

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft
Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage
Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio



Landeshydrologie und -geologie
Service hydrologique et géologique national
Servizio idrologico e geologico nazionale

Geologische Berichte – Rapports géologiques – Rapporti geologici
Nr. 20

**Vereinheitlichung der Aufnahme von
Naturgefahren in der Schweiz**

**Pilotstudie
Karte der Bodenbewegungsgefahren
1 : 25 000**

Blatt 1247 Adelboden

D. Bollinger, F. Noverraz

Patronat:
Schweizerisches Komitee IDNDR



Bern, 1996

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft
Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage
Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio



Landeshydrologie und -geologie
Service hydrologique et géologique national
Servizio idrologico e geologico nazionale

Geologische Berichte – Rapports géologiques – Rapporti geologici
Nr. 20

**Vereinheitlichung der Aufnahme von
Naturgefahren in der Schweiz**

**Pilotstudie
Karte der Bodenbewegungsgefahren
1 : 25 000**

Blatt 1247 Adelboden

D. Bollinger¹⁾, F. Noverraz²⁾

¹⁾ Kellerhals + Haefeli AG, Bern

²⁾ Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne/EPFL-CETI

Patronat:
Schweizerisches Komitee IDNDR



Geol. Ber. Landeshydrol. u. -geol. 20 (1996)
(mit 3 Beilagen)

Herausgabe und Vertrieb:
Landeshydrologie und -geologie, CH-3003 Bern

ISBN 3-906723-09-7
ISSN 1017-1509

© 1996, Landeshydrologie und -geologie, Bern (Switzerland)
9.96 400 35457

Vorwort

Die Landeshydrologie und -geologie (LHG) als Fachstelle des Bundes ist u. a. mit der Herausgabe des Geologischen Atlas der Schweiz 1:25'000 und mit der Umsetzung geologischer Daten für die Praxis beauftragt. Die vorliegende Pilotstudie wurde während der Endphase der redaktionellen Bearbeitung von Blatt 1247 Adelboden als Beitrag zu einer einheitlichen Erfassung und kartographischen Darstellung der Bodenbewegungsgefahren in der Schweiz in Auftrag gegeben. Sie hat vorwiegend wissenschaftlichen Charakter. Resultate der Studie fanden Eingang in die vom Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft und vom Bundesamt für Wasserwirtschaft gemeinsam publizierten Empfehlungen zur Kartierung der Phänomene (Ausgabe 1995).

Das Projekt wurde in Zusammenarbeit mit dem Schweizerischen Nationalen Komitee der Internationalen UNO-Dekade für die Verminderung von Naturkatastrophen (IDNDR), mit der Unterstützung des Bundesamtes für Wasserwirtschaft und in Absprache mit der Eidgenössischen Forstdirektion durchgeführt. Die Arbeiten wurden durch eine multidisziplinäre Expertengruppe aus Fachstellen des Bundes und von Kantonen begleitet. Diese fruchtbare Zusammenarbeit bot Gewähr dafür, dass der neueste Stand der Kenntnisse eingeflossen ist. Allen, die durch ihr Können und ihren Einsatz zur Durchführung dieses Projektes beigetragen haben, sei an dieser Stelle gedankt. Wir danken auch dem Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern für seine Kommentare und Anregungen und für sein Einverständnis mit der Veröffentlichung dieser Arbeiten.

Für den Inhalt des Textes und der Illustrationen sind die Autoren allein verantwortlich.

Von Seite der LHG wurde das Projekt von den Herren J.-P. Tripet und O. Lateltin (Sektion Hydrogeologie und geologische Risiken) begleitet. Als Autoren der Publikation zeichnen die Herren D. Bollinger (Kellerhals + Haefeli AG, Bern/K+H AG) und F. Noverraz (Ecole polytechnique fédérale de Lausanne/EPFL, Centre interdépartemental d'étude des terrains instables). Die redaktionelle Bearbeitung erfolgte durch Herrn R. Burkhalter (LHG). Die Oberaufsicht von Seite der Auftragnehmer hatten die Herren P. Kellerhals (K+H AG, Federführung) und Ch. Bonnard (EPFL) inne. Die Mitglieder der Expertengruppe, unter dem Vorsitz der LHG (Herr Ch. Emmenegger, ab 1992 Herr J.-P. Tripet), waren die Herren

R. Baumann, Forstingenieur, Eidgenössische Forstdirektion, Bern
J. Hansen, geologo, Istituto geologico cantonale, Cadenazzo/TI
R. Loat, Geograph, Bundesamt für Wasserwirtschaft, Bern
J.-D. Rouiller, géologue cantonal, Département des travaux publics, Sion
G. della Valle, Kantonsgeologe, Wasser- und Energiewirtschaftsamt, Bern
D. Zuffi (+), ingénieur forestier, Inspection cantonale des forêts et Commission cantonale des terrains exposés aux dangers naturels, Fribourg

Préface

Le Service hydrologique et géologique national (SHGN), en qualité de service spécialisé de la Confédération, est chargé, entre autres, de la publication de l'Atlas géologique de la Suisse 1:25'000, et de la valorisation des données géologiques pour les besoins de la pratique. La présente étude pilote a été mise sur pied lors de la phase finale de la rédaction de la feuille 1247 Adelboden comme contribution à la préparation, en Suisse, de cartes de mouvements de terrain sur une base unifiée. Cette étude est de caractère essentiellement scientifique. Ses résultats ont contribué de manière significative aux recommandations pour la cartographie des phénomènes (édition 1995) publiée en commun par l'Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage et par l'Office fédéral de l'économie des eaux.

Ce projet a été réalisé en collaboration avec le Comité national suisse de la Décennie internationale de l'ONU pour la prévention des catastrophes naturelles (IDNDR), avec le soutien de l'Office fédéral de l'économie des eaux et en coordination avec la Direction fédérale des forêts. Les travaux ont été suivis par un groupe pluridisciplinaire d'experts de services spécialisés de la Confédération et de cantons. Cette fructueuse collaboration a permis de garantir une valorisation optimale du savoir-faire existant. La liste des membres du groupe d'experts et des personnes ayant participé à la réalisation du projet figure à la page précédente (texte allemand). Il convient de remercier ici tous les participants qui, par leur compétence et leur engagement, ont permis la réalisation de ce projet. Nous remercions également l'Office de l'économie hydraulique et énergétique du Canton de Berne de ses commentaires et de son autorisation à publier ces travaux.

Les auteurs sont seuls responsables du contenu du texte et des illustrations.

Prefazione

Al Servizio idrologico e geologico nazionale (SIGN), in quanto servizio specializzato della Confederazione, compete, tra l'altro, la pubblicazione dell'Atlante geologico della Svizzera 1:25'000 e la valorizzazione dei dati geologici a scopi pratici. Il presente studio pilota è stato realizzato durante la fase finale della redazione del foglio 1247 Adelboden come contributo per una registrazione standardizzata e presentazione cartografica uniforme delle zone a rischio per quanto concerne i movimenti di versante in Svizzera. Lo studio ha un carattere essenzialmente scientifico. I suoi risultati sono stati ripresi nelle raccomandazioni per la rappresentazione cartografica dei fenomeni, pubblicate dall'Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio congiuntamente all'Ufficio federale dell'economia delle acque (edizione 1995).

Questo progetto è stato realizzato in collaborazione con il Comitato nazionale svizzero del Decennio internazionale dell'ONU per la riduzione dei rischi naturali (IDNDR), con il sostegno dell'Ufficio federale dell'economia delle acque e in accordo con la Direzione federale delle foreste. I lavori sono stati seguiti da un gruppo interdisciplinare d'esperti della Confederazione e dei Cantoni. Grazie a tale proficua collaborazione ci si è potuto avvalere delle più recenti conoscenze scientifiche. La lista dei membri del gruppo d'esperti e delle persone che hanno partecipato alla realizzazione del progetto si trova alla pagina precedente (testo tedesco). Cogliamo l'occasione per ringraziare tutti i collaboratori che con il loro impegno e la loro competenza hanno permesso la realizzazione di questo progetto. Ringraziamo anche l'Ufficio dell'economia delle acque e dell'energia del Cantone di Berna per i suoi contributi e per aver autorizzato la pubblicazione di questi studi.

Per quanto attiene al contenuto del testo e alle illustrazioni, gli autori se ne assumono la piena responsabilità.

Landeshydrologie und -geologie
Der Direktor



Prof. Dr. Ch. Emmenegger

Einleitung der Landeshydrologie und Geologie

Rückblick

Im Jahre 1989 lancierte die Landeshydrologie und -geologie (LHG) eine Pilotstudie zur gesamtschweizerisch einheitlichen Erfassung und kartographischen Darstellung von Bodenbewegungsgefahren. Deshalb begann die LHG mit der Entwicklung einer geeigneten Legende. Eine in erster Linie für Übersichtskarten (1:25'000) bestimmte Legende wurde 1991 in eine breite technische Konsultation gegeben. Die dabei eingegangenen Anregungen und Kritiken wurden anlässlich der Überarbeitung der vorgeschlagenen Legende so weit wie möglich berücksichtigt. Die überarbeitete Legende wurde anschliessend im Rahmen verschiedener Kartierungsprojekte in der Praxis angewandt. Im Vordergrund stand dabei die Aufnahme einer Karte der Bodenbewegungsgefahren für das Landeskartenblatt 1247 Adelboden 1:25'000. Die Resultate dieser Arbeit sind im vorliegenden Bericht dargestellt. Die Legende wurde in enger Zusammenarbeit zwischen den Autoren dieser Studie und den Mitgliedern einer projektbegleitenden Expertengruppe erarbeitet und entwickelt.

Zweck der Karten, Massstab, erstellte Karten

Die vorgeschlagene Legende ist für Übersichtskarten auf Stufe der regionalen (Richtplanung) oder nationalen Planung bestimmt. Mit dieser Zielsetzung wurde der auszuarbeitenden Legende und den Anwendungsbeispielen der Massstab 1:25'000 zugrunde gelegt. Die Legende sollte jedoch genügend Flexibilität aufweisen, um gegebenenfalls als Ausgangspunkt für Detailaufnahmen auf Stufe der lokalen Planung zu dienen. Aus diesem Grund werden die für die erfassten Prozesse relevanten beobachteten Phänomene auf einer Grundlagenkarte im Massstab 1:10'000 dargestellt (Karte der Phänomene). Zwecks besserer Darstellung werden die Phänomene plötzlich eintretender und schnell ablaufender Prozesse sowie jene der eher kontinuierlichen, permanenten Prozesse auf zwei separaten Karten dargestellt. Die aus den relevanten Prozessen resultierende Gefährdung wird in Form von Gefahrenstufen auf der Gefahrenkarte im Massstab 1:25'000 dargestellt.

Die Gefahrenkarte 1:25'000 (Blatt 1247 Adelboden) ist dem vorliegenden Bericht beigelegt. Aus technischen Gründen sind von den Karten der Phänomene 1:10'000 jedoch nur Ausschnitte beigelegt. Sämtliche im Rahmen des Projektes erstellten Karten im Massstab 1:10'000 (2 Sätze zu 4 Karten) sind bei der LHG archiviert. Diese Dokumente können bei der Schweizerischen Geologischen Dokumentationsstelle, wo sie auch auf Mikrofilm erhältlich sind, eingesehen werden.

Vorgaben für das Vorgehen

Die vorliegende Studie, deren Rolle als Pilotstudie hervorzuheben ist, hat vorwiegend wissenschaftlichen Charakter. Eine der grundsätzlichen Bedingungen für die Legende war, die wesentlichen Gegebenheiten auf einfache, den verschiedensten Bedürfnissen sowohl auf Seite der Ersteller als auch auf Seite der Benutzer gerecht werdende Art und Weise zu vermitteln.

Die erarbeitete Legende stellt keine definitive Vorschrift zur kartographischen Darstellung von Bodenbewegungen in all ihrer Komplexität und Vielfalt dar. Während des Projektablaufs war sie selbst Gegenstand einer vertieften Überprüfung, deren Resultate letztlich zu einem fundierten Ansatz zur Beurteilung der untersuchten Prozesse beitragen. Aus diesem Grund leistet diese Studie einen wichtigen Beitrag zur Erstellung einer harmonisierten Legende.

Auf den Grundlagenkarten werden nicht einzelne Phänomene dargestellt, sondern die Umgrenzung ganzer instabiler Zonen, die aufgrund einer Analyse der geologischen und geomorphologischen Verhältnisse ausgeschieden werden können. Für den Ersteller der Karte bedingt dies eine umfassende, dreidimensionale Betrachtung und Interpretation der verschiedenen im Feld beobachteten Indizien, was ein gutes Verständnis für die Mechanismen und die Dynamik der ablaufenden Prozesse voraussetzt. Dieses Vorgehen ist analog zu jenem beim Erstellen einer geologischen Karte. Der Einfluss der Subjektivität des Autors wird dabei in dem Masse reduziert, wie seine Einschätzung des Aufbaus und des Verhaltens des Untergrundes an Zuverlässigkeit gewinnt. Dieses Vorgehen ist für eine Gefahrenbeurteilung am besten geeignet.

Die Abschätzung der Gefahrenstufen ihrerseits basiert vor allem auf qualitativen Kriterien. Um den Einfluss der Subjektivität des Autors bei der Gefahrenbeurteilung generell zu reduzieren, ist indes ein quantifizierender Ansatz erforderlich. Ein solcher ist gegenwärtig in Bearbeitung. Mit dem Ziel, die verschiedenen Naturgefahren nach einheitlicher Art und Weise zu beurteilen, ist ferner beabsichtigt, die Anzahl der Gefahrenstufen – analog zu den Lawinengefahrenkarten – auf drei zu reduzieren. Die ersten diesbezüglichen Resultate wurden im Rahmen einer interdisziplinären Arbeitsgruppe erzielt (KIENHOLZ 1995).

Die hier dargestellten Aufnahmen sind von extensivem Charakter. Für Antworten auf kleinräumige Prozesse betreffende Fragen (z.B. genaue Ausdehnung von potentiell durch einen Felssturz gefährdeten Zonen) sind spezifische, vertiefte Untersuchungen unerlässlich. Die Tatsache, dass die Aufnahmen flächendeckend auf einem ganzen Landeskartenblatt 1:25'000 durchgeführt wurden, war von grossem didaktischem Nutzen. In der Praxis allerdings wird die zu untersuchende Fläche von Fall zu Fall festgelegt werden müssen.

Finanzielle Aspekte

Die Erstellung der Bodenbewegungskarte für das Blatt Adelboden (210 km²) erforderte ca. 180 Arbeitstage. Die Kosten beliefen sich auf Fr. 190'000.– bzw. etwa Fr. 900.– pro km². Dies umfasst die Feldaufnahmen, deren Auswertung, die Reinzeichnung der Karten sowie die Berichterstattung. Die Entwicklung der Legende sowie die Kartenreproduktion sind hingegen darin nicht inbegriffen. Die Erfahrungen haben gezeigt, dass diese Kosten im grossen und ganzen auch auf andere Alpenregionen übertragen werden können. Es ist jedoch zu unterstreichen, dass die Verhältnisse auf dem Blatt Adelboden bezüglich der untersuchten Prozesse wegen der geologischen und geomorphologischen Vielfalt besonders komplex sind. Andererseits konnten die Arbeiten auf eine neu erschienene Karte des Geologischen Atlas der Schweiz 1:25'000 abgestützt werden.

Folgerungen, Perspektiven

Das Bundesgesetz vom 22. Juni 1979 über die Raumplanung (SR 700) schreibt vor, dass die Kantone jene Gebiete zu bezeichnen haben, die erheblich von Naturgefahren bedroht sind. Das Bundesgesetz vom 21. Juni 1991 über den Wasserbau (SR 721.100), die Verordnung über den Wasserbau vom 2. November 1994 (SR 721.100.1), das Bundesgesetz vom 4. Oktober 1991 über den Wald (SR 921.0) und die Verordnung vom 30. November 1992 über den Wald (SR 921.01) verlangen von den Kantonen, die Grundlagen zum Schutz vor Naturkatastrophen zu erstellen und diese bei zukünftigen raumwirksamen Tätigkeiten zu berücksichtigen. Bei der Erarbeitung der Grundlagen haben die Kantone den ausgeführten Arbeiten der Fachstellen des Bundes und deren technischen Richtlinien Rechnung zu tragen.

Die Empfehlungen betreffend einer harmonisierten Legende zur kartographischen Erfassung der Phänomene wurde kürzlich durch die zuständigen Fachstellen des Bundes publiziert (Symbolbaukasten zur Kartierung der Phänomene, Ausgabe 1995). Sie beschränken sich nicht allein auf die Darstellung von Bodenbewegungsgefahren, sondern berücksichtigen auch andere Naturgefahren. Die Empfehlungen wurden im Rahmen einer interdisziplinären Zusammenarbeit zwischen spezialisierten Fachstellen des Bundes und der Kantone sowie mit Beteiligung von Spezialisten aus Wissenschaft und Privatwirtschaft erstellt. Die Resultate der hier vorliegenden Pilotstudie haben wesentlich zur Erarbeitung der harmonisierten Legende beigetragen. Letztere ist eine Hilfe für die Kantone bei der Erfassung von Naturgefahren und der Erstellung entsprechender Grundlagen und bildet letztlich eine Stütze bei der Erfüllung der gesetzlichen Pflichten.

Es geht jetzt darum, interessierte Kreise bei der kartographischen Darstellung von Bodenbewegungen (Karte der Phänomene) zum Gebrauch der harmonisierten Legende zu ermutigen, wobei stets ein Gleichgewicht zwischen dem Wunsch nach einem Maximum an Informationsvermittlung und der Notwendigkeit einer klaren und vereinfachten Darstellung gefunden werden muss. Dank neuer Erfahrungen wird dieses Instrument den Bedürfnissen weiter angepasst und verfeinert werden können.

Die Bestimmung von Intensität und Eintretenswahrscheinlichkeit der Prozesse, die Definition der Gefahrenstufen und der Kriterien zur Umsetzung der Karte der Phänomene zur Gefahrenkarte bedürfen noch einer weiteren, vertieften Behandlung. Diesbezügliche Diskussionen sind im Rahmen einer interdisziplinären Arbeitsgruppe unter der Leitung der LHG im Gange.

Mittelfristig wird sich die LHG verstärkt auf die thematische Bereitstellung geologischer Informationen auf der Basis des Geologischen Atlas der Schweiz 1:25'000 konzentrieren. Auf diese Weise wird diese Informationsquelle den Bedürfnissen der Benutzer besser angepasst werden, insbesondere auch im Bereich geologischer Gefahren. Die bei der LHG begonnene digitale Erfassung geologischer Karten wird die Erstellung solcher thematischer Karten erleichtern.

Für die praktische Umsetzung der Beurteilung und der kartographischen Darstellung von Bodenbewegungen wird von den Spezialisten eine Einarbeitung und ein gewisses Engagement nötig sein. Einzelne interessierte Fachverbände, denen eine grosse Bedeutung bei der

Weitervermittlung an die Praktiker bzw. Benutzer zukommt, haben ihrerseits die Initiative ergriffen. Es ist wünschenswert, dass daraus weitere Anregungen folgen.

Landeshydrologie und -geologie

Zitierte Literatur

KIENHOLZ, H. (1995): Gefahrenbeurteilung und -bewertung – auf dem Weg zu einem Gesamtkonzept. – Schweiz. Z. Forstwes. 146/9, 701–725.

Symbolbaukasten zur Kartierung der Phänomene, Ausgabe 1995. Naturgefahren, Empfehlungen. – Bundesamt für Wasserwirtschaft, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern. Vertrieb: Eidgenössische Drucksachen- und Materialzentrale, 3000 Bern; Bestellnummer 310.022d.

Introduction du Service hydrologique et géologique national

Historique

Le Service hydrologique et géologique national (SHGN) a entrepris en 1989 la réalisation d'études pilotes devant contribuer à la préparation, en Suisse, de cartes de mouvements de terrain sur une base harmonisée. Dans ce but, le Service a commencé par développer une légende. Celle-ci, destinée en premier lieu à l'élaboration de cartes d'ensemble (1:25'000), a été soumise en 1991 à une large consultation au point de vue technique. Les commentaires reçus dans le cadre de cette consultation ont été pris en considération pour une adaptation de la légende proposée. La version améliorée a été mise à l'épreuve dans le cadre de différents projets de lever de carte. En particulier, un lever de carte des dangers liés aux mouvements de terrain a été réalisé pour la feuille 1247 Adalboden de la carte nationale de la Suisse au 1:25'000. Les résultats de ce travail font l'objet de la présente publication. La légende a été élaborée et développée dans le cadre d'une étroite collaboration entre les auteurs de la présente étude et les membres d'un groupe d'experts qui a assuré le suivi du projet.

But de la carte, échelle, documents cartographiques élaborés

La légende proposée est destinée à des cartes d'ensemble, pour la planification à l'échelle régionale (plans directeurs) ou nationale. Cet objectif a permis de définir l'échelle qui allait servir de référence pour l'élaboration de la légende et pour les exemples d'application; l'échelle choisie est le 1:25'000. Il a cependant été décidé que la légende devait offrir suf-

fisamment de souplesse afin de pouvoir servir, le cas échéant, de point de départ au lever de cartes de détail au niveau local. Pour cette raison, les phénomènes observés sont reportés sur des cartes de base à l'échelle 1:10'000 («cartes des phénomènes»). Pour faciliter la représentation, les phénomènes instantanés à rapides d'une part et les phénomènes permanents d'autre part ont été représentés ici sur deux cartes distinctes. Les classes de danger correspondant à l'ensemble des phénomènes observés sont représentées sur la «carte de danger» à l'échelle 1:25'000.

La carte de danger à l'échelle 1:25'000 (feuille 1247 Adelboden) est jointe à la présente publication. Cependant, en raison de contraintes techniques, seuls des extraits de la carte des phénomènes à l'échelle 1:10'000 sont annexés; l'ensemble des levés au 1:10'000 élaborés dans le cadre du projet (deux jeux de 4 plans) est archivé au SHGN. Ces documents peuvent être consultés aux Archives géologiques suisses, où ils peuvent également être obtenus sous forme de microfilm.

Conditions fixées pour la mise sur pied de la démarche

La présente étude est de caractère essentiellement scientifique et il convient de souligner son rôle d'étude pilote. Une des conditions fondamentales que la légende devait remplir était de transmettre les données pertinentes d'une manière simple, accessible à tous, et adaptée aux besoins les plus divergents, que ce soit ceux des auteurs ou des utilisateurs de la carte. Les solutions adoptées pour le levé ne représentent pas une réponse définitive au problème de la représentation, au moyen de cartes, des mouvements de terrain, phénomènes complexes et multiples. Elles ont cependant fait l'objet d'un examen approfondi lors du déroulement du projet et les résultats de ce dernier correspondent à une approche fondée au point de vue de l'évaluation des processus étudiés. C'est pourquoi cette étude représente une contribution importante à l'établissement d'une légende unifiée.

Pour les cartes des phénomènes, la légende est conçue de manière à représenter le périmètre des unités instables qui peuvent être identifiées grâce à une évaluation des conditions géologiques et géomorphologiques. Ceci implique une intégration et une interprétation des différents indices de terrain par l'auteur de la carte, et une évaluation tridimensionnelle des conditions du sous-sol. Ce faisant, l'auteur du lever doit chercher à comprendre les mécanismes, la dynamique des processus observés. Cette démarche est analogue à celle à laquelle le spécialiste procède lors du lever d'une carte géologique. L'effet de la subjectivité de l'auteur sera d'autant plus réduit que sa connaissance de la composition et du comportement du sous-sol de la zone étudiée sera fiable. Cette démarche est la mieux adaptée pour obtenir une information directement utilisable pour l'évaluation des classes de danger.

L'évaluation des classes de danger, pour sa part, repose ici sur des critères surtout qualitatifs. La mise au point d'une approche quantitative est nécessaire, dans le but de réduire l'effet de la subjectivité de l'auteur; elle est actuellement à l'étude. La possibilité de réduire à trois le nombre de classes de danger, comme pour les cartes de danger d'avalanches, est également envisagée, dans le but d'évaluer de manière comparable les différents dangers naturels. De premiers résultats ont été acquis, dans le cadre d'un groupe de travail interdisciplinaire (KIENHOLZ 1995).

Les levés présentés ici sont de caractère extensif; pour apporter la réponse à certaines questions à l'échelle locale (p.ex. l'étendue de zones potentiellement menacées par un éboulement), des études spécifiques plus approfondies sont indispensables. Le fait d'avoir étendu les levés à l'ensemble d'une feuille de la carte nationale à l'échelle 1:25'000 a été très profitable au point de vue didactique; dans la pratique cependant, il conviendra de définir de cas en cas l'étendue des surfaces à étudier.

Aspects financiers

L'établissement de la carte des mouvements de terrain, feuille Adelboden (surface 210 km²), a nécessité approximativement 180 jours de travail (levés de terrain et travaux en chambre); les coûts se sont élevés à Fr. 190'000.-. Le coût par km² se monte ainsi à environ Fr. 900.-. Ces coûts comprennent les travaux de lever de terrain, la mise en valeur des données, l'élaboration du rapport et la mise au net de la carte. La reproduction de la carte et les travaux de développement de la légende ne sont par contre pas inclus dans ces montants. Les expériences faites ont montré que ces coûts peuvent être appliqués à d'autres régions montagneuses du domaine alpin. Il faut cependant souligner que les conditions relatives aux mouvements de terrain sont, pour la feuille Adelboden, particulièrement complexes, mais que cette étude pouvait s'appuyer sur une carte géologique récente de l'Atlas géologique de la Suisse au 1:25'000.

Perspectives, conclusions

La loi fédérale du 22 juin 1979 sur l'aménagement du territoire (RS 700) prescrit aux cantons de désigner les parties du territoire qui sont gravement menacées par des forces naturelles. La loi fédérale du 21 juin 1991 sur l'aménagement des cours d'eau (RS 721.100), l'ordonnance du 2 novembre 1994 sur l'aménagement des cours d'eau (RS 721.100.1), la loi fédérale du 4 octobre 1991 sur les forêts (RS 921.0) et l'ordonnance du 30 novembre 1992 sur les forêts (RS 921.01) prescrivent aux cantons d'établir les documents de base pour la protection contre les catastrophes naturelles et de tenir compte de ces documents lors de toute activité ayant des effets sur l'organisation du territoire. Pour l'établissement des documents mentionnés, les cantons doivent tenir compte des travaux exécutés par les services spécialisés de la Confédération et des directives techniques élaborées par ceux-ci.

Des recommandations relatives à une légende harmonisée pour la cartographie des phénomènes a été récemment publiée par les services spécialisés de la Confédération (Légende modulable pour la cartographie des phénomènes, édition 1995). Elles ne se limitent pas à la représentation des mouvements de terrain, mais prennent en considération d'autres dangers naturels. Leur élaboration s'est déroulée dans le cadre d'une collaboration interdisciplinaire entre les services spécialisés de la Confédération et de cantons, et avec la participation de spécialistes des milieux de la recherche et du secteur privé. Les résultats de l'étude pilote présentée ici ont contribué de manière significative à l'élaboration de cette légende harmonisée. Celle-ci représente une aide pour les cantons en matière d'identification des dangers naturels et d'acquisition des données respectives; elle est destinée à leur apporter un appui lors de la réalisation de leurs tâches légales.

Il s'agit maintenant d'encourager les intéressés à utiliser la légende harmonisée pour la représentation cartographique des mouvements de terrain (carte des phénomènes); dans chaque cas, un équilibre entre le désir de mettre en valeur un maximum de données et le besoin de clarté et de simplification devra être trouvé. Grâce aux expériences qui seront faites, cet instrument de cartographie pourra être ajusté et affiné.

L'évaluation de l'intensité des phénomènes et de leur périodicité, la définition des classes de danger et des critères de passage de la carte des phénomènes à la carte de danger, sont des questions qui nécessitent encore un traitement plus approfondi. Cette réflexion est en cours dans le cadre d'un groupe de travail interdisciplinaire placé sous la conduite du SHGN.

A moyen terme, le SHGN s'efforcera de mettre en valeur de manière thématique les informations géologiques qui sont à la base de l'Atlas géologique de la Suisse à l'échelle 1:25'000. De cette manière, cette source d'information sera mieux adaptée aux besoins des praticiens, notamment dans le domaine des dangers géologiques. Le traitement digital des cartes géologiques, en voie d'introduction au SHGN, facilitera l'établissement de telles cartes thématiques.

La mise en pratique de l'évaluation et de la représentation cartographique des mouvements de terrain nécessitera de la part des spécialistes un certain effort de formation. Il est souhaitable que les initiatives prises par les groupements spécialisés intéressés et destinées à apporter aux praticiens l'encadrement nécessaire se poursuivent ou, le cas échéant, se développent.

Service hydrologique et
géologique national

Références citées

KIENHOLZ, H. (1995): Gefahrenbeurteilung und -bewertung – auf dem Weg zu einem Gesamtkonzept. – Schweiz. Z. Forstwes. 146/9, 701–725.

Légende modulable pour la cartographie des phénomènes, édition 1995. Dangers naturels, recommandations. – Office fédéral de l'économie des eaux et Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Berne. Diffusion: Office central fédéral des imprimés et du matériel, 3000 Berne; no. de commande 310.022f.

Zusammenfassung

Im Auftrag der Landeshydrologie und -geologie (LHG) wurde ein generelles Konzept zur gesamtschweizerisch einheitlichen Erfassung und kartographische Darstellung von Bodenbewegungsgefahren auf der Basis von einfachen, eindeutigen Kriterien erarbeitet und auf dem LK-Blatt 1247 (Adelboden) in Form der Karte der Bodenbewegungsgefahren flächendeckend umgesetzt (rund 210 km²).

Bodenbewegungsgefahren beinhalten geologisch-geomorphologische Prozesse (Gefahrenarten), bei welchen Locker- und Festgesteinsmassen umgelagert werden. Erfasst werden Stein- und Blockschlag, Felssturz, Bergsturz, Wildbachprozesse, Murgänge, Rutschungen (inkl. Flie SSRutschungen bzw. Flow slides), Sackungen sowie Absenkungs- und Einsturzprozesse. Ebenfalls miteinbezogen wird die potentielle Gefährdung durch einen der erwähnten Prozesse.

Der vorliegende Bericht gliedert sich in zwei Teile:

Teil A: Generelles Konzept und Methodik

Für die Erstellung der Karte der Bodenbewegungsgefahren sieht das vorliegende Konzept *zwei Schritte* vor:

- Der *erste Schritt* beinhaltet die Erfassung der relevanten geologisch-geomorphologischen Prozesse aufgrund objektiver, phänomenologischer Beurteilungskriterien sowie die Darstellung derselben auf zwei thematischen Karten 1:10'000 (Grundlagenkarten bzw. Karten der Phänomene). Dabei ist eine systemare Betrachtung unter Einbezug des dreidimensionalen geologischen Kontextes anzustreben. Auf der *Karte A* werden die Sturz- und Wildbachprozesse, auf der *Karte B* die Rutschungen und Sackungen erfasst. Kartographisch dargestellt werden nicht Einzelphänomene, sondern Prozessräume bzw. ganze instabile Massen.
- Im *zweiten Schritt* erfolgt die Kompilation der thematischen Karten zu einer *Gefahrenkarte* 1:25'000. Dargestellt werden Gebiete (Gefahrenzonen), in denen eine Gefährdung durch die oben erwähnten Gefahrenarten besteht. Unter Berücksichtigung der Intensität (Aktivität), der Eintretenswahrscheinlichkeit sowie der möglichen Kumulation mehrerer Prozesse werden 6 Gefahrenstufen unterschieden (3 Intensitätsklassen x 2 Eintretenswahrscheinlichkeiten). Bei der Gefahrenbeurteilung mitberücksichtigt werden Massnahmen, welche wesentlich zur Reduktion einer Gefahr beitragen.

Die Karten eignen sich einerseits als Instrument für die übergeordnete Planung (Gefahrenkarte), andererseits aber auch als Grundlage für die Detail- oder Massnahmenplanung (Grundlagenkarten).

Teil B: Erläuterungen zur Karte der Bodenbewegungsgefahren; Blatt 1247 (Adelboden)

Das untersuchte Gebiet umfasst verschiedene geologisch-tektonische Einheiten, welche sich in bezug auf Lithologie, Topographie, Hydrologie und geomorphologisch wirksame Prozesse voneinander unterscheiden. Die helvetischen Decken im E und SE des Gebietes sind gekennzeichnet durch mächtige, kalkige Gesteinsserien mit oft ausgeprägten Kluft- und Bruchsystemen. Sturz- und Wildbachprozesse sind dort weitverbreitet. Mit Ausnahme einzelner, weitgehend stabiler Sackungsmassen sind Rutschungen untergeordnet. Im Nordwesten schliessen Gebiete an, die vorwiegend aus wenig verwitterungsresistenten tonigen und mergeligen Schichten bestehen (u. a. Nordhelvetischer Flysch, Ultrahelvetikum). Der Verwitterungsschutt und die teils mächtigen Moränenablagerungen bilden eine mancherorts tiefgründig verrutschte Lockergesteinsdecke. Grossflächige, komplexe und teils aktive Rutschungen sind hier weitverbreitet. Die westliche Hälfte des Kartenblattes wird grösstenteils durch Flysche der Niesen-Decke gebildet. Der Durchtrennungsgrad der Schichten ist gross. Begünstigt durch Hakenwurf fällt im allgemeinen viel Verwitterungsschutt an. In diesem Gebiet überwiegen Wildbach-, Murgang- und Sturzprozesse. Daneben treten aber auch grossflächige Rutschungen bzw. Sackungen auf. An der Basis der Niesen-Decke finden sich längs eines schmalen Streifens Gips und Rauhacke. Absenkungs- und Einsturzprozesse sind dort verbreitet zu beobachten.

Résumé

Sur mandat du Service hydrologique et géologique national (SHGN), une méthodologie de prise en compte et de représentation cartographique des dangers naturels liés aux divers mécanismes de mouvements de terrain a été élaborée, afin de parvenir à une conception unifiée cohérente à l'échelle suisse. Cette méthodologie, qui se fonde sur la prise en compte de critères simples, clairs et fondamentaux, a été appliquée sur la feuille 1247 Adelboden 1:25'000, pour laquelle a été établie une carte des mouvements de terrain couvrant environ 210 km².

Les dangers liés aux mouvements de terrain consistent en des processus géologiques (aléas) par lesquels des masses de terrain meubles et de roche sont transportés ou déplacés. Sont compris parmi ceux-ci les chutes de pierres et de blocs, les éboulements et les écroulements rocheux, les processus liés aux crues torrentielles, les laves torrentielles, les glissements de terrain déclarés (y compris les coulées boueuses ou flow slides), les processus d'affaissement gravitaire (Sackung, sagging) du massif rocheux, ainsi que les processus de tassement et d'effondrement. Le danger potentiel de déclenchement des processus de glissement et coulées boueuses spontanés est également pris en considération.

Le présent rapport se divise en deux parties:

Partie A: Conception générale et méthodologie

Pour l'établissement de la cartographie des dangers liés aux mouvements de terrain, la présente conception repose sur *deux démarches*:

- La *première démarche* consiste en un relevé des processus géologiques importants, selon des critères d'appréciation objectifs, phénoménologiques, et en une représentation de ceux-ci sur deux cartes thématiques au 1:10'000, qui constituent les cartes descriptives des phénomènes et les documents de base. Ce travail repose sur une réflexion et une visualisation des phénomènes dans les trois dimensions et sur une appréciation globale du contexte géologique. Sur la *carte thématique A* sont reportés les processus de chute de matériaux (éboulements, écroulements, etc.), ainsi que les processus liés soit aux crues et à l'érosion torrentielle soit à l'effondrement du sous-sol; sur la *carte thématique B* sont représentés les phénomènes de glissement et d'affaissement de versants rocheux (Sackung, sagging). Ce ne sont pas des phénomènes ponctuels qui sont représentés, mais les masses instables dans leur ensemble.
- La *deuxième démarche* consiste en l'établissement d'une *carte de danger* au 1:25'000 par compilation des deux cartes thématiques A et B. Sont donc représentées sur ce document les zones exposées à un danger imputable aux processus désignés sur les cartes thématiques. A partir de la prise en considération des facteurs d'intensité (respectivement d'activité) et de probabilité d'occurrence d'un processus, ou le cas échéant de plusieurs processus cumulés, 6 classes de danger ont été distinguées (3 niveaux d'intensité x 2 niveaux de probabilité d'occurrence). Dans l'appréciation du niveau de danger sont prises en considération les mesures réalisées qui contribuent à une réduction significative de ce niveau de danger.

Les cartes ainsi établies constituent des documents adaptés d'une part à la planification du territoire, pour l'élaboration des plans directeurs (carte de danger), d'autre part à la préparation de plans d'affectation, comme document de base pour la planification de détail et pour la conception de mesures d'assainissement ou de protection (cartes thématiques des phénomènes).

Partie B: Texte explicatif de la carte des mouvements de terrain; feuille 1247 (Adelboden)

La région étudiée comprend diverses unités géologiques-tectoniques, qui se différencient les unes des autres du point de vue des critères de lithologie, de topographie, d'hydrologie. Les nappes helvétiques à l'E et au SE de la région se caractérisent par la présence de puissantes séries calcaires recoupées de fractures et autres discontinuités tectoniques. Les processus de chutes de matériaux et de crues torrentielles sont largement répandus dans cette zone. A l'exception de cas isolés de masses rocheuses glissées stabilisées, les glissements de terrain sont nettement secondaires. Au nord-ouest de la région, on délimite des zones se composant de schistes marneux et argileux caractérisés par une faible résistance à l'altération météorique (p. ex. Flysch nord-helvétique, Ultrahelvétique). En plusieurs endroits, la couverture d'altération meuble et les dépôts morainiques localement puissants donnent lieu à des glissements de ces dépôts de couverture. Des glissements complexes de grande ampleur, partiellement actifs, sont largement répandus dans ces zones. La moitié ouest de la feuille Adelboden est caractérisée dans une très large mesure par le Flysch de la Nappe du Niesen. Les schistes marno-argileux, qui prédominent dans ce Flysch, présentent un fort délitage. Ce délitage, auquel s'associent les phénomènes de fauchage des couches et d'altération, est à l'origine d'importantes formations d'éboulis, qui s'accumulent au pied des parois. Dans cette région, les processus d'érosion torrentielle, de laves torrentielles et d'éboulements prédominent. On y rencontre en outre des glissements de grande ampleur, en particulier de grands glissements ou affaissements rocheux (Sackungen). La base de la Nappe du Niesen est marquée par la présence d'une étroite bande de gypse et de cornioulles du Trias. Des processus d'affaissement et d'effondrement largement répandus y sont observables.

Inhaltsverzeichnis

Teil A	Generelles Konzept und Methodik	Seite
1.	Einleitung.....	1
2.	Zielsetzung	2
3.	Konzept und Methodik	2
3.1	Allgemeine Grundsätze.....	2
3.2	Thematische Karten 1:10'000.....	3
3.3	Description des phénomènes.....	4
3.3.1	Carte A: Phénomènes d'instabilité instantanés à rapides.....	4
	Chutes de blocs, éboulements, écroulements, effondrements.....	4
	Erosion torrentielle, débordement avec épandage de matériaux solides, laves torrentielles (Murgänge, Rüfen).....	8
3.3.2	Carte B: Phénomènes d'instabilité de masse permanents ou plus lents	9
3.4	Gefahrenkarte 1:25'000.....	13
3.4.1	Allgemeines	13
3.4.2	Intensität (Aktivität, Amplitude).....	14
3.4.3	Eintretenswahrscheinlichkeit	15
3.4.4	Kumulation von Prozessen	16
4.	Bedeutung der Gefahrenstufen.....	16
5.	Bibliographie.....	19
Teil B	Erläuterungen zur Karte der Bodenbewegungsgefahren, Blatt 1247 Adelboden	
1.	Geologisch-geomorphologische Übersicht	20
1.1	Einleitung.....	20
1.2	Generelle Aspekte	20
1.3	Regionale Aspekte	21
1.3.1	Kandertal südlich Büel–Mitholz	21
1.3.2	Kandertal nördlich Büel–Mitholz	21
1.3.3	Engstligental (SE-Flanke, Gebiet südlich Adelboden)	22
1.3.4	Niesenkette (SE-Flanke).....	22
1.3.5	Niesenkette (NW-Flanke, Diemtigtal).....	22
2.	Description et commentaires concernant les plus importants phénomènes d'instabilité rencontrés sur la feuille Adelboden	23
2.1	Région Engstligental	24
2.1.1	Terrasse d'Adelboden	24
2.1.2	Falaise dominant le Schmittegrabe, sous Tschentenegge.....	24
2.1.3	Falaises de Under der Flue, dominant la terminaison sud-ouest du village d'Adelboden	24
2.1.4	Glissement de Holzachsegge	25

2.1.5	Glissement de Hirzboden–Bunderalp	25
2.1.6	Ostflanke des Engstligentals südlich Adelboden	26
2.1.7	Glissement, écroulement potentiel, coulées boueuses et risque de débordement de Chüematta–Schärmtanna (Stigelbach)	26
2.1.8	Glissements de Höchsthorn–Chuenisbärgli	27
2.1.9	Glissements de Gilbachegge–Hindersillere–Vordersillere	28
2.1.10	Glissement de Sitewald–Rufeli–Zutteregg (La Lenk) et Ussere Site Bach	28
2.1.11	Ladholzgrabe et Ladholzbach	28
2.1.12	Terrasse de Ried	29
2.1.13	Oberflächennahe Rutschungen zwischen Elsigbach und Bäreboode südlich Frutigen	29
2.2	Region Kandertal	29
2.2.1	Bergstürze im Kandertal	29
2.2.2	Westseite des Kandertals (zwischen Kandersteg und Frutigen)	30
2.2.3	Fisistöcke–Jegertosse	31
2.2.4	Fels-/Bergsturzgefahr am Alpschelehubel südwestlich Kandersteg	31
2.2.5	Massiv des Gross Lohner	32
2.2.6	Sackung Libige nordöstlich Kandersteg	32
2.2.7	«Rutschung» Underem Büel	32
2.2.8	Oberflächliche Rutsch- und Erosionsphänomene I de Huble östlich Kandersteg	33
2.2.9	Sackung Usserrüteni–Innerrüteni–Schlafegg nordöstlich Kandergrund	33
2.3	Région Diemtigtal	34
2.3.1	Phénomènes de chutes de blocs - éboulements - écroulements dans la haute chaîne du Niesen	34
2.3.2	Glissements rocheux du Raufligrat	35
2.3.3	Glissement rocheux du Galmschibe	35
2.3.4	Glissement de Hengrich–Allmi (Schwenden, Diemtigtal)	35
2.3.5	Glissement rocheux de Hinderste Chirel	36
2.3.6	«Coulées de bloc» d'origine torrentielle (Murgänge s. l.) du Färmelberg (haut Diemtigtal)	36
3.	Schutzmassnahmen	36
3.1	Übersicht	36
3.2	Schutzwaldungen	37
3.3	Verbauungen gegen Stein-/Blockschlag und Felssturz	38
3.4	Wildbachverbauungen	38
4.	Bibliographie	40

Anhang

- Anhang A** Geologisch-tektonische Übersicht
- Anhang B** Ecoulements/éboulements: quelques exemples parmi des cas célèbres
- Anhang C** Qualitative Kriterien zur Beurteilung der Eintretenswahrscheinlichkeit
- Anhang D** Legende der Karte der Phänomene 1:10'000
- Anhang E** Legende der Gefahrenkarte 1:25'000

Beilagen

- Beilage 1** Ausschnitt aus der Karte der Phänomene: Karte A – 1:10'000
- Beilage 2** Ausschnitt aus der Karte der Phänomene: Karte B – 1:10'000
- Beilage 3** Gefahrenkarte 1:25'000

Teil A Generelles Konzept und Methodik

1. Einleitung

Bis vor kurzem bestand in der Schweiz, mit Ausnahme der Beurteilung der Lawinengefahr (Bundesamt für Forstwesen et al. 1984), keine einheitliche Art, geologisch-geomorphologische Prozesse und ihren Wirkungsbereich systematisch zu erfassen und kartographisch darzustellen, obschon das Raumplanungsgesetz (RPG 1979) verlangt, als Grundlage zum Richtplan jene Gebiete festzustellen, welche durch Naturgefahren bedroht sind. Mit dem Bundesgesetz über den Wasserbau 1991 und dem Bundesgesetz über den Wald 1991 bzw. der Waldverordnung 1992 liegen nun weitere gesetzliche Grundlagen vor, welche die Erfassung von Naturgefahren verlangen.

Die Landeshydrologie und -geologie (LHG/BUWAL) hat 1989 eine Pilotstudie zur einheitlichen Erfassung und zur kartographischen Darstellung von Bodenbewegungsgefahren (oder Massenbewegungen) gestartet und in Zusammenarbeit mit dem Schweizerischen Nationalen Komitee der Internationalen UNO-Dekade für die Verminderung von Naturkatastrophen (IDNDR) sowie mit der Unterstützung des Bundesamtes für Wasserwirtschaft (BWW) weitergeführt.

Das Projekt beinhaltete die Entwicklung einer geeigneten Legende sowie deren kartographische Erprobung auf dem LK-Blatt 1247 Adelboden, wobei die im Feld gesammelten Erfahrungen einen wesentlichen Beitrag zur Optimierung der Legende leisteten.

Im Teil A des vorliegenden Berichtes ist das generelle Legendenkonzept dargestellt. Es bildet den ersten umfassenden Versuch, die Bodenbewegungsgefahren in der Schweiz auf mittelmassstäblicher Grundlage zu vereinheitlichen.

Die im Bereich des LK-Blattes Adelboden massgebenden geologisch-geomorphologischen Prozesse werden im Teil B gebietsweise erläutert. Ferner findet sich eine Übersicht über die wichtigsten im Gebiet des Kartenblattes getroffenen Schutzmassnahmen.

Das Projekt wurde von einer Expertengruppe – bestehend aus verschiedenen Fachstellen des Bundes (Bundesamt für Wasserwirtschaft, Eidgenössische Forstdirektion, Landeshydrologie und -geologie), Kantonsgeologen (Kantone Bern, Wallis, Tessin) sowie einem Vertreter des Forstdienstes des Kantons Freiburg – begleitet. Zur Abklärung der Bedürfnisse wurde ein erster Legendenentwurf bereits frühzeitig einer breiten Vernehmlassung bei eidgenössischen und kantonalen Fachstellen sowie anderen Institutionen (z. B. Versicherungsgesellschaften) unterzogen. Die Resultate sind in einer Analyse der Landeshydrologie und -geologie (November 1993) zusammengefasst. Das vorliegende Konzept berücksichtigt nach Möglichkeit die in der Vernehmlassung geäusserten, zum Teil allerdings stark unterschiedlichen Anliegen.

2. Zielsetzung

In der Karte der Bodenbewegungsgefahren werden Gebiete dargestellt, in denen eine Gefährdung durch geologisch-geomorphologische Prozesse besteht. Erfasst werden Prozesse, bei denen Locker- und Festgesteinsmassen umgelagert werden. Grundlage zur Gefahrenbeurteilung bildet eine geologisch-geomorphologische Geländeanalyse und die Auswertung von Luftbildern.

Der gewählte Ansatz soll das äusserst breite Spektrum der erfassten Prozesse – sowohl die Mechanismen als auch die räumliche und zeitliche Wirkung betreffend – in ausreichendem Mass berücksichtigen.

Die Karte soll zum Schutze des Menschen und seiner Güter beitragen und auf Stufe der übergeordneten Planung (Richtplanung), als Grundlage aber auch auf Stufe der Nutzungs- oder Objektplanung, verwendet werden können (BONNARD & NOVERRAZ 1984). Im Hinblick auf eine gesamtheitliche Gefahrenbeurteilung und zur Förderung der raumplanerischen Umsetzung muss sich die Karte ausserdem für eine Überlagerung mit anderen Naturgefahren (z.B. Lawinen, Überflutung) eignen. Die Struktur soll daher offen sein und entsprechende Anpassungen erlauben. Entsprechend ist eine Anpassung oder Erweiterung der Legende in Abhängigkeit spezifischer Bedürfnisse möglich.

Um zu gewährleisten, dass die Karte von verschiedensten Benutzern auf Stufe Bund, Kanton, Gemeinde sowie von privaten Interessenten umgesetzt werden kann, soll die Erfassung und Darstellung der Bodenbewegungsgefahren auf möglichst einfachen, eindeutigen und nachvollziehbaren Kriterien basieren.

3. Konzept und Methodik

3.1 Allgemeine Grundsätze

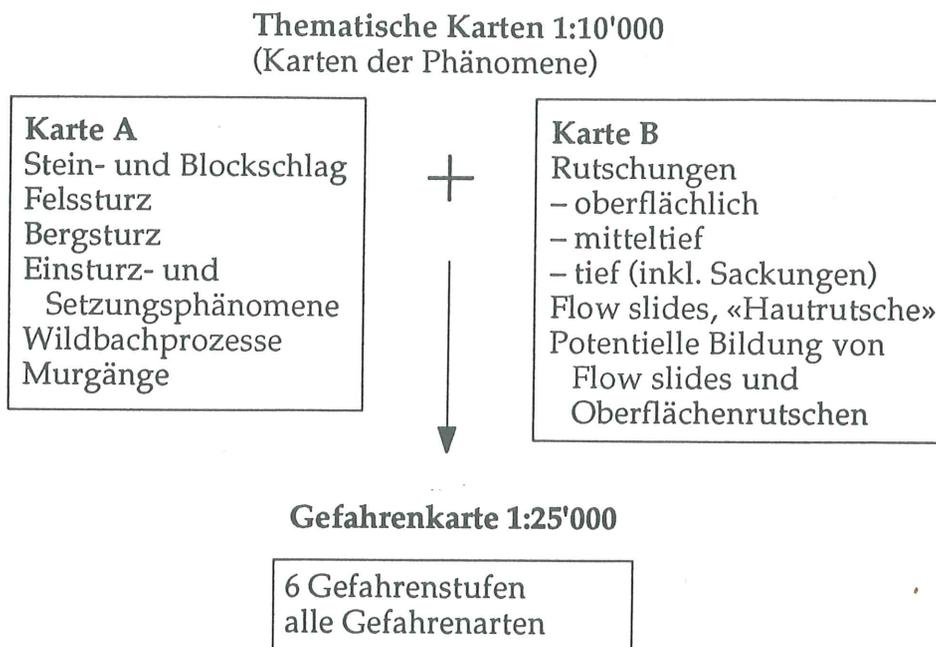
Auf der Karte der Bodenbewegungsgefahren 1:25'000 werden Gebiete (Gefahrenzonen) dargestellt, in denen eine Gefährdung durch einen oder mehrere der in Kapitel 3.3 beschriebenen Prozesse (Gefahrenarten) besteht. Das Ausmass der Gefährdung (*Gefahrenstufe*) wird durch die *Intensität* (Aktivität) eines gefährdenden Prozesses sowie dessen *Eintretenswahrscheinlichkeit* bestimmt. Wirken in einem Gebiet verschiedene gefährdende Prozesse, so kann durch deren Kumulation eine höhere Gefahrenstufe resultieren.

Grundlage zur Karte der Bodenbewegungsgefahren bilden zwei thematische Karten 1:10'000, auf denen die geologisch-geomorphologischen Prozesse dargestellt werden (Karten der Phänomene): Karte A umfasst vor allem plötzlich eintretende Prozesse mit oft starkem Impakt (Sturz- und Wildbachprozesse), Karte B dagegen permanente Prozesse (insbesondere Rutsche). Kartographisch nicht dargestellt werden Massnahmen wie Wildbachverbauungen usw., die zur Reduktion einer Gefährdung beitragen. Solche sind Bestandteil von Legenden für Detailkarten.

Generell nicht berücksichtigt werden Überflutung (ohne grosse Geschiebemengen), Eissturz und Lawinen.

Ausschnitte aus den thematischen Karten finden sich als Beilagen, die dazugehörige Legende in Anhang D.

Das in Figur 1 dargestellte Vorgehen auf zwei Ebenen hat zum Ziel, der eigentlichen Gefahrenkarte eine Karte zugrunde zu legen, auf welcher ein gemäss objektiver, phänomenologischer Kriterien erstelltes Inventar der Prozesse dargestellt ist. Damit wird eine klare Trennung zwischen der Erfassung der Prozesse und der Bewertung der Gefahr angestrebt. Zugleich wird die Gefahrenzonenausscheidung – welche immer subjektiv ist – für Benutzer aus verschiedensten Fachbereichen besser nachvollziehbar.



Figur 1: Vorgehen (schematisch)

3.2 Thematische Karten 1:10'000

Auf den thematischen Karten (Karten der Phänomene) werden geologisch-geomorphologische Prozesse erfasst, welche die Umlagerung von Locker- und Festgesteinsmassen beinhalten. Im wesentlichen sind dies Sturz- und Rutschgefahren. Da bei Prozessen in Wildbächen oft erhebliche Feststoffmengen miteinbezogen sind, werden auch Wildbachgefahren dargestellt. Die Erfassung von Wildbachprozessen ist auch deshalb von Bedeutung, da Wildbäche und Rutschungen oft in einer engen Wechselbeziehung stehen können.

Die Prozesse werden anhand von kennzeichnenden morphologischen und geologischen Indizien ausgeschieden. Kartographisch dargestellt werden indes nicht die einzelnen Phänomene, sondern die Gesamtheit aller Indizien, die für einen verursachenden Prozess in einem räumlich begrenzten Gebiet kennzeichnend sind. Die Phänomene werden zu Prozessflächen aggregiert. So werden bei einem Rutsch nicht einzelne Anrisspalten oder Stauchwülste, sondern die gesamte Rutschmasse ausgeschieden. Dank diesem Vorgehen wird die Lesbarkeit und Übersichtlichkeit der Grundlagenkarte erhöht und gleichzeitig auch die Nachvollziehbarkeit der Gefahrenkarte erleichtert. Visuell wird dies durch die Verwendung von Prozessfarben (z. B. rot für Sturzprozesse) unterstützt.

3.3 Description des phénomènes

3.3.1 Carte A: Phénomènes d'instabilité instantanés à rapides

Chutes de blocs, éboulements, écroulements, effondrements

Dans le cadre d'un relevé systématique du territoire, il n'est pas possible d'analyser en détail chaque processus de chutes de matériaux rocheux. L'évaluation de ces processus effectuée ici se base donc sur une analyse qualitative sommaire de données telles que la lithologie, le délitage et la schistosité, les structures tectoniques et la fracturation, le contexte morphologique, etc.

Les phénomènes de chutes de blocs, éboulements, écroulements, coexistent le plus souvent, ce qui oblige en outre à des simplifications dans la représentation de leurs limites respectives.

Les petits affleurements, falaises et parois de roches disloquées litées ou massives, voire de moraines, éluvions ou roche écroulée, donnent tous lieu à des phénomènes subits de désagrégation avec chute de volumes très divers de matériaux; cette chute s'organise selon des *mécanismes distincts* dépendant du volume et de la nature des matériaux concernés, de la morphologie de la zone de transit et de dépôt de ces matériaux, et de la nature des matériaux occupant ces zones (présence d'eau et de neige notamment).

L'*ampleur de la zone menacée* dépend de tous ces facteurs et du *mécanisme de chute résultant*, et non directement du volume de matériaux concernés.

Sa détermination repose donc sur une pondération subjective de ces divers facteurs; elle se fait sans recours à une modélisation, en se basant sur l'observation des zones de dépôt des phénomènes antérieurs et sur l'analogie avec d'autres cas semblables plus aisément observables quant aux relations entre données de départ et résultats¹.

¹ Il faut relever qu'une modélisation mathématique aboutissant à une trajectographie, n'est guère plus objective puisqu'elle inclut de nombreuses hypothèses sur la taille initiale des blocs, leur fragmentation durant la chute, les coefficients de restitution d'énergie au choc, etc. Une telle modélisation ne peut de toute manière être appliquée à un relevé systématique du territoire.

La zone concernée par ces phénomènes a été divisée, en principe, en trois secteurs distincts :

- la zone de provenance ou de production,
- la zone de dépôt des phénomènes antérieurs,
- la zone menacée par les phénomènes prévisibles.

La zone de transit des matériaux, parfois importante, n'est pas distinguée pour elle-même, étant incluse dans la zone de dépôt et la zone menacée: le danger est en effet de même ampleur pour la zone de transit et pour celle de dépôt. D'autre part, ces deux zones sont le plus souvent en partie confondues, aucune limite significative entre elles ne pouvant être définie dans ces cas-là.

En pratique, zone de dépôt des phénomènes antécédents et zone menacée ne sont pas toujours distinguées sur la carte: c'est notamment le cas lorsque ces deux zones se confondent, ou lorsque la zone considérée comme actuellement menacée est plus restreinte que la zone de dépôts antérieurs (p.ex. lorsque ceux-ci sont dus à des éboulements d'un volume qui n'est plus prévisible dans l'état actuel du terrain). Lorsque la même zone de provenance est supposée pouvoir donner lieu à la fois à des chutes de blocs et à des éboulements/écroulements, ou lorsque la zone de dépôt est sous la menace de plusieurs zones productives, la complexité de la représentation graphique de tous les secteurs devient prohibitive et il est nécessaire de simplifier (p.ex. fond du vallon de Chilei)¹. Lorsque la zone de dépôt des phénomènes d'éboulements/écroulements antécédents excède celle prévisible pour les phénomènes futurs, le figuré utilisé pour ces zones de dépôt (V, respectivement gros points) peut excéder la surface de la zone actuellement menacée.

Lorsque la zone de dépôt des phénomènes antérieurs est constituée à la fois d'éboulis et de masses éboulées ou lorsqu'il n'est pas clairement possible de trancher quant à la nature du phénomène antécédent concerné ou prédominant, le figuré prévu pour la «zone de dépôt d'éboulements antérieurs» n'est pas utilisé (les dépôts sont considérés comme éboulis). De même, lorsqu'il n'est pas possible d'établir si une zone de dépôt est due principalement à une succession d'éboulements ou à un écroulement unique, c'est le figuré «éboulement» qui est utilisé (pentes nord et est de l'Albristhorn; Türmlihore).

La chute d'une masse rocheuse peut être décrite au travers de divers critères liés par des relations souvent complexes (p.ex. volume global, la taille des blocs, le mode de rupture et de déplacement, le déroulement du phénomène dans le temps). C'est pourquoi la recherche d'une classification opportune est délicate; dans le cas présent, cette classification doit être facilement utilisable sur le terrain d'une part, et répondre aux besoins de l'utilisateur d'autre part. Une classification basée uniquement sur le volume des masses soumises à la chute telle celle proposée par HEIERLI et al. (1985) selon des critères basés sur les limites de résistance des ouvrages, ne correspond ni à

¹ Les exemples cités entre parenthèses dans les paragraphes suivants se réfèrent à certaines situations typées décrites au chapitre 3 ou rencontrées sur la feuille Adelboden, qui illustrent notre propos.

des critères géologiques concrets, ni à des critères de terrain. Pour cette raison, il est proposé dans le présent travail de recourir à une distinction basée sur le mécanisme des phénomènes.

Effectivement, il existe bien une relation entre le volume de matériaux concernés par un événement et le mécanisme ou la dynamique du phénomène consécutive, qui permet notamment de distinguer sur le terrain entre un éboulement et un écroulement de masse. Cette distinction vaut pour l'identification d'un phénomène antérieur comme pour le pronostic des conséquences spatiales d'un phénomène potentiel. Mais les limites de volume correspondantes sont très différentes – très supérieurs – aux limites de la classification de HEIERLI et al. (1985).

Chutes de blocs (Stein- und Blockschlag)

Il s'agit de la chute libre de pierres et de blocs isolés de toutes tailles, se détachant de manière répétitive de la zone de provenance délimitée. Le volume maximum global par événement a été fixé à quelques dizaines de mètres cubes. Le volume des blocs n'est pris en considération qu'indirectement par l'évaluation de l'extension de la zone menacée par les chutes.

La surface de la zone de dépôt est en général d'extension assez limitée; elle est d'autant plus grande que la pente est plus forte et sa rugosité plus faible. Elle prend la forme d'un cône dont la pente peut être forte (plus de 30°).

La détermination de la zone atteinte par les chutes antérieures n'est pas toujours objectivement possible: les «voiles d'éboulis» sont parfois formés autant par des éboulements de volumes divers que par la chute d'éboulis; des blocs, même abondants localement, peuvent avoir été amenés par des avalanches de neige; dans d'autres cas, les blocs épars sont éliminés pour l'exploitation des alpages ou rassemblés en monticules («Lesesteinhaufen»), souvent bien visibles sur les photographies aériennes (région Fildrich–Chilei, Diemtigtal).

Eboulements (Felssturz) au sens strict

Il s'agit de la chute plus ou moins libre d'une masse rocheuse dont le volume est couramment compris entre quelques dizaines de mètres cubes et quelques dizaines de milliers de mètres cubes par événement. Le mécanisme est proche de celui des chutes de blocs, le volume de la masse étant suffisamment limité pour que les interactions entre les éléments ne jouent pas un rôle significatif au plan de la dynamique du phénomène. Le volume maximum remplissant les conditions de ce mécanisme est d'autant plus grand que la hauteur de chute ± libre est plus grande et que la faculté de fragmentation des matériaux est plus faible; il peut atteindre des valeurs bien supérieures à celles précédemment citées (ex.: Randa: grande hauteur de chute, faible pouvoir de fragmentation, phénomène en deux phases, chacune constituée d'une cascade d'éboulements successifs, et un mécanisme global s'apparentant nettement à un éboulement avec un étalement modéré des matériaux, malgré un volume de 30 millions de m³).

La zone de dépôt se caractérise par un étalement modéré, avec formation d'un cône dont la pente peut être assez forte et qui se différencie peu d'un cône d'éboulis (versant NW du Gsür). Son étalement est d'autant plus grand et sa pente plus faible que le volume de l'éboulement unitaire est plus grand, toutes autres conditions étant identiques.

Écroulements (Bergsturz) au sens strict

Il s'agit de la rupture instantanée d'un massif rocheux de très grand volume avec déplacement très rapide, de telle manière que ce déplacement conduise à la fragmentation intensive de la roche. La phase initiale du phénomène peut être de type glissement (sur surface de discontinuité tectonique ou stratigraphique) ou de type chute \pm libre, voisin d'un éboulement. Le mécanisme du déplacement est caractérisé par l'énergie cinétique considérable de la masse, qui, se transmettant par interactions intensives entre éléments, conduit à une distance de déplacement horizontal (L) et une surface d'étalement bien supérieure à celle qu'atteindrait une succession d'éboulements totalisant un volume comparable pour une même dénivellation (H). Le rapport L/H peut être plus que doublé; il croît avec le volume de l'écroulement. Le tableau dans l'annexe B donne quelques exemples parmi des cas célèbres.

Le volume d'un événement excède le million de mètres cubes et peut atteindre, dans des cas rares, des valeurs de plusieurs dizaines de millions de mètres cubes, voire beaucoup plus considérables (p.ex. écoulement préhistorique du Fisistock). Le volume minimum nécessaire pour engendrer le mécanisme de l'écroulement est d'autant plus grand que la pente de la zone d'accélération est plus importante (angle de pente et longueur), et plus irrégulière topographiquement, que la masse rocheuse est plus sèche et moins sujette à la fragmentation. La présence d'une forte couverture neigeuse lors de l'événement peut conduire à une très importante extension de la zone de dépôt.

Les masses écroulées relatives à d'anciens écroulements ne sont représentées que dans le cas où leur zone de provenance constitue toujours une menace d'un nouvel écroulement d'importance comparable. Si la masse initialement écroulée est demeurée instable, elle est représentée comme un glissement de terrain (p.ex. versant nord de l'Albristhorn). Ne remplissant ni l'une ni l'autre de ces deux conditions, les écroulements préhistoriques du Kandertal (Fisistock notamment) ne sont pas représentés.

Effondrements (Absenkung, Einsturz)

Il s'agit des phénomènes d'effondrement sur sous-sol soluble (gypse notamment) et sur cavité souterraine (p.ex. cavité karstique). L'amorce dans le temps d'un processus d'effondrement et sa localisation précise restent quasiment imprévisibles dans la plupart des cas, de même que l'ampleur et la rapidité du phénomène. Le plus souvent, le phénomène progresse par saccades, les événements successifs étant très variablement espacés dans le temps.

Dans la mesure du possible, les dolines d'effondrement sont représentées de manière individuelle. En cas de tendance généralisée à l'effondrement (les zones à soubassement rocheux constituées de gypse/anhydrite sont considérées comme telles), c'est l'ensemble de la surface potentiellement concernée qui sera représentée.

Un figuré distinct est utilisé pour les zones à tendance élevée à l'effondrement (cas des zones à soubassement rocheux constitué de gypse/anhydrite et situé à profondeur relativement faible, zones à forte densité de dolines existantes, à alignement de dolines) et pour les zones à tendance faible à l'effondrement (zones de gypse sous forte couverture meuble et/ou à faible densité de dolines existantes, zones karstiques calcaires) (région Stigelschwand, ouest d'Adelboden).

Erosion torrentielle, débordement avec épandage de matériaux solides, laves torrentielles (Murgänge, Rüfen)

Les processus affectant les lits et berges de torrents, y compris les débordements avec épandage important de matériaux solides, sont représentés dans la mesure où ils participent activement à l'érosion des versants.

Le caractère érodable des berges (2 figurés) et lits de torrent (1 figuré) est représenté, de même que le caractère instable des berges (2 figurés); ce sont en effet ces caractères qui déterminent, avec la pente du profil en long du torrent et la variabilité du débit de celui-ci, la propension à la formation de laves torrentielles. Les zones d'*érosion des berges* mentionnées sont les zones taillées dans des formations meubles. Les zones d'*érosion des berges en terrain très aisément (rapidement) érodable*, sont les zones de formations meubles à cohésion faible ou nulle telles que colluvions de pente, éboulis argileux, anciens glissements, etc. Les secteurs de *lit torrentiel particulièrement sujet à l'affouillement* correspondent aux zones dans lesquelles des formations meubles à faible cohésion (anciens glissements notamment) subsistent en tranche épaisse sous le lit actuel du torrent.

Les zones instables aboutissant aux berges des torrents sont particulièrement dangereuses, car génératrices du processus d'embâcle-débâcle qui est fréquemment à l'origine de la formation de laves torrentielles (Undere Seewle, angle SW de la carte 1247).

Deux figurés distincts sont utilisés pour caractériser les transports solides des torrents :

- l'un pour les *torrents sujets à de forts transports solides permanents*, principalement grossiers, donnant lieu à un transport par saltation principalement, consécutif avant tout à la remobilisation des matériaux occupant le lit du torrent en périodes de débits élevés.
- l'autre pour les *torrents sujets à de forts transports solides transitoires*, avec transport de matières fines et grossières (laves torrentielles, Murgänge) et susceptibles de donner lieu à des processus d'embâcle-débâcle.

Les lits à *écoulement temporaire* sont soulignés pour autant qu'ils présentent un certain danger de débordement et d'alluvionnement en fond de vallée ou à leur base et/ou qu'ils soient susceptibles de donner lieu à des phénomènes de Murgang.

Il faut noter à ce sujet le recoupement imparfait entre le sens du terme français *lave torrentielle* et celui du terme allemand *Murgang*: l'acception du terme *lave torrentielle* est plus étroite, s'appliquant aux transports solides principalement fins en suspension (boueux) à très fort pouvoir d'érosion, générateurs de processus d'embâcle-débâcle ou consécutif à un tel processus initial. De tels processus ne sont pas caractéristiques du contexte de la feuille Adelboden, où les transports solides des torrents sont à large éventail granulométrique, celui-ci ne jouant pas un rôle déterminant pour le mécanisme de transport.

Les secteurs de cours d'eau susceptibles d'un blocage (barrage temporaire) dû à un glissement important, à un éboulement ou à un très fort apport solide par un affluent, sont indiqués. Selon la topographie du thalweg, les zones situées à l'amont de ces secteurs sont susceptibles d'être inondées en cas d'embâcle, et les zones situées à l'aval peuvent être dévastées en cas de débâcle. Les limites des zones exposées à ce danger ne sont en principe pas indiquées (extension difficilement prévisible, en particulier pour la zone d'ennoyage amont).

Les zones d'épandage récent d'alluvions et de laves torrentielles reconnaissables comme telles sur le terrain sont délimitées et représentées au moyen d'un figuré. Les zones exposées à de tels épandages pour raisons topographiques, mais sans dépôts récents reconnaissables comme tels, sont délimitées au moyen d'un simple encadré bleu (Färmelberg, Diemtigtal).

3.3.2 Carte B: Phénomènes d'instabilité de masse permanents ou plus lents

Cette carte représente d'une part les phénomènes de glissements de terrain permanents, substabilisés ou plus ou moins lents, de diverses natures, d'autre part, les phénomènes subits plus rapides tels que coulées boueuses, arrachements plus ou moins superficiels en terrain meuble, ainsi que les zones sujettes à la formation de ce type de phénomènes.

Glissements de masses

Les *glissements superficiels*, y compris les phénomènes – assez rares sous nos climats – de *solifluxion*, sont représentés par un figuré particulier. Il s'agit du glissement lent (ordre du cm/an), régulier, affectant la couche superficielle (1 à 2 m) dans certaines zones pentues en terrain peu cohésif et à composante argileuse, reconnaissable par la formation de légers bourrelets réguliers (versant NW de l'Elsighorn), ou par celle de lobes, dans le cas de la solifluxion. Il ne s'agit donc pas du processus de reptation dû au gel-dégel, qui est ubiquiste et à peu près indécélable. Les zones plus actives (quelques cm/an), sur fortes pentes, sont distinguées par la couleur orange.

Les glissements déclarés de profondeur modérée (2 à 10 m) sont indiqués par un figuré spécifique et trois couleurs distinguant le degré d'activité moyen à long terme. Ce sont des glissements affectant le plus souvent la couverture meuble ou de la roche décomposée, souvent directement sur la roche en place. Il peut s'agir de zones marginales ou annexes de glissements plus profonds; dans ce cas, la limite n'est indiquée que si elle est bien caractérisée. Le type de mécanisme n'est pas pris en considération: glissements rotationnels, translationnels atypiques, plus rarement glissements-plans.

Lorsqu'ils sont actifs, ces glissements de moyenne profondeur sont souvent les plus gênants pour la construction. Ils ont un régime souvent plus irrégulier que les grands glissements. Ils sont particulièrement à redouter lorsqu'ils sont érodés en pied par un cours d'eau ou lorsqu'ils ne sont pas freinés en pied (pente croissante, falaise): dans ces cas, ils sont sujets à réactivations subites importantes; ils sont alors indiqués par la couleur rouge même si leur activité annuelle moyenne à long terme paraît faible (moins de 10 cm/an). Les trois catégories de degré d'activité distinguées sur cette carte supposent une estimation résultant de l'examen de terrain, en l'absence de mesures quantitatives objectives. Cette estimation par le spécialiste est possible moyennant une certaine expérience de ce travail; elle se base sur les différents dégâts au couvert végétal, au sol, aux infrastructures, à la fraîcheur de la morphologie de glissement, etc.

Les glissements déclarés profonds (plus de 10 m, jusqu'à 200–300 m) sont mentionnés par un figuré particulier et par les trois couleurs déjà utilisées pour les glissements de moyenne profondeur, soulignant le degré d'activité moyen à long terme. Ces glissements de volume parfois considérable abondent dans les vallées alpines. Les plus grands, très anciens, doivent leur origine à l'érosion glaciaire et sont apparus lors du dernier retrait glaciaire (glissements de Hirzboden, d'Am Trunig, dans l'Engstligental). Ils affectent presque toujours le soubassement rocheux, la masse glissée étant constituée de roche plus ou moins disloquée à décomposée. Il faut y adjoindre les phénomènes d'affaissement rocheux à grande échelle (Sackung). Les glissements à grande échelle sont souvent complexes, donnant lieu à des glissements secondaires de moindre profondeur, mais plus actifs. Les limites de ces glissements secondaires sont soulignées lorsqu'elles apparaissent clairement par la morphologie, car elles peuvent correspondre à des zones de mouvement différentiel (cisaillement), même lorsque la classe de couleur utilisée est la même de part et d'autre de la limite. Lorsque la classe de couleur est différente, la classe de profondeur indiquée par le figuré est celle du glissement secondaire seul.

Il arrive que certains de ces grands glissements soient malaisés à identifier; leurs limites peuvent être localement incertaines, notamment lorsque les processus d'érosion plus récents et plus actifs les ont remodelés (cas de la terrasse sur laquelle est construite la station d'Adelboden). L'usage des photos aériennes de l'Office fédéral de topographie s'est parfois révélé déterminant dans ces cas-là, par la vision plus globale du terrain qu'elles permettent. Beaucoup d'entre eux paraissent stabilisés ou substabilisés, ne posant pas de problèmes en fonction de l'usage passé ou présent du territoire. De nombreuses vérifications récentes montrent cependant que la plupart de ces glissements dormants ne sont en fait pas stabilisés, montrant de faibles mouvements (un à quelques cm/an) permanents ou temporaires. C'est pour cette raison, ainsi que par le fait que les masses rocheuses disloquées qui les constituent

sont extrêmement défavorables pour tous les travaux souterrains de génie civil, que ces glissements sont reportés sur la présente carte.

Les glissements déclarés de profondeur modérée (2 à 10 m) et profonds (plus de 10 m) sont représentés à l'aide de trois couleurs qui désignent des niveaux d'activité distincts. Les valeurs quantitatives retenues pour chacune de ces trois classes d'activité, données en déplacements annuels moyens, reposent sur les considérations suivantes.

La catégorie 0–2 cm/an regroupe la majeure partie des glissements latents, qui ne montrent pas de signes d'activité visibles sur le terrain, et pour lesquels des centaines de mesures géodésiques et photogrammétriques effectuées dans toute la Suisse montrent que les mouvements se situent effectivement dans cette fourchette. Ce sont les glissements qui causent peu ou pas de dégâts aux aménagements en surface, mais s'avèrent déjà redoutables pour des aménagements souterrains par exemple, lorsqu'il s'agit de glissements profonds.

La catégorie 2–10 cm/an regroupe les glissements qui causent des dégâts à la végétation et aux infrastructures observables sur le terrain. La construction d'infrastructures de surface telles que bâtiments, conduites souterraines ou aériennes, routes, lignes de chemins de fer, est encore viable sur de tels glissements, mais suppose des mesures d'adaptation constructives et d'entretien plus ou moins coûteuses, à déterminer sur la base d'études spécifiques.

La catégorie plus de 10 cm/an concerne les glissements dont l'activité est entretenue à un niveau élevé, souvent par une érosion basale ou latérale, par des conditions géologiques, hydrogéologiques, topographiques particulièrement défavorables. C'est dans cette catégorie que l'on retrouve, en outre, la plupart des glissements sujets à des réactivations temporaires importantes. Sans assainissement ou lorsque ceux-ci sont impossibles, la viabilité de tous les types de constructions et infrastructures y est menacée, en particulier les infrastructures linéaires. La limite de 10 cm/an résulte d'un choix empirique en fonction des critères naturels évoqués d'une part, d'autre part c'est celle qui convient le mieux en réponse aux critères de conséquences pour les constructions et infrastructures. Elle n'a pas de signification absolue en elle-même. Elle devrait plutôt être considérée comme valeur «flottante» selon chaque cas par l'auteur du levé et, conséquemment, par l'utilisateur de la carte.

Coulées boueuses et zones d'aléas potentiels subits

Les coulées boueuses et arrachements de terrains superficiels sont des phénomènes subits de taille le plus souvent restreinte, qui surviennent en dehors du réseau hydrographique, généralement provoqués par des résurgences ponctuelles d'eau souterraine en période de très fortes précipitations. Un seul événement pluviométrique peut générer un grand nombre de coulées boueuses et arrachements sur une même région. Il s'agit de phénomènes sans surface de glissement, assez rapides (quelques m/h) à rapides (quelques km/h). La vitesse dépend, outre la pente du terrain, de la teneur en eau des matériaux (importance relative du volume de la venue d'eau et du volume des matériaux susceptibles d'être entraînés) avec laquelle elle croît, et de la teneur en matériaux très fins (argiles) des matériaux entraînés, avec laquelle elle évolue de manière inverse. Certains arrachements de sol très superficiels peuvent être provoqués par les avalanches (ou glissements de plaques de neige).

Les arrachements de terrain et les coulées boueuses antécédents sont indiqués par la couleur violet plein, qui ne désigne que la surface effectivement marquée par l'événement antécédent.

Les zones d'aléas potentiels subits sont les zones exposées à la formation de ces types de phénomènes, ainsi qu'aux petits glissements ponctuels et à l'ensemble des phénomènes d'érosion subite affectant le domaine voisin de la surface du sol, mais non encore déstabilisées sauf localement. Les critères de détermination des zones potentiellement exposées à ce type d'aléas sont:

- la présence de phénomènes semblables déjà visibles dans la zone considérée,
- la présence de matériaux meubles de couverture à cohésion faible ou modérée,
- la présence d'un substratum rocheux de perméabilité fissurale suffisante,
- la présence d'une forte pente.

La couleur violet clair est utilisée pour représenter ces zones. Lorsque la zone paraît exposée à la formation spontanée de glissements un peu plus volumineux et plus profonds, un figuré (loupes de glissement) est utilisé en surcharge: c'est le cas, rare, de zones avec épaisse couverture meuble à faible cohésion (éluvions, colluvions, ancien glissement p. ex.) à forte pente, mais à instabilité permanente non significative).

Les versants de certains torrents, raides et sujet à érosion rapide par divers processus souvent conjoints et mal caractérisés, peuvent également être désignées par la couleur violet, clair ou même foncé lorsque la densité de signes d'érosion active est élevée.

Les avalanches et glissements de plaques de neige, surtout mouillée, peuvent donner lieu à des arrachements superficiels de sol. Les zones sujettes à ces processus peuvent elles-aussi être désignées par la couleur violet.

En périodes climatiques très critiques, des coulées boueuses et de petits glissements ou arrachements de terrain peuvent cependant apparaître dans d'autres zones que celles mentionnées comme potentiellement propices sur la carte, de manière non prévisible, y compris en zones blanches «présumées stables».

A part ces cas limités, il n'existe en pratique que de rares potentialités que surviennent spontanément, en zone alpine à climat tempéré, des glissements de dimension importante en-dehors des zones de glissements déclarés permanents représentés sur la carte B. De même, le danger potentiel d'extension des glissements déclarés est le plus souvent presque inexistant, ou parfois limité à de petites zones, parce que les limites d'extension possibles géologiquement ont été atteintes depuis longtemps. Une aggravation de phénomènes d'instabilité à grande échelle se limite en pratique à un changement de régime de glissements préexistants: forte à très forte augmentation temporaire ou durable de la vitesse, à l'échelle globale ou partielle d'un glissement ancien.

3.4 Gefahrenkarte 1:25'000

3.4.1 Allgemeines

Im zweiten Schritt werden die auf den thematischen Karten dargestellten Prozesse (Gefahrenarten) zusammengefasst. Dargestellt werden *Gefahrenzonen*, in denen eine Gefährdung durch die oben beschriebenen Prozesse besteht. Unter Berücksichtigung der *Intensität* oder *Aktivität* der Prozesse, deren *Eintretenswahrscheinlichkeit* sowie der möglichen Kumulation mehrerer Prozesse werden insgesamt

6 Gefahrenstufen (GS I – GS VI)

unterschieden. Diese sind im grossen und ganzen kompatibel mit jenen der Lawinengefahrenkarte (vgl. Richtlinien Lawinengefahr, Bundesamt für Forstwesen et al. 1984).

Bei der Ausscheidung von Gefahrenzonen wird in der Regel zwischen *plötzlich auftretenden*, rasch ablaufenden (thematische Karte A) und *permanenten* Prozessen (thematische Karte B) unterschieden. Bei den plötzlichen Prozessen wird die Intensität durch die Farbe (violett, orange), die Eintretenswahrscheinlichkeit durch *starke* oder *blasse* Farbgebung wiedergegeben. Die gelbe Farbe steht für permanente Prozesse, die Stärke der Farbe für deren Aktivität. Die für eine Gefahrenzone massgebenden Prozesse werden durch eine Abkürzung gekennzeichnet.

Um die Anzahl der Gefahrenstufen aus Gründen der Einfachheit auf ein Minimum zu reduzieren, wurde bei der für plötzliche Prozesse niedrigsten Gefahrenstufe IV auf eine Unterteilung in grosse und geringe Eintretenswahrscheinlichkeiten verzichtet.

Bei der Ausscheidung der Gefahrenzonen ist der *allgemeine Zustand* des Gebietes zum Zeitpunkt der Feldaufnahmen relevant. Umweltveränderungen und ihre möglichen Auswirkungen werden mangels griffiger Beurteilungskriterien nicht berücksichtigt.

Ist die Hauptgefahr in einem Gebiet nachhaltig durch technische (z. B. Steinschlagwehre, Murgangssperren) oder auch waldbauliche *Massnahmen* verringert, so kann dies eine *Reduktion der Gefahrenstufe* zur Folge haben, sofern der Unterhalt der getroffenen Massnahmen gewährleistet ist. Kartographisch dargestellt wird dies durch eine Schrägschraffur, wobei die Farbgebung sowohl die aktuelle als auch die mutmassliche Gefährdung ohne die getroffenen Massnahmen zum Ausdruck bringt. Es werden nur die wichtigsten Massnahmen dargestellt bzw. solche, die sich massstabsgerecht darstellen lassen. Die Ziffer verweist auf eine Erläuterung im Beleitext.

Basis der Gefahrenbeurteilung bilden die Aufnahmen und Beurteilungen im Gelände (*geologisch-geomorphologische Geländeanalyse*). Diese wird ergänzt durch die *Auswertung von Luftbildern*. Sowohl Intensität als auch Eintretenswahrscheinlichkeit können im allgemeinen nur abgeschätzt werden. Die Beurteilung basiert auf den Geländeanalysen sowie auf den durch die Bodenbewegungen verursachten Erscheinungen (durch Steinschlag verletzte Bäume oder Grasnarbe, Schiefstellung von Bäumen oder

Leitungsmasten, gespannte Wurzeln, Risse in Strassen oder Gebäuden [Achtung: Unterscheidung von Rissen infolge baubedingter Setzungen] usw.). Dabei ist eine systemare Betrachtung anzustreben. Eine Beurteilung wird nicht selten unterstützt durch Informationen seitens der Bevölkerung, Gemeindebehörden, Betreibern von Bahnen usw. oder durch alte Berichte oder Chroniken. Im Rahmen der Pilotstudie Adelboden wurde auf die systematische Erfassung eines Gefahrenkatasters verzichtet.

Erfahrungsgemäss sind nur in wenigen Fällen Resultate von geodätischen Vermessungen, Bohrungen oder geophysikalischen Untersuchungen vorhanden. Das bearbeitete Kartenblatt betreffend standen einzig für zwei Gebiete Verschiebungsmessungen zur Verfügung (Hirzboden – Hindere Bunder, Holzachsegge). Beide Gebiete sind in Teil B, Kapitel 2 näher beschrieben.

Da es sich bei der Karte der Bodenbewegungsgefahren primär um eine auf Geländeaufnahmen basierende Karte handelt, wird bewusst auf die Durchführung von Berechnungen (z.B. Sturzbahnrechnungen) oder anderweitiger, computergestützter Modellierungen verzichtet. Allenfalls vorhandene Daten können aber durchaus in die Gefahrenbeurteilung einbezogen werden.

3.4.2 Intensität (Aktivität, Amplitude)

Unter Intensität verstehen wir die Art und Weise, mit welcher sich ein geologisch-geomorphologischer Prozess physikalisch auf die Umgebung auswirkt. Sie kann im allgemeinen nur abgeschätzt werden, denn nur selten liegen quantitative Angaben vor.

Während beispielsweise bei den Lawinen die Druckwirkung durch die sich bewegende Masse als Kriterium verwendet wird (3 kN/m^2 und 30 kN/m^2), fehlen bei den Bodenbewegungsgefahren zur Zeit noch entsprechende Werte. Eine interdisziplinäre Arbeitsgruppe «Naturgefahren» – bestehend aus Vertretern verschiedener Fachstellen des Bundes (Bundesamt für Wasserwirtschaft, Eidgenössische Forstdirektion, Landeshydrologie und -geologie), der Hochschule und privater Büros – ist gegenwärtig mit der Erarbeitung entsprechender Kriterien beauftragt.

Bei der Karte der Bodenbewegungsgefahren wird der Begriff Intensität in Ermangelung klarer und allgemein anerkannter Kriterien in qualitativem bis semiquantitativem Sinn verwendet.

Stein- und Blockschlag: Die Intensität ist Ausdruck von Energie bzw. Masse und Geschwindigkeit stürzender, springender oder rollender Gesteinskomponenten. Wichtig zur Beurteilung sind einerseits die Lithologie und die räumliche Disposition der Trennflächen (Fragmentierung des Gesteinsverbandes, Blockgrösse), andererseits die topographischen Gegebenheiten, die Beschaffenheit («Rauigkeit») des Untergrundes im Ablagerungsbereich sowie die Frequenz, welche die anderen Faktoren nicht selten an Bedeutung übertrifft. Bei Stein- und Blockschlag treten vor allem starke bis mittlere Intensitäten auf.

Felssturz: Die Intensität ist aufgrund der im allgemeinen grösseren Sturzmasse stark. Einzig an der Peripherie des Ablagerungsbereiches ist eine mittlere Intensität denkbar.

Bergsturz: Infolge des sehr grossen Sturzvolumens und der Dynamik des Prozesses ist die Intensität generell gross.

Wildbachprozesse: Die Wirkungsweise von Wildbachprozessen ist wegen der verschiedenen Teilprozesse sehr mannigfaltig. Sie beinhaltet einerseits die Druckwirkung durch die fliessende Masse und Kraftstösse durch mitgerissene Einzelkomponenten (Blöcke, Baumstämme). Andererseits spielt die Erosion (u. a. räumliche Verlagerung der Böschungskante), welche ihrerseits weitere Instabilitäten verursachen kann, sowie das Ausmass von Geschiebeakkumulationen eine wesentliche Rolle. Die Beurteilung der entlang einem Wildbach auftretenden Intensität(en) hat unter Berücksichtigung hydrographischer, topographischer und geologischer Gegebenheiten sowie der entsprechenden Disposition für die verschiedenen Wirkungsweisen zu erfolgen. Die auftretenden Intensitäten variieren zwischen stark und schwach.

Rutschprozesse: Da es sich bei den Rutschungen vielfach um kontinuierliche Prozesse handelt, wird der Begriff Intensität zweckmässigerweise durch den Begriff Amplitude ersetzt. Massgebend bei der Beurteilung der Amplitude ist die Bewegung des Untergrundes sowie die Tiefe. Eine starke Amplitude beinhaltet beträchtliche mittlere jährliche Bewegungen (i. allg. >10 cm/Jahr) oder eine Disposition zu einer wesentlichen temporären Reaktivierung der Rutschmasse.

Spontan auftretende Rutsche (v.a. Oberflächenrutsche), Flow slides: Witterungsbedingt treten diese Prozesse meist spontan auf und verlaufen relativ schnell. Die Wirkungsweise basiert vor allem auf dem Druck der sich mehr oder weniger schnell bewegenden Masse (variables Gemisch Erdreich-Wasser). Je nach Volumen und Dichte des bewegten Materials und dessen Geschwindigkeit resultieren meist mittlere, teils auch starke Intensitäten, in Randbereichen auch geringe Intensitäten.

Einsturz, Absenkung: Die Beurteilung von Intensität bzw. Amplitude basiert analog zu jener bei den Rutschprozessen auf den Bewegungen des Untergrundes. Treten diese Bewegungen plötzlich und mit messbarem (cm-Bereich) Versatz auf (z.B. durch Einsturz eines Hohlraumes), so entspricht dies einer starken Amplitude.

3.4.3 Eintretenswahrscheinlichkeit

Sie gibt an, in welchen Zeiträumen sich ein erfasster Prozess innerhalb eines Gebietes mit einer bestimmten Intensität manifestiert. Als Bezugsgrösse dient der Zeitraum von ca. 30 Jahren, also ungefähr einer Menschengeneration. Die verwendeten Eintretenswahrscheinlichkeiten sind in ihrer Grössenordnung kompatibel mit den in den Richtlinien zur Beurteilung der Lawinengefahr dargestellten Zeiträumen. Allerdings ist zu beachten, dass die Eintretenswahrscheinlichkeit bei Bodenbewegungsgefahren im Gegensatz etwa zu Hochwasserereignissen mangels geeigneter Grundlagen (Beobachtungen, Messreihen) statistisch gesehen kaum berechenbar ist. Kriterien zur Beurteilung der Eintretenswahrscheinlichkeit finden sich in Anhang C.

Bei der Ausscheidung von Gefahrenzonen wird einem Prozess mit grösserer Eintretenswahrscheinlichkeit Priorität vor einem solchen mit geringerer Eintretenswahrscheinlichkeit eingeräumt. Damit wird das Schwergewicht der Gefahrenbeurteilung auf nähere und noch überschaubare Zeiträume gelenkt.

Ausnahmsweise kann einem Prozess mit geringerer Wahrscheinlichkeit der Vorrang gegeben werden, wenn dessen Eintreten eine erhebliche Gefährdung darstellt. Dies ist in den Erläuterungen zu begründen.

3.4.4 Kumulation von Prozessen

Insbesondere in gebirgigen Gegenden können innerhalb eines Gebietes zugleich verschiedene Prozesse wirksam sein. Dies kann eine Erhöhung der Gefahrenstufe zur Folge haben. Das Zusammentreffen verschiedener Prozesse muss aber nicht zwangsläufig eine Änderung bedingen, da jede Gefahrenstufe bezüglich Intensität und Eintretenswahrscheinlichkeit einen grossen Bereich abdeckt. Da die Wahrscheinlichkeit, dass mehrere Prozesse an einem bestimmten Ort im selben Augenblick auftreten minim ist, hat die Kumulation von Prozessen primär eine erhöhte Eintretenswahrscheinlichkeit eines gefährdenden Ereignisses zur Folge, die Stärke der einzelnen Gefährdung ändert sich jedoch nicht grundsätzlich.

Die Auswirkungen der Kumulation verschiedener Prozesse sind von einer Vielzahl örtlich variabler Faktoren abhängig. Ob das Zusammentreffen verschiedener Prozesse in einem bestimmten Gebiet letztlich zu einer Erhöhung der Gefahrenstufe führt, muss von Fall zu Fall beurteilt werden. Aufgrund der Tatsache, dass die einzelnen Gefahrenstufen hinsichtlich Intensität und Eintretenswahrscheinlichkeit eine grosse Bandbreite beinhalten, sollte eine Erhöhung derselben nur sehr zurückhaltend erfolgen. Allgemein gültige Richtlinien können nicht gegeben werden, ausser folgende Grundsätze:

1. Kumulation von permanenten Prozessen: Massgebend ist die Gefahrenstufe (GS) des aktivsten Prozesses (GS V oder GS VI).
2. Kumulation von permanenten *und* plötzlichen Prozessen: Massgebend ist die GS des plötzlichen Prozesses (GS I–IV).
3. Kumulation eines Prozesses hoher *und* eines solchen geringer Eintretenswahrscheinlichkeit: Massgebend ist die GS des Prozesses mit hoher Eintretenswahrscheinlichkeit (Priorität bei Prozessen mit höherer Eintretenswahrscheinlichkeit, Ausnahme siehe Kap. 3.4.3).

4. Bedeutung der Gefahrenstufen

Die Karte der Bodenbewegungsgefahren ist eine reine Gefahrenkarte und nimmt keinen Bezug auf Verlustpotentiale. In der Legende zur Gefahrenkarte wird jedoch in der Kolonne mit der Bezeichnung «Schadenpotential» in orientierender Form Bezug genommen zur möglichen Gefährdung von Leben sowie zu denkbaren Aus-

wirkungen auf Verlustpotentiale (Gebäude, Einrichtungen von Verkehr, Kommunikation, Energie sowie Wald, Kulturland usw.). Die Bedeutung der Gefahrenstufen hinsichtlich der Gefährdung von Leben sowie von Sachwerten kann wie folgt beschrieben werden¹:

Violette Gefahrenstufe (starke/blasse Farbe je nach Eintretenswahrscheinlichkeit)

Die Prozesse treten plötzlich und mit starker Intensität auf. Vorwarn- und Reaktionszeiten für Massnahmen und Evakuationen sind im allgemeinen kurz bis sehr kurz. Menschen und Tiere sind daher in hohem Masse an Leib und Leben gefährdet, auch innerhalb von Gebäuden, sofern diese nicht durch spezielle bauliche Massnahmen geschützt sind.

Bei Sachwerten ist das Schadenpotential als gross bis sehr gross einzustufen.

Bei Bauten², die nicht entsprechend dimensioniert oder mit entsprechenden baulichen Massnahmen ausgestattet bzw. geschützt sind, ist mit substantiellen Schäden bis hin zum Totalschaden zu rechnen, so dass deren Funktionstüchtigkeit stark beeinträchtigt oder in Frage gestellt ist. Entsprechend ist auch bei Wald und Kulturland mit starker Beschädigung oder Zerstörung zu rechnen.

Je nach Schutzziel sind Aktivmassnahmen oft mit unverhältnismässig hohen Kosten verbunden oder nicht realisierbar. Bezüglich der Nutzung drängt sich eine extensive Bewirtschaftung und ein Bauverbot auf.

Orange Gefahrenstufe (starke/blasse Farbe je nach Eintretenswahrscheinlichkeit)

Die Prozesse treten plötzlich und mit mittlerer bis schwacher Intensität auf. Vorwarn- und Reaktionszeiten für Massnahmen und Evakuationen sind im allgemeinen kurz bis sehr kurz. Menschen und Tiere sind beschränkt (bis wenig) an Leib und Leben gefährdet. Das Schadenpotential bei Sachwerten ist mittel, teils klein, kann in Einzelfällen aber auch gross sein.

Bei nicht speziell geschützten Bauten sind mittlere, teils kleinere und in Ausnahmefällen auch grössere Schäden zu erwarten. Meist dürfte es sich um Teilschäden handeln, so dass die längerfristige Funktionstüchtigkeit des Objektes im allgemeinen nicht zwingend beeinträchtigt sein muss. Mit mittleren, teils auch geringen Schäden ist bei Wald und Kulturland zu rechnen.

¹ In allen Gefahrenzonen sind lokal Standorte (z. B. Geländerippe) vorhanden, die nicht oder in geringerem Masse gefährdet sind. Wegen ihrer Kleinräumigkeit sind sie auf der Karte der Bodenbewegungsgefahren jedoch massstabsbedingt nicht darstellbar. Die an solchen Standorten zulässige Nutzung muss unter Nachweis einer Nicht- oder Mindergefährdung von Fall zu Fall durch einen Experten beurteilt werden.

² Unter Bauten verstehen wir hier solche, die im Rahmen der «normalen» Siedlungs- und Nutzungstätigkeit erstellt werden. Für besondere Bauwerke sind in jedem Fall spezifische Gefahrenbeurteilungen durchzuführen.

Aktivmassnahmen sind oft mit vernünftigen Aufwand realisierbar, wobei dies wiederum eine Frage der Schutzziele ist. Bauen ist möglich, aber mit Auflagen verbunden. Im allgemeinen ist eine extensive Bewirtschaftung anzustreben. Bei geringer Eintretenswahrscheinlichkeit eines gefährdenden Prozesses ist jedoch eine intensivere Bewirtschaftung denkbar.

Gelbe Gefahrenstufe

Es handelt sich um kontinuierlich ablaufende Prozesse. Die Vorwarn- und Reaktionszeiten sind relativ lang und Menschen im allgemeinen nicht gefährdet. Das Schadenpotential bei Sachwerten ist abhängig von der Intensität (Aktivität) des gefährdenden Prozesses:

Bei *permanenten, langsamen Prozessen mit schnellen, aktiven Phasen* (starke Farbgebung) ist über eine gewisse Zeitperiode betrachtet mit mittleren bis grossen Schäden zu rechnen. Wesentlicher Faktor sind meist differentielle Bewegungen des Untergrundes.

Bei Bauten ist oft eine kontinuierliche, zunehmende Beschädigung bis hin zur totalen Zerstörung festzustellen. Während aktiver Phasen kann indessen auch eine plötzliche Beschädigung oder gar Zerstörung eintreten. In ähnlicher Weise gilt dies für Wald und Kulturland.

Aktivmassnahmen sind oft nur mit unverhältnismässig hohem Aufwand realisierbar oder nicht möglich, müssen aber von Fall zu Fall geprüft werden. Bauen ist nicht ausgeschlossen, aber mit Auflagen verknüpft. Da unsachgemässe bauliche Eingriffe leicht eine Aktivierung und Schäden provozieren können, ist eine Beurteilung durch einen Experten notwendig.

Im allgemeinen kommt nur eine extensive Bewirtschaftungsform in Frage.

Permanente, langsame Prozesse (blasse Farbgebung) beeinträchtigen Bauwerke an der Oberfläche im allgemeinen nicht oder nur geringfügig. Tiefbauten können unter Umständen grössere Schäden erleiden. Wesentlich für das Schadenausmass sind wiederum differentielle Bewegungen des Untergrundes. Wald und Kulturland sind in der Regel nicht oder nur schwach beeinträchtigt.

Für Hochbauten bieten sich oft keine besonderen Probleme, aber es empfiehlt sich eine Prüfung der Verhältnisse und allenfalls eine den örtlichen Gegebenheiten angepasste Bauweise. Bei Tiefbauten können aber durchaus Schwierigkeiten auftreten, so dass eine Beurteilung angezeigt ist, zumal auch hier die Gefahr besteht, durch einen baulichen Eingriff Instabilitäten zu schaffen.

In der Regel bestehen keine Nutzungseinschränkungen.

Lokale Reaktivierungen verschiedener Art (kleine, schnelle Rutschungen, Flow slides usw.) sind allerdings auch hier möglich. Die Konsequenzen sind dann identisch mit den oben beschriebenen, aber die Eintretenswahrscheinlichkeit ist kleiner.

5. Bibliographie

- BOLLINGER, D., NOVERRAZ, F. & TRIPET, J.-P. (1992): Die kartographische Darstellung der Bodenbewegungsgefahren als Planungsgrundlage: Ein Beitrag zur Vereinheitlichung der Gefahrenaufnahmen in der Schweiz. – Interpraevent 1992, Tagpubl. 3, 191–200.
- BONNARD, C. & NOVERRAZ, F. (1984): Instability risk maps: From the detection to the administration of landslide-prone areas. – Proc. IVth int. Symp. on Landslides, Toronto.
- BRABB, E.E. (1984): Innovative approaches to landslide hazard and risk mapping. – Proc. IVth int. Symp. on Landslides, Toronto.
- Bundesamt für Forstwesen, Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung (1984): Richtlinien zur Berücksichtigung der Lawinengefahr bei raumwirksamen Tätigkeiten.
- HEIERLI, W., MERK, A. & TEMPERLI, A. (1985): Schutz gegen Steinschlag; Forschungsarbeit 21/83. – Bundesamt für Strassenbau.
- HUTCHINSON, J.N. (1992): Landslide hazard assessment. – Proc. VIth int. Symp. on Landslides, Christchurch.
- Landeshydrologie und -geologie (1993): Karte der Bodenbewegungsgefahren – Pilotstudie Bodenbewegungskarten. Analyse der Vernehmlassung 1991 und Hinweise auf die Weiterentwicklung (unpubl.).
- Landeshydrologie und -geologie (1993): Geologischer Atlas der Schweiz 1:25'000 – Blatt 1247 Adelboden.
- TRIPET, J.-P., BOLLINGER, D. & NOVERRAZ, F. (1993): Cartes de mouvements de terrain: Proposition de légende. Cartographie géomorphologique, Cartographie des risques. – Inst. Géogr. Lausanne, Trav. et Rech. 9, 67–73.

Gesetzliche Grundlagen:

- Bundesgesetz über die Raumplanung (RPG)*, 22. Juni 1979, Bern (SR 700)
- Bundesgesetz über den Wasserbau (WBG)*, 21. Juni 1991, Bern (SR 721.100)
- Bundesgesetz über den Wald (WaG)*, 4. Oktober 1991, Bern (SR 921.0)
- Verordnung über den Wasserbau (WBV)*, 2. November 1994, Bern (SR 721.100.1)
- Verordnung über den Wald (WaV)*, 30. November 1992, Bern (SR 921.01)

Teil B Erläuterungen zur Karte der Bodenbewegungsgefahren, Blatt 1247 Adelboden

1. Geologisch-geomorphologische Übersicht

1.1 Einleitung

Das Gebiet des Kartenblattes wird aus zahlreichen geologischen Einheiten aufgebaut, welche sich hinsichtlich der tektonischen Stellung und der Gesteinsausbildung voneinander wesentlich unterscheiden. Es sind dies von Südosten nach Nordwesten:

Helvetikum

- Doldenhorn-Decke
- Nordhelvetischer Flysch/Flysch von Mitholz
- Gellihorn-Decke
- Wildhorn-Decke
- Taveyannaz-Serie

Ultrahelvetikum

- Sattelzone (Zone des Cols)

Penninikum

- Niesen-Decke
- Zone Submédiane
- Klippen-Decke

Entsprechend der geologischen Vielfalt unterscheiden sich die einzelnen Bereiche – insbesondere Helvetikum, Ultrahelvetikum und Penninikum – bezüglich der Topographie und Morphologie wie auch hinsichtlich der geologisch-geomorphologischen Prozesse.

Im folgenden geben wir eine kurze Übersicht über die geologischen Verhältnisse und deren Einfluss auf die auf der Karte der Bodenbewegungsgefahren dargestellten Prozesse. Die geologisch-tektonischen Einheiten und ihre Lithologien sind in den Erläuterungen (in Vorbereitung) zum Geologischen Atlas der Schweiz 1:25'000, Blatt 1247 Adelboden (Landeshydrologie und -geologie 1993), eingehend beschrieben.

1.2 Generelle Aspekte

Die geologisch-tektonischen Einheiten verlaufen analog dem alpinen Streichen in SW-NE-Richtung. Das Engstligen- und Üschenetal folgen dieser Richtung. Die Schichten der verschiedenen Einheiten sind oft intensiv verfaultet und teils miteinander verschuppt. Sie fallen mehrheitlich in Richtung NW oder infolge interner Verfaultungen und Verschuppungen auch nach SE ein. Lokal sind indes auch Abwei-

chungen von den generellen Fallrichtungen festzustellen, insbesondere in den tieferen tektonischen Einheiten.

Im ganzen Gebiet treten verschiedene Systeme spröder Deformation auf. Besonders dominant ist ein SE–NW verlaufendes Bruch- und Kluftsystem, das vor allem in den kompetenten Schichten der helvetischen Decken im SE des Kartenblattes markant in Erscheinung tritt. Nebst anderen Bruchsystemen führt auch die Talklüftung zu einer starken Durchtrennung oberflächennaher Felsbereiche. Besonders ausgeprägt ist dies wiederum in den kompetenten Schichten im SE des Blattes an den steilen Talflanken des Kander- und Gasteretals.

In Abhängigkeit der Lithologie führt die räumliche Anordnung der Trennflächen (Schichtung, Kluft- und Bruchsysteme) zu einer gebietsweise starken Disposition zu Sturzprozessen. Besonders ausgeprägt ist dies in den helvetischen Decken im SE sowie in der Niesen-Decke.

1.3 Regionale Aspekte

1.3.1 Kandertal südlich Büel–Mitholz

Im SE überwiegen Gebiete mit mächtigen, mehrheitlich kalkigen oder aus Kalk-Mergel-Wechselagerungen bestehenden Gesteinsserien, welche von räumlich unterschiedlich angeordneten Kluft- und Bruchsystemen durchsetzt sind. Morphologisch sind die Gebiete stark gegliedert, die Reliefenergie ist hoch, insbesondere längs des glazial tief erodierten Kandertals mit seinen steilen Talflanken. Die Mächtigkeit der Lockergesteine ist an den Talflanken verhältnismässig gering. Dagegen besteht die Talfüllung des Kandertals aus überaus mächtigen Lockergesteinen (v.a. spät- bis postglaziale Bergsturzablagerungen).

Diese mehrheitlich durch die helvetischen Decken (Doldenhorn-, Gellihorn-Decke, Nordhelvetischer Flysch, Flysch von Mitholz) gebildeten Gebiete sind prädestiniert für Sturzphänomene und teils auch für Wildbachprozesse. Rutschungen sind untergeordnet.

1.3.2 Kandertal nördlich Büel–Mitholz

Gegen NW und N schalten sich zunehmend tonig-mergelige, weniger verwitterungsresistente Schichten ein. Die steilen Talflanken beidseits des Kandertals werden aus Gesteinen der in sich stark verschuppten Wildhorn-Decke sowie aus Flysch und Schichtgliedern der Taveyannaz-Serie gebildet. Der Wechsel zwischen relativ weichen (inkompetenten) und harten (kompetenten) Schichtgliedern führt zu einer morphologisch ausgeprägten Gliederung in Felswände und steile Waldpartien. Während die Lockergesteinsmächtigkeit auf der linken Talseite äusserst gering ist, sind am Gegenhang vermehrt glaziale Lockergesteine akkumuliert. Die Trogfüllung des Kandertals wird wiederum aus mächtigen Lockergesteinsmassen aufgebaut.

In diesem Gebiet dominieren Sturzprozesse. Auf der rechten Talseite treten aber auch vermehrt Rutschungen, grossdimensionale Sackungen sowie Wildbachprozesse auf.

1.3.3 Engstligental (SE-Flanke, Gebiet südlich Adelboden)

Nordwestlich an die helvetischen Decken schliessen Gebiete an, die vorwiegend aus wenig verwitterungsresistenten Mergeln und Tonschiefern mit Einschaltungen von Kalken bestehen. Die dem Ultrahelvetikum im allgemeinen (Sattelzone) zugeordneten Schichtfolgen bauen die Ostflanke des Engstligentals und grössere Gebiete südlich von Adelboden auf. Der Verwitterungsschutt bildet zusammen mit den an der Talflanke weit hinaufreichenden Moränenablagerungen eine mächtige, mancherorts tiefgründig verrutschte Lockergesteinsdecke. Morphologisch ist dieses Gebiet gekennzeichnet durch sanft geneigte bis mittelsteile Hänge, im Norden auch durch Terrassen alter Talböden.

Für diese Zone allgemein charakteristisch ist das Auftreten von grossflächigen, komplexen Rutschungen. Sturz- und Wildbachprozesse sind dagegen untergeordnet.

1.3.4 Niesenkette (SE-Flanke)

Die westliche Hälfte des Kartenblattes wird grösstenteils durch die Flysche der Niesen-Decke gebildet, welche aus einer mächtigen und in unregelmässiger Abfolge wechselnden Serie von Tonschiefern, Mergeln, Kalken, Sandkalken, Sandsteinen und Kalkbreccien besteht. Der Abstand der Trennflächen (Schichtung, Klüftung) ist in diesen Gesteinen relativ gering, so dass der Anfall von Verwitterungsschutt allgemein gross ist, was auch durch teils ausgeprägten Hakenwurf begünstigt wird. Die Lockergesteinsmächtigkeit ist im allgemeinen gering. Lokal grössere Mächtigkeiten finden sich im unteren Teil der westlichen Flanke des Engstligentals, wo – analog zur Gegenseite – alte Talböden in Form von Terrassen erhalten geblieben sind. Morphologisch ist die Niesenkette gekennzeichnet durch mittelsteile bis steile Flanken, welche von tief in den Untergrund eingeschnittenen Bächen durchfurcht sind.

Ausgeprägt sind sowohl Wildbach- als auch Sturzprozesse. Daneben treten aber auch stellenweise grossflächige Rutschungen auf, insbesondere dort, wo grössere Lockergesteinsmächtigkeiten vorliegen.

An der Basis der Niesen-Decke treten im Bereich eines schmalen Streifens entlang der Talsohle des Engstligentals auch Gips, Rauhwanke und Dolomit auf. Bedingt durch die verstärkte Wasserlöslichkeit der sulfathaltigen Schichten sind dort Setzungs- und Einsturzphänomene zu beobachten.

1.3.5 Niesenkette (NW-Flanke, Diemtigtal)

Dieses Gebiet wird ebenfalls aus Flyschen der Niesen-Decke und ganz am Rand aus Kalken und Dolomiten der Klippen-Decke aufgebaut. Die Mächtigkeit der Lockergesteine ist allgemein grösser als an der SE-Flanke, einerseits wegen der Moränen-, andererseits wegen grossflächiger Bachschutt- und Hangschuttablagerungen. Mor-

phologisch ist das Gebiet stärker gegliedert, insbesondere auch infolge der glazialen Ablagerungen. Charakteristisch sind zahlreiche relativ ausgedehnte Schuttkegel von Murgängen.

In diesem Gebiet sind Wildbach- (v.a. Murgänge) und Sturzprozesse sowie Rutschungen – darunter zahlreiche ältere und rezente Felsrutschungen – gleichermaßen vertreten.

2. Description et commentaires concernant les plus importants phénomènes d'instabilité rencontrés sur la feuille Adelboden

Certains phénomènes de très grande ampleur, ou présentant des incidences notoires pour l'aménagement du territoire, ou encore présentant des difficultés soit de représentation cartographique, soit de compréhension de la représentation cartographique, font ci-après l'objet de quelques commentaires descriptifs ou explicatifs.

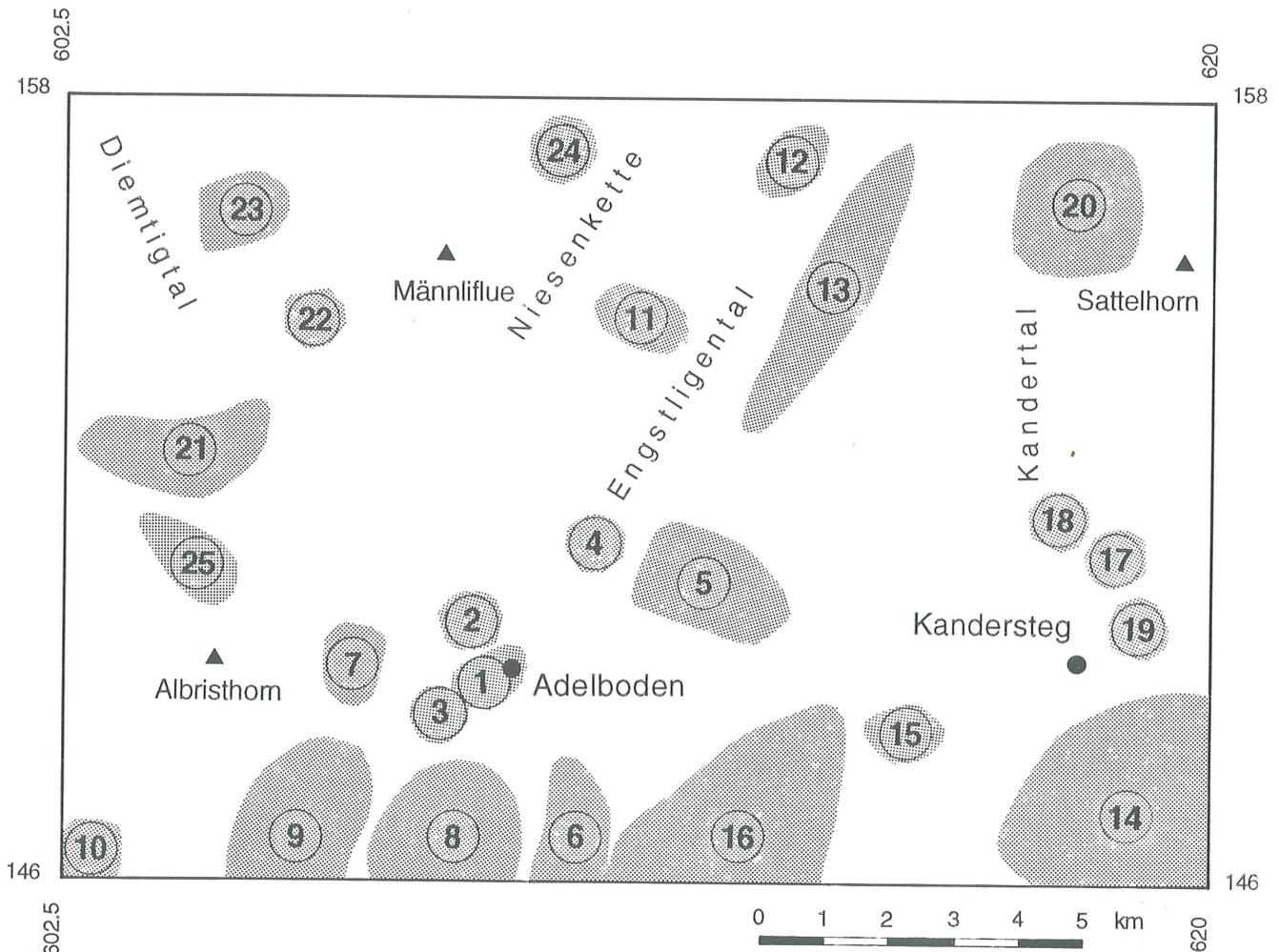


Figure 2: Feuille Adelboden: situation géographique des phénomènes (numéros voir texte)

2.1 Région Engstligental

2.1.1 Terrasse d'Adelboden (1)

Cette vaste terrasse sur laquelle est construit l'ensemble de la station d'Adelboden, y compris son extension NE de Schlegeli et Ussere Schwand, constitue selon toute vraisemblance les restes d'un vaste glissement/écroulement rocheux préhistorique antérieur au dernier englacement de la vallée. Les falaises et les pentes très raides qui dominent la station sous la crête de Tschentenegge en constituent la zone d'arrachement.

Remodelée par le dernier passage du glacier, recouverte de dépôts morainiques, l'ancienne masse glissée a perdu son caractère morphologique initial. Son origine expliquerait le caractère très instable à grande échelle de son talus aval. D'autre part, sa partie SW inclinée assez régulièrement, ne présente guère le caractère de pseudo-terrasse glaciaire propre à la zone d'Ussere Schwand, et montre de très nets signes d'instabilité au niveau des constructions et infrastructures: fissures aux routes, murs et bâtiments, inclinaison marquée du clocher de l'église. Il n'existe malheureusement aucune donnée quantitative relative aux mouvements probables du terrain dans cette zone.

La terrasse-même de Schlegeli – Ussere Schwand paraît en revanche parfaitement stable actuellement. Les zones instables se limitent aux pentes qui dominent la terrasse et aux talus raides qui la limitent vers l'aval. On dénote dans ces talus une tendance aux coulées boueuses et arrachements superficiels, avant que ne débutent, vers 1230–1240 m, les glissements profonds.

2.1.2 Falaise dominant le Schmittegrabe, sous Tschentenegge (2)

Cette falaise haute de 100 à 150 m qui domine Adelboden est taillée dans les roches marno-gréseuses plaquetées du Flysch du Niesen et constitue la niche d'arrachement d'éboulements/écroulements secondaires au phénomène préhistorique décrit précédemment. Elle présente actuellement un danger d'éboulements limités, mais pas d'indices d'un écroulement de plus grande taille par extension vers l'amont ou vers le sud.

Les matériaux précédemment écroulés ont donné naissance à un glissement nettement actif occupant tout le haut du Schmittegrabe sur rive gauche. Une forte accélération de ce glissement en période de pluviométrie très élevée pourrait donner lieu à la formation de petites laves torrentielles dans le torrent, par blocage momentané de son cours.

2.1.3 Falaises de Under der Flue, dominant la terminaison sud-ouest du village d'Adelboden (route de Chüematta–Stigelschwand) (3)

Cette falaise discontinue taillée dans les calcaires massifs du Jurassique (Malm), haute de 10 à 50 m, présente un risque de chutes de blocs de grande taille et, localement, d'éboulement de panneaux rocheux de volume limité.

La pente considérable séparant cette falaise de la route et des habitations implique que les très gros blocs détachés de la falaise rouleraient pour la plupart jusqu'à ces habitations, malgré la protection de la forêt.

Deux ouvrages de protection (digues de terre avec fossé [3.1]¹) ont été construits, l'un étant situé plus au NE sous une falaise de gypse friable qui ne présente pas le même danger; l'autre assure une nette diminution du risque, mais n'intéresse qu'une faible partie de la zone menacée. Les risques d'éboulement les plus caractérisés se situent dans la partie SW de la falaise, de part et d'autre du petit tunnel de la route de Chüematta–Stigelschwand.

2.1.4 Glissement de Holzachsegge (4)

Ce glissement de 13 ha est situé en rive gauche de l'Engstlige, juste avant l'embouchure du Tschentbach, 3 km en aval d'Adelboden.

Il est très actif et a fait l'objet de mesures géodésiques entre 1984 et 1989: des déplacements de 10 à 15 cm/an ont été constatés dans la zone basse du glissement. Des ouvrages de protection contre l'érosion ont été construits le long de l'Engstlige. Leurs effets sur les mouvements du glissement ne sont pas encore connus, mais ils ne devraient cependant pas diminuer beaucoup les mouvements de glissement.

2.1.5 Glissement de Hirzboden–Bunderalp (5)

Il s'agit du plus vaste glissement occupant la feuille 1:25'000 Adelboden; il est situé en rive droite de l'Engstligental, en face et légèrement en aval d'Adelboden. C'est un glissement de retrait glaciaire de près de 6 km², débutant sous les falaises du Bunderspitz, et atteignant le fond de la vallée entre Moosweid et Achseten. Généré par les roches toujours très propices aux instabilités de la zone des Cols (Ultrahelvétique), il intéresse un volume considérable de terrain ($1 \pm 0,5$ milliard de m³).

Le gros de la masse paraît substabilisé actuellement, en particulier toute la région située au-dessus de 1700 m environ (sauf localement). En revanche, il est très actif dans l'ensemble entre cette altitude (rupture de pente) et le fond de la vallée. Les plus forts mouvements s'observent à Hirzboden, où leurs effets sur la morphologie du terrain, les routes et certains bâtiments, sont significatifs.

Les mouvements ont été étudiés dans le cadre du Programme National de Recherche 31 par détermination photogrammétrique d'une part, et mesures GPS (utilisant les satellites) de la triangulation de 4e ordre d'autre part. Des déplacements de 2 à 9 cm/an ont été ainsi mesurés, concernant diverses périodes entre 1932 et 1993, sur une quarantaine de points situés dans la partie active du glissement. Des déplacements de 2,5 m en 61 ans ont ainsi été déterminés (point de triangulation 436) et de 1,70 m en 18 ans (1974–1992) (point contrôlé par photogrammétrie).

¹ Chiffres se réfèrent à la carte de danger

La profondeur du glissement majeur et celle des surfaces de glissement actives n'est pas connue. On peut les estimer, respectivement, entre 100 et 300 m et à quelques dizaines de mètres. L'existence de surfaces de glissement plus superficielles est probable localement.

2.1.6 Ostflanke des Engstligentals südlich Adelboden (6)

Der tiefere Abschnitt der Talflanke unterhalb ca. Kote 1800 besteht vorwiegend aus ultrahelvetischen, äusserst rutschempfindlichen Flyschen, welche gegen Adelboden zu von zunehmend mächtigeren Moränenablagerungen überdeckt werden. Darüber türmen sich an der Westflanke des Mittagorns die mächtigen Kalk-, Kieselkalk- und Mergelformationen der Wildhorn-Decke auf.

Die gesamte Talflanke ist im Bereich des Ultrahelvetikums mehr oder weniger verrutscht. Morphologisch besonders deutlich tritt dies zwischen Walezube und Moosweid in Erscheinung, wo der Untergrund tiefgründig verrutscht ist. Weiter südlich ist die Rutschmorphologie weniger ausgeprägt bzw. wegen der Bewaldung weniger gut erkennbar.

Erwähnenswert ist das am südlichen Blattrand gelegene Gebiet Uf Tristle, wo grössere Felspartien der Wildhorn-Decke versackt sind. Wahrscheinlich handelt es sich um eine zusammenhängende Sackungsmasse, die im S auf das LK-Blatt 1267 Gemmi übergreift (Wildenschwand). Im Vergleich zur Rutschung am gegenüberliegenden Hang (Am Trunig) scheint diese Sackungsmasse weitgehend stabil zu sein, während die nur wenig aktive Rutschung auf der Gegenseite die Engstlige deutlich auf die rechte Talseite zu drängen vermag. Obschon vermutlich weitgehend stabil, dürfte diese Sackung eine gewisse Bedeutung für die aus diesem Bereich stammenden Wildbäche und die Stein-/Blockschlaggefahr haben. Die versackten Felspartien sind allgemein aufgelockert und gebräich und liefern beständig Schutt, der sich vor allem in den steilen Runsen ansammelt und von Zeit zu Zeit in murgangartigen Geschiebeschüben verfrachtet wird.

Generell ist dieser hinterste Abschnitt des Engstligentals stark durch Wildbachprozesse gefährdet. Namentlich der Hundegrabe wie auch der Wildenschwandgrabe und der Ärtelenbach (beide auf LK-Blatt 1267 Gemmi) liefern regelmässig grosse Geschiebemengen und gefährden die Strasse nach Adelboden. Dort, wo diese Bäche in die Engstlige münden, besteht Bachstaugefahr. Nicht auszuschliessen ist, dass grössere Geschiebemengen entlang der Engstlige bis auf den Boden gelangen. Eine genaue Abschätzung des räumlichen Ausmasses einer solchen Geschiebeüberführung kann ohne detailliertere Untersuchungen allerdings kaum durchgeführt werden.

2.1.7 Glissement, écoulement potentiel, coulées boueuses et risque de débordement de Chüematta-Schärmtanna (Stigelbach) (7)

Le versant, au droit du hameau de Chüematta-Schärmtanna (Stigelschwand), se caractérise de l'amont vers l'aval par :

- un important glissement de terrain actif, résultant vraisemblablement d'un écoulement rocheux arraché à la paroi rocheuse précitée.
- une importante coulée boueuse (debris flow), à laquelle a donné lieu récemment (1980) la partie inférieure de ce glissement, et qui a menacé de destruction quelques chalets.
- un très important cône de débâcles torrentielles, large de 600 m et long de 700 m, sur lequel est construit le hameau de Chüematta-Schärmtanna. Le torrent Stigelbach, auquel est dû ce cône, provient des parois rocheuses déchiquetées, en vaste entonnoir, du Gsür (2708 m), et draine un bassin de 2 km².

Le site de Chüematta-Schärmtanna est soumis à plusieurs menaces naturelles :

- un écoulement de l'ordre de 5 millions de m³ est en préparation, comme en témoignent les cicatrices d'amorces de rupture (non récentes, car inchangées par rapport aux photos aériennes de 1960) vers 2020 m et vers 1950 m dans la prairie de Schwandfäl. Cet écoulement pourrait recouvrir entièrement le cône du Stigelbach, en particulier s'il a lieu en période hivernale, sur tapis neigeux.
- d'autres coulées de blocs et de boue se produiront, en période de pluviométrie critique ou de forte fonte de neige, à Margeli, sur les traces de la coulées de 1980.
- une forte réactivation du glissement pourrait créer un barrage provisoire sur le cours du Stigelbach et donner lieu ainsi à un processus de débâcle très importante au pire, ou de lave torrentielle en cas de mouvements plus limités.
- un risque de débordement du Stigelbach existe en tête du cône de déjection en rive droite: une digue de terre de modeste dimension limite actuellement ce risque, mais elle est insuffisante et débute trop tard après le débouché de la vallée torrentielle. Elle ne suffirait pas à contenir une très forte crue et surtout une débâcle provoquée par un éboulement ou une avancée du glissement venant à obstruer le cours du torrent en amont. Un débordement à cet endroit ravagerait une partie du hameau de Chüematta-Schärmtanna.

Des mesures de contrôle de l'évolution de l'éroulement et éventuellement du pied du glissement, ainsi qu'un redimensionnement de la partie supérieure de la digue du Stigelbach, pourraient réduire le risque dans des proportions intéressantes par rapport à l'investissement.

2.1.8 Glissements de Höchsthorn-Chuenisbärgli (8)

Tous les versants du Höchsthorn, entre Stierenberg, Eselmoos, Boden et Am Trunig, sont occupés par de gros glissements substabilisés ou légèrement actifs. Ces glissements sont dus à la présence des roches fragiles de l'Ultrahelvétique. Les plus importants sont, dans l'ordre des dimensions:

- celui d'Am Trunig (près d'un km², plus de 100 m d'épaisseur), peu actif, qui repousse largement l'Engstlige vers son versant droite;
- celui de Stierenberg (près de 0,5 km², 50–80 m d'épaisseur), assez actif, qui repousse le Gilsbach vers son versant gauche;
- celui de Wintertal, peu actif, que longe la télécabine de Chuenisbärgli.

2.1.9 Glissements de Gilbachegge–Hindersillere–Vordersillere (9)

A l'instar de la crête du Höchsthorn, tous les versants de la crête de Gilbachegge sont systématiquement instables, là aussi en raison de la présence des roches de l'Ultraschiste.

Les plus importants glissements occupent le versant nord entre Witi et Äbi (plus d'un km²); ils sont notablement actifs, particulièrement en bordure NE de la zone. Ils sont profonds (plusieurs dizaines de mètres jusqu'à une centaine de mètres au centre de la zone). Le glissement de Vordersillere semble assez actif également, tandis que ceux de Fällgsböde et de Hindersillere (versant NW) semblent en grande partie stabilisés. On ne dispose d'aucune mesure relative à l'ensemble de ces glissements.

La partie centrale et haute de la zone est en outre caractérisée par un risque d'effondrement sur soubassement rocheux soluble (gypse) ainsi que le montre la présence de nombreuses dolines.

2.1.10 Glissement de Sitewald–Rufeli–Zutteregg (La Lenk) et Ussere Site Bach (10)

Ce vaste glissement débute vers 2000 m à l'alpage de Undere Seewle, en limite SW de la feuille Adelboden, et descend jusqu'à la Lenk. Il occupe toute la rive gauche du torrent Ussere Site Bach, dont l'érosion entretient une forte instabilité. Les apports de matériaux dus à cette instabilité sont considérables entre 1500 et 1650 m (feuille 1246 Zweisimmen), où des ravines actives d'une centaine de mètres de dénivelé produisent d'importants glissements-coulées obstruant périodiquement le lit du torrent. Ce sont sans aucun doute ces phénomènes qui ont provoqué en 1992 la débâcle, la lave torrentielle et le débordement du torrent sur son cône alluvial, à la sortie aval de la station de la Lenk, coupant la route d'accès à cette station.

2.1.11 Ladholzgrabe et Ladholzbach (11)

Un vaste glissement (1 km²) partiellement très actif occupe une partie importante de la rive droite du Ladholzbach, sur 1,3 km de longueur. Ce glissement rocheux très pentu est susceptible de réactivations importantes, voire catastrophiques pour ses parties très actives, dont la conséquence principale serait une obturation du cours du Ladholzbach, éventuellement à une échelle très importante. La débâcle et les processus de laves torrentielles qui s'en suivraient pourraient menacer non seulement le hameau de Schmitte, mais former barrage sur l'Engstlige avec risque de débâcle de cette rivière et débordement susceptible de dévaster le thalweg jusqu'à Frutigen.

Le bassin versant du Ladholzbach est de 3 km², la pente moyenne du lit étant de 36% à partir de 1900 m. L'ensemble du bassin est taillé dans le Flysch du Niesen.

2.1.12 Terrasse de Ried (12)

La terrasse rocheuse de Ried, en rive gauche de l'Engstlige, peu en amont de Frutigen, présente des falaises de flysch très disloquées et instables sur son talus aval, dominant l'Engstlige et la route d'Adelboden. Ces falaises ont nécessité d'importants travaux de confortation qui ont notablement réduit le danger d'éboulements et de chutes de blocs [2.1].

La terrasse elle-même paraît actuellement stable, c'est-à-dire dépourvue de mouvements (aucune vérification quantitative). La signification morphologique de cette terrasse, son intégration au contexte géomorphologique de la vallée, le départ de l'Engstlige vers l'autre versant et le rétrécissement de la vallée qu'elle occasionne malgré la médiocre qualité des roches qui la constituent, l'état-même de ces roches enfin, sont autant de facteurs qui laissent supposer que cette terrasse est globalement affaissée (ancien glissement rocheux).

2.1.13 Oberflächennahe Rutschungen zwischen Elsigbach und Bäreboode südlich Frutigen (13)

Zwischen Elsigbach und Bäreboode südlich Frutigen zeigt die rechte Talflanke oberhalb der Terrasse von Usser Achseten über grosse Flächen eine äusserst prägnante, bucklige Morphologie. Meist sind diese Flächen allseits unscharf begrenzt. Besonders deutlich ist dies vom Gegenhang bei flach einfallender Sonne zu erkennen. Ähnliche Zonen sind auch andernorts ausgebildet, im vorliegenden Gebiet sind sie jedoch wegen ihrer grossen Verbreitung besonders auffallend.

In diesem Gebiet entspricht die Hangneigung ungefähr dem Schichtfallén, und die Lockergesteinsmächtigkeit dürfte insgesamt gering sein. Daher ist zu vermuten, dass die relativ geringmächtigen Lockergesteine in diesem Gebiet durchwegs auf der Felsoberfläche verrutscht sind. Mehrheitlich dürfte es sich um oberflächliche, stellenweise auch um flache mitteltiefe Rutschungen handeln. Inwieweit dabei auch Soliflukationsprozesse mitwirken, ist unklar.

2.2 Region Kandertal

2.2.1 Bergstürze im Kandertal

Nach dem Rückzug des Kander-gletschers ging einer der grössten Bergstürze der Alpen ins Kandertal nieder. Die Ausbruchsnische, welche gegen Süden zu durch die markante Felswand der Wandbirg begrenzt ist und einem dominanten, SE-NW verlaufenden Kluft- und Bruchsystem folgt, ist im Bereich des Äusseren Fisistocks (LK-Blatt 1248 Mürren) deutlich zu erkennen. Die Sturzmasse gelangte bis hinunter nach Kandergrund und deckte das Tal mit mächtigen Bergsturzaflagerungen ein. In

einer im Zusammenhang mit den geologischen Abklärungen für den Lötschberg-Basistunnel 1991 abgeteufte Sondierbohrung bei Kandersteg (Bütschels) wurden insgesamt zwei voneinander durch Moräne getrennte Bergsturzmassen von je knapp 100 m Mächtigkeit erbohrt, wovon die obere eben diesem Bergsturz zugeordnet wird.

Der Bergsturz vom Fisistock war vom Volumen her wahrscheinlich der grösste. Daneben sind aber auch weitere Ereignisse bekannt. So bildete ein (oder mehrere) Bergstürze aus der Nordflanke des Doldenhorns (Holzspicher, LK-Blatt 1248 Mürren) Anlass zur Entstehung des Oeschinensees. Ein weiterer – der sogenannte Bire-Bergsturz – staute beim Büel nördlich Kandersteg die Kander sowie deren Seitenbäche auf, was schliesslich zu einem murgangartigen Ausbruch des aufgestauten Wassers geführt hat.

Diese und andere, hier nicht im einzelnen aufgeführte spät- bis postglazialen Berg- und Felsstürze werden auf der Karte der Bodenbewegungsgefahren bzw. auf den thematischen Karten nicht dargestellt, da sie für die Gefahrenbeurteilung im allgemeinen nicht massgebend sind. Die räumliche Ausdehnung dieser Ablagerungen geht aus der geologischen Karte hervor. Stellenweise sind Teile der Berg- oder Felssturzmassen allerdings in aktuelle Prozesse miteinbezogen und werden dann entsprechend dem heute massgebenden Prozess dargestellt, so beispielsweise in den Riseti nordwestlich Kandersteg, wo zu feinkörnigem Grus zerriebenes Bergsturzmaterial starker Erosion ausgesetzt ist und regelmässig in Form von kleinen Rufen ausgeräumt wird.

Die Abgrenzung zwischen älteren Berg- bzw. Felssturzmassen und jüngeren – für die Gefahrenbeurteilung wichtigen – Sturzphänomenen ist insbesondere im Bereich der helvetischen Decken, wo solche Prozesse prominent sind, schwierig. Auch die Anhäufung von Lokalerratikum oder durch Lawinen mitgerissenes Material kann sich erschwerend auf die Beurteilung auswirken. Die zahlreich vorhandenen «stummen Zeugen» sind daher nicht ausreichend, um die auf den Karten dargestellten Grenzen der Erreichbarkeit durch Sturzprozesse zu bestimmen. Zusätzlich bedarf es einer Abschätzung der für den gegenwärtigen Zustand relevanten Sturzräume. Eine genaue Abgrenzung würde auf jeden Fall detailliertere Abklärungen bedingen.

2.2.2 Westseite des Kandertals (zwischen Kandersteg und Frutigen)

Die steile linke Talseite des Kandertals wird grösstenteils durch die in sich stark verschuppte Wildhorn-Decke aufgebaut. Kennzeichnend ist der Wechsel zwischen relativ weichen (inkompetenten) und harten (kompetenten) Schichtgliedern. Im unteren Teil des Kandertals sind zudem Schichten der Taveyannaz-Serie – vorwiegend Tonschiefer, Sandsteine und Kalke – vorhanden. Bedingt durch den lithologisch wechselhaften Aufbau ist die Talflanke gekennzeichnet durch den Wechsel von Felswänden und steilen Waldpartien in tieferen und Grashängen in höheren Lagen.

Das gesamte Gebiet ist prädestiniert für Stein- und Blockschlag sowie für Felsstürze, denn die räumliche Anordnung der Trennflächen, der Wechsel zwischen Schichten unterschiedlicher Verwitterungsresistenz und die durch die postglaziale Gebirgs-

entlastung entstandene Talküftung begünstigen Sturzprozesse stark. Gerade die unterschiedliche Verwitterung kann zuweilen dazu führen, dass stärker zurückwitternde Mergel in den darüberliegenden Felspartien lokale Stabilitätsprobleme bewirken, wie dies am Gegenhang am Gstryfets Birg (bei Seilrichteni) nordöstlich von Mitholz der Fall ist. Mit den dort getroffenen Massnahmen (Betonverkleidung der zurückwitternden Zone) soll der Erosion jedoch Einhalt geboten werden [2.8].

2.2.3 Fisistöcke–Jegertosse (14)

Das Massiv der Fisistöcke wird überwiegend durch Mergel, Mergelschiefer, Kalke und Kieselkalke der Doldenhorn-Decke aufgebaut. Die Schichten fallen analog dem generellen Abtauchen der Decke mittelsteil bis steil gegen NW ein, können aber insbesondere in den inkompetenten Palfris-Schiefern und Vitznau-Mergeln stark verfaltet sein. Besonders kennzeichnend ist die starke und tiefe Durchtrennung der Schichten durch ein SE–NW verlaufendes Bruch- und Kluftsystem, welches besonders in der Doldenhorn-Decke markant in Erscheinung tritt. So wird die südliche Begrenzung der Abrissnische des spätglazialen Fisistock-Bergsturzes durch dieses System gebildet.

Aufgrund der räumlichen Anordnung der Trennflächen sind Sturzprozesse in diesem Gebiet allgemein sehr häufig, insbesondere in den steilen Talflanken über dem Talgrund von Kandersteg, gegen die (Gastere-)Chluse und das Gasteretal zu, wo die Ausbildung von zum Teil tiefen, offenen Talklüften die Gefahr zusätzlich erhöht. Absturzgefährdete Felspartien finden sich in der Südflanke von Innerem Fisistock und Jegertosse an verschiedenen Stellen. Die generelle Disposition auch zu grösseren Ereignissen wird durch einen nur unwesentlich ausserhalb des Kartenblattes im Silleregrabe (LK-Blatt 1268 Lötschental, Koord. ca. 620.400/145.000) niedergegangenen Felssturz dokumentiert, wo im Dezember 1988 mehr als 100'000 m³ (einzelne Schätzungen sprechen von gegen 200'000 m³) bis in die Talsohle stürzten.

2.2.4 Fels-/Bergsturzgefahr am Alpschelehubel südwestlich Kandersteg (15)

Der Alpschelehubel SW Kandersteg wird zur Hauptsache aus massigen Kalken aufgebaut. Die Gipfelkuppe besteht dagegen aus Tonschiefern und Mergeln. Die Schichten fallen mittelsteil gegen N ein und sind von Brüchen und Klüften durchsetzt. In der Vergangenheit sind immer wieder Felspartien aus der N-Wand ausgebrochen und haben das Gebiet des Steiweidli mit grobblockigem Sturzmaterial übersät. Wie eine auf der Nordseite des Gipfels in E–W-Richtung verlaufende Spalte zeigt, ist auch in Zukunft mit weiteren Sturzprozessen zu rechnen. Da die Basis der absturzgefährdeten Felspartie durch eine nach N geneigte Fläche (Rampe) gebildet wird, ist nicht auszuschliessen, dass dies in Form eines kleinen Bergsturzes bis in den Allmenalp bach erfolgen könnte. Dann bestünde auch die Gefahr eines Bachstaus. Es empfiehlt sich, die N-Wand des Alpschelehubels im Auge zu behalten, zumal am Fusse der Wand ein stark begangener Wanderweg vorbeiführt.

2.2.5 Massiv des Gross Lohner (16)

Das Massiv des Gross Lohner – wo mit dem Mittlere Lohner (3002 m ü. M.) der höchste Punkt des Kartenblattes erreicht wird – besteht grösstenteils aus Kalken, Kieselkalken, Sandsteinen und Mergelschiefern. Durch deckeninterne Verfaltungen und Aufschiebungen sind die Schichten stellenweise bis zu dreimal repetiert. Begünstigt durch die relativ starke Durchtrennung des Gesteinsverbandes infolge verschiedener Kluft- und Bruchsysteme ist die Disposition zu Sturzprozessen im gesamten Lohner-Massiv im allgemeinen als gross einzustufen. Dass nebst sehr häufigem Stein-/Blockschlag auch mit Felstürzen zu rechnen ist, belegen die Ereignisse am Nünihorn, wo in den Jahren 1990 und 1991 mehrere 100 m³ Fels losbrachen. Ein grosser Teil des Materials stürzte nordwärts Richtung Vordere Bunder und gefährdete den vielbegangenen Wanderweg über die Bunderchrinde. Ein kleinerer Teil stürzte aber auch westwärts Richtung Holzberg–Holzweid.

Das Gebiet des Gross Lohner wurde wegen der allgemein grossen Sturzgefahr nicht eingehend untersucht. Auf der Gefahrenkarte wird es daher durch die vorherrschende Gefahrenstufe dargestellt. Selbstverständlich existieren aber auch in diesem Gebiet Zonen, die weniger oder gar nicht gefährdet sind, insbesondere die auf der W- und NW-Seite durch die verwitterungsanfälligen Palfris-Schiefer und Vitznau-Mergel gebildete Abflachung im Bereich von Kote 2200, wo auch die 1929 erbaute Lohner-Hütte des SAC zu finden ist.

2.2.6 Sackung Libige nordöstlich Kandersteg (17)

Nordöstlich von Kandersteg finden sich grössere Felsmassen von Palfris-Schiefern und Öhrli-Kalken der Gellihorn-Decke an einer Stelle, wo eigentlich der nur wenig südlich im Einzugsgebiet des Wätterbachs aufgeschlossene Nordhelvetische Flysch anstehen sollte. Offenbar sind diese Felspakete tiefgründig versackt. Auch die Morphologie unmittelbar nördlich von Libige deutet daraufhin und die leichte Ablenkung der Kander gegen W könnte als weiterer Hinweis dafür betrachtet werden. Die Sackungsmasse wird gegen S durch den nördlichsten Seitengraben des Wätterbachs begrenzt und dürfte das gesamte Gebiet bis unterhalb des Büelstutzes umfassen. Die Entstehung der Sackung ist spät-, eventuell auch zwischeneiszeitlich.

Sowohl die Staatsstrasse als auch die Bahnlinie queren die Sackung. Da dort keinerlei Anzeichen für Bewegungen bestehen, wurde der Bereich des Büelstutzes nicht als Gefahrenzone ausgeschieden.

2.2.7 «Rutschung» Underem Büel (18)

Am 22. August 1945 ereignete sich bei Underem Büel zwischen Kandersteg und Mitholz eine stark wassergesättigte Rutschung, welche ein Todesopfer forderte. Das spontane Ereignis wird auf Wasserverluste aus dem bergwärts vorbeiführenden Zulaufstollen des KW Kandergrundes zurückgeführt.

Die Talflanke besteht dort aus grobblockigem Bergsturzmaterial mit bis zu hausgrossen Blöcken, das stellenweise feinkörniger, zu Grus zerriebener Bergsturzmasse auflagert. Abgesehen von wahrscheinlich geringen Bewegungen im mitteltiefen Bereich, bestehen – wie regelmässige Kontrollen des Stollens zeigen – keine Anzeichen für tiefgründige Bewegungen der Talflanke. Aufgrund der Gegebenheiten ist deshalb nicht zu erwarten, dass ein spontan auftretendes Ereignis wie dasjenige von 1945 allein aus natürlichen Gründen auftreten kann. Im Bereich der Abrissnische dieses Rutsches kann es aber durchaus zu kleineren, oberflächennahen Rutschungen oder mit Flow slides vergleichbaren Ereignissen kommen. Grundsätzlich besteht eine gewisse Gefahr, dass sich der Abrissrand der Nische infolge solcher Ereignisse oder auch nur aufgrund der anhaltenden Erosion ausweitet. Dadurch könnten bergseitige Bereiche destabilisiert und punktuell auch Blöcke aus dem Bergsturzmaterial losgelöst werden.

2.2.8 Oberflächliche Rutsch- und Erosionsphänomene I de Huble östlich Kandersteg (19)

Der mittelsteile, teils licht bewaldete, teils grasbewachsene Hang lässt verschiedenorts oberflächliche Rutsche und Erosionsstellen («Hautrutsche» s.l.) erkennen. Meist sind diese nur sehr kleinräumig ausgebildet und kaum kartierbar. Der Hang ist nur mit geringmächtiger Moräne bedeckt, darunter folgen die wenig durchlässigen Schichten des Nordhelvetischen Flysches. Für den gesamten Hang zwischen dem Wätterbach im N und der Bachrunse, welche die Grenze zum östlich angrenzenden, bewaldeten Gebiet (Grünewald) bildet, besteht eine Disposition zur Bildung solcher oberflächennaher Prozesse (Gleit- und Fließbewegungen). Nicht ausgeschlossen ist, dass solche Prozesse (v.a. fließender Art) bis in die obersten Häuserzeilen bei Nidermatti vordringen können.

2.2.9 Sackung Usserrüteni–Innerrüteni–Schlafegg nordöstlich Kandergrund (20)

Das Gebiet zwischen dem Bunderbach im S, der felsigen W-Flanke des Giesigrates und dem Talboden des Kandertals wird durch eine mächtige Sackungsmasse gebildet, deren Bewegungen wahrscheinlich älter sind als der Rückzug des Kander- gletschers (evtl. interglazial). Die nördliche Begrenzung der Sackungsmasse ist unklar. Mit Sicherheit sind die Felsköpfe Bi de Hörelene nördlich der Schlafegg versackt. Weitere, eindeutig versackte Felskomplexe sind im talartigen Einschnitt zwischen Inner- und Usserrüteni zu beobachten. Die Sackung wurde auf der Karte der Bodenbewegungsgefahren im oberen Teil durch die eindeutig versackten Felskomplexe Bi de Hörelene, im unteren jedoch südlich von Wiggla begrenzt.

Deutlich ist die Grenze der Sackung im Graben des Bunderbachs, wo auf der Nordseite stark zerrütteter und aufgelockerter Fels, auf der Südseite hingegen intakter und mehr oder weniger stabiler Fels ansteht. Entsprechend konzentrieren sich die seitens der BLS entlang dem Bunderbach getätigten Massnahmen (Kap. 3) vor allem auf die zerrüttete Nordflanke.

Die tiefgründige Sackung kann heute als stabil betrachtet werden. Sowohl die Bahnlinie als auch Hochspannungsleitungen queren sie, Bewegungen sind nicht bekannt. Aus diesem Grund wurde die Sackung auf der Gefahrenkarte nicht als Gefahrenzone ausgeschieden. Dagegen gibt es Bereiche, wo oberflächennahe Bewegungen stattfinden. Selbstverständlich sind diese auf der Gefahrenkarte dargestellt.

2.3 Région Diemtigtal

2.3.1 Phénomènes de chutes de blocs - éboulements - écroulements dans la haute chaîne du Niesen

Cette chaîne, qui occupe presque toute la moitié ouest de la feuille Adelboden, est entièrement taillée dans les roches du Flysch du Niesen. Ces roches faites d'une alternance de niveaux marneux, marno-calcaires, marno-gréseux, plaquetés à schisteux, et de gros bancs de grès et de conglomérats, présentent une résistance à l'érosion moyenne, mais bien meilleure que celle des autres formations de flysch des Préalpes grâce à l'armature créée par les abondants et épais niveaux grésos-conglomératiques. Il en résulte des versants très pentus, relativement pauvres en glissements, et des parois souvent peu redressées, d'extension dans l'ensemble limitée, et de morphologie déchiquetée et complexe. L'appellation de versant rocheux leur est parfois plus adaptée que celle de paroi. Des falaises et pointements rocheux de faible extension apparaissent à tous les niveaux des versants.

La tendance de ces parois et versants à la formation de chutes de blocs est très grande, de même qu'à celle de petits éboulements, en raison du délitage facile et de la faible résistance mécanique globale de la roche. Corollairement, la formation de grands éboulements ou écroulements rocheux n'est en revanche pas très courante dans cette formation. Elle est en outre difficile à prédire, car la tectonique cassante (fractures, failles, chevauchements) manque de continuité, soit réelle, soit apparente visuellement.

Il en résulte une cartographie de ces aléas difficile à établir sur le terrain en raison de la difficulté d'apprécier la dimension du plus grand aléa prévisible, et par conséquent l'extension de la zone menacée. Il en résulte simultanément une cartographie difficile graphiquement en raison du découpage morphologique complexe de cette région, qui conduit parfois à un véritable imbroglio des diverses zones menacées. Cette situation a nécessité parfois d'importantes simplifications graphiques.

Quelques zones ont été mentionnées comme présentant un danger d'écroulement ou de grands éboulements (Tierberg, Landvogtehere, Ladholtzhore, Linterhore); ce sont les contextes de pendage stratigraphique, de tectonique et de topographie qui ont déterminé ces choix, mais dans aucun cas les zones en question ne présentent de signes concrets observés d'un écroulement imminent ou prochain.

L'absence de distinction entre zones à très forte densité et fréquence de chutes de blocs, et zones à faible volume et fréquence de ces mêmes chutes, sur la carte thématique A au 1:10'000, a pour conséquence que certaines grandes parois très peu exposées aux chutes de pierres (parois nord de la Männliflüh p.ex.) se marquent trop

nettement sur cette carte par rapport à des zones plus restreintes, mais où les chutes sont très abondantes. La carte des dangers permet en partie de corriger ce déséquilibre.

Certaines pentes entièrement rocheuses – et graphiquement représentées comme telles sur la carte au 1:25'000 – présentent une pente si modérée que l'on y assiste davantage à une décomposition sur place de la roche, qui y est en général assez plaquetée ou schisteuse, qu'à de vraies chutes de blocs (cas des pentes supérieures est, sud et ouest de l'Albristhorn, ou du Bodezehore et du Drümännler). Ces pentes n'ont donc pas été considérées comme exposées aux chutes de blocs.

2.3.2 Glissements rocheux du Raufligrat (21)

Chacun des versants du Raufligrat est occupé par un vaste glissement rocheux: le plus important (2 km²) se situe sur le versant sud du Färmelmeder. Débutant près de la crête ou à son voisinage immédiat, il occupe tout le versant jusqu'au thalweg. Très épais, il paraît substabilisé sauf localement dans sa partie supérieure. On ne dispose d'aucune mesure de déplacements.

Sur le versant de Chilei, un glissement rocheux moins volumineux occupe le versant dès la crête (double crête), jusqu'à Steibode. Apparemment peu actif, il génère éboulis et coulées boueuses.

Ces deux glissements affectent les roches marno-gréseuses du Flysch du Niesen.

2.3.3 Glissement rocheux du Galmschibe (22)

Situé sur versants sud et ouest du Galmschibe, ce glissement rocheux débute près du sommet, vers 2350 m. Sa limite inférieure est indéterminable; elle se situe au plus haut vers 1600 m (limite reportée sur carte), mais elle pourrait aussi se situer près du fond de la vallée, à Fildrich–Chilei. Ce glissement (ou affaissement) rocheux explique la morphologie très molle des deux versants qu'il occupe, ainsi que le caractère très disloqué et ébouleux des rares pointements rocheux du versant sud (chutes de blocs, coulées de blocs).

Le massif rocheux affecté est là aussi le Flysch du Niesen. Les mouvements paraissent pratiquement inexistantes. On ne dispose cependant d'aucune mesure.

2.3.4 Glissement de Hengrich–Allmi (Schwenden, Diemtigtal) (23)

Ce vaste glissement rocheux d'un km² débute à la crête, entre 2000 et 2080 m et descend presque jusqu'au thalweg (1290 m). Il est le plus actif de la région (on ne dispose cependant d'aucune mesure des mouvements) et semble présenter un risque de forte réactivation, notamment en raison de sa forte pente et de son imposante dénivellation (800 m). Une telle réactivation pourrait se traduire, en cas de mouvements exceptionnels, par des phénomènes d'éboulements ou coulées de blocs rapides

(«debris flows»), susceptibles d'atteindre le fond de la vallée et de barrer le cours du torrent.

Le massif rocheux concerné est là aussi le Flysch du Niesen.

2.3.5 Glissement rocheux de Hinderste Chirel (24)

Ce glissement rocheux prend naissance près du sommet de la Wyssi Flue, vers 2230 m; il occupe tout le versant ouest de ce sommet sur 1 km², jusqu'à Hinderste Chirel vers 1500 m. Il est nettement actif dans sa partie supérieure et centrale. Il présente en outre un caractère ébouleux (chutes de blocs et petits éboulements) à partir d'une zone de pointements rocheux disloqués située entre 1800 et 1900 m et dominant des pentes très fortes.

Une réactivation de ce glissement paraît moins vraisemblable que pour celui de Hengrich-Allmi, et elle n'aurait que des conséquences mineures.

2.3.6 «Coulées de bloc» d'origine torrentielle (Murgänge s.l.) du Färmelberg (haut Diemtigtal) (25)

Plusieurs coulées de blocs et graviers ont été déposées récemment (vraisemblablement le 21 décembre 1991) à partir des pentes nord de l'Albristhorn sur les cônes d'éboulis et de dépôts torrentiels de l'alpage du Färmelberg. Toutes ces «coulées» (Murgänge) sont en relation avec des lits à écoulement temporaire. L'une d'elles, particulièrement considérable, mesure plus de 2 km de longueur; elle prend naissance au pied de la paroi nord de l'Albristhorn, vers 2500 m et prend fin à 1610 m, à 100 m des chalets d'alpage de Am vordere Berg et de la route, qu'elle a dépassé latéralement.

Le cône du Färmelberg est dû vraisemblablement à de nombreux phénomènes antécédents du même type; sa morphologie implique qu'une prochaine coulée du même type et de même provenance pourrait emprunter un itinéraire bien différent sur le cône, et menacer les chalets précédemment cités. Toute la surface du cône doit être considérée comme placée sous la menace de tels événements.

3. Schutzmassnahmen

3.1 Übersicht

Gemäss dem gebirgigen Charakter des Gebietes und der vor allem im E und SE hohen Reliefenergie wirken verschiedene gefährliche Prozesse bis in den Bereich des Hangfusses oder gar in die Talsohlen. Nebst den Lawinen, die auf der Karte der Bodenbewegungsgefahren nicht erfasst werden, sind es vor allem Wildbach- und Sturzprozesse. Gefährdet sind wichtige Transitstrecken für den nationalen und internationalen Bahnverkehr (BLS Lötschberg-Nordrampe), aber auch die Staats-

strassen Frutigen–Kandersteg und Frutigen–Adelboden sowie dauernd besiedelte Gebiete.

Die Erschliessung des Gebietes ging denn auch einher mit grossen Anstrengungen zur Verminderung gefährlicher Prozesse, namentlich entlang der BLS-Strecke auf der rechten Seite des Kandertals, wo seit Beginn der Bauarbeiten im Jahre 1906 viel zum Schutz der Anlagen und des Bahnbetriebes unternommen wurde. Nebst baulichen Massnahmen zur Gefahrenminderung bei Wildbach- und Sturzprozessen wurden auch grossflächige Aufforstungen, insbesondere oberhalb von Kandergrund und Kandersteg ausgeführt. Durch entsprechende Waldpflege und Bewirtschaftung wird eine optimale Schutzwirkung für die Bahn – generell aber auch für die unterhalb davon liegenden Gebiete – erreicht. Selbstverständlich ist die Realisierung von Massnahmen nie abgeschlossen, was sich allein dadurch zeigt, dass z.B. Föhnstürme wie 1919, 1920 oder 1990 (Vivian) oft zu grossen Schäden an den Schutzwaldungen führen und entsprechend neue Aufforstungen bedingen (vgl. BLS Lötschbergbahn 1993).

Auch im Engstligental finden sich zahlreiche Massnahmen, schwergewichtig entlang der Staatsstrasse nach Adelboden sowie bei Adelboden selbst. Sie richten sich mehrheitlich gegen Sturzprozesse. Weitere Massnahmen konzentrieren sich auf die Bäche, insbesondere auf den Oberlauf der Engstlige, den Allebach, den Gilsbach und deren Seitengräben.

Aus Gründen der Darstellbarkeit und Übersichtlichkeit werden auf der vorliegenden Gefahrenkarte nur die Auswirkungen der rein baulichen Massnahmen dargestellt, denn bei Aufforstungsprojekten sind die Auswirkungen auf die unterliegenden Gebiete ohne detaillierte Kenntnis der einzelnen Projekte (Ausführungszeitpunkt, Fläche) räumlich nur schwer abgrenzbar. Vielfach ergänzen sich jedoch technische und waldbauliche Massnahmen, wie dies im Bereich der BLS-Strecke oft der Fall ist.

Im folgenden geben wir eine Übersicht der wichtigsten getroffenen Massnahmen (die Ziffer in eckigen Klammern verweist auf die Gefahrenkarte).

3.2 Schutzwaldungen

Vor allem zwischen 1909 und 1924 wurden von Seiten der BLS grosse Aufforstungen auf dem Gebiet der Gemeinde Kandergrund durchgeführt. Hervorzuheben sind die ausgedehnten Aufforstungen im Einzugsgebiet des Bunderbachs östlich Kandergrund, welche sich hinsichtlich Oberflächenrutschungen und Erosion stabilisierend auswirken und dank gesteigerter Retention und Interzeption auch zu einem verminderten Wasserabfluss führen.

Umfangreiche Aufforstungen sind seit 1910 auch im Gebiet I de Chiste (südlich Kandersteg) im Gang. Sie dienen in Kombination mit den umfangreichen Lawinerverbauungen vor allem dem Schutz des Tunnelportals vor Lawinen und sind deswegen nicht auf der Gefahrenkarte dargestellt.

3.3 Verbauungen gegen Stein-/Blockschlag und Felssturz

Vielfältige Massnahmen zum Schutz vor Stein- und Blockschlag wurden wiederum entlang der BLS-Strecke realisiert, insbesondere im Gebiet zwischen dem Bunderbach bei Kandergrund und Mitholz [2.6, 2.7, 2.8]. Die dort getroffenen Massnahmen umfassen Leitdämme, Trockenmauern, Betonmauern sowie Eisen- oder Holzbarragen und sollen verhindern, dass Steine und Blöcke bis aufs Bahntrasse gelangen. Dazu tragen natürlich auch die Aufforstungen bei. Zur Verhinderung der Felssturzgefahr wurden auch verschiedene Felspartien mit zum Teil grösseren Konstruktionen unterfangen, abgestützt oder verkleidet. Dies in der Folge verschiedener Felsstürze, von denen ein Teil des Materials zum Teil bis aufs Bahntrasse gelangte (z. B. 1980, 1970, 1965, wobei im letzteren Fall von 2000–3000 m³ Ausbruchkubatur rund 1200 m³ auf die Geleise stürzten). Diverse aufgelockerte Felspartien und -pfeiler werden dauernd, teils auch elektronisch überwacht.

Umfangreiche Massnahmen gegen Stein- und Blockschlag wurden auch entlang der Staatsstrasse nach Adelboden getroffen, insbesondere im Bereich Hostalde [2.1], wo die Gefährdung gar eine Sperrung der Strasse und eine Umleitung des Strassenverkehrs über die alte Adelbodenstrasse auf der rechten Talseite zur Folge hatte. Nebst zahlreichen Verbauungen erforderte die Situation im Jahre 1984 eine grössere Sanierungssprengung bei Hostalde.

Weiter erwähnenswert sind Schutzwälle aus Erde, die das Dorf Adelboden vor Steinschlag schützen [3.1] sowie die Steinschlagwehre zum Schutz der Druckleitung zum Kraftwerk Kandergrund [2.5].

3.4 Wildbachverbauungen

Die Engstlige und insbesondere die von W her aus dem Gebiet des Niesen-Flysches einmündenden Seitenbäche zeichnen sich durch starken Geschiebetrieb aus. Manche der Seitenbäche sind murganggefährdet. Grössere, murgangartige Geschiebeschübe treten auch aus den am südlichen Blattrand aus dem Gebiet des Gross Lohners in die Engstlige einmündenden Seitenbächen auf. Bei der Einmündung der Seitenbäche besteht an einzelnen Stellen die Gefahr, dass die Engstlige durch Geschiebemassen aufgestaut werden kann. Problematisch könnte sich dies bei den aus dem Massiv des Gross Lohners einmündenden Bächen auswirken, wenn ein Bachstau bzw. Bachausbruch zu Überflutungen auf dem Boden südlich von Adelboden führen könnte. Auch ein Bachstau durch den Gantebach am nördlichen Blattrand könnte Auswirkungen bis Frutigen zeigen.

Allein in der jüngeren Vergangenheit traten wiederholt Hochwasser und Geschiebeüberführungen auf, so in den Jahren 1970, 1975, 1977, 1978, 1979, 1985, 1987 und 1992. Als Katastrophenereignisse sind die Hochwasser vom Juli 1930 und vom 3. Juni 1987 bekannt.

Im oberen Teil ist die Engstlige bis zur Einmündung des Marchbachs weitgehend verbaut. Teilweise verbaut sind der Allebach und der Gilsbach westlich bzw. südwestlich von Adelboden. Trotz der Massnahmen verbleiben die Böschungen stellenweise ausgesprochen instabil (z.B. Holzachsegge) und rutschgefährdet. Erwähnenswert ist auch der Leitdamm auf dem Schuttkegel des Stigelbachs westlich von Adelboden.

Unterhalb der Einmündung des Marchbachs verläuft die Engstlige über grosse Strecken unverbaut und teilweise in eine Schlucht (Pochtechessel) eingetieft. Nur vereinzelt sind in diesem Abschnitt wasserbauliche Massnahmen getroffen worden, besonders zur Verhinderung der Seitenerosion. An den Seitenbächen finden sich nur wenige, punktuelle Verbauungen, so vor allem im Zwüschbächgrabe.

Das Gasteretal (siehe LK-Blätter 1267, 1268) wirkt als grosser, natürlicher Geschiebesammler für die Kander. Ihre Geschiebeführung unterhalb des Gasteretals ist daher relativ bescheiden; das Geschiebe entstammt mehrheitlich den Seitenbächen. Da die stark geschiebeführenden Seitenbäche (v. a. Stegen Bach und Bunderbach) jedoch zu einem grossen Teil verbaut oder mit einem Geschiebesammler ausgestattet sind, ist der Geschiebeeintrag letztlich relativ bescheiden, aber immerhin noch gross genug, um bei Zrydsbrugg südlich Frutigen einen Kiesabbau aus der Kander zu ermöglichen. Im weiteren ist zu beachten, dass der Abfluss der Kander durch ein neues Stauwehr beim Büel nördlich Kandersteg reguliert wird.

Vor allem anfangs Jahrhundert überführte der Bunderbach bei Kandergrund sowohl Bahnlinie als auch Staatsstrasse mit grösseren Wasser- und Geschiebemengen (1902, 1913, 1921). Deshalb wurden ab 1909 vorerst im Unterlauf des Bachs grosse Sperren, Leitmauern und Schalen erstellt. Mittlerweilen ist der Bunderbach weit hinauf verbaut und das Einzugsgebiet im Rahmen forstlicher Projekte «saniert» [2.3, 2.4].

Da sich die Auswirkungen von wasserbaulichen Massnahmen im allgemeinen auf einen relativ schmalen Streifen beidseits des Gerinnes konzentrieren, werden die betroffenen Gebiete auf der Gefahrenkarte aus darstellerischen Gründen nicht durch eine Schrägschraffur gekennzeichnet. Dargestellt werden jedoch jene Gebiete, wo die getroffenen Massnahmen auf grösseren Flächen wirksam sind, beispielsweise auf Schuttkegeln.

Ziffer	Lokalität	Massnahme(n)	Prozess (Teilprozess)
2.1	Hostalde SW Frutigen	Sanierungssprengung, div. Verbauungen gegen Steinschlag	Felssturz Steinschlag
2.2	Hasli SE Frutigen	Geschiebesammler	Wildbach (Geschiebe)
2.3/2.4	Bunderbach	Wildbachverbauungen, Aufforstungen	Wildbach, evtl. Murgang
2.5	Druckleitung Kraftwerk Kandergrund	Steinschlagwehre	Stein-/Blockschlag
2.6-2.8	Abschnitt Bunderbach-Mitholz	Leitdämme, Mauern, Steinschlagwehre, Betonpfeiler, Felsunterfangungen, Aufforstungen	Stein-/Blockschlag Felssturz
2.9	Stegen Bach	Geschiebesammler und vollständiger Gerinneausbau	Wildbach, Murgang (Geschiebe)
3.1	Adelboden	Erddamm	Steinschlag
4.1	Wätterbach	Geschiebesammler	Wildbach (Geschiebe)
4.2	Riseti	div. kleinere Geschiebesammler	kleine Murgänge (sehr lokaler, auf der Karte nicht darstellbarer Schutz)

Tabelle 1: Zusammenstellung der wichtigsten Schutzmassnahmen

Es ist zu beachten, dass die für den Bunderbach [2.3], den Wätterbach [4.1] und den Stegen Bach [2.9] entsprechend ausgeschiedenen, schrägschraffierten Gefahrenzonen auf den Schuttkegeln bzw. in der Talsohle auf einer groben Beurteilung der räumlichen Ausdehnung einer Geschiebeüberführung im Falle eines möglichen Versagens der Schutzmassnahmen basieren. Für eine genauere Abgrenzung der gegebenenfalls betroffenen Flächen wären aber detailliertere Untersuchungen (evtl. Modellierungen) nötig.

4. Bibliographie

BLS Lötschbergbahn (1993): Begleitbroschüre zum Eisenbahn-Erlebnis-Pfad.

Landeshydrologie und -geologie (1993): Geologischer Atlas der Schweiz 1:25'000 – Blatt 1247 Adelboden.

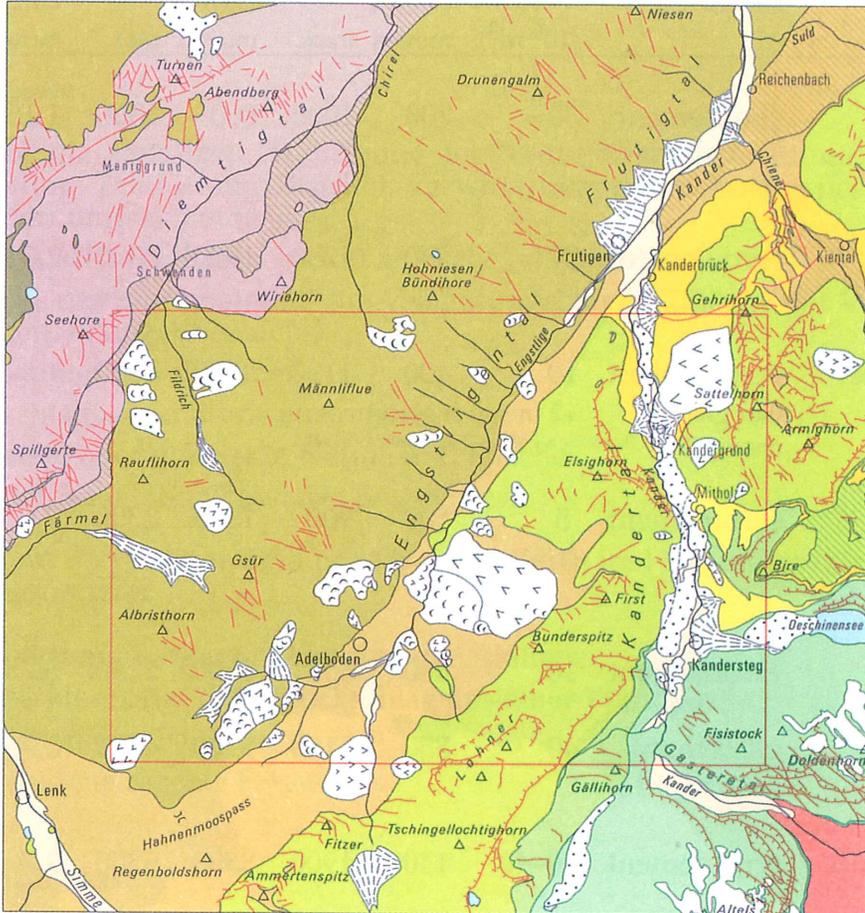
Anhang A

Geologisch-tektonische Übersicht 1:200'000

(aus: Geologischer Atlas der Schweiz, Blatt 1247, Adelboden)

Geologisch-tektonische Übersicht

1:200 000



Penninikum

-  Simmen-Decke
-  Breccien-Decke
-  Klippen-Decke
-  Zone Submédiane
-  Niesen-Decke
-  Kiental-Flysch und Schattwald-Zone

Aar-Massiv

-  Autochthone Sedimentbedeckung
-  Gastern-Granit

 Bruch; Auf-, Abschiebung

 Atlasblatt Adelboden

Helvetikum

-  Ultrahelvetikum im allgemeinen:
Sattelzone (Zone des Cols)
-  Wildhorn-Decke
-  Bundstock-Element
-  Taveyannaz-Serie
-  Gellihorn-Decke
-  Nordhelvetischer Flysch,
Flysch von Mitholz
-  Doldenhorn-Decke

Quartär

-  Gletscher
-  Talsohlen, grosse Schuttfächer
-  Bergsturz
-  Grössere Rutschungen bzw. Sackungen

Anhang B

Écroulements / éboulements: quelques exemples parmi des cas célèbres, illustrant l'accroissement considérable de transport des matériaux avec l'accroissement du volume et le passage aux mécanismes caractérisants les écroulements:

Lieu	Mécanisme	Volume (10 ⁶ m ³)	H [m]		L [m]		L/H	
			moyen	max.	moyen	max.	moyen	max.
Randa (1991)	éboulement (en 2 phases de chutes successives)	30	700	1000	800	1300	1,15	1,30
Monte Zandila (Valteline, 1987)	écroulement	37	950	1250	1900 ¹	3000 ¹	2,0	2,4
Sherman Glacier (Alaska, 1964)	écroulement (sur glacier enneigé)	10 +2 (neige et glace)	400	1190	4000	6000	10	5
Six-des-Eaux Froides (Valais, 1946)	écroulement	5 (10?)	500	900	1300	2300	2,6	2,6
Elm (1881)	écroulement	10	400	550	1500	2250	3,75	4,1
Goldau (1806)	glissement plan rapide	40	850	1100	3200	4600	3,75	4,2
Diablerets (1749) (Derborence)	écroulement	30–40	1300	1900	3500	5300	2,7	2,8
Mont Granier (Savoie, 1248)	écroulement	500	1100	1500	5500	7900	5	5,25

¹ confiné par versant opposé de la vallée

Qualitative Kriterien zur Beurteilung der Eintretenswahrscheinlichkeit

Hinweise für die Eintretenswahrscheinlichkeit bzw. Häufigkeit der auf der Karte der Bodenbewegungsgefahren dargestellten Prozesse können z. B. folgende, im Feld zu beobachtende Phänomene oder Indizien liefern:

Sturzprozesse

- Lithologie, räumliche Anordnung der Trennflächen (Schichtung, Schieferung, Klüftung, Talklüftung, Brüche), Verwitterung, Auflockerung des Felsverbandes im Herkunftsgebiet usw.
- frische Ausbruchsnischen (oft an Farbe erkennbar)
- Frische des Sturzmaterials im Ablagerungsbereich (Blöcke mit frischen Bruchflächen, Pflanzenbewuchs)
- Sturzmaterial auf Schnee
- Aufschlags- und Schrammspuren
- verletzte oder geknickte Bäume und Büsche
- Art der Vegetation bzw. des Bewuchses.

Bei Fels- und Bergstürzen sind primär die Indizien im Herkunftsgebiet von Bedeutung, insbesondere:

- Ausbildung markanter Anrisse oder Spalten
- verstärkter Stein- oder Blockschlag aus einer Wandpartie
- Abgleiten von Felspartien
- vorhandene rezente Felsstürze.

Wildbachprozesse

Bei Wildbächen handelt es sich oft um komplexe Systeme, welche mit anderen Prozessen innerhalb ihres Einzugsgebietes gekoppelt sein können. Bei der Beurteilung von Wildbachprozessen sind daher auch andere Prozesse mit in die Betrachtungen einzubeziehen (u. a. Rutsch- und Sturzprozesse). Unter Berücksichtigung der hydrographischen, topographischen und geologischen Gegebenheiten liefern folgende Beobachtungen wichtige Hinweise zur Häufigkeit bzw. Eintretenswahrscheinlichkeit von Wildbachprozessen:

- Geschiebeablagerungen frisch oder bewachsen
- Art der Vegetation bzw. des Bewuchses
- Zustand der Böschungen (frische Anrisse und Anbrüche, Oberflächenrutschungen)
- aktive oder bewachsene Erosions- und Geschiebeherde
- Hochwasserspuren im Gelände
- Zustand von Bachverbauungen, Durchlässen, Brücken usw.

Rutsch-, Einsturz- und Absenkungsprozesse sowie Flow slides

Bei den Rutschungen handelt es sich mehrheitlich um permanente Prozesse. Eine Eintretenswahrscheinlichkeit s.str. existiert nicht. Aktive Rutschphasen sind dagegen oft witterungsbedingt und unterliegen daher der Eintretenswahrscheinlichkeit besonderer begünstigender Witterungsverhältnisse (z.B. anhaltende Niederschläge in Kombination mit Schneeschmelze). Dasselbe gilt auch für die spontane Bildung von *oberflächennahen Rutsch- und Fliessprozessen* (Hangmuren, Flow slides, Hautrutsche usw.), z. B. bei Extremniederschlägen.

Die spontane Bildung oder die Aktivierung von bereits bestehenden Rutschungen kann aber auch durch Wildbachprozesse provoziert werden. Die Eintretenswahrscheinlichkeit richtet sich dann nach jener der verursachenden Wildbachprozesse.

Absenkungen infolge der Auslaugung eines wasserlöslichen Untergrundes stellen mehrheitlich kontinuierliche Prozesse dar. Je nach Beschaffenheit des Untergrundes und der Mächtigkeit der Überdeckung kann es zu «aktiven Phasen» in Form von *Einstürzen* über Hohlräumen kommen. Obschon es sich dabei um spontane Ereignisse handelt, für die theoretisch eine Eintretenswahrscheinlichkeit besteht, betrachten wir diese als permanente Prozesse, zumal die Beurteilung der Eintretenswahrscheinlichkeit in solchen Fällen äusserst spekulativ ist.

Am Rande zu beachten sind auch die möglichen Einflüsse von Erdbeben auf die erfassten Prozesse, denn ungefähr ab einer Intensität VII (MSK-Skala¹) kann das Eintreten einzelner Prozesse (Stürze, Rutschungen) provoziert werden. Die Eintretenswahrscheinlichkeit solcher Intensitäten geht aus den Karten der Erdbebengefährdung in der Schweiz (SÄGESSER & MAYER-ROSA 1978²) hervor. Demnach sind in verschiedenen gebirgigen Regionen der Schweiz innerhalb von nicht vernachlässigbaren Zeiträumen entsprechende Intensitäten zu erwarten, wie dies auch in benachbarten Gebieten des vorliegenden Kartenblattes der Fall war (z. B. Zweisimmen, 13. April 1885; Frutigen, 6. Mai 1898; Rawilpass, 25. und 26. Januar 1946). Dass die Intensitäten in Abhängigkeit lokaler geologischer Gegebenheiten bis $\pm 1,5$ Intensitätsgrade variieren können, zeigten nicht zuletzt die im Rahmen von IDNDR durchgeführten Untersuchungen von SCHINDLER et al. (1996)³. Das heisst: die Wahrscheinlichkeit, dass ein auf der Karte der Bodenbewegungsgefahren erfasster Prozess durch ein Beben ausgelöst oder aktiviert wird, kann lokal durchaus grösser sein als in SÄGESSER & MAYER-ROSA (1978) dargestellt.

1 Makroseismische Intensitätsskala nach Medvedev, Sponheuer und Karnik (1964)

2 SÄGESSER, R. & MAYER-ROSA, D. (1978): Erdbebengefährdung in der Schweiz. – Schweiz. Bauztg. 96/7.

3 SCHINDLER, C., BEER, C., MAYER-ROSA, D., RÜTTENER, E., WAGNER, J.-J., JAQUET, J.-M. & FRISCHKNECHT, C. (1996): Integrierte Auswertung von seismischen und bodenspezifischen Parametern: Gefährdungskarten im Kanton Obwalden. – Geol. Ber. Landeshydr. u. -geol. 19.

Anhang D

Legende der Karte der Phänomene 1:10'000

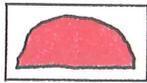
LEGENDE

der Karte der Phänomene 1:10'000

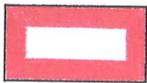
de la carte thématique des phénomènes 1:10'000

A 1 Stein- und Blockschlag, Felssturz, Bergsturz; Absenkung, Einsturz
Chutes de bloc, éboulement, écoulement, effondrement

Stein- und Blockschlag - Chutes de blocs



Herkunftsgebiet
Zone de provenance

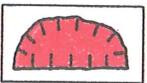


Bisheriges Ablagerungsgebiet
Zone précédemment atteinte par les chutes



Potentiell gefährdete Zone
Zone menacée

Felssturz - Eboulement



Herkunftsgebiet, absturzgefährdete Partie
Zone de provenance, volume menaçant



Ablagerungsgebiet früherer Felsstürze
Zone de dépôts d'éboulements antérieurs

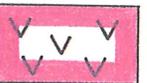


Potentiell gefährdete Zone
Zone menacée

Bergsturz - Ecoulement



Herkunftsgebiet, absturzgefährdete Partie
Zone de provenance, volume menaçant



Ablagerungsgebiet früherer Bergstürze
Zone de dépôt d'un écoulement ancien issu du volume délimité ci-dessus

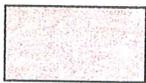


Potentiell gefährdete Zone
Zone menacée par la chute

Absenkung, Einsturz - Effondrement



Doline
Dolines d'effondrement



Schwache Tendenz
Tendance faible



Starke Tendenz
Tendance élevée

} Zone mit tendenzieller Absenkung
Zone sujette à effondrement

A 2 Wildbachgefahren, Murgänge
Erosion torrentielle, débordement, laves torrentielles



Böschungserosion
Berge érodée ou sujette à érosion



Starke Böschungserosion
Forte érosion de berge ou berge sujette à érosion rapide



Böschungserosion (mit langsamem Böschungsrutschen)
Erosion de berge en zones de glissement lent



Instabile Böschung (mit starkem, aktivem Böschungsrutschen)
Berge instable, en glissement actif



Tiefenerosion
Lit particulièrement sujet à l'affouillement



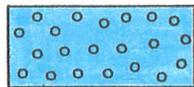
Gerinne mit starkem Geschiebetrieb (grobes Geschiebe)
Torrent sujet à de forts transports solides (grossiers)



Murganggefährdetes Gerinne oder murganggefährdete Zone
Torrent ou zone sujet à la formation de laves torrentielles



Möglicher Bachstau
Zone de barrage naturel possible du cours d'eau



Rezenter Akkumulationsbereich von Geschiebe
Zone d'épandage récent d'alluvions, de laves torrentielles, en cas de crue



idem; ältere Akkumulationsbereiche
idem; zone d'épandage ancien



Gerinne mit sporadischem Abfluss
Lit à écoulement temporaire

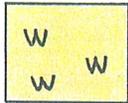
LEGENDE

der Karte der Phänomene 1:10'000

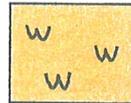
de la carte thématique des phénomènes 1:10'000

B Rutschungen und Flow slides
Glissements de terrain et coulées boueuses

Oberflächennahe Rutschungen (bis 2 m), inkl. Solifluktion
Glissements superficiels (jusqu'à 2 m), y compris solifluxion



wenig aktiv, langsam
peu actif, lent



aktiv
actif

Mitteltiefe Rutschungen (2 bis 10 m)
Glissements déclarés de profondeur modérée (2 à 10 m)



Substabil,
 sehr langsam
 (0-2 cm/Jahr)



langsam
 (2-10 cm/Jahr)



Aktiv (> 10 cm/J)
 oder: langsam mit
 schnellen Phasen

*Substabilisé,
 très lent
 (0-2 cm/an)*

*Lent
 (2-10 cm/an)*

*Actif (> 10 cm/an)
 ou: lent sujet à de
 fortes réactivations*

Tiefe Rutschungen (> 10 m bis x·100 m)
Glissements déclarés profonds (> 10 m jusqu'à x·100 m)



Substabil,
 sehr langsam
 (0-2 cm/Jahr)



langsam
 (2-10 cm/Jahr)



Aktiv (> 10 cm/J)
 oder: langsam mit
 schnellen Phasen

*Substabilisé,
 très lent
 (0-2 cm/an)*

*Lent
 (2-10 cm/an)*

*Actif (> 10 cm/an)
 ou: lent sujet à de
 fortes réactivations*

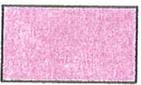
Anmerkung: bei den angegebenen Geschwindigkeiten handelt es sich um über längere Zeiträume ermittelte, durchschnittliche jährliche Geschwindigkeiten. Diese können mehr oder weniger ausgeprägten Schwankungen unterworfen sein (zeitweise Stabilisierung bis zu einem Vielfachen der angegebenen Geschwindigkeit).

Remarque: les vitesses indiquées sont des vitesses moyennes annuelles à long terme; elles peuvent être sujettes, selon les glissements, à des fluctuations plus ou moins importantes, allant de la stabilisation temporaire à plusieurs dizaines de fois la vitesse indiquée durant une courte période.

LEGENDE**der Karte der Phänomene 1:10'000***de la carte thématique des phénomènes 1:10'000*

Flow slide, "Hautrutsch"*Coulées boueuses*

Flow slide oder Gruppe von Flow slides

*Coulée boueuse ou ensemble de coulées boueuses récentes***Potentiell gefährdete Zone***Zone d'aléas potentiels subits*

Zone mit möglicher, spontaner Bildung von Rutschungen im allgemeinen (Flow slides, "Hautrutsche", Oberflächenrutsche)

Zone sujette à la formation spontanée de glissements en général (coulées boueuses, arrachements superficiels, glissements s.str.)

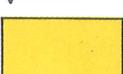
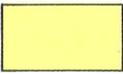
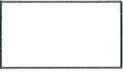
Zone mit möglicher Bildung von tieferen Rutschungen

Zone sujette à la formation de glissements plus profonds

Legende der Gefahrenkarte 1:25'000

Karte der Bodenbewegungsgefahren 1:25'000

LEGENDE

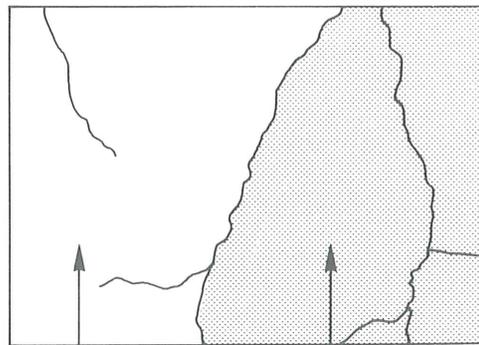
Gefahrenstufe <i>Classe de danger</i>	Intensität, Amplitude, Aktivität des / der Prozesse(s) <i>Intensité, ampleur, activité du / des phénomène(s)</i>	Eintretenswahrscheinlichkeit * <i>Probabilité d'occurrence *</i>	Typische Erscheinungsformen <i>Principaux phénomènes concernés</i>	Schadenpotential / Gefährdung von Leben <i>Dommages potentiels, mise en danger de la vie</i>
I 	stark <i>grande</i>	sehr gross-mittel <i>très élevée - moyenne</i>	plötzliche Prozesse: - Fels- und Bergsturz - Steinschlag - schnelle Rutsche - Murgang - Wildbach Phénomènes subits: - Ecoulement - Eboulement - Chutes de blocs - Glissements rapides - Torrents	(total) sehr gross - gross <i>(totaux) très élevés - élevés</i>
II 	stark <i>grande</i>	gering-sehr gering <i>faible - très faible</i>		(total) sehr gross - gross <i>(totaux) très élevés - élevés</i>
III 	mittel <i>moyenne</i>	sehr gross-mittel <i>très élevée - moyenne</i>		mittel Leben: beschränkt <i>moyens; danger limité pour la vie</i>
IV 	mittel-schwach <i>moyenne-limitée</i>	sehr gross - sehr gering <i>très élevée - très faible</i>		mittel - klein Leben: nahezu keine <i>moyens - faibles; pratiquement pas de danger pour la vie</i>
V 	mittel-stark <i>moyenne - grande</i>	- -		permanente, schnellere Rutsche oder solche mit schnellen, aktiven Phasen; Absenkungsphänomene <i>Glissements permanents, avec vitesses moyennes annuelles importantes ou phases actives rapides; effondrements</i>
VI 	schwach-sehr schwach <i>limitée - très limitée</i>	- -	permanente, langsame Rutsche; Absenkungsphänomene <i>Glissements permanents; effondrements</i>	klein Leben: keine <i>faibles; pas de danger pour la vie</i>
	keine voraussehbare Gefahr <i>pas de danger prévisible</i>			
	Hauptgefahr durch bauliche oder forstliche Massnahmen reduziert (Ziffer: vgl. Erläuterungen) <i>Réduction du danger dominant suite à l'application de mesures de protection (Chiffre: voir notice explicative)</i>			
	Gebiet nicht im Detail untersucht (Rahmenfarbe gemäss vorherrschender Gefahrenstufe) <i>Pas de levé de détail (couleur du liséré correspondant au degré de classe de danger dominant)</i>			

* mittelfristig (ca. 30 Jahre) / à moyen terme (environ 30 ans)

LEGENDE

SS	Stein- und Blockschlag <i>Chute de blocs</i>	RO	Oberflächennahe Rutschung (bis 2 m) <i>Glissement superficiel (à 2 m)</i>
SF	Felssturz <i>Eboulement</i>	RM	Mitteltiefe Rutschung (2 bis 10 m) <i>Glissement de profondeur moyenne (2 à 10 m)</i>
SB	Bergsturz <i>Ecrolement</i>	RT	Tiefe Rutschung (> 10 m bis x·100 m) <i>Glissement profond (> 10 m jusqu'à x·100 m)</i>
W	Wildbachprozesse: <i>Torrent sujet à:</i>	FL	Flow slide, "Hautrutsch" <i>Coulée boueuse</i>
	- Böschungserosion - Tiefenerosion - grobes Geschiebe - <i>Erosion des berges</i> - <i>Affouillement du lit</i> - <i>Fort transport solide</i>	RP	Zone mit potentieller Bildung von oberflächennahen Rutschungen und/oder Flow slides ("Hautrutsche") <i>Zone exposée à la formation des glissements superficiels et/ou des coulées boueuses</i>
M	Murganggefährdetes Gerinne <i>Torrent sujet à la formation de laves torrentielles</i>	D	Dolinenzone, Zone mit tendenzieller Absenkung <i>Zone de dolines, zone sujette à effondrement</i>
B	Bachstaugefahr <i>Barrage naturel</i>		

Aufnahmen von:



Centre interdépartemental d'étude
des terrains instables (CETI)
Ecole polytechnique fédérale, Lausanne
F. NOVERRAZ

Kellerhals + Haefeli AG, Bern
D. BOLLINGER
U. GRUNER

Geologische Berichte Rapports géologiques Rapporti geologici

Vertrieb durch

Landeshydrologie und -geologie, CH-3003 Bern

Nr. 1	1987	TJ. PETERS, A. MATTER, H.-R. BLÄSI, A. GAUTSCHI Sondierbohrung Böttstein – Geologie	Fr. 70.–
Nr. 2	1987	A. ESCHER, H. MASSON, A. STECK Coupes géologiques des Alpes occidentales suisses	vergriffen
Nr. 3	1988	A. PUGIN Carte des isohypses de la base des sédiments du Quaternaire	Fr. 10.–
Nr. 4	1988	M. BURKHARD Horizontalschnitt des Helvetikums der Westschweiz	Fr. 10.–
Nr. 5	1988	A. MATTER, TJ. PETERS, CH. ISENSCHMID, H.-R. BLÄSI, H.-J. ZIEGLER Sondierbohrung Riniken – Geologie	Fr. 70.–
Nr. 6	1988	A. MATTER, TJ. PETERS, H.-R. BLÄSI, J. MEYER, H. ISCHI, CH. MEYER Sondierbohrung Weiach – Geologie	Fr. 70.–
Nr. 7	1988	A. ESCHER Structure de la nappe du Grand-Saint- Bernard entre le val de Bagnes et les Mischabel	Fr. 10.–
Nr. 8	1988	A. MATTER, TJ. PETERS, H.-R. BLÄSI, F. SCHENKER, H.-P. WEISS Sondierbohrung Schafisheim – Geologie	Fr. 70.–
Nr. 9	1989	TJ. PETERS, A. MATTER, H.-R. BLÄSI, CH. ISENSCHMID, P. KLEBOTH, CH. MEYER, J. MEYER Sondierbohrung Leuggern – Geologie	Fr. 70.–
Nr. 10	1989	TJ. PETERS, A. MATTER, J. MEYER, CH. ISENSCHMID, H.-J. ZIEGLER Sondierbohrung Kaisten – Geologie	Fr. 70.–
Nr. 11	1989	P. JEANBOURQUIN, M. BURRI La zone de Sion-Courmayeur dans la région du Simplon	Fr. 10.–
Nr. 12	1990	H. DRONKERT, H.-R. BLÄSI, A. MATTER Facies and Origin of Triassic Evaporites from the NAGRA Boreholes, Northern Switzerland	Fr. 60.–

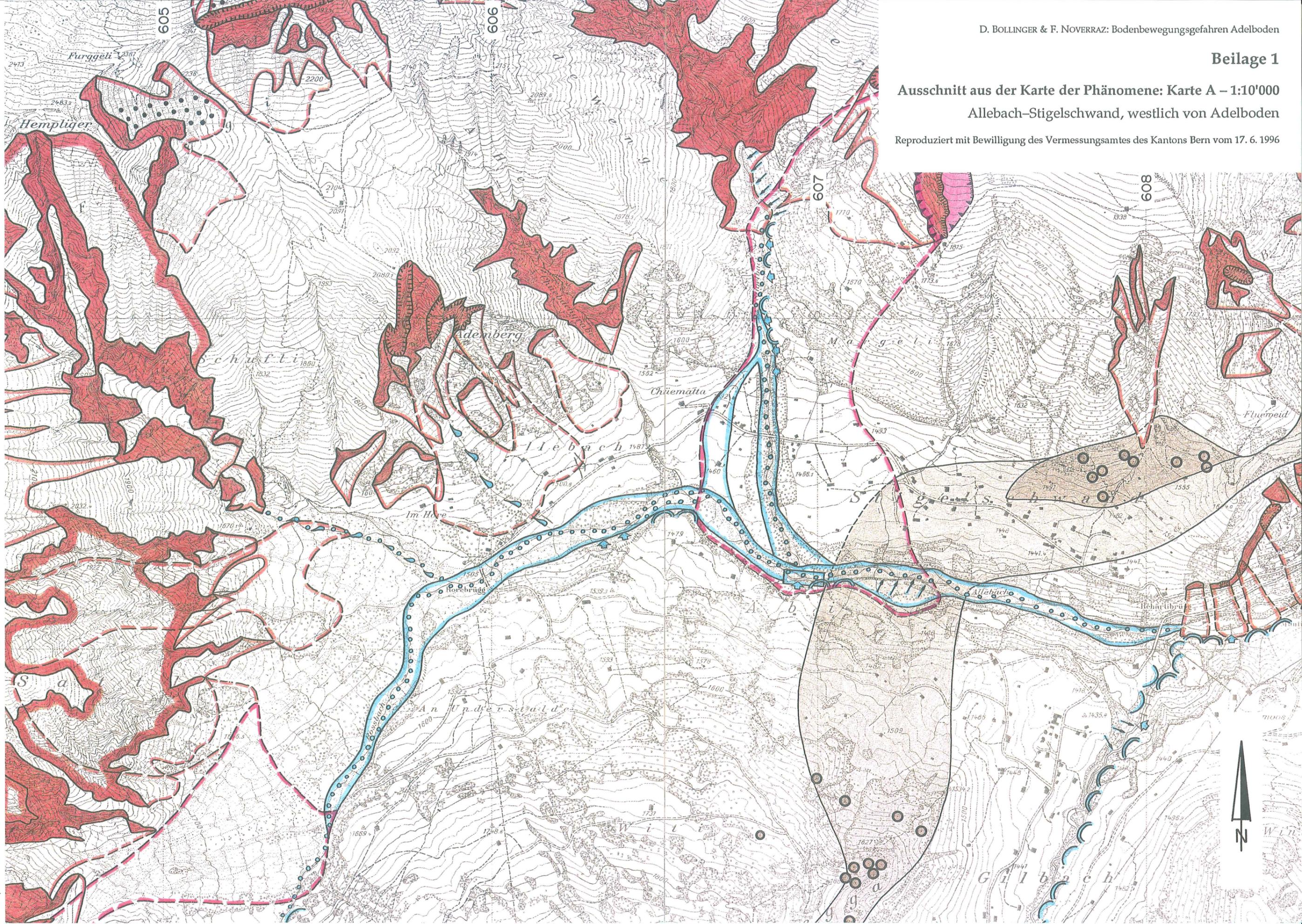
- | | | | |
|--------|------|---|------------|
| Nr. 13 | 1990 | B. KELLER, H.-R. BLÄSI, N.H. PLATT,
P.S. MOZLEY, A. MATTER
Sedimentäre Architektur der distalen
Unteren Süsswassermolasse | vergriffen |
| Nr. 14 | 1992 | P. DIEBOLD, H. NAEF, M. AMMANN
Zur Tektonik der zentralen Nordschweiz
(regionale Seismik, Oberflächengeologie und
Tiefbohrungen) | Fr. 100.- |
| Nr. 15 | 1992 | A. SPICHER (†)
Verzeichnis der geologischen und tektoni-
schen Karten und Kartenskizzen der Schweiz
1930-1950 (Neudruck) | Fr. 20.- |
| Nr. 16 | 1993 | M. AMMANN, P. BIRKHÄUSER, H.R. BLÄSI,
J.-M. LAVANCHY, S. LÖW, B. MEIER, W.H. MÜLLER
Untere Süsswassermolasse im Erdsondenfeld
Burgdorf. Charakterisierung mittels
Geologie, Petrophysik und Fluid Logging | Fr. 40.- |
| Nr. 17 | 1994 | Y.P. BONANOMI, E.R. MÜLLER, W.K. NABHOLZ,
H. SCHEIWILLER
Zur Hydrogeologie des Bergsturzgebietes im
Raum Flims | Fr. 25.- |
| Nr. 18 | 1994 | M. THURY, A. GAUTSCHI, M. MAZUREK,
W.H. MÜLLER, H. NAEF, F.J. PEARSON
S. VOMVORIS, W. WILSON
Geology and Hydrogeology of the Crystalline
Basement of Northern Switzerland | Fr. 100.- |
| Nr. 19 | 1996 | C. SCHINDLER, C. BEER, D. MAYER-ROSA,
E. RÜTTENER, J.-J. WAGNER, J.-M. JAQUET,
C. FRISCHKNECHT
Integrierte Auswertung von seismischen
und bodenspezifischen Parametern:
Gefährdungskarten im Kanton Obwalden | Fr. 25.- |

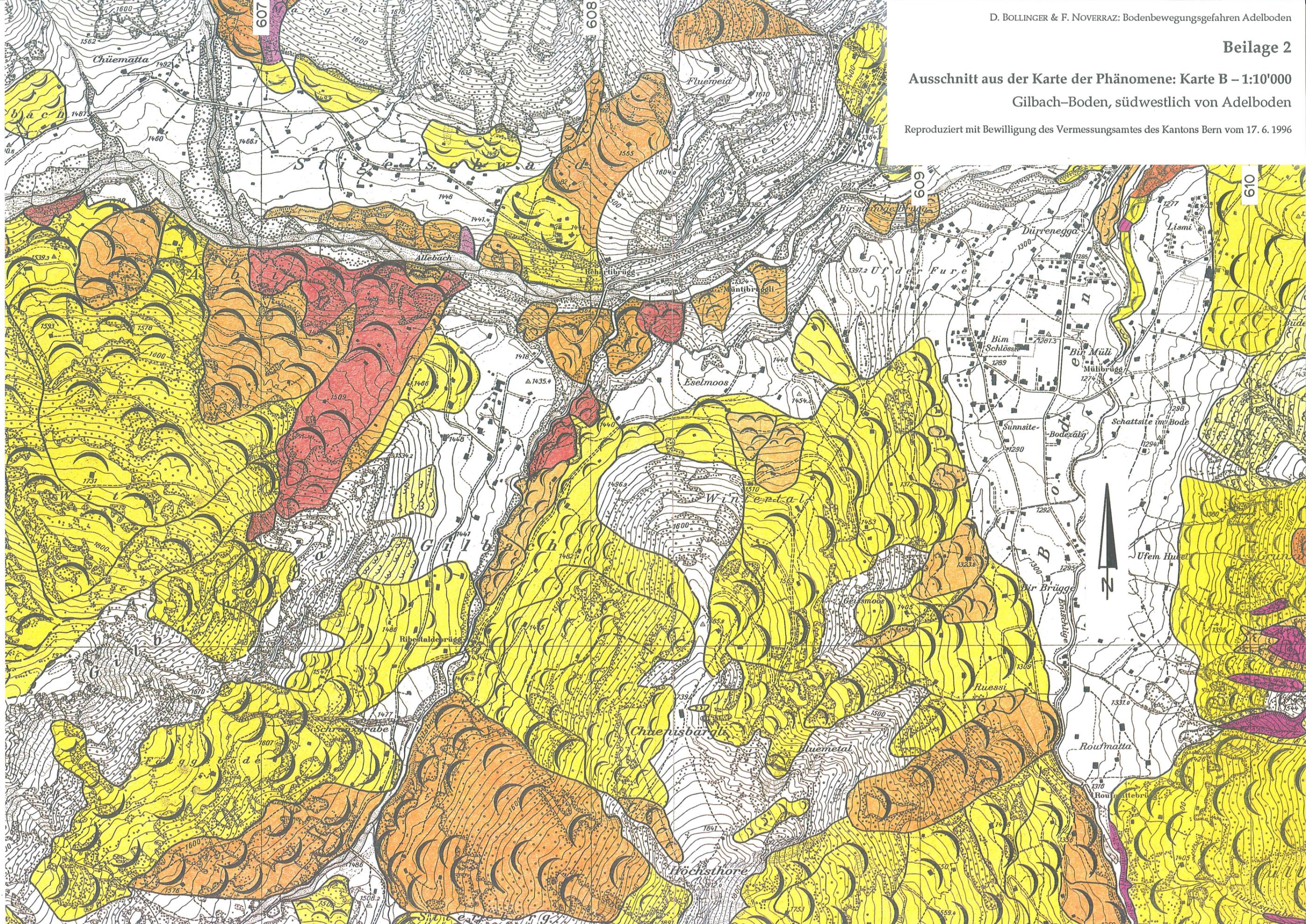
Beilage 1

Ausschnitt aus der Karte der Phänomene: Karte A – 1:10'000

Allebach–Stigelschwand, westlich von Adelboden

Reproduziert mit Bewilligung des Vermessungsamtes des Kantons Bern vom 17. 6. 1996





ISBN 3-906723-09-7
ISSN 1017-1509