

Element oder Elementgruppe	Dient der Erhebung der				Vorschlag für die		
	Lawinen- gefahren	Sturz- gefahren	Rutsch- gefahren	Wasser- gefahren	Nr.	Ausdrucksform	Farbe
a Mögliche Wasser- und Geschiebeaustrittsstelle				x	122		blau
b Möglicher Weg von ausgetretenem Wasser und Geschiebe				x	127		blau
c Mögliche Verklauungsstelle				x	142		blau
d Quelle			x		133		blau
e Aktuell bewegte Rutsch- oder Talzuschubsmasse			x		306		rot
f Hangneigung	x		x			?	
g Bodenrauigkeit	x					?	
h Morphologische Wertigkeit des Gesteins		x	x			?	
i Beschaffenheit des Lockermaterials			x			?	
j Mächtigkeit des Lockermaterials			x			?	
k Schichtfallen			x		961		braun
l Vegetation (einfache Gliederung)			x			?	

Tab. 17 Zusätzlich notwendige Elemente für eine optimale Gefahrenbeurteilung aus der geomorphologischen Grundlagenkarte

könnten durch eine Schummerung besser in Beziehung zum Relief gebracht werden.

Die farbliche Trennung nach der Wirkungsrichtung der einzelnen Prozessgruppen halten wir grundsätzlich nach wie vor für sinnvoll, und sie scheint uns auch in zukünftigen Arbeiten anwendbar zu sein. Indem die Rutschkörper (Elemente 511 - 514) als "Akkumulationsformen" grün dargestellt sind, heben sie sich in erwünschter Weise deutlich von den Bruchrändern ab. Zugunsten einer besseren Uebersicht, vor allem im Hinblick auf die Anwendung der Grundlagenkarte für die Gefahrenbeurteilung, wäre dagegen möglicherweise eine farbliche Abtrennung der Rutschkörper von den übrigen Akkumulationsformen zweckmässig. Unter gleichzeitiger Beibehaltung der übrigen bestehenden Inhaltsgruppierung liesse sich dies nur durch die Verwendung einer weiteren Farbe verwirklichen. Dabei käme etwa folgende Palette in Frage: grau, blau, rot, schwarz und grün ohne die Elemente 511 - 514 wie in der vorliegenden Karte, violett anstelle von braun und braun für die Rutschkörper (Elemente 511 - 514).

Bei der Erarbeitung der kombinierten Gefahrenkarte stellte sich auch die Frage, ob es nicht sinnvoll wäre, die Farbgebung in der Grundlagenkarte nach der Bedeutung der Elemente für die verschiedenen Gefahrenarten zu richten, beispielsweise:

- rot für Elemente, welche auf Lawinengefahr hinweisen
- braun für Elemente, welche auf Rutschgefahr hinweisen
- grün für Elemente, welche auf Sturzgefahr hinweisen
- blau für Elemente, welche auf Wassergefahr hinweisen
- schwarz für formale Elemente

Dieser Darstellungsweise, welche immerhin einen Versuch wert wäre, steht die Schwierigkeit entgegen, dass etwa die Hälfte der Elemente gleichzeitig auf zwei oder drei verschiedene Gefahrenarten hinweisen, welche je eine andere Farbe verlangen würden.

Sachlich dürfte diese Darstellungsweise beim Schritt von der Grundlagenkarte zur Gefahrenkarte eine wesentliche Arbeitserleichterung schaffen. Andererseits würde aber die Grundlagenkarte über eine mehr oder weniger objektive Bestandesaufnahme hinausführen und bereits eine Interpretation beinhalten, welche die Objektivität der Karte teilweise herabsetzen müsste. Nach unserer Ansicht liegt aber der Sinn einer Grundlagenkarte gerade darin, einen objektiven Beleg für die weiteren Arbeitsschritte zu bilden.

Anlässlich der Erarbeitung der kombinierten Gefahrenkarte wurde auch die Frage aufgeworfen, ob diese Arbeit nicht erleichtert würde, wenn möglichst alle Elemente als Grundrisse mit flächenbedeckender oder mit linearer Signatur dargestellt würden, wenn also beispielsweise der S-exponierte Hang ca. 1,5 km E des Männlichen (Blatt 2, Raum Koord.: 639 700/163 400) statt mit einer Fülle von bildhaften Lokalsignaturen (vor allem Elemente 366 und 369) durch einen bestimmten roten Flächenraster mit Abgrenzung markiert würde, welcher anzeigt, dass der Hang Gleitschnee-Schurfschäden aufweist.

Der Arbeitsvorgang bei der ersten Ausscheidung der provisorischen Kindynotope (Schritt 3 und 4 in Fig. 24, S. 158) würde einfacher, indem die Grundrissgrenzen häufig auch als Kindynotopgrenzen übernommen werden könnten. Das Bild der Grundlagenkarte würde dabei unter Umständen ruhiger wirken und zu einer eindeutigeren Gliederung führen.

Dem letztgenannten Vorteil ist kaum etwas entgegenzuhalten. Dagegen ist die Vereinfachung der Ausscheidung der provisorischen Kindynotope nur scheinbar ein Vorteil, indem die Festlegung der Grenzen im gesamten Arbeitsablauf in eine frühere Phase, nämlich die Entwurfsphase der Grundlagenkarte vorverschoben würde. Durch die bereits in der Grundlagenkarte vorgenommene Weiterinterpretation der im Gelände erhobenen Fakten würde bei der Ausscheidung der provisorischen Kindynotope die Zurück-Besinnung auf die realen Verhältnisse am betreffenden Hang erschwert, und der Bearbeiter der Gefahrenkarte wäre eher versucht, die in der Grundlagenkarte enthaltenen Grenzen unkritisch zu übernehmen.

Ein weiterer Nachteil wäre auch hier der Umstand, dass die Funktion der Grundlagenkarte, detaillierter Beleg der im Gelände sichtbaren Fakten zu sein, teilweise verloren ginge.

Aus kartographischen Gründen (Aesthetik und Gliederung) dürfte es hingegen sinnvoll sein, bei zukünftigen Kartierungen die mit Lockermaterial überdeckten Flächen (Elemente 521 - 523) statt durch "flächenbedeckende Signaturen in offenen Arealen" als "Grundrisse mit flächenbedeckenden

Signaturen" darzustellen. Wenn die Rutschkörper (Elemente 511 - 514) entweder in einer andern Farbe oder beispielsweise durch eine grüne Schraffur dargestellt würden, könnten die Elemente 521 und 523 in grünen Punktrastern unterschiedlicher Abstufung (je nach Mächtigkeit der Lockermaterialdecke) eingetragen werden. Diese Darstellungsweise würde kartographisch eine weitere Angleichung an die HYDROGRAPHISCH-MORPHOLOGISCHE KARTE DER BAYERISCHEN ALPEN 1 : 25 000 bedeuten.

Zur Wahrung der sachlichen Richtigkeit müsste aber in diesem Falle mit aufwendigerer Feldarbeit gerechnet werden, weil hier die Grenzen zwischen den einzelnen Arealen definitiv festzulegen wären. Dies steht aber im Widerspruch zum Wunsch nach Reduktion der Feldarbeit (vgl. Kap. 4.3.).

Eine Erweiterung des Inhaltes der Grundlagenkarte gemäss Tab. 17 würde grosse kartographische Probleme aufwerfen, für welche wir im Moment noch keine Lösung anbieten können. Wie weiter oben angetönt wurde, liegt das Problem vor allem in der Ueberlagerung verschiedener flächenhaft darzustellender Elemente (Gruppen f - j und l in Tab. 17). Der Kartograph würde deshalb ähnlichen Schwierigkeiten gegenüberstehen, wie derjenige, welcher geomorphologische Karten nach dem Legendenvorschlag des Arbeitskreises Geomorphologische Karte der Bundesrepublik Deutschland (LESER, STAEBLEIN 1975) auszuführen hat. Auch in unserem Falle müsste daher geprüft werden, ob ein Zweiblatt-System von Vorteil wäre, wobei wir hier noch offenlassen, nach welchen Gesichtspunkten die Aufteilung der Inhalte auf die zwei Blätter zu erfolgen hätte. Es wird daher zukünftigen Arbeiten vorbehalten sein, hier nach Lösungen zu suchen.

Die bis hier diskutierten inhaltlichen und kartographischen Abänderungsvorschläge basierten auf der Voraussetzung, dass eine Darstellung in sechs oder mehr Farben möglich ist. Es sollte aber auch überprüft werden, wie weit sich die Zahl der verwendeten Farben reduzieren liesse, da wir kaum davon ausgehen können, dass bei allfälligen weiteren ähnlichen Kartierungen die nötigen Geldmittel für einen Vielfarbenruck zur Verfügung stehen werden. Ein kleiner, auf zwei Farben reduzierter Ausschnitt aus der geomorphologischen Grundlagenkarte wird in KIENHOLZ (1977 b) publiziert.

#### 4.1.3. Zusammenfassung der prüfungswerten Abänderungsvorschläge

In den vorangehenden Kapiteln sind einige Abänderungs- und Verbesserungsvorschläge für die geomorphologische Grundlagenkarte diskutiert worden, welche zum Teil im Rahmen von zukünftigen Arbeiten überprüft werden sollten:

1. Einbeziehung der in Tab. 17 (S. 173) gewünschten zusätzlichen Elementgruppen bezüglich
  - Inhalt und Aussage
  - Klassifikation
  - Erhebungsverfahren
  - kartographische Darstellungsmöglichkeiten

2. Zuteilung von bestimmten Farben zu den verschiedenen Gefahrenarten; Darstellung der Elemente in der Farbe der Gefahr, für welche sie Indikator sind, oder durch welche sie bedingt sind.
3. Verwendung einer weiteren Farbe zur gesonderten Darstellung der Flächen von verrutschten bzw. versackten Massen (Elemente 511 - 514).
4. Darstellungsmöglichkeiten unter Verwendung nur einer Farbe neben der Farbe für die topographische Grundlage.
5. Andere Darstellungsweise der mit Lockermaterial bedeckten Flächen (Elemente 521, 523).

#### 4.2. ZUR GEFAHRENBEURTEILUNG UND ZUR GEFAHRENKARTE

Wir sind bei unserer Kartierung allgemein nach der Teilflächenmethode (Variante B in Fig. 24 , S.158) vorgegangen. Wir halten diese Methode nach wie vor als geeignete Lösung des Problems durch Bearbeiter mit einem noch relativ kleinen Erfahrungsschatz. Dagegen dürfte sich das Vorgehen gemäss Variante A bei erfahreneren Bearbeitern und bei allfälliger aufgeteilter Gefahrenbeurteilung (verschiedene Spezialisten für die einzelnen Gefahrenarten) als zweckmässiger erweisen.

Diese Fragen sind aber rein arbeitstechnischer Art und müssen vor allem im Zusammenhang mit der Relation Zeitaufwand/Nutzeffekt von Fall zu Fall diskutiert und entschieden werden. Wichtiger scheinen uns die Probleme der Gefahrenbeurteilung selbst und derer Nachvollziehbarkeit und Objektivität zu sein.

Messungen und Experimente in Modell und Wirklichkeit sind aus mehrfach erwähnten Gründen technischer und finanzieller Art in grossflächigen Untersuchungen, wie sie Gefahrenkarten voraussetzen, nur ausnahmsweise durchführbar.

Deshalb muss in den meisten Fällen mit quantitativ oder gar nur qualitativ abgeschätzten Angaben oder mit Annahmen gearbeitet werden. Um die Qualität dieser Arbeit zu verbessern und um die Objektivität bezüglich Nachvollziehbarkeit zu erhöhen, sollten geeignete Checklisten oder, wenn möglich, Testsysteme einbezogen werden können.

Wir haben in den Kap. 3.3.3. - 3.3.7. einfache eigene Checklisten vorgestellt, auf das Testsystem von MOSER (1973) zur Bestimmung der Hangstabilität hingewiesen, dieses zur Aufstellung einer Checkliste verwendet und auch mit dem Wildbach-Gefährlichkeits-Index von AULITZKY (1973 b) gearbeitet.

Es hat sich dabei erwiesen, dass mit den Checklisten eine Systematisierung der Gedankengänge bei der Gefahrenbeurteilung erreicht werden kann und dass mit der Anwendung der Testsysteme (Gefährlichkeits-Indizes) sogar eine quantifizierte Auswertung der Erhebungen möglich ist. Aber ein mehr oder weniger vorbehaltloser Einsatz von solchen Testsystemen würde noch folgendes voraussetzen:

1. Es müssten mehr Erfahrungen über die Richtigkeit der Testsysteme bzw. der mit ihrer Hilfe vorgenommenen Beurteilung vorliegen.
2. Die Testsysteme müssen so aufgebaut werden, dass bei minimalem Arbeitsaufwand eine möglichst schlüssige und optimale Beurteilung erwartet werden darf.
3. Jedes Testsystem sollte in verschieden strukturierten Gebieten einsetzbar sein. Dazu sollten Möglichkeiten zur Eichung und zur Anpassung der Gewichtung einzelner Faktoren vorgesehen werden.

Um diese Voraussetzungen zu schaffen, dürften noch recht zahlreiche Detailuntersuchungen und Experimente notwendig sein.

Nach unserer Ansicht sollte sich die angewandte geomorphologische Forschung in Zukunft vermehrt mit solchen Testsystemen befassen.

#### 4.3. ZUM PROBLEM DES ARBEITSAUFWANDES

Aus den in Kap. 2.2.1. erwähnten Gründen mussten die Kartierungsarbeiten vorwiegend im Feld durchgeführt werden. Der Aufwand (Aufnahme und Nachprüfung) für die beiden Blätter der Grundlagenkarte allein belief sich auf 59 Feldarbeitstage. Zusammen mit dem Aufwand für die Gefahrenkarte von 37 Feldtagen ergibt dies 96 Tage Feldarbeit.

Dabei ist einerseits in Rechnung zu stellen, dass mit unserer Kartierung ein Lernprozess sachlicher und methodischer Art verbunden war, welcher für den hohen Zeitaufwand teilweise verantwortlich ist. Andererseits liess der mit Bergbahnen und Güterstrassen sehr gut erschlossene Talkessel von Grindelwald bezüglich Arbeitseinsatz eine verhältnismässig ökonomisch organisierte Feldarbeit zu.

Für einen erfahrenen Bearbeiter dürfte sich der Zeitaufwand für die Feldarbeit auf etwa 70 Tage reduzieren.

Da für den grössten Teil der Feldarbeit nur Tage mit guten Sichtverhältnissen in Frage kommen und weil zwischendurch Phasen mit vorwiegender Hausarbeit notwendig sind (Luftbildauswertung, Literatur, Archiv, Kartographie usw.) wird für eine solche Kartierung in einem bezüglich Grösse und Struktur mit Grindelwald vergleichbaren Gebiet realistischerweise mit einem Aufwand von ca. 1/2 Jahren zu rechnen sein:

- 3 Monate Vorbereitung, Archiv, Luftbildauswertung usw. (Frühjahr)
- 4 Monate Feld- und Hausarbeit: Aufnahmen der Grundlagenkarte (Sommer)
- 2 Monate Fertigstellung der Grundlagenkarte (Winter)
- 3 Monate Vorbereitung der Gefahrenkartierung (Frühjahr)
- 3 Monate Feld- und Hausarbeit: Aufnahmen und Verifizieren der Gefahrenkarte (Sommer)
- 3 Monate: Fertigstellung und Kontrolle der Gefahrenkarte (Herbst)

Dieser Zeitaufwand gilt für einen Bearbeiter plus einen Spezialisten für Lawinengefahr wie in unserem Falle. Beim Festhalten am schrittweisen Vorgehen über eine Grundlagenkarte müssen auf diese Weise zwei Sommer für Feldarbeiten zur Verfügung stehen.

Die Einschränkung auf nur einen Sommer Feldarbeit würde entweder die Sistierung der Grundlagenkartierung oder den gleichzeitigen Einsatz mehrerer Bearbeiter erfordern. Ersteres ist unerwünscht, weil die Gefahrenbeurteilung dadurch noch weniger zu belegen ist. Der Einsatz mehrerer Bearbeiter hätte dagegen den Vorteil vermehrter gegenseitiger Kritik und Diskussion und würde eine Spezialisierung (z. B. auf verschiedene Gefahrenarten) ermöglichen. Andererseits könnte allerdings der einheitliche Guss der gesamten Arbeit darunter leiden, vor allem dann, wenn die Bearbeiter regional aufgeteilt würden.

Auch wenn wir es durchaus als sinnvoll erachten, nach Rationalisierungs-

möglichkeiten zu suchen und andere Verfahren, vor allem vermehrtes Einbeziehen der Luftbilddauswertung zu prüfen, müssen wir an dieser Stelle nochmals darauf hinweisen, dass wir bei der Erstellung von Grundlagen für Ortsplanungen bezüglich Naturgefahren nie um eine sorgfältige Geländeanalyse herumkommen. Denn hier muss jede Parzelle und jeder potentielle Objektstandort auf eine Sache hin überprüft werden, bei welcher es um Leben und Tod, mindestens aber um wirtschaftliche und finanzielle Erwägungen geht.

Eine weitere wichtige Rationalisierungsmöglichkeit dürfen wir aber auch nicht ausser Acht lassen: Wie dies in unserer Gefahrenkarte bereits an einigen Stellen geschehen ist, müssen nicht unbedingt alle Zonen definitiv eingestuft werden, sondern es können vermehrt sogenannte "Areale mit nicht eindeutiger Gefahrenstufung" (vgl. Abschn. 3.5.2.2., S. 166) ausgeschieden werden. Diese Zonen werden dabei grundsätzlich vorerst gemäss der höheren in ihnen vertretenen Gefahrenstufen behandelt. Erst nach einer detaillierteren Untersuchung kann unter Umständen die Einstufung einer solchen Zone revidiert werden. Dabei ist es im übrigen durchaus offen, ob diese detaillierte Untersuchung auch noch Aufgabe der Gemeinde sein muss, oder ob die Erbringung des Nachweises, dass ein fraglicher Ort bezüglich Gefahr zu hoch eingestuft ist, nicht dem betreffenden privaten Interessierten zugemutet werden darf.

Praktisch würde dies also bedeuten, dass bei der amtlich durchgeführten Gefahrenkartierung, nur die mit geringem Untersuchungsaufwand sicher einstuftbaren Gefahrenzonen definitiv ausgeschieden werden und alle andern Gebiete als Zonen mit revidierbarer Gefahrenstufung zu bezeichnen sind.





## LITERATURVERZEICHNIS

---

- ABELE, G., 1974: Bergstürze in den Alpen. Wissenschaftliche Alpenvereinshefte, H. 25, Hauptausschüsse des Deutschen und des Oesterreichischen Alpenvereins, München
- ALTMANN, H. J., 1959: Bergstürze und Rutschungen in den Lüttschinentälern. Jahresbericht der Geogr. Ges. von Bern, Bd. XLIV, Bern
- AMPFERER, O., 1939: Ueber einige Formen der Bergzerreissung. Sitzungsber. d. Akad. d. Wissensch., math.-naturw. Klasse, Abt. I, 148. Bd., H. 1 und 2 : 1 - 14, Wien
- AREALSTATISTIK DER SCHWEIZ, 1972: Statistische Quellenhefte der Schweiz, H. 488, Eidg. Stat. Amt, Bern
- AULITZKY, H., 1970: Der Enterbach am 26. Juli 1969. Wildbach und Lawinenverbau 34 : 31 - 66
- AULITZKY, H., 1973 a: Berücksichtigung der Wildbach- und Lawinengefahrengebiete als Grundlage der Raumordnung von Gebirgsländern. 100 Jahre Hochschule f. Bodenkultur, Bd. IV, Teil 2 : 81 - 113, Ver. z. Förd. d. forstl. Forschung in Oesterreich, Wien
- AULITZKY, H., 1973 b: Vorläufige Wildbach-Gefährlichkeits-Klassifikation für Schwemmkegel. 100 Jahre Hochschule f. Bodenkultur, Bd. IV, Teil 2 : 114 - 117, Ver. z. Förd. d. forstl. Forschung in Oesterreich, Wien
- AULITZKY, H., 1974: Endangered Alpine regions and disaster prevention measures. Concil of Europe, Strasbourg
- BAKER, R. F., YODER, E. J., 1958: Stability Analyses and Design of control Methods. Landslides and Engeneering Practice, Highway Research Board, Special Report 29 : 189 - 216, NAS-NRC Publ. 544, Washington D. C.
- BAUDER, W., 1976: Untersuchungen von bodenphysikalischen Eigenschaften einiger Beispiele aus den Rutschgebieten von Grindelwald. Unveröff. Proseminararb., Geogr. Inst. d. Uni Bern
- BAUMGARTNER, R., 1974: Ueber Zusammenhänge zwischen geologischen Strukturen und Massenbewegungen. Einige Beispiele aus dem Raum Grindelwald. Unveröff. Proseminararb., Geogr. Inst. Uni Bern
- BEINSTEINER, H., MAYER, H., 1971: Waldbauliche Untersuchungen von Waldabbrüchen im Osttiroler Katastrophengebiet. Interpraevent 1971, Bd. 2 : 295 - 310, Forschungsgesellsch. f. vorbeugende Hochwasserbekämpfung, Klagenfurt
- BENTZ, A., MARTINI, H. J., 1969: Geowissenschaftliche Methoden. Lehrbuch d. angew. Geologie. Bd. II, Teil 2 : 1357 - 2151, Enke, Stuttgart
- BERGTHALER, J., 1975: Grundsätze der Erarbeitung von Gefahrenzonenplänen in Wildbächen der Nördlichen Kalkalpen und der Grauwackenzone. Oesterr. Wasserwirtschaft, Jg. 27, H. 7/8 : 160 - 168, Springer, Wien/New York
- BJERRUM, L., JØRSTAD, A. F., 1968: Publ. Nor. Geotek. Inst. 89 : 1, Norwegen (zit. in SCHEIDEGGER 1975)

- BOLT, B. A., HORN, W. L., MACDONALD, G. A., SCOTT, R. F., 1975: Geological Hazards. Springer, Berlin/New York
- BOTSCHAFT DES BUNDESRATES an die Bundesversammlung zum Bundesgesetz über die Raumplanung, 31.5.1972, Bern
- BRUECKNER, E., 1895: Der Gletscherabbruch an der Altels im Berner Oberland vom 11. September 1895, Himmel und Erde VIII, 2 : 57 - 72
- BUNDESMINISTERIUM FUER LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, 1973: Vorläufige Dienst-anweisung für die Ausarbeitung von Gefahrenzonenplänen, Wien
- BUNZA, G., KARL, J., 1975: Erläuterungen zur hydrographisch-morphologischen Karte der Bayerischen Alpen 1 : 25 000. Bayer. Landesamt f. Wasserwirtschaft, Sonderh., München
- BUNZA, G., 1975: Klassifizierung alpiner Massenbewegungen als Beitrag zur Wildbachkunde. Interpraevent 1975, Bd. 1 : 9 - 24, Forschungsges. f. vorbeugende Hochwasserbekämpfung, Klagenfurt
- BUNZA, G., 1976: Systematik und Analyse alpiner Massenbewegungen. Schriftenreihe Bayer. Landesstelle für Gewässerkunde, H. 11 : 1 - 84, München
- BUSER, H., 1971: Geotechnische Risikokarte der Schweiz 1 : 300 000. ORL-Inst. ETHZ, Zürich
- CAZABAT, C., 1972: Les cartes de localisation probable des avalanches. XIIe Congr. int. photogrammetrie, IGN, Paris
- COAZ, J., 1910: Statistik und Verbau der Lawinen in den Schweizeralpen. Stämpfli, Bern
- COOKE, R. U., DOORNKAMP, J. C., 1974: Geomorphology in Environmental Management. Clarendon Press, Oxford
- CROZIER, M. J., 1973: Techniques for the morphometric analysis of landslides. Z. f. Geomorph., NF 17, H. 1 : 78 - 101, Borntraeger, Berlin/Stuttgart
- CZELL-BRUNNER-STONAWSKI, A., 1971: Erosionsvorbeugung: Wiederbegrünung stark steiniger Geländeabschnitte. UMSCHAU 73, H. 13 : 408 - 409, Breidenstein, Frankfurt
- DEMEK, J. (Hrsg.), 1972: Manual of detailed geomorphological mapping. IGU, Commission on geomorphological survey and mapping, Academia, Prague
- DNA, 1972: Baunormen, Baugrund. DIN Taschenbuch 36, Beuth, Berlin
- EASF, 1974: Die grössten bis zum Jahre 1969 beobachteten Abflussmengen von Schweizerischen Gewässern, Eidg. Drucks.- u. Materialzentr., Bern
- ECKEL, E. B. (Editor), 1958: Landslides and Engineering Practice. Highway Research Board, Special Report 29, NAS-NRC Publ. 544, Washington, D. C.
- EG GRINDELWALD, 1975: Baureglement und Zonenplan. Einwohnergemeinde, Grindelwald
- EIDG. STATISTISCHES AMT, 1972: Eidg. Volkszählung 1970. Statistische Quellenwerke der Schweiz, H. 476, Bern
- ELSASSER, H., 1967: Untersuchungen an Erdbülten im Avers. Geogr. Helv., Bd. 22, H. 1 : 27 - 30, Kümmerly & Frey, Bern

- ENGLER, A., 1919: Untersuchungen über den Einfluss des Waldes auf den Stand der Gewässer. Mitt. d. Schweiz. Zentr. anst. f. d. forstl. Versuchswesen, XII. Bd., Beer, Zürich
- ESCHER v. d. Linth, H. C., 1794: Fragmente über die Naturgeschichte Helvetiens von J. C. Escher. Vom Jahr 1791 (u. a. 1794). H. 1 : 92 § 133, ETHZ Bibliothek, Handschriftenabtlg.: Hs 704 : 1<sub>1</sub>
- FEIST, L., 1975: Strassenbau und Interpraevent. Hochwasser- und Lawinenschutz in Tirol : 137 - 163, Land Tirol (Hrsg.), Innsbruck
- FISCHER, K., 1967: Erdströme in den Alpen. Mitt. Geogr. Ges. in München, Bd. 52 : 231 - 246, München
- FRUTIGER, H., 1970: Der Lawinenzonenplan. Z. f. Forstwesen, Bd. 121, H. 4 : 246 - 276
- FUMAGALLI, E., CAMPONUOVO, G. F., 1976: Verifica su modello di opere protettive contro la caduta di masse lapidee. Interpraevent 1975, Bd. 1 : 33 - 48. Forschungsges. f. vorbeugende Hochwasserbekämpfung, Klagenfurt
- FURGLER, K., 1973: Erste Bilanz im Vollzug des dringlichen Bundesbeschlusses über die Raumplanung. Raumplanung Schweiz, H. 2, Eidg. Justiz- u. Polizeidep., Bern
- GEFAHRENKARTE DER SCHWEIZ 1 : 100 000, 1976: hrsg. vom Eidg. Oberforstinspektorat und vom Delegierten für Raumplanung unter Mitwirkung des Eidg. Amtes für Strassen- und Flussbau, Bern (in Vorbereitung)
- GENERALKARTE DER SCHWEIZ 1 : 250 000, 1867 : Blätter I - IV, Kümmerly & Frey, Bern
- GENGE, E. (jun.), 1967: Kleine Scheidegg - Eigergletscher. Geologischer Führer d. Schweiz, H. 4, Exkursion 18 : 300 - 316, Wepf, Basel
- GIERLOFF-EMDEN, H. G., SCHROEDER-LANZ, H., 1970: Luftbilddauswertung B. I. Hochschultaschenbücher 358/358 a, Bibl. Inst., Mannheim
- GIRARDI, W., 1972: Ueber Planung moderner Schipisten. Allg. Forstzeitg., 83, H. 4 : 74 - 75, Wien
- GOEBEL, P., LESER, H., STAEBLEIN, G., 1973: Geomorphologische Kartierung - Richtlinien zur Herstellung geomorphologischer Karten 1 : 25 000. Geogr. Inst. Uni Marburg
- GRENGG, H., 1971: Wasserkraftnutzung und Hochwasserplage. Schriftenreihe f. Raumpforsch. u. Raumpf., Bd. 11 : 80 - 82. Amt d. Kärntner Landesregierung, Klagenfurt
- GRIMM, F., HAASE, G., KUGLER, H., LAUCKNER, M., RICHTER, H., 1964: Empfehlung für den Inhalt und die Bearbeitung einer geomorphologischen Grundkarte im Massstab 1 : 10 000. Peterm. Geogr. Mitt. 108, H. 1/2 : 150 - 157, Haack, Gotha/Leipzig
- GROSJEAN, G., 1960: Kantonaler Karten- und Plankatalog Bern. Staatl. Lehrmittelverl., Bern
- GROSJEAN, G., 1975: Kartographie für Geographen II - Thematische Kartographie. Geogr. Bern. U 10, Geogr. Inst. Uni Bern
- GRUNDER, M., 1976: Methodische Probleme zur geomorphologischen Gefahrenkartierung mit Hilfe multispektraler Luftbilder. Dipl. arb., Geogr. Inst. Uni Bern (in Bearbeitung)

- GUENZLER-SEIFFERT, H., WYSS, R., 1938: Geologischer Atlas der Schweiz  
1 : 25 000, Blatt 396 Grindelwald mit Erläuterungen. Geolog.  
Komm. d. Schweiz. nat. forsch. Ges., Francke, Bern
- HAEBERLI, W., 1975: Untersuchungen zur Verbreitung von Permafrost zwischen  
Flüelapass und Piz Grialetsch (Graubünden). Mitt. d. Vers. anst. f.  
Wasserbau, Hydrol. u. Glaziol. an d. ETHZ, Nr. 17, Zürich
- HAEFELI, R., 1954: Kriechprobleme im Boden, Schnee und Eis. Mitt. d. Ver-  
suchsanst. f. Wasserbau u. Erdbau an d. ETHZ, Nr. 30; auch in Wasser-  
und Energiewirtsch., Nr. 3, 1954
- HANAUSEK, E., 1972: Die Anlage von Schiabfahrten aus der Sicht des Wildbach-  
und Lawinenverbauers. Allg. Forstz., 83, H. 4 : 80 - 82, Wien
- HANAUSEK, E., 1975 a): Wildbach- und Lawinenschutz in Tirol. Hochwasser- und  
Lawinenschutz in Tirol : 108 - 128, Land Tirol (Hrsg.), Innsbruck
- HANAUSEK, E., 1975 b): Bisherige Erfahrungen in der Gefahrenzonenplanung in  
Tirol. Interpraevent 1975, Bd. 1 : 367 - 373, Forschungsges. f. vorbeu-  
gende Hochwasserbekämpfung, Klagenfurt
- HANK, G., 1975: Nutzungsrichtplan der Gemeinde Oberried. Unveröff. Manus-  
kriptkarte, Ing.- u. Planungsbüro G. Hank, Bern
- HARTMANN-BRENNER, D. C., 1973: Ein Beitrag zum Problem der Schutthalddenent-  
wicklung an Beispielen des Schweizerischen Nationalparks und Spitzber-  
gens. Diss. Geogr. Inst. Uni Zürich
- HÄUSLER, F., 1968: Das Emmental im Staate Bern bis 1798. Stämpfli, Bern
- HEIM, A., 1896: Die Gletscherlawine an der Altels am 11. September 1895.  
98stes Neujahrsblatt der Nat. forsch. Ges. in Zürich : 1 - 63,  
Zürich
- HEIM, A., 1932: Bergsturz und Menschenleben. Beibl. z. Vierteljahreszeitsch.  
d. Nat. forsch. Ges. in Zürich, Jg. 77, Nr. 20, Beer, Zürich
- HENSLER, W., 1972: Bau und Betrieb von Schiabfahrten aus der Sicht des  
Forstmannes. Allg. Forstzeitg., 83, H. 4 : 75 - 78, Wien
- HOPF, J., WANNER, J., 1975: Probleme eines murstossfähigen Baches im Inntal:  
Enterbach, Gemeinde Inzing (Oberlauf- und Unterlaufregulierung).  
Hochwasser und Lawinenschutz in Tirol : 215 - 226, Land Tirol (Hrsg.),  
Innsbruck
- HUBER, A., 1975: Schwallwellen in einem See als Folge eines Felssturzes.  
Modellversuche zur Voraussage der Auswirkung des Absturzes einer  
Gesteinsmasse in den Walensee. Interpraevent 1975, Bd. 1 : 241 - 254,  
Forschungsges. f. vorbeugende Hochwasserbekämpfung, Klagenfurt
- HUDSON, G. D., 1936: The Unit-Area-Method of Land Classification. Annals of  
the Assoc. of Amer. Geogr., XXVI/2 Albany (zit. in KIRCHEN 1949)
- HUMBERT, M., MONITION, L., 1975: La protection des espaces vitaux alpins -  
Les cartes des zones exposées aux risques des mouvements du sol et  
du sou-sol (plan ZERMOS). Serv. géol. nat., Orléans
- HURNI, H., 1974: Ueberprüfen des Testsystems von Moser über Hängstabilitäts-  
Klassifikationen auf seine Eignung im Raum Grindelwald - First an  
ausgewählten Beispielen. Unveröff. Prosem. arb., Geogr. Inst. Uni Bern

- HYDROGRAPHISCH-MORPHOLOGISCHE KARTE DER BAYERISCHEN ALPEN 1 : 25 000,  
1975 (Beispiel: Blatt 8337/8437 Josefthal), Bayer. Landesamt f.  
Wasserwirtsch., München
- IMHOF, E., 1972: Thematische Kartographie. Lehrbuch der Allg. Geographie,  
Bd. 10, de Gruyter, Berlin/New York
- IN DER GAND, H. R., 1968: Aufforstungsversuche an einem Gleitschneehang.  
Mitt. d. Schweiz. Anst. f. d. forstl. Versuchsw., Bd. 44, H. 3 :  
233 - 326, Beer, Zürich
- INTERNATIONAL SOCIETY OF SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING, 1968:  
Glossary in 8 languages on Soil Mechanics on Foundation Engineering.  
Schweiz. Ges. f. Boden- und Feldmechanik, Postfach 140, 1000 Lausanne 13
- JAECKLI, H., 1957: Gegenwartsgeologie des bündnerischen Rheingebietes. Beitr.  
z. Geol. d. Schweiz, Geotechn. Ser., Lg. 36, Kümmerly & Frey, Bern
- JEGERLEHNER, J., 1902: Die Schneegrenze in den Gletschergebieten der  
Schweiz. Gerland's Beitr. z. Geophys., Bd. V : 486 - 566 (zit. in  
KROENER 1968)
- KARL, J., DANZ, W., 1969: Der Einfluss des Menschen auf die Erosion im  
Bergland. Schriftenreihe Bayer. Landesst. f. Gewässerkunde, H. 1,  
München
- KARL, J., HOEHL, W., 1974: Analyse alpiner Landschaften in einem homo-  
genen Rasterfeld. Schriftenreihe d. Bayer. Landesst. f. Gewässerkunde,  
H. 10, München
- KARTE DER SCHWEIZ 1 : 300 000, 1970 (erste Ausgabe 1967): Vergrößerung der  
Landeskarte 1 : 500 000, Eidg. Landestop., Bern
- KARTE DER WILDBAECHE IN DEN BAYERISCHEN ALPEN 1 : 25 000, 1963: 55 Blätter,  
Bayer. Landesst. f. Gewässerkunde, München
- KIEMSTEDT, H., 1967: Zur Bewertung der Landschaft für die Erholung.  
Beitr. z. Landespflege, Sonderh. 1, Ulmer, Stuttgart
- KIENHOLZ, H., 1976: Problèmes méthodologiques pour le levé d'une carte  
globale des risques géomorphologiques à l'échelle 1 : 10 000.  
XXIII Int. Geogr. Congr., Present-Day Geomorph. Proc. Comm. IGU,  
Kiev; Abstr. of Papers: 30 - 36, Univ., Wrocław
- KIENHOLZ, H., 1977 a: Kombinierte geomorphologische Gefahrenkarte  
1 : 10 000 von Grindelwald. Catena, Giessen (in Vorbereitung)
- KIENHOLZ, H., 1977 b: Maps of Geomorphology and Natural Hazards of  
Grindelwald: Scale 1 : 10 000. Arctic and Alpine Research,  
University of Colorado, Boulder (in Vorbereitung)
- KINZL, H., 1932: Die grössten nacheiszeitlichen Gletschervorstösse in den  
Schweizer Alpen und in der Mt. Blanc-Gruppe. Z. f. Gletscherkunde  
Bd. 20 : 269 - 397, Borntraeger, Leipzig
- KIRCHEN, E., 1949: Die Einheitsflächenmethode. Eine Anwendung der "Unit Area  
Method" zur Kartierung der Agrarlandschaften im Gebiet Domleschg.  
Diss. Uni Zürich
- KIRWALD, E., 1971: Steuerung des Wasserumlaufes durch Wald- und Talsperren.  
Interpraevent 1971, Bd. 2 : 263 - 281. Forschungsges. f. vorbeugende  
Hochwasserbekämpfung, Klagenfurt

- KOBOLD, F., 1971: Rutschungsmessungen Grindelwald. Bericht 1971. Inst. f. Geodäsie u. Photogrammetrie ETHZ, Zürich
- KREISOBERINGENIEURBUERO I, Thun:  
 30.8.1906: Projekt-Schreiben des Regierungsrates an das Eidg. Departement des Innern auf den Antrag der Baudirektion, Bern  
 30.6.1922: Brief bezüglich Wärgistalbach  
 1938: Schwarze Lutschine, Projekt III  
 6.7.1951: Aktennotiz über Gletscherausbruch beim Untern Grindelwaldgletscher am Montag, den 2. Juli 1951, um 0430 Uhr
- KREISOBERINGENIEURBUERO I, Thun, 1974: Gefahrenzone von Gewässern, Schwarze Lutschine, Provisorische Ausscheidung, 1 : 10 000
- KRIPPENDORF, J., ANNASOHN, K., SCHAER, U., BONORAND, M., 1975: Bildung von Realisierungseinheiten im Berggebiet aus touristischer Sicht. Unveröff., Forschungsinst. f. Fremdenverkehr, Bern
- KROENER, A., 1968: Grindelwald. Stuttgarter Geogr. Studien, Bd. 64, Geogr. Inst. Uni Stuttgart
- KUGLER, H., 1964: Die geomorphologische Reliefanalyse als Grundlage grossmassstabiger geomorphologischer Kartierung. Wiss. Veröff. Dts. Inst. f. Länderkunde, NF 21/22, Leipzig
- LAATSCH, W., GROTTENTHALER, W., 1972: Typen der Masserverlagerung in den Alpen und ihre Klassifikation. Forstw. Centr. bl. 91 : 309 - 339, Parey, Hamburg/Berlin
- LAATSCH, W., GROTTENTHALER, W., 1973: Labilität und Sanierung der Hänge in der Alpenregion des Landkreises Miesbach, mit einer Karte der Hanglabilitätsformen und -stufen. Bayer. Staatsminist. f. Ernährung, Landw. u. Forsten, München
- LAMBE, T. W., WHITMAN, R. V., 1969: Soil Mechanics. Wiley & Sons, Inc., New York
- LESER, H., 1974: Geomorphologische Karten im Gebiet der Bundesrepublik Deutschland nach 1945 (II. Teil). Catena 1, H. 3/4 : 297 - 326, Lenz, Giessen
- LESER, H., STAEBLEIN, G., 1975: Geomorphologische Kartierung - Richtlinien zur Herstellung geomorphologischer Karten 1 : 25 000. Inst. f. Phys. Geogr. d. FU Berlin
- LESER, H., 1975: Bemerkungen zur geomorphologischen Kartierung 1 : 25 000 in der Bundesrepublik Deutschland am Beispiel des Blattes 7520 Mössingen (Kreis Tübingen; Baden-Württemberg). Erdkunde, Bd. 29, H. 3 : 166 - 173, mit 1 farbigen Karte (Beil. VI), Dümmlers, Bonn
- LEYS, E., HAGEN, G., 1975: Die Integralmelioration mit Prävention im Pitztal nach dem Forsttechnischen System der Wildbach- und Lawinerverbauung. Hochwasser- u. Lawinenschutz in Tirol : 278 - 297, Land Tirol (Hrsg.), Innsbruck
- LEYS, E., REINWARTH, O., 1975: Auswirkungen der Gletscher und der Gletscherabflüsse auf die Wildbach- und Lawinengefahr und ihre Berücksichtigung in den Gefahrenzonenplänen. Interpraevent 1975, Bd. 1 : 345 - 357, Forschungsges. f. vorbeugende Hochwasserbekämpfung, Klagenfurt

- LICHTENHAHN, C., 1971: Schutzmassnahmen gegen Unwetterschäden im Gebirge. Osterr. Wasserwirtsch. 23, H. 7/8 : 149 - 157, Springer, Wien/New York
- LOUIS, H., 1968: Allgemeine Geomorphologie. Lehrbuch der Allg. Geographie, Bd. 1, 3. Aufl., de Gruyter, Berlin/New York
- MAB, 1976: Organisation des Schweizerischen MAB-Programmes. MAB-Information Nr. 4, Eidg. Amt für Umweltschutz, Bern
- MATHYS, H., 1974: Klimatische Aspekte zur Frostverwitterung in der Hochgebirgsregion. Mitt. d. Nat.forsch. Ges. in Bern, NF, Bd. 31 : 49 - 62, Haupt, Bern
- MESSERLI, B. et al, 1976: Die Schwankungen des Unteren Grindelwaldgletschers seit dem Mittelalter. Z. f. Gletscherkunde u. Glazialgeol., Bd. 11 (1975), H. 1 : 3 - 110, Wagner, Innsbruck
- MOSER, M., 1973: Vorschlag zu einer vorläufigen Hangstabilitätsklassifikation mit Hilfe eines Gefährlichkeitsindex. 100 Jahre Hochschule f. Bodenkultur, Bd. IV, Teil 2 : 159 - 168. Ver. z. Förderung d. forstl. Forschung in Oesterreich, Wien
- MOSIMANN, H., 1973: Die Abhängigkeit der Schneedauer von klimatischen Faktoren in den Berner und Walliser Alpen. Geogr. Helv., 28. Jg., H. 4 : 218 - 224, Kümmerly & Frey, Bern
- "  
MÜLLER, R., 1943: Theoretische Grundlagen der Fluss- und Wildbachverbauungen. Mitt. Nr. 4 aus d. Versuchsanst. f. Wasserbau an d. ETHZ, Leemann, Zürich
- "  
MÜLLER-SALZBURG, L., 1969: Geomechanische Auswirkungen von Abtragungsvorgängen. Geol. Rundschau 59, H. 1 : 163 - 178, Enke, Stuttgart
- MZA: Ergebnisse der täglichen Niederschlagsmessungen. Schweiz. Met. zentr. anst., Zürich
- OFI, 1975: Richtlinien zur Berücksichtigung der Lawinengefahr beim Erstellen von Bauten und bei der Verkehrs- und Siedlungsplanung. Prov. Ausg., Eidg. Oberforstinspektorat, Bern
- OFI, 1976: Gefahrenkarte der Schweiz - Legende, Bemerkungen. Internes Arbeitspapier, Eidg. Oberforstinspektorat, Bern
- ORGA-MERKI, S., 1976: Kartierung von Naturschäden in Grindelwald aufgrund von Versicherungsprotokollen. Proseminararbeit, Geogr. Inst. d. Univ., Bern (unveröffentlicht)
- PACHOUD, A., 1975: Carte des zones exposées à des risques liés aux mouvements du sol à 1 : 20 000 (carte ZERMOS) avec notice explicative. Bureau de recherches géol. et min., serv. géol. nat., Paris CEDEX
- PIWOWAR, A., 1903: Ueber Maximalböschungen trockener Schuttkegel und Schutthalden. Diss. Uni Zürich
- DE QUERVAIN, M., 1968: Die Lawinenkatastrophen von Davos - Feststellungen und Folgerungen. NZZ, Nr. 75 : 17 - 18, 4.2.1968, Zürich
- DE QUERVAIN, M., 1974: Die Berücksichtigung der Lawinenhäufigkeit in der Lawinengefahrenkarte. Eine grundsätzliche Betrachtung. Winterbericht d. Eidg. Inst. f. Schnee- u. Lawinenforschung Weissfluhjoch/Davos, Nr. 37 : 157 - 162, Davos
- REGIERUNGSRAT DES KANTONS BERN, 1973: Gesetz über das Forstwesen vom 1. Juli 1973, Staatskanzlei, Bern



- REGIERUNGSRAT DES KANTONS GRAUBÜNDEN, 1971: Richtlinien zur Ausarbeitung von Gefahrenzonenplänen. Chur
- REICHEN, G., 1974: Grindelwald. Prosem. arb. (unveröff.), Geogr. Inst. Uni Bern
- RIENOESSL, K., 1975: Auswirkungen alpiner Speicherkraftwerke auf die Probleme der Wildbachverbauung. Interpraevent 1975, Bd. 1 : 463 - 472. Forschungsges. f. vorbeugende Hochwasserbekämpfung, Klagenfurt
- ROCH, A., 1962: Mesures de la force des avalanches. Winterber. d. Eidg. Inst. f. Schnee- u. Lawinenforschung Weissfluhjoch-Davos, Nr. 25 : 124 - 136, Davos
- SANTNER, I., 1975: Sind die Alpen noch zu retten? Weltwoche, 30.12.1975, Nr. 52 : 27 - 29, Weltwoche-Verlag, Zürich
- SCHATZ, R., 1975: Rücksichtslose Skipistenplanierungen. NZZ, Nr. 236 : 31, Zürich
- SCHAUER, Th., 1975: Die Blaikenbildung in den Alpen. Schriftenreihe Bayer. Landesamt f. Wasserwirtsch., H. 1, München
- SCHNEIDEGGER, A. E., 1975: Physical Aspects of Natural Catastrophes. Elsevier, Amsterdam/New York
- SCHIECHTL, H. M., 1972: Schipisten-Begrünung. Allg. Forstzeitg., 83, H. 4 : 78 - 80, Wien
- SCHILD, M., 1966: Durch Lawinen verursachte Unfälle und Schäden. Schnee und Lawinen in den Schweizeralpen - Winter 1964/65. Winterber. d. Eidg. Inst. f. Schnee- und Lawinenforschung, Weissfluhjoch-Davos, Nr. 29 : 73 - 120, EDMZ, Bern
- SCHILD, M., BRANSCHI, P., 1967: Schnee- und Lawinenverhältnisse im schweizerischen Alpengebiet. Schnee und Lawinen in den Schweizer Alpen - Winter 1965/66. Winterber. d. Eidg. Inst. f. Schnee- u. Lawinenforschung, Weissfluhjoch-Davos, Nr. 30 : 28 - 74, EDMZ, Bern
- SCHILD, M., GLIOTT, S., 1975: Schnee- und Lawinenverhältnisse im schweizerischen Alpengebiet. Schnee und Lawinen in den Schweizer Alpen - Winter 1973/74. Winterber. d. Eidg. Inst. f. Schnee- und Lawinenforschung, Weissfluhjoch-Davos, Nr. 38 : 44 - 94, EDMZ, Bern
- SCHROEDER, D., 1969: Bodenkunde in Stichworten. Hirt, Kiel
- SCHUTZ DEM BERGLAND, 1973: Wasserwirtschaftliche Sanierung des Alpengebietes - 10-Jahres-Programm. Bayer. Staatsminist. d. Innern, Oberste Baubehörde, München
- SEEBER, H., 1911: Beiträge zur Geologie der Faulhorngruppe (westlicher Teil) und der Männlichengruppe. Diss. Uni Bern
- SHARPE, C. F. St., 1938: Landslides and related phenomena. Library of Congress Catalog Card No. 60-10229, Pageant Books, New Jersey, reprint 1960
- SIMMLER, H., 1971: Die Mehrzweckfunktion von Wasserkraftwerken. Oesterr. Wasserwirtsch., Jg. 23, H. 11/12, Springer, Wien/New York
- SKEMPTON, A. W., HUTCHINSON, J., 1969: Stability of Natural Slopes and Embankment Foundations. State of the art report. Proc. 7th Int. Conf. Soil Mech., Mexico

- SOMMERHALDER, E., 1966: Lawinenkräfte und Objektschutz. Winterber. d. Eidg. Inst. f. Schnee- und Lawinenforschung Weissfluhjoch-Davos, Nr. 29 : 134 - 141, Davos
- SPENGLER, D., 1974: Limnologische, hydrologische und morphologische Untersuchungen im Faulhorngebiet. Diss. Uni Bern
- STAUDER, S., 1973 a): Schutz und Sicherheit durch Wildbach- und Lawinerverbauung in Tirol. Allg. Forstzeitschr. 28, H. 32, Wien
- STAUDER, S., 1973 b): Die Sanierung von Wildbächen als Voraussetzung und Ausgleich der Veränderung im Wasserhaushalt durch den Kraftwerksbau. 100 Jahre Hochschule f. Bodenkultur, Bd. IV, Teil 2 : 127 - 138. Verein z. Förderung d. forstl. Forschung in Oesterr., Wien
- STINY, J., 1931: Die geologischen Grundlagen der Verbauung der Geschieberde. Springer, Wien
- STINY, J., 1941: Unsere Täler wachsen zu. Geologie und Bauwesen, 13. Jg., H. 3 : 71 - 79
- STINY, J., 1942 a): Nochmals Talzusub. Geologie und Bauwesen. 14. Jg., H. 1 : 10 - 14
- STINY, J., 1942 b): Talzusub und Bauwesen. Die Bautechnik, 20. Jg., H. 9 : 80 - 81, Berlin
- STINY, J., 1952 a): Neuere Ansichten über "Bodenbewegungen" und über ihre Beherrschung durch den Ingenieur. Geologie und Bauwesen, 19. Jg., H. 1 : 31 - 54
- STINY, J., 1952 b): Talzusub und Wildbachverbauung. Geologie und Bauwesen, 19. Jg. : 135 - 136
- STRASSER, G., 1890: Die Grindelwaldner Chroniken. "Gletschermann", Familienblatt für die Gemeinde Grindelwald, Nr. 41 - 47 : 165 - 190, Grindelwald
- STRICKLER, A., 1923: Beiträge zur Frage der Geschwindigkeitsformel und der Rauheitszahlen für Ströme, Kanäle und geschlossene Leitungen. Mitt. d. Amtes f. Wasserwirtsch., Nr. 16, Bern
- STRITZL, J., 1971: Exkursion Gradenbach. Interpraevent 1971, Bd. 4 : 278 - 281. Forschungsges. f. vorbeugende Hochwasserbekämpfung, Klagenfurt
- TERZAGHI, K., 1950: Mechanics of landslides. Geol. Soc. of Am., Berkeley Vol., New York
- TISCHENDORF, W., 1973: Hydrologische Veränderung beim Bau einer Ski-Piste. Versuch einer quantitativen Erfassung des Wasserhaushaltes vor und nach der Errichtung. 100 Jahre Hochschule f. Bodenkultur, Bd. IV, Teil 2 : 127 - 138. Ver. z. Förderung d. forstl. Forschung in Oesterr., Wien
- TISCHENDORF, W., 1975: Schneeverhältnisse auf einer Schipiste und im angrenzenden Wald. Interpraevent 1975. Bd. 1 : 311 - 316. Forschungsges. f. vorbeugende Hochwasserbekämpfung, Klagenfurt
- TRICART, J., 1965: Principes et méthodes de la géomorphologie. Masson, Paris
- TRICART, J., 1973: Un problème de géomorphologie appliquée: le choix des sites d'habitat dans une région sismique (Andes centrales, Pérou). Ann. d. géogr., LXXXII, No 449 : 8 - 27, Colin, Paris

- TRICART, J., 1975: Préface - Cartographie géomorphologique. Mémoires et documents, travaux de la R. C. P. 77, Centre nat. recherche scientif., Paris VIIe
- TROEHLER, B., 1966: Geologie der Glockhaus-Gruppe. Beitr. z. Geol. d. Schweiz, Geotechn. Ser., XIII. Lg., Bd. 10, Kümmerly & Frey, Bern
- UEBERSICHTSKARTE DER SCHWEIZ 1 : 300 000, 1959: Eidg. Landestop. Bern
- UTTINGER, H., 1965: Niederschlag - Klimatologie der Schweiz I E, 1. - 3. Teil. Beih. z. d. Ann. d. Schweiz. Met. zentr. anst., Zürich
- VARNES, D. J., 1958: Landslide Types and Processes. Landslides and Engeneering Practice, Highway Research Board, Special Report 29 : 20 - 47, NAS-NRC Publication 544, Washington, D. C.
- VEDER, Ch., 1963: Die Bedeutung natürlicher elektrischer Felder für Elektroosmose und Elektrokataphorese im Grundbau. Der Bauingenieur 38, H. 10 : 378 - 388, Berlin
- VERMESSUNGSAMT DES KANTONS BERN: Uebersichtspläne (1 : 10 000). Nr. 1209.4; 1229.1-4 (provisorisch)
- VOELLMY, A., 1955: Ueber die Zerstörungskraft von Lawinen. Schweiz. Bauzeitung 73, H. 12 : 159 - 165, H. 15 : 212 - 217, H. 19 : 280 - 285, Jegher & Ostertag, Zürich
- VOLLZIEHUNGSVERORDNUNG ZUM BUNDESGESETZ BETREFFEND DIE EIDGENOESSISCHE OBERAUFSICHT UEBER DIE FORSTPOLIZEI, 1965; Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, Bern
- WALZ, P., 1976: Der moderne Skibetrieb und seine Auswirkungen auf Natur und Landschaft. Schweiz. Naturschutz 42, Nr. 1 : 2 - 4, Basel
- WINKLER, E., 1969: Landschaftsrisiken und Landschaftsschäden als Faktoren der Landesplanung. Inf. zur Orts-, Regional- u. Landesplanung, H. 12 : 9 - 10, ORL-Inst. ETHZ, Zürich
- ZARUBA, Q., MENCL, V., 1969: Landslides and their control. Elsevier, Amsterdam /New York
- ZAUGG, A., 1971: Kommentar zum Baugesetz des Kantons Bern vom 7. Juni 1970. Stämpfli, Bern
- ZELLER, J., 1972: Beitrag zur Wildbachgeographie der Schweiz. Schweiz. Z. f. d. Forstwesen, H. 11 : 767 - 774
- ZELLER, J., 1973: Die Schwierigkeit einer technisch korrekten Festlegung der Wildbachgefahrenzonen. 100 Jahre Hochschule f. Bodenkultur, Bd. IV, Teil 2 : 169 - 186. Verein z. forstl. Forschung in Oesterr., Wien
- ZELLER, J., 1974: Starkniederschläge und ihr Einfluss auf Hochwasserereignisse. Ber. Nr. 126 d. Eidg. Anst. f. d. forstl. Versuchswesen, Birmensdorf
- ZINGG, Th., 1967: Wetter und Klima. Schnee- und Lawinen in den Schweizer Alpen - Winter 1965/66. Winterber. d. Eidg. Inst. f. Schnee- und Lawinenforschung, Weissfluhjoch-Davos, Nr. 30 : 5 - 27, EDMZ, Bern
- ZINGG, Th., 1972: Karte der lawinengefährdeten Gebiete 1 : 300 000. ORL-Inst. ETHZ, Zürich

- ZISCHINSKY, U., 1966: On the Deformation of High Slopes. Veröff. d. I. Int. Kongr. f. Felsmechanik, Thema 6 : 179 - 185, Lissabon
- ZISCHINSKY, U., 1969: Ueber Bergzerreissung und Talzus Schub. Geol. Rundschau 58, H. 3 : 974 - 983, Enke, Stuttgart
- ZOLLINGER, F., 1976: Die Ausscheidung von Gefahrenzonen. Dok. u. Inf. z. Schweizer. Orts- Regional- und Landesplanung. Disp. Nr. 42: 28 - 38, ORL ETHZ, Zürich
- ZUMBUEHL, H. J., 1977: Die Schwankungen der Grindelwaldgletscher in den historischen Bild- und Schriftquellen des 12. - 19. Jahrhunderts. Ein Beitrag zur Gletschergeschichte und Erforschung des Alpenraumes. Erweiterte Diss., Uni Bern (in Vorbereitung)



## ANHANG I: BEGRIFFSERLÄUTERUNGEN

---

Wir definieren hier in alphabetischer Reihenfolge Begriffe, welche entweder als nicht allgemein bekannt vorausgesetzt werden können, oder welche in dieser Arbeit in einer vom üblichen Gebrauch etwas abweichenden Form verwendet werden. Soweit die Begriffe im Text selbst erläutert sind, weisen wir hier nur auf die entsprechende Textstelle hin.

<u>Anbruch:</u>	morphologisches Ergebnis eines Rutsches (LAATSCH, GROTTENTHALER 1973 : 316)
<u>Bruch:</u>	Ablösen und anschliessendes Abgleiten, Abrutschen oder Abstürzen von Gesteins- bzw. Lockermaterial. Die entstandene Hohlform heisst → Anbruch.
<u>Gefahr:</u>	objektiv drohendes Unheil, objektiv drohender Schaden
<u>Gefahrenkarte:</u>	vgl. Kap. 1.1.3., S. 31
<u>Gefahrensystem:</u>	Zusammenfassung aller Gefahren, welche sich aus der Morphodynamik im Zusammenhang mit einer grösseren geomorphologischen Einheit ergeben. Beispielsweise alle Gefahren, welche mit einem bestimmten Bach von der Quelle bis und mit dem Schwemmkegel und weiteren tangierten Gebieten zusammenhangen
<u>Gefahrenzonenplan:</u>	vgl. Kap. 1.1.3., S. 32
<u>Geomorphologie:</u>	Naturwissenschaft, welche sich mit den Oberflächenformen der Erde befasst
<u>Geomorphologische Gefahr:</u>	→ Gefahr, welche aus geomorphologischen (formenbildenden) Prozessen an der Erdoberfläche resultiert
<u>Kindynotop:</u>	vgl. Kap. 3.4.1., S. 157
<u>Massenbewegung:</u>	→ Massenselbstbewegung, vgl. Kap. 2.3., S. 52
<u>Massenschurf:</u>	→ Massentransport, vgl. Kap. 2.3., S. 52
<u>Massenselbstbewegung:</u>	vgl. Kap. 2.3., S. 52
<u>Massentransport:</u>	vgl. Kap. 2.3., S. 52
<u>Massenverlagerung:</u>	vgl. Kap. 2.3., S. 52
<u>Morphodynamik:</u>	Wirken und Zusammenspiel von formenbildenden Kräften und Prozessen

<u>Residualhalde:</u>	Halde mit in situ (= Ort und Stelle) gebildeter Schuttdecke
<u>Residualschutt:</u>	in situ (= Ort und Stelle) gebildeter Schutt
<u>Risiko:</u>	subjektiv eingegangene → Gefahr, Wagnis
<u>Rutsch:</u>	vgl. Kap. 2.3.1., S. 54
<u>Rutschung:</u>	vgl. Kap. 2.3.1., S. 54
<u>Sackung:</u>	vgl. Kap. 2.3.1., S. 55
<u>Schneegleiten:</u>	IN DER GAND (1968 : 285) definiert folgendermassen: "1. Als <u>Schneegleiten</u> wird die auf einer geneigten Unterlage verlaufende, in der Falllinie gerichtete, langsame Translation der Gesamtschneedecke definiert. Der Gleitweg ist die in der Hanglinie liegende Strecke, um die sich die gleitende Schneedecke verschoben hat. Mit dem <u>Kriechen</u> bezeichnet man die sich innerhalb der Schneedecke abspielenden hangsenkrechten und hangparallelen Bewegungsprozesse. Ursache beider Bewegungen ist das Gewicht der Schneedecke, im Falle des Gleitens die parallel zur Hangebene gerichtete Schubkraft.

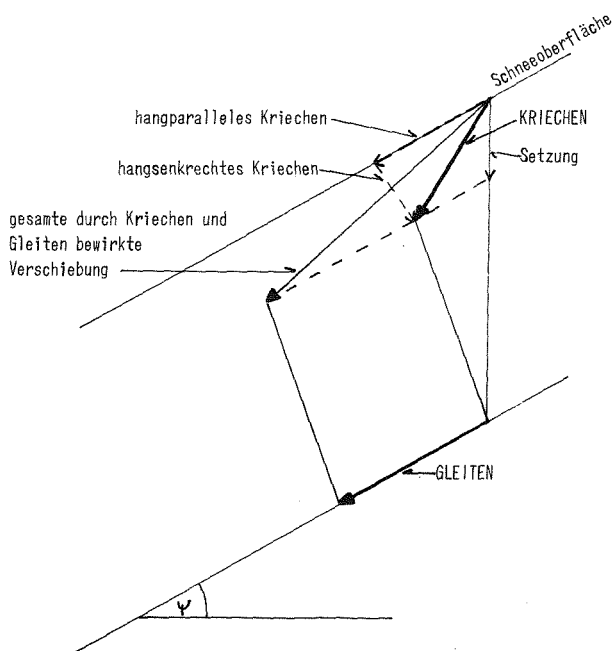


Fig. 26 Kriech- und Gleitbewegung der Schneedecke (schematisch)  
(nach IN DER GAND 1968: 285)

2. Im allgemeinen ist das Gleiten äusserlich nicht feststellbar; unter besonderen Bedingungen aber verursacht dieser Deformationsprozess Risse, Brüche und Verfaltungen in der Schneedecke. Je nach der am Gleitprozess beteiligten Schneemasse, ihrem Gewicht und den im Wege stehenden Hindernissen sind die Kraftwirkungen an oberflächlichen, bis zu ca. 1 Meter tiefen Abschürfungen von Vegetationsdecke und Boden, an der Entwurzelung von Jungpflanzen, an ihrer Ueberführung mit Erde und Schutt, an Rindenschürfschäden und extremer Pflanzendeformation zu erkennen; oder es werden entlang der oberen Waldgrenze und in Gleitsneehängen stehende Einzelbäume und ganze Baumgruppen wie auch Felsblöcke, Ställe, Mauerwerk, Lawinenverbauungen, Zäune, Pfählungen, Wege u. a. m. abgepresst und weggeschoben....".

Schneekriechen:

vgl. —→ Schneegleiten

stummer Zeuge:

vgl. Abschn. 3.3.2.2., S. 116

veränderlichfestes Gestein:

Gestein welches mit Veränderungen des Milieus (vor allem der Druckkräfte und der hydrogeologischen Verhältnisse) seine Festigkeit ändert: z. B. Aalénien-Tonschiefer

Verklausage (Verschliessung):

Anlässlich von Murgängen können sich durch Rutschmassen, Baumstämme, Lawinen usw. im Bachbett häufig an Engstellen Verklausingen (= Verstopfungen) bilden, so dass der ganze Murbrei zurückgehalten wird. Durch das von oben nachstossende Material erhöht sich der Druck auf die verklausten Massen, bis es zu einem in der Regel sehr gefährlichen Durchbruch kommt.

Winkel der inneren Reibung:

Scherfestigkeitsparameter  $\phi$  inbezug auf Spannungen, definiert durch die Gleichung:

$$\tau_p = c + \sigma \tan \phi$$

wobei  $\tau_p$  = Scherfestigkeit  
 $c$  = Kohäsion  
 $\sigma$  = Normalspannung

(vgl. dazu: Internat. Soc. of Soil Mechanics and Foundation Engineering 1968)





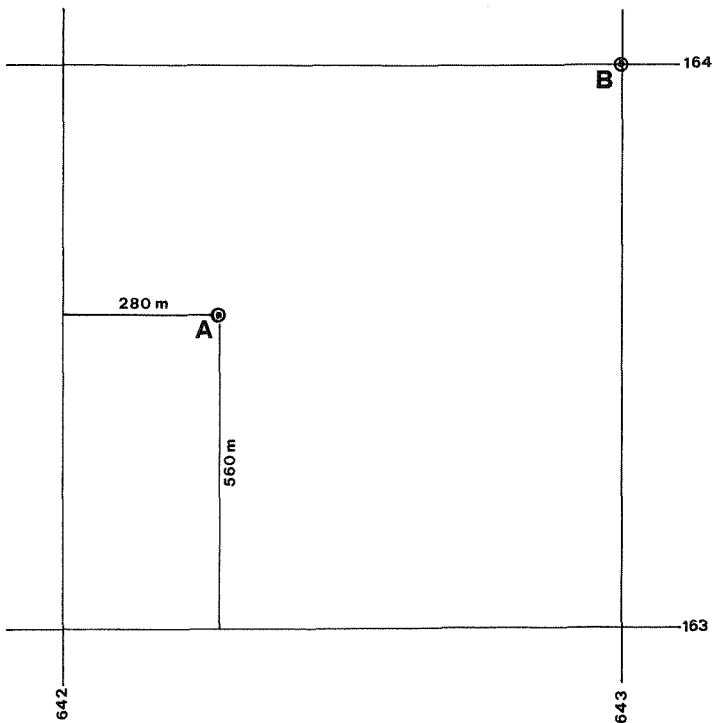
## ANHANG II:

---

Ortsbezeichnung mit Koordinaten im Schweizerischen Kilometernetz

---

Beispiel 1 : 10 000



Der in obiger Figur fixierte Punkt A liegt 280 m östlich der Kilometernetzlinie 642 und 560 m nördlich der Kilometernetzlinie 163. Seine Koordinaten sind also 642 280/163 560.

Der Punkt B liegt in der Figur auf dem Schnittpunkt der Kilometernetzlinien 643 und 143. Abgekürzte Schreibweise: 643/164.



# APPENDIX III

## LEGEND OF THE BASIC GEOMORPHOLOGICAL MAP

Brown Divers: geodetic and morphographic signatures

<u>Item</u>	<u>Term</u>
905	Geodetically measured annual horizontal movement of a point. Scale (1:1) proportionate to length of arrow
941	Characteristic line of terrain
943	Upper edge of characteristic scarp
945	Rampart, ridge

Blue Hydrography

<u>Item</u>	<u>Term</u>	<u>Description</u>
111	} Brook, river	} small, not classifiable bed with latent erosion unchanged bed bed with accumulation or bed with rearrangements bed with erosion periodic or episodic flow
112		
113		
114		
115		
118		
131	Wet area, swamp, fen	
135	Lake	

Red Erosion, Mass-movement

<u>Item</u>	<u>Term</u>	<u>Description</u>	<u>Age</u>
211	} Slide caused by lateral corrasion	} in clastic material without vegetation in clastic material with vegetation in bedrock: loosening of sand and debris	probably recent
213			relict
214			

<u>Item</u>	<u>Term</u>	<u>Description</u>	<u>Age</u>
221	Slides caused by vertical cutting	<ul style="list-style-type: none"> <li>{ in clastic material without vegetation</li> <li>{ in clastic material with vegetation</li> <li>{ in bedrock: loosening of sand and debris</li> </ul>	probably recent
223			relict
224			
228	Rockfall-channel		
231	Border of fluvial terrace		relict
251	Closed depression		
301	Possible mass-movement		
311	Upper edge of main scarp and flanks of vast landslides	<ul style="list-style-type: none"> <li>{ without vegetation</li> <li>{ with vegetation</li> <li>{ hypothetical</li> </ul>	probably recent
313			relict
316			
321	Main scarp and flanks of a slide or a slump	<ul style="list-style-type: none"> <li>{ in clastic material without vegetation</li> <li>{ in clastic material with vegetation</li> <li>{ in bedrock: loosening of sand and debris</li> </ul>	probably recent
323			relict
324			
331	Crack	<ul style="list-style-type: none"> <li>{ in clastic material without vegetation</li> <li>{ in clastic material with vegetation</li> <li>{ in bedrock without vegetation</li> <li>{ in bedrock with vegetation</li> </ul>	probably recent
333			
334			probably recent
336			
361	Planar debris slide	<ul style="list-style-type: none"> <li>{ in clastic material without vegetation</li> <li>{ in clastic material partially with vegetation</li> <li>{ in clastic material with vegetation</li> <li>{ stripped bedrock</li> </ul>	probably recent
362			
363			probably relict
364			
366	Planar debris slide, primarily caused by erosion of avalanches and sliding snow	<ul style="list-style-type: none"> <li>{ in clastic material without vegetation</li> <li>{ in clastic material partially with vegetation</li> <li>{ in clastic material with vegetation</li> <li>{ stripped bedrock</li> </ul>	probably recent
367			
368			probably relict
369			

<u>Item</u>	<u>Term</u>
381	Damaged vegetal cover
385	Loosening of sand and debris
391	Frost forms

Green Deposits




<u>Item</u>	<u>Term</u>	<u>Description</u>	<u>Age</u>
511 } 512 }	Large areas of landslide debris	{ hypothetical	
513 } 514 }			Areas of landslide debris
521 } 523 }	Rubble, talus slope, moraines	{ without vegetation with vegetation	
525			Lateral moraine
531 } 533 }	Blocks	{ fresh weathered, partly overgrown	probably recent relict
551 } 553 }			Debris from mudflows, torrents or avalanches
556	Alluvium		

Black Anthropogenic, or forms directly influenced by man

<u>Item</u>	<u>Term</u>	<u>Description</u>				
811 } 812 } 815 } 816 }	River constructions	{ simple transverse constructions transverse constructions simple lateral constructions canalization				
831 } 833 } 834 }			Artificial slope	{ in clastic material without vegetation in clastic material with vegetation in bedrock: loosening of sand and debris		
841					Gravel pit	
851 } 853 }					Slope of a deposit	{ without vegetation with vegetation
861 } 863 }	Deposit	{ without vegetation with vegetation				

<u>Item</u>	<u>Term</u>	<u>Description</u>
877	Grading (i.e. ski-runs)	without vegetation
879		with vegetation
881	Steps caused by cattle	
885	Collected stones	

Brown Avalanche map

<u>Signature</u>	<u>Term</u>
	Limit of observed avalanches
	Limit of observed powder-avalanches
	Snow-slips

## APPENDIX IV

---

### LEGEND OF THE COMBINED GEOMORPHOLOGICAL HAZARD MAP

---

#### Areas with definite risk of danger

- RED = degree 3 Houses are destroyed completely or partly. People in such houses are endangered. It is also possible that such areas are subject to events of less magnitude but greater frequency (avalanches) so that people outside the buildings are severally endangered.
- BLUE = degree 2 If the governmental building regulations are followed, houses constructed in this zone will survive next 100 to 150 years. But there remains a danger to people outside the buildings, although it is of a lower degree than in the red zone.
- YELLOW = degree 1 Anticipated damage is very slight and houses normally would survive 100 to 150 years. People outside the houses are subjected to danger very infrequently.
- WHITE = degree 0 No known danger

#### Areas without definite risk of danger

This category is sub-divided into two groups:

- (a) different degrees of danger covering such small areas that it is impossible to differentiate at the existing scale of 1 : 10 000 and
- (b) areas without a specific classification because the locality cannot be examined in the field or because available methods are not adequate.

On the map such areas are indicated by use of a colour applicable for the lowest expected degree of danger with a superimposed diagonal hatching by use of a colour applicable for the highest expected degree of danger.

By this means an indication is made that detailed investigations should be undertaken prior to any construction.

#### Kind of hazard

- E or e = Ice-Avalanches, Ice-Falls
- L or l = Snow-Avalanches
- R or r = Landslides
- S or s = Rockfalls
- W or w = Water



Capital letter is used if this kind of danger is the primary hazard.

Small letter is used if this kind of danger is not the primary hazard.

Example

In a certain area there are

- Avalanches of degree 3
- Falls and Water of degree 2
- Landslides of degree 1

We write: Lswr



## GEOGRAPHICA BERNENSIA

Bisher sind erschienen:

- |      |  |      |
|------|--|------|
| G 1  | WINIGER Matthias: Bewölkungsuntersuchungen über der Sahara mit Wettersatellitenbildern, 1975   | 30.- |
| G 2  | PFISTER Christian: Agrarkonjunktur und Witterungsverlauf im westlichen Schweizer Mittelland 1755-1797, 1975  | 48.- |
| G 3  | JEANNERET François: Klima der Schweiz: Bibliographie 1921-1973; mit einem Ergänzungsverzeichnis von H.W. Courvoisier, 1975   | 15.- |
| G 4  | KIENHOLZ Hans: Kombinierte geomorphologische Gefahrenkarte 1 : 10 000 von Grindelwald, mit einem Beitrag von Walter Schwarz, 1977  | 48.- |
| G 5  | BUCHMUELLER P., EGLI H.R., PESTALOZZI P., WIESMANN U.: Dorf und Flur der Gemeinde Lohn (SH), 1977  | 10.- |
| P 1  | GROSJEAN Georges: Raumtypisierung nach geographischen Gesichtspunkten als Grundlage der Raumplanung auf höherer Stufe, 1975  | 35.- |
| P 2  | UEHLINGER Heiner: Räumliche Aspekte der Schulplanung in ländlichen Siedlungsgebieten. Eine kulturgeographische Untersuchung in sechs Planungsregionen des Kantons Bern, 1975 | 25.- |
| S 1  | AERNI K., AFFOLTER R., WENGER F., WUETHRICH U.: Die Schweiz und die Welt im Wandel, 1975   | 7.-  |
| S 2  | PFISTER Christian: Autobahnen verändern eine Landschaft. Erprobungsfassung, 1976   | 30.- |
| U 1  | GROSJEAN Georges: Die Schweiz. Der Naturraum in seiner Funktion für Kultur und Wirtschaft, 1975  | 8.-  |
| U 2  | GROSJEAN Georges: Die Schweiz. Landwirtschaft, 1975  | 15.- |
| U 4  | GROSJEAN Georges: Die Schweiz. Industrie, 1975   | 12.- |
| U 9  | GROSJEAN Georges: Kartographie für Geographen I. Allgemeine Kartographie, 1974   | 17.- |
| U 10 | GROSJEAN Georges: Kartographie für Geographen II. Thematische Kartographie, 1975   | 13.- |
| U 12 | AERNI Klaus: Kartenzeichnen und Arbeitstechnik. Skriptum und Unterlagen zum prop.-geogr. Praktikum, 1976   | 20.- |

# Kartenbeilagen zu

Hans Kienholz

## Kombinierte geomorphologische Gefahrenkarte

1 : 10'000 von Grindelwald

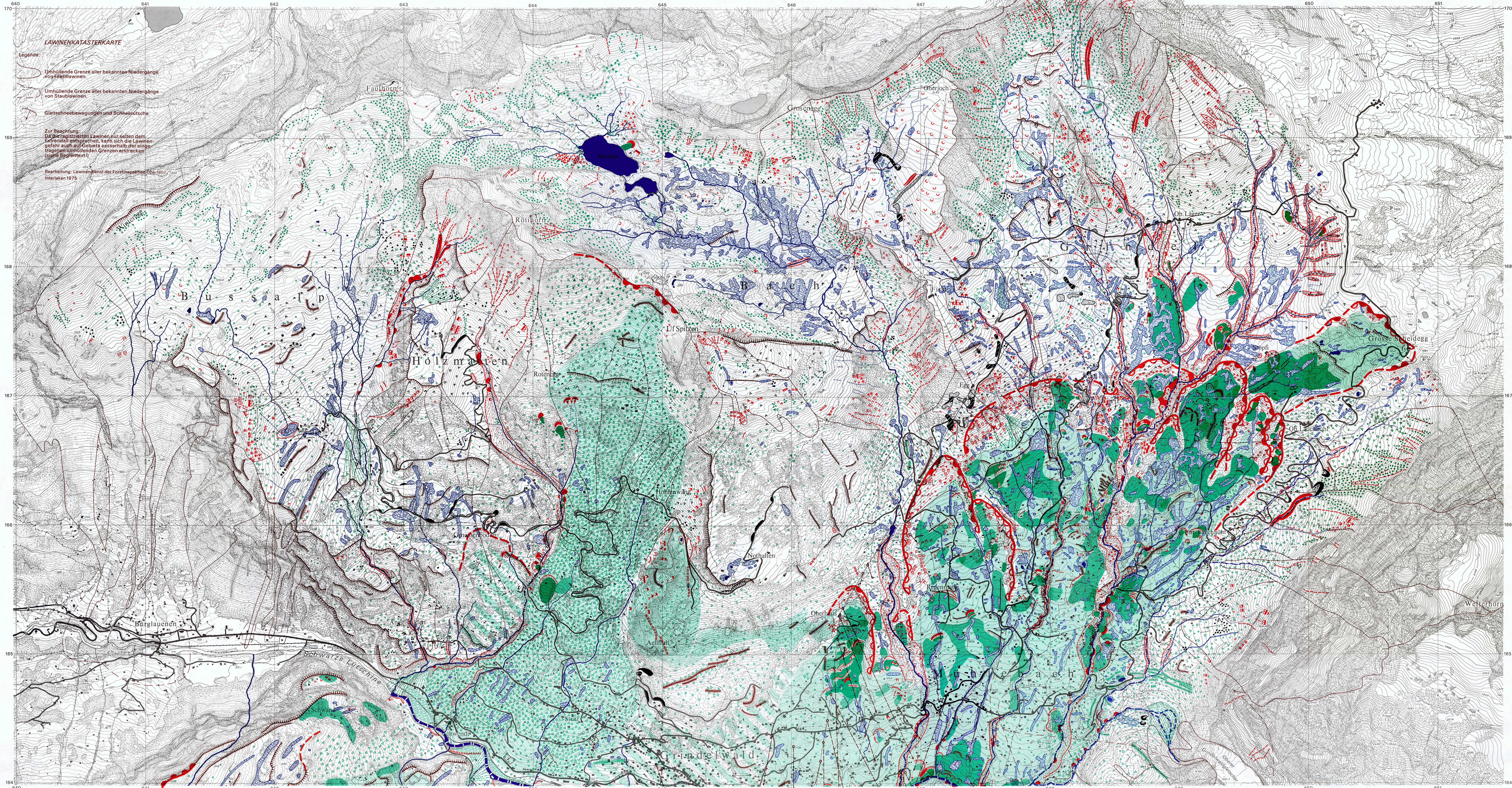
mit einem Beitrag von Walter Schwarz





# Geomorphologische Gefahrenkarte von Grindelwald

## Geomorphologische Grundlagen Blatt 1



### LAWINENKATASTERKARTE

**Legende**

- Umhüllende Grenze aller bekannten Niedergänge von Lawen
- Umhüllende Grenze aller bekannten Niedergänge von Staublawinen
- Gletscherbewegungen und Schneessutche

Zur Beschreibung der Lawen sind nur solche mit dem Namen angegeben, die sich in der Karte befinden. Die Namen sind in der Karte in der Regel in der Richtung des Abflusses angegeben (siehe Begleittext).

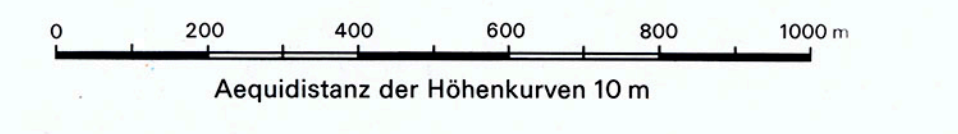
Bearbeitung: Lawenkataster der Forstinspektion Oberland, Interlaken 1976

### Geomorphologische Grundlagen Blatt 1

Herausgegeben 1976 vom Geographischen Institut der Universität Bern Zustand 1973

Bearbeitung und Entwurf: Hans Kienholz  
Kartographie: Theo Baumann

1:10000



Druck mit Unterstützung der Stiftung zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung an der Universität Bern

Verwendete Blätter des Übersichtsplanes 1:10000 (1209/4, 1229/1, 1229/2)

Mit Bewilligung der Eidg. Vermessungsdirektion vom 28. März 1975

Druck: F. Marti AG, Bern

#### Verschiedenes: geodätische und morphographische Signaturen

- 905 gemessene horizontale Verschiebung eines Punktes pro Jahr (Pfeillänge: Massstab 1:1)
- 941 Markante Geländelinie
- 943 Oberer Rand einer markanten Verstepfung
- 945 Wall/Rücken

#### Gewässer, Vernässung

- 111 klein, nicht klassierbar
- 112 Sohle in latenter Erosion
- 113 Sohle im Beharrungszustand
- 114 aufstehende Sohle, Umlagerungsstrecke
- 115 eintiefende Sohle
- 116 periodisch oder episodisch fließend
- 131 Vernässungsstelle, Sumpf, Moor
- 135 See

#### Erosion, Denudation, Massenselbstbewegung

- | Bezeichnung | Beschreibung                        | Alter        |
|-------------|-------------------------------------|--------------|
| 211         | im Lockermaterial ohne Vegetation   | evtl. rezent |
| 213         | Uferabbruch                         | relikt       |
| 214         | im Anstehenden: Abrugung/-sandung   | relikt       |
| 221         | im Lockermaterial ohne Vegetation   | evtl. rezent |
| 223         | Fellenbruch (Kerbtälchen)           | relikt       |
| 224         | im Anstehenden: Abrugung/-sandung   | relikt       |
| 228         | Steinschlagrinne                    | relikt       |
| 231         | Rand einer Fluss- oder Bachterrasse | relikt       |
| 251         | Mulde ohne Oberflächenabfluss       |              |
| 381         | verletzte Vegetationsdecke          |              |
| 388         | Abrugung, Absandung                 |              |
| 391         | frostbedingte Formen                |              |

#### Verdacht auf Massenbewegung

- | Bezeichnung | Beschreibung   | Alter          |
|-------------|--|----------------|
| 301         | Verdacht auf Massenbewegung                                  |                |
| 311         | ohne Vegetation  | evtl. rezent   |
| 313         | Bruchrand grossräumiger, versackter bzw. verrutschter Massen | relikt         |
| 316         | hypothetisch   |                |
| 321         | im Lockermaterial ohne Vegetation                            | evtl. rezent   |
| 323         | Bruchrand einer Sackung bzw. Rutschung                       | relikt         |
| 324         | im Anstehenden: Abrugung/-sandung                            | relikt         |
| 331         | im Lockermaterial ohne Vegetation                            | evtl. rezent   |
| 333         | im Lockermaterial mit Vegetation                             | evtl. rezent   |
| 334         | im Anstehenden ohne Vegetation                               | evtl. rezent   |
| 336         | im Anstehenden mit Vegetation                                | evtl. rezent   |
| 361         | im Lockermaterial ohne Vegetation                            | evtl. rezent   |
| 362         | im Lockermaterial mit Vegetation                             | evtl. rezent   |
| 363         | Blattbruch   | evtl. relikt   |
| 364         | im Lockermaterial mit Vegetation                             | evtl. rezent   |
| 366         | Blattbruch, primär durch Gletscher- und Lawenschutt bedingt  | analog 361-364 |
| 369         |  | analog 361-363 |

#### Akkumulation

- | Bezeichnung | Beschreibung   | Alter                               |              |
|-------------|--|-------------------------------------|--------------|
| 511         | Fläche von grossräumig versackten bzw. verrutschten Massen | hypothetisch                        |              |
| 512         | Fläche einer versackten bzw. verrutschten Masse            | teilweise buckelig                  |              |
| 513         | Fläche einer versackten bzw. verrutschten Masse            | intensiv buckelig                   |              |
| 521         | Gehängeschutt, Schuttke, Moräne                            | ohne Vegetation                     | evtl. rezent |
| 523         | Schuttke, Moräne   | mit Vegetation                      | relikt       |
| 525         | Moränenwall  |                                     |              |
| 531         | Falsturzmaterial, Blockschutt                              | frisches Material                   | evtl. rezent |
| 533         | Blockschutt  | angewittertes Mat., z. T. bewachsen | relikt       |
| 551         | Murschutt, Bachschutt, Lawenschutt                         | ohne Vegetation                     | evtl. rezent |
| 553         | Murschutt, Bachschutt, Lawenschutt                         | mit Vegetation                      | relikt       |
| 556         | Alluvione  |                                     |              |

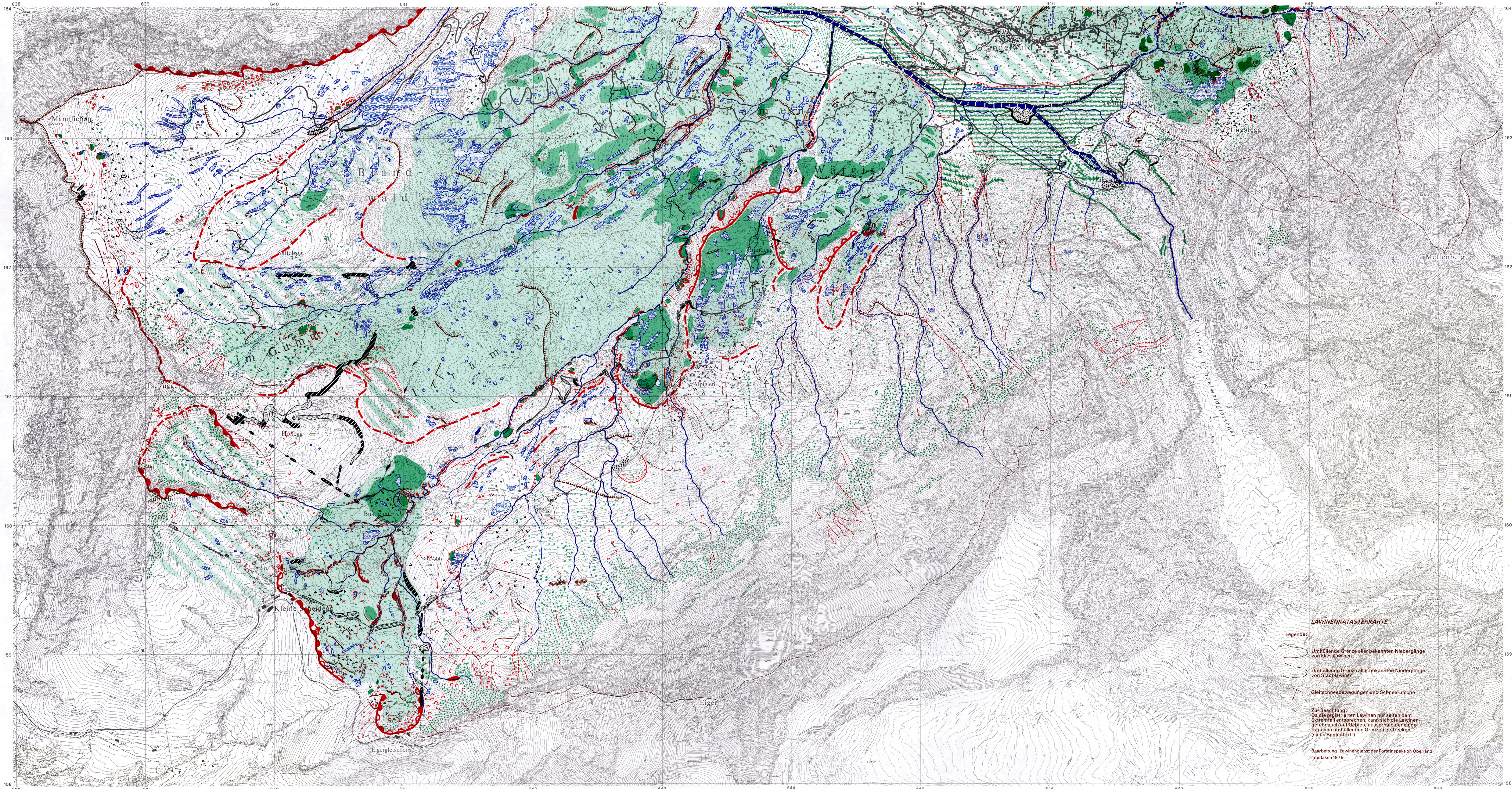
#### anthropogene oder anthropogen direkt beeinflusste Formen

- | Bezeichnung | Beschreibung                      |                 |
|-------------|-----------------------------------|-----------------|
| 811         | einfache Abstürze                 |                 |
| 812         | Schwellen                         |                 |
| 815         | Bach- bzw. Flussverbauung         |                 |
| 816         | einfach verbaute Ufer             |                 |
| 816         | Kanalisierung                     |                 |
| 831         | im Lockermaterial ohne Vegetation |                 |
| 833         | künstlicher Anschnitt             |                 |
| 834         | im Anstehenden: Abrugung/-sandung |                 |
| 841         | Kiesgrube                         |                 |
| 851         | Böschung einer Aufschüttung       | ohne Vegetation |
| 853         | Aufschüttung                      | mit Vegetation  |
| 861         | Aufschüttungsfläche               | ohne Vegetation |
| 863         | Aufschüttung                      | mit Vegetation  |
| 877         | Planierung (z. B. Skipiste)       | ohne Vegetation |
| 879         | Planierung                        | mit Vegetation  |
| 881         | Viehgänge                         |                 |
| 885         | zusammengetrugene Steinhäufen     |                 |



# Geomorphologische Gefahrenkarte von Grindelwald

## Geomorphologische Grundlagen Blatt 2



**LAWINENKATASTERKARTE**

Legende:

- Umhüllende Grenze aller bekannten Niedergänge von Felslawinen
- Umhüllende Grenze aller bekannten Niedergänge von Staubschneelawinen
- Gletscherbewegungen und Schneerutsche

Zur Beachtung:  
Da die registrierten Lawinen nur selten dem Extremfall entsprechen, kann sich die Lawinengefahr auch auf Gebiete ausserhalb der eingezeichneten umhüllenden Grenzen erstrecken (siehe Begleittext!)

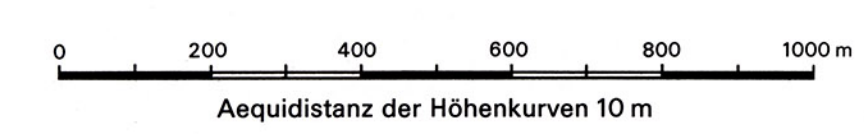
Bearbeitung: Lawinendienst der Forstinspektion Oberland Interlaken 1975

### Geomorphologische Grundlagen Blatt 2

Herausgegeben 1976 vom Geographischen Institut der Universität Bern  
Zustand 1973

Bearbeitung und Entwurf: Hans Kienholz  
Kartographie: Theo Baumann

1 : 10000



Verwendete Blätter des Übersichtsplanes 1 : 10000 (1229/3, 1229/4)

Mit Bewilligung der Eidg. Vermessungsdirektion vom 28. März 1975

Druck: F. Marti AG, Bern

Bezeichnung	Beschreibung
111	klein, nicht klassierbar
112	Sohle in latenter Erosion
113	Sohle im Beharrungszustand
114	aufstehende Sohle, Umlagerungsstrecke
115	entiefende Sohle
118	periodisch oder episodisch fliessend
131	Verlandungsstelle, Sumpf, Moor
135	See

Bezeichnung	Beschreibung	Alter
211	im Lockermaterial ohne Vegetation	evtl. rezent
213	Uferabbruch im Lockermaterial mit Vegetation	relik
214	im Anstehenden; Abrugsung/-sandung	
221	im Lockermaterial ohne Vegetation	evtl. rezent
223	Felsenbruch (Kerbschalen)	relik
224	im Anstehenden; Abrugsung/-sandung	
228	Steinschlagrinne	
231	Rand einer Fluss- oder Bacherasse	relik
251	Mulde ohne Oberflächenabfluss	
381	verletzte Vegetationsdecke	
385	Abrugsung, Absandung	
391	frostbedingte Formen	

Bezeichnung	Beschreibung	Alter
301	Verdacht auf Massenbewegung	
311	Bruchrand grossräumiger, versackter bzw. verrutschter Massen	evtl. rezent
313	mit Vegetation	relik
316	hypothetisch	
321	im Lockermaterial ohne Vegetation	evtl. rezent
323	Bruchrand einer Sackung bzw. Rutschung	relik
324	im Anstehenden; Abrugsung/-sandung	
331	im Lockermaterial ohne Vegetation	evtl. rezent
333	im Lockermaterial mit Vegetation	
334	im Anstehenden ohne Vegetation	evtl. rezent
336	im Anstehenden mit Vegetation	
361	im Lockermaterial mit Vegetationsinseln	evtl. rezent
362	im Lockermaterial mit Vegetation	
363	Blattanbruch	evtl. relik
364	im Lockermaterial mit Vegetation	
366	Blattanbruch, primär durch Gletschne und Lawinenschurf bedingt	analog 361-364
368		analog 361+363

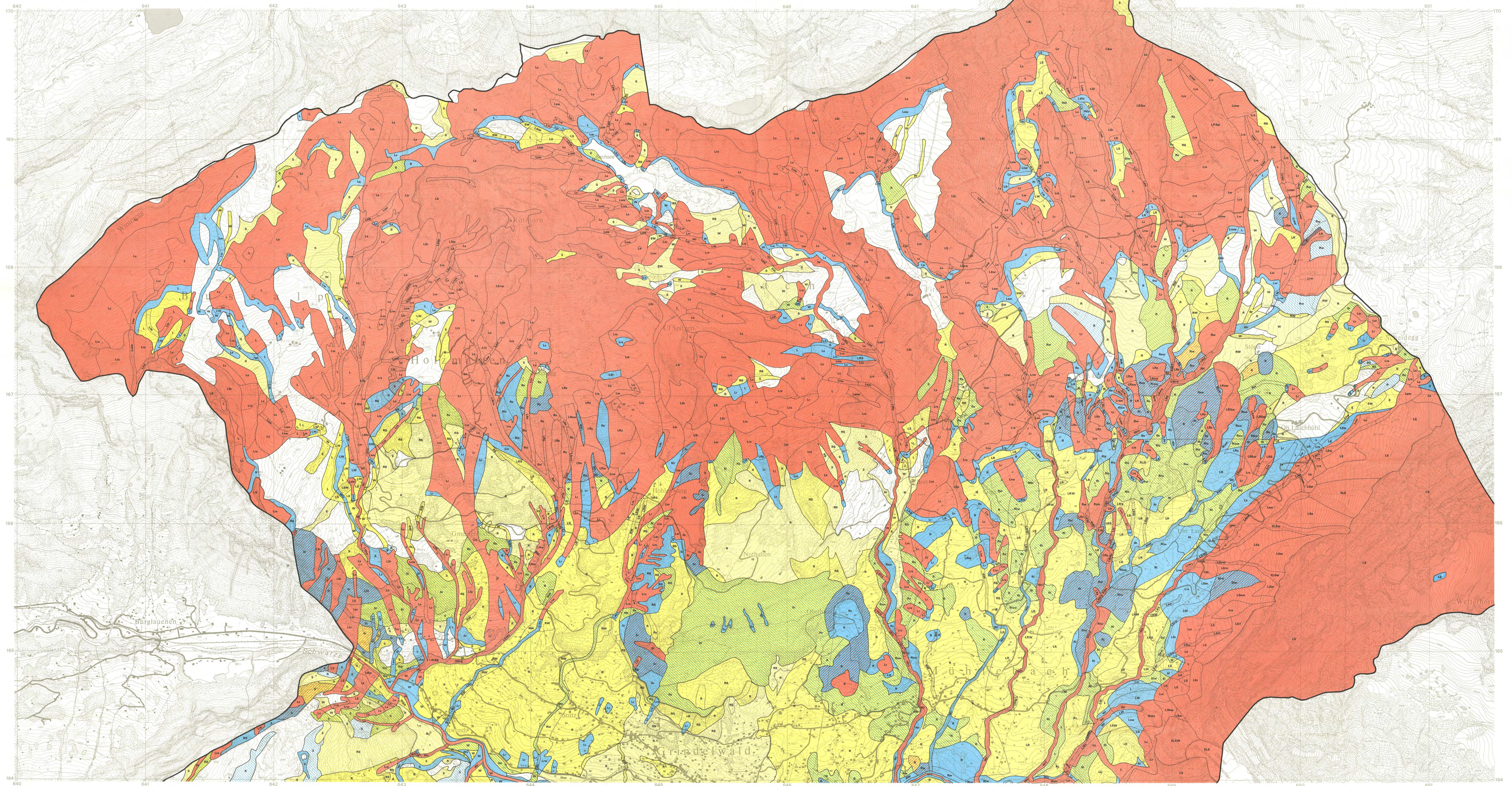
Bezeichnung	Beschreibung	Alter
511	Flecke von grossräumig versackten bzw. verrutschten Massen	hypothetisch
512		
513	Flecke einer versackten bzw. verrutschten Masse	teilweise buckelig
516		intensiv buckelig
521	Gehängeschutt, Schutthalde, Moräne	ohne Vegetation
523		mit Vegetation
525	Moränenwall	
531	Felssturzmaterial, Blockschutt	frisches Material
533		angewittertes Mat., z. T. bewachsen
551	Murschutt, Bachschutt, (Lawinenschutt)	ohne Vegetation
553		mit Vegetation
556	Alluvione	

Bezeichnung	Beschreibung
811	einfache Abstürze
812	Schwellen
815	Bach- bzw. Flussbauung
816	einfach verbaute Ufer
818	Kanalisierung
831	im Lockermaterial ohne Vegetation
833	künstlicher Anschnitt
834	im Anstehenden; Abrugsung/-sandung
841	Kiesgrube
851	ohne Vegetation
853	Böschung einer Aufschüttung
855	mit Vegetation
861	ohne Vegetation
863	mit Vegetation
877	ohne Vegetation
879	mit Vegetation
881	Viehgangeln
885	zusammengetragene Steinhäufen



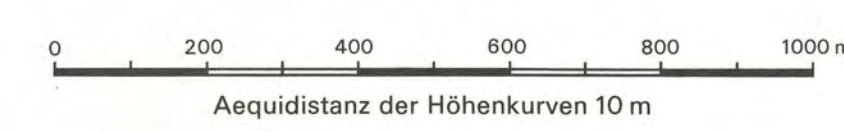
# Geomorphologische Gefahrenkarte von Grindelwald

## Kombinierte geomorphologische Gefahrenkarte Blatt 3



### Kombinierte geomorphologische Gefahrenkarte Blatt 3

1:10000



Herausgegeben 1977 vom Geographischen Institut der Universität Bern Zustand 1975  
 Bearbeitung und Entwurf: Hans Kienholz  
 Bearbeitung der Lawinegefahr: Walter Schwarz, Hans Wittwer  
 Kartographie: Theo Baumann  
 Druck mit Unterstützung durch  
 - die SEVA-Lotteriegrossenchaft, Bern  
 - die Gemeinde Grindelwald  
 - den Kurverein Grindelwald  
 - die Bergbahn Grindelwald-First  
 - die Wengernalpbahn  
 Verwendete Blätter des Übersichtsplanes 1:10000 (1209/4, 1229/1, 1229/2)  
 Mit Bewilligung der Eidg. Vermessungsdirektion vom 28. März 1975  
 Druck: F. Marti AG, Bern  
 © Geographisches Institut der Universität Bern

#### Gefahrenstufen

Areale mit eindeutiger Gefahrenstufung

Stufe	Bedeutung
3	Hier ist mit der Zerstörung von Gebäuden oder Teilen davon zu rechnen, wobei Personen auch innerhalb dieser Gebäude gefährdet sind; oder die Ereignisse treten zwar in schwächerem Ausmass, dafür aber häufiger auf (Lawen), wobei Personen vor allem ausserhalb von Gebäuden gefährdet sind.
2	Gebäudezerstörungen sind hier in den nächsten 100 - 150 Jahren nicht zu erwarten, falls gewisse Auflagen bezüglich Bauweise beachtet werden; ausserhalb von Gebäuden besteht eine gewisse Gefährdung von Personen, die allerdings geringer ist als im roten Gebiet.
1	Hier herrscht sehr geringe Gefahr. Gebäudezerstörungen sind während den nächsten 100 - 150 Jahren unwahrscheinlich. Personen im Freien sind hier kaum oder nur selten gefährdet.
0	Hier herrscht nach menschlichem Ermessen keine Gefahr.

Areale mit nicht eindeutiger Gefahrenstufung

	Nicht eindeutige Stufung oder engräumiger Wechsel im Bereich der Gefahrenstufen 2 und 3
	Nicht eindeutige Stufung oder engräumiger Wechsel im Bereich der Gefahrenstufen 1 und 3
	Nicht eindeutige Stufung oder engräumiger Wechsel im Bereich der Gefahrenstufen 1 und 2
	Nicht eindeutige Stufung oder engräumiger Wechsel im Bereich der Gefahrenstufen 0 und 2
	Nicht eindeutige Stufung oder engräumiger Wechsel im Bereich der Gefahrenstufen 0 und 1

#### Gefahrenarten

Für die Einstufung der betreffenden Teilfläche massgebende Gefahrenart

Gefahrenart geringerer Stufe als die für die betreffende Teilfläche massgebende Gefahrenart

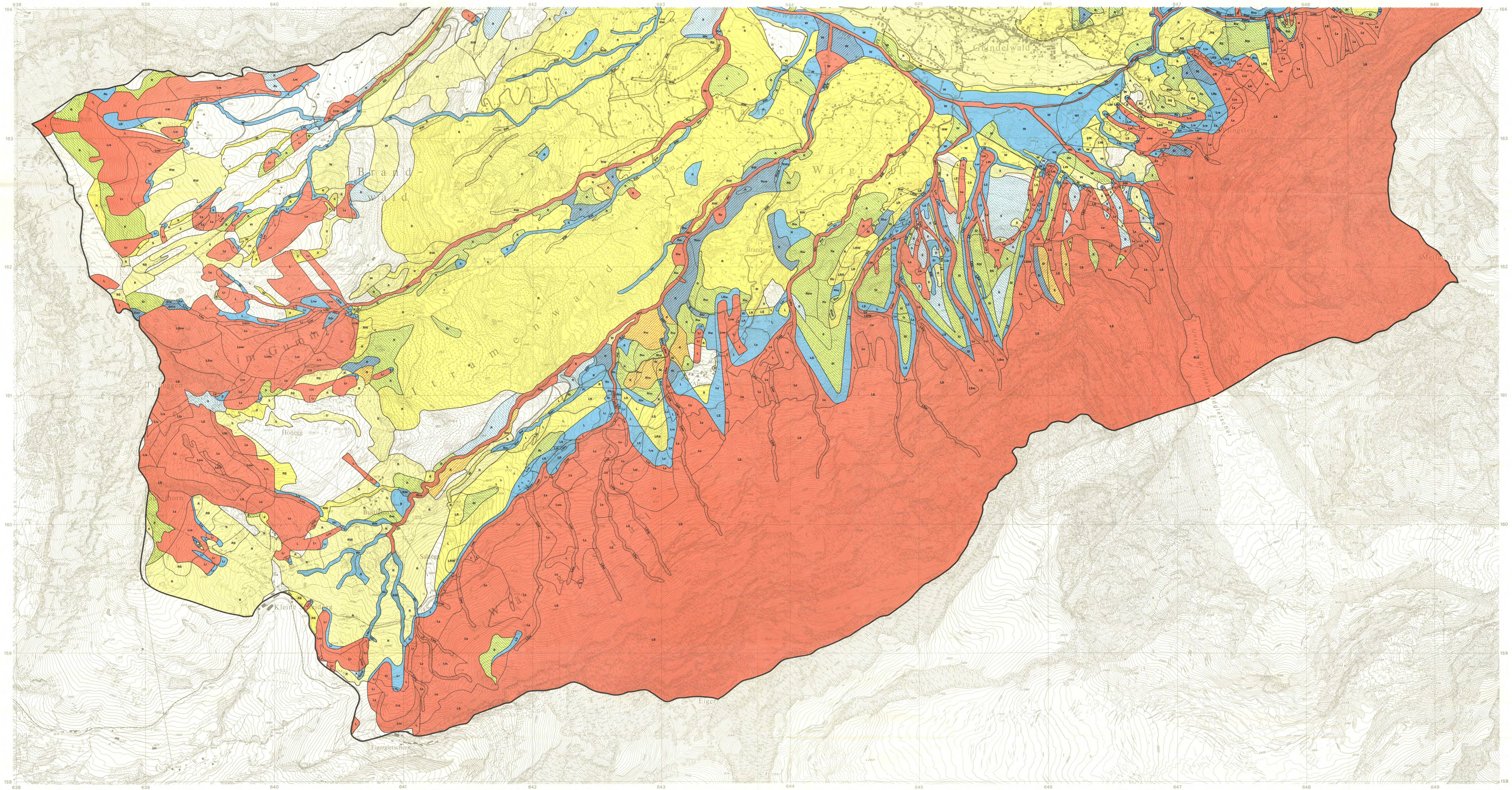
E	+	Erslawine/-sturz
L	+	Lawine
R	+	Rutsch
S	+	Felssturz/Steinschlag
W	+	Wasser

Umgrenzung des kartierten Gebietes



# Geomorphologische Gefahrenkarte von Grindelwald

Kombinierte geomorphologische Gefahrenkarte Blatt 4



Kombinierte geomorphologische  
Gefahrenkarte Blatt 4  
1:10000

0 200 400 600 800 1000 m  
Äquidistanz der Höhenkurven 10 m

Herausgegeben 1977 vom Geographischen Institut der Universität Bern Zustand 1975  
 Bearbeitung und Entwurf: Hans Kienholz  
 Bearbeitung der Lawinengefahr: Walter Schwarz, Hans Wittwer  
 Kartographie: Theo Baumann  
 Druck mit Unterstützung durch  
 - die SEVA-Lotteriegemeinschaft, Bern  
 - die Gemeinde Grindelwald  
 - den Kurverein Grindelwald  
 - die Bergbahn Grindelwald-Firist  
 - die Wengernalpbahn  
 Verwendete Blätter des Übersichtsplanes 1:10000 (1229/3, 1229/4)  
 Mit Bewilligung der Eidg. Vermessungsdirektion vom 28. März 1975.  
 Druck: F. Marti AG, Bern  
 © Geographisches Institut der Universität Bern

### Gefahrenstufen

Areale mit eindeutiger Gefahrenstufung

Stufe	Bedeutung
3	Hier ist mit der Zerstörung von Gebäuden oder Teilen davon zu rechnen, wobei Personen auch innerhalb dieser Gebäude gefährdet sind; oder die Ereignisse treten zwar in schwächerem Ausmass, dafür aber häufiger auf (Lawinen), wobei Personen vor allem ausserhalb von Gebäuden gefährdet sind.
2	Gebäudezerstörungen sind hier in den nächsten 100 - 150 Jahren nicht zu erwarten, falls gewisse Auflagen bezüglich Bauweise beachtet werden; ausserhalb von Gebäuden besteht eine gewisse Gefährdung von Personen, die allerdings geringer ist als im roten Gebiet.
1	Hier herrscht sehr geringe Gefahr. Gebäudezerstörungen sind während den nächsten 100 - 150 Jahren unwahrscheinlich. Personen im Freien sind hier kaum oder nur selten gefährdet.
0	Hier herrscht nach menschlichem Ermessen keine Gefahr.

Areale mit nicht eindeutiger Gefahrenstufung

Blue hatched	Nicht eindeutige Stufung oder engräumiger Wechsel im Bereich der Gefahrenstufen 2 und 3
Yellow hatched	Nicht eindeutige Stufung oder engräumiger Wechsel im Bereich der Gefahrenstufen 1 und 3
Green hatched	Nicht eindeutige Stufung oder engräumiger Wechsel im Bereich der Gefahrenstufen 1 und 2
Light blue hatched	Nicht eindeutige Stufung oder engräumiger Wechsel im Bereich der Gefahrenstufen 0 und 2
Light yellow hatched	Nicht eindeutige Stufung oder engräumiger Wechsel im Bereich der Gefahrenstufen 0 und 1

### Gefahrenarten

Für die Einstufung der betreffenden Teilfläche massgebende Gefahrenart

Gefahrenart geringerer Stufe als die für die betreffende Teilfläche massgebende Gefahrenart

e	Eislawine/-sturz
l	Lawine
r	Rutsch
s	Felssturz/Steinschlag
w	Wasser

— Umgrenzung des kartierten Gebietes