

Ingenieurgeologische Karten für die Gefahrenzonenplanung in Hangbereichen

von

M. MOSER

mit

11 Abb., 1 Tab., 3 Beil.

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. M. Moser
Lehrstuhl für Angewandte Geologie
Universität Erlangen-Nürnberg,
Schloßgarten 5
BRD-8520 Erlangen

Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr.

33

S. 57–76

Wien 1986

Inhalt

Zusammenfassung, Abstract, Dank	58
1. Einleitung und Problemstellung	59
2. Erläuterung und Darstellung verschiedener ingenieurgeologischer Karten innerhalb instabiler Hangbereiche	62
2.1. Die großmaßstäbige umfassende Vielweckkarte	62
2.2. Die großmaßstäbige geomorphologische Karte	63
2.3. Die großmaßstäbige ingenieurgeologische Zonenkarte, Inhalt: mögliche Anbrüche und Hangbewegungen	64
2.4. Die großmaßstäbige ingenieurgeologische Zonenkarte, Inhalt: strukturgeologische und hydrogeologische Einheiten einer Talzuschubsmasse	72
3. Zusammenfassung und Ausblick	75

Zusammenfassung

Die Ausscheidung von Gefahrenzonen innerhalb instabiler Hangbereiche sollte sich auf verschiedene ingenieurgeologische Karten stützen können, die sich nach Maßstab und Inhalt unterscheiden. In Anbetracht des flächenartigen Charakters dieser Erhebungen und Kartierungen müssen schnelle und billige Vorgehensweisen gewählt werden, um die notwendigen geotechnischen Daten zu erhalten. Hauptaufgabe wird es sein, eine möglichst umfassende, am Zweck des Kartenwerkes orientierte Darstellung der Fest- und Lockergesteine zu geben. Darüber hinaus wird es erforderlich sein, vorhandene und mögliche Massenbewegungen in den verschiedenen Gesteinskomplexen zu erfassen. Für besonders kritische Bereiche sollte eine lückenlose Kette von ingenieurgeologischen Kartenerhebungen bestehen, die von mittel- bis großmaßstäbigen, umfassenden Vielweckkarten über analytische Karten bis hin zu ingenieurgeologischen und geotechnischen Zonenkarten reichen.

Abstract

Determination of dangerous regions in unstable slope areas is based on various engineering geological maps, which differ in regard to scale and content. Faster and cheaper approaches have to be selected, however, regarding the assessment and mapping of large areas to gather the necessary data. The main problem is to give a significant geotechnical interpretation of soils and rocks based upon especially large scale comprehensive maps. In addition to that it is necessary to map existing and future mass movements in various rock and soil complexes. For especially critical areas a complete series of engineering geological maps should exist, ranging from medium to large scale comprehensive, multipurpose maps over analytical maps to engineering geological and geotechnical zoning maps.

Dank

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. E. H. WEISS, der mich auf den immer wieder faszinierenden „Weg“ der Muren und Hangbewegungen im Jahre 1967 gebracht hat.

Diesem Themenkreis ist der Jubilar selbst über mehrere Jahre nachgegangen und speziell der hier herausgegriffene Bereich des Lesachtals und des Talzuschubes Gradenbach haben ihn besonders beschäftigt. So soll dieser Beitrag als kleine Ergänzung und Reminiszenz zu den umfangreichen Untersuchungen des Jubilars in seiner Kärntner Zeit angesehen werden.

1. Einleitung und Problemstellung

Im Alpenraum hat sich in den letzten 25 Jahren, bedingt durch den technischen und wirtschaftlichen Fortschritt, ein tiefgreifender sozioökonomischer Wandel vollzogen. Der angedeutete Strukturwandel in der Gesamtwirtschaft und dem sozialen Gefüge ist einerseits auf die Bildung neuer Intensivzonen, andererseits auf die Entleerung, bzw. die periodisch übermäßig starke Frequenz einiger Regionen zurückzuführen. Wie stark der Siedlungsdruck in manchen alpinen Gebieten ist, spiegelt z. B. eindrücklich die Karte der Fläche von „Netto-Tirol“ wieder, die die eigentlich besiedlungsfähige Fläche, abzüglich der durch Lawinen, Wildbäche, Muren, Hochwässer und Vernässungszonen nicht in Frage kommenden Gebiete darstellt. Die Gesamtfläche von 12.647 km² wird auf ca. 1.000 km² reduziert (H. AULITZKY 1972).

Da die aufgezeigten Entwicklungen für gewisse Teile der Alpen auch für die Zukunft relevant sein werden, ist man im gesamten Alpenbereich besonders nach den Unwetterkatastrophen der Jahre 1965 und 1966 zu der Überzeugung gekommen, daß umfangreiche Ursachen- und Schadensanalysen für eine sachgerechte Raumplanung im alpinen Raum für den Bestand der Landschaft unerlässlich sind. Im folgenden Schema (modifiziert nach H. GRUBINGER 1976) sind die einzelnen Arten von vorbeugenden Maßnahmen für ein umfassendes Schutzkonzept in ihrer Wirkungsweise schematisch dargestellt.

Vorbeugende Maßnahmen

I. Aktiver technischer und ingenieurbiologischer Schutz	II. Passiver Schutz
punktuell	Rechtsnormen und Zonenausscheidung
linear	Abgrenzung von Gefahrenherden und gefährdeten Zonen
flächenhaft	Ausscheidung von Wasser- und Geschieberetentionsräumen

Die Abgrenzung von Gefahrenherden und gefährdeten Gebieten stellt das Aufgabengebiet der Geotechnik im umfassenden Sinne dar. Eine detaillierte und aussagekräftige Abschätzung der potentiellen Gefahrenherde, d. h. eine Angabe des Katastrophenpotentials, sollte unter forsttechnischen, geologischen, boden- und felsmechanischen Gesichtspunkten erfolgen.

Für die Erfassung und Darstellung eines solchen komplexen Inhaltes sind am besten ingenieurgeologische Karten der verschiedensten Prägung geeignet. Seit etwa 10 Jahren ist es allgemein üblich, ingenieurgeologische Karten nach dem Zweck, Inhalt und Maßstab zu gliedern (Abb. 1).

ARTEN VON INGENIEURGEOLOGISCHEN KARTEN

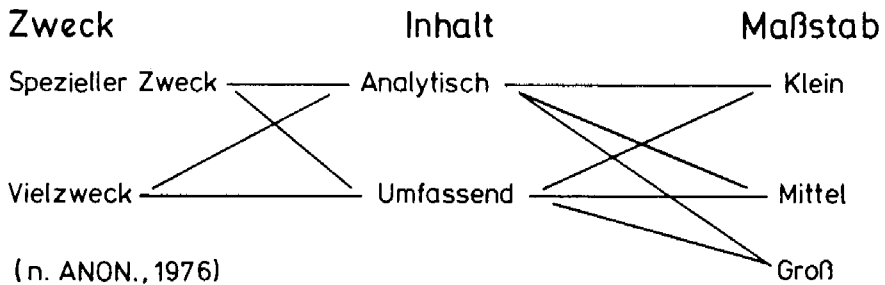


Abbildung 1

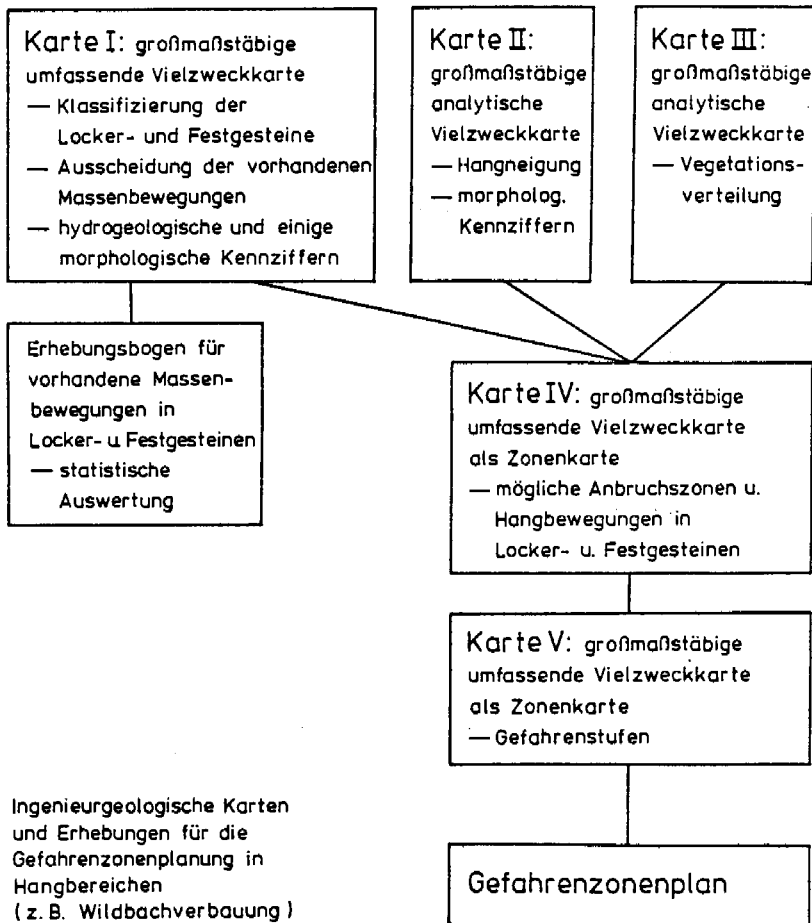


Abbildung 2

Wie aus dem Schema zu entnehmen ist, sind Kombinationen all dieser Typen möglich. Grundlage aller detaillierten ingenieurgeologischen Untersuchungen bildet zweckmäßigerweise eine großmaßstäbige (größer 1 : 5.000), umfassende Vielzweckkarte. Zur Darstellung kommen vor allem geotechnisch klassifizierte Fest- und Lockergesteinstypen, geodynamische Prozesse und hydrogeologische Kennzeichen durch einfache Superposition auf einem Kartenblatt. Wie M. MATULA (1976) betonte, sind solche Karten, obwohl sie auch vereinfachte Modelle der wesentlich komplexeren Wirklichkeit darstellen, weniger verständlich für „nicht-geologische“ Leser. Planer und Ingenieure bevorzugen sehr häufig Zonenkarten, die aufgrund einer weiteren Zusammenfassung und Vereinfachung eine gezielte Aussage und direkte Beurteilung für ingenieurmäßige und forsttechnische Zwecke erlauben.

Als wünschenswert und auch mit einem vertretbaren finanziellen Aufwand durchführbar, haben sich für die Beurteilung des Gefahrenpotentials in Hangbereichen folgende Karten und Erhebungen herauskristallisiert (Abb. 2):

- eine großmaßstäbige umfassende Vielzweckkarte
- zwei analytische Karten mit Angabe der Vegetationsverhältnisse und der Morphologie
- ein Erhebungsbogen zur Aufnahme der vorhandenen Hangbewegungen besonders im Hinblick auf die statistische Auswertung
- eine Karte mit der Ausscheidung und Abgrenzung der potentiellen Gefahrenggebiete als ingenieurgeologische Zonenkarte.

Die untersuchten Gebiete liegen in Kärnten und Osttirol, die in den Jahren 1965, 1966 und 1975 verstärkt von Hangbewegungen der verschiedensten Art betroffen waren (Abb. 3).

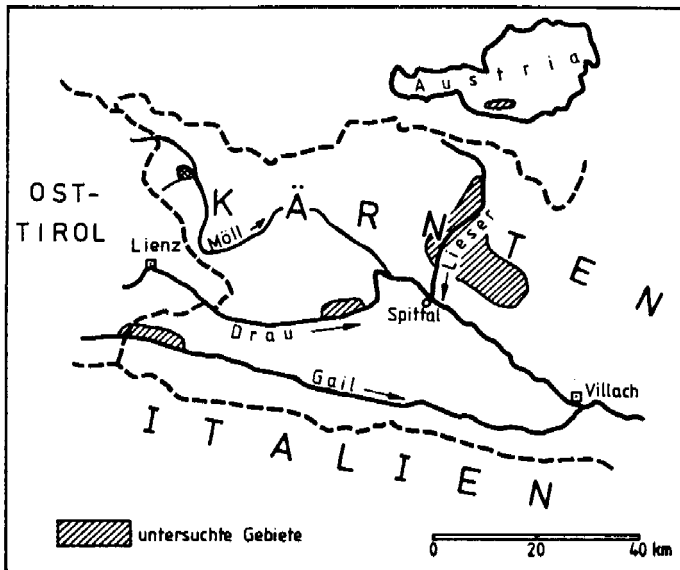


Abb. 3: Lage der untersuchten Gebiete anlässlich der Niederschlagsereignisse in den Jahren 1965, 1966 und 1975.

2. Erläuterung und Darstellung verschiedener ingenieurgeologischer Karten innerhalb instabiler Hangbereiche

2.1. Die großmaßstäbige umfassende Vielzweckkarte

In einer solchen Karte sollten Verteilung und geotechnische Ausbildung der Gesteine (getrennt nach Locker- und Festgesteinen) und die geodynamischen Prozesse, d. h. in diesem Falle die Massen- und Hangbewegungen zu entnehmen sein. Kriterien zur Ausscheidung der Locker- und Festgesteine können verschiedenen Publikationen d. IAEG (ANON.I. 1976, ANON.I. 1981) entnommen werden. Besonders die Erhebung und Darstellung vorhandener Massenbewegungen bilden eine unerläßliche Voraussetzung für die Abgrenzung potentieller Gefahrenbereiche. Obwohl sich in der Natur vielfach Überschneidungen ergeben, scheint für die Praxis eine Einteilung nach dem Bewegungsvorgang, weiterhin nach der Art der Gesteine und nach der etwaigen Form des Anbruchs am zweckmäßigsten zu sein. Ein für den alpinen Bereich modifiziertes Schema der von A. NEMCOK et al. 1972 vorgeschlagenen Einteilung kann der Tab. 1 entnommen werden.

Tabelle 1

GRUNTYPEN VON MASSENBEWEGUNGEN UND ANBRUCHSFORMEN IM ALPINEN BEREICH

BEWEGUNGSVORGANG	I FESTGESTEINE	II FESTGESTEINE DER FELSGÜTE-KLASSE E	III LOCKERGESTEINE
1. FALLEN, STÜRZEN	1.1 Steinschlag, Blockschlag 1.2 Felssturz 1.3 Bergsturz Anbruchsform 1.2, 1.3: [Nischenanbruch]	—	selten, wenn 1.4 Lockergesteinsabsturz Anbruchsform: [Plattenanbruch]
2. GLEITEN 2.1 z.T. rotationsförmig	2.1.1 Felsgleitung ohne vor- gezeichnete Gleitfläche Anbruchsform: [Nischenanbruch]	2.1.2 Rotations-Rutschung in Felsgüte-Klasse E Anbruchsform: [Muschelanbruch]	2.1.3 Rotations-Rutschung in Lockergesteinen Anbruchsform: [Muschelanbruch] a. tiefgreifend b. flach
2.2 translationsförmig	2.2.1 Felsgleitung mit vor- gezeichneter Gleitfläche Anbruchsform: [Nischenanbruch]	—	2.2.2 Translations-Rutschung in Lockergesteinen Anbruchsform: [Blattanbruch] a. tiefgreifend b. flach (z.B. mächtige Hangschuttdecke z.B. Grasnarben-Rutschung auf Fels)
3. FLIEßEN 3.1 schnell (m/Jahr)	—	3.1.1 Schuttstromfließen	—
3.2 sehr schnell (5 bis 20 m/sec)	—	3.2.1 Mure Anbruchsform: [Rinnenanbruch]	—
4. KRIECHEN (sehr langsame Bewegung, cm/Jahr)	4.1 Talzusub (Sackung)	4.2 Felskriechen (Felsgüteklasse E)	4.3 Lockergesteinskriechen

Beispiel: Siedlungsgebiet Birnbaum-Kornat/Lesachtal, Blatt 197 Kötschach; Untersuchungsschwerpunkt: Kartierung von Hangbewegungen in der Überlagerung (vorw. Verwitterungs- und Hangschuttdecken des Gailtalkristallins).

Vorbemerkung: Die Lesachtalfurche und die angrenzenden Talflanken nehmen hinsichtlich des Katastrophenpotentials eine besondere Stellung innerhalb der Tallandschaften Österreichs ein. Dies ist auf geologisch-geomorphologische und hydrographische Besonderheiten zurückzuführen. Die geologisch-geomorphologischen Bedingungen sind einerseits durch hochteilbewegliche Gesteinsverbände des Gailtalkristallins und deren Verwitterungs- und Hangschuttdecken, andererseits aber durch mächtige, heterogen aufgebaute glaziale Lockergesteine gekennzeichnet. Die hy-

drographische Charakteristik wird bestimmt durch hohe jährliche Niederschlagssummen und besonders wichtig für die Entwicklung und Intensität geodynamischer Prozesse durch sehr hohe durchschnittliche extreme Tagesniederschläge, eine große Zahl extremer Tagesniederschläge und auch einen sehr hohen Wert des höchsten Tagesniederschlages. Diese Situation bedingt, daß die Talflanken alle Arten von Instabilitäten zeigen, die von Hanganbrüchen in der Überlagerung, von ausgedehnten Vermurungen bis hin zu tiefgreifenden und über mehrere hundert Höhenmeter sich erstreckende Sackungen reichen.

Die Karte (s. Beil. 1) zeigt u. a. folgende Details:

a) **Art der Festgesteine**

- anstehender Granatglimmerschiefer incl. Verwitterungsschutt $< 0,5$ m: hier geotechnisch nicht näher gekennzeichnet; besonders zu den Einhängen des Schmiedbaches und des Podlanigbaches.

b) **Art der Lockergesteine**

- Verwitterungs- und Hangschuttdecken: vorw. geringmächtige (0,5–2 m): Überlagerung des Gailtalkristallins mit weit gespannter Kornverteilung, nur in Muldenzonen Ansteigen der Mächtigkeit > 2 m; besonders an steilen Hängen Ausgangspunkt zahlreicher, aber räumlich begrenzter Hangbewegungen (vgl. Pkt. c)
- Terrassenschotter, untergeordnet Moränen des Wolyergletschers: sehr heterogene, vorwiegend steinig-blockige Lockersedimente von wechselnder Mächtigkeit (5–10 m) auf Terrassenniveaus von 900 bis 920 m und ca. 1000 m; nur untergeordnet Ausgangspunkt von begrenzten Hangbewegungen
- Murenablagerungen: vorw. feinkörnige Lockersedimente, herrührend von Hangbewegungen des Kornater Siedlungsgebietes; kleinflächige Verbreitung im Bereich einer ehemaligen Schmelzwasserrinne

c) **Form, Vorgang und Größe schon z. T. verheilte und frischer Hangbewegungen**

- vorw. Blattanbrüche in Verwitterungs- und Hangschuttdecken (seichtschalige, hauptsächlich translationsförmige Hangbewegungen < 200 m²; fast alle verheilt, herrührend von der Hochwasserkatastrophe 1966)
- untergeordnet Muschelanbrüche in Verwitterungs- und Hangschuttdecken (seichtschalige, z. T. rotationsförmige Hangbewegungen < 200 m², vornehmlich an Terrassenkanten und Muldenzonen; fast alle verheilt)
- untergeordnet Rinnenanbrüche in Verwitterungs- und Hangschuttdecken (in z. T. nur periodisch fließenden Gerinnen und Muldenzonen)
- untergeordnet kleinflächige Nischenanbrüche im Gailtalkristallin (an den übersteilten Einhängen des Schmiedbaches und des Podlanigbaches).

Zur Einordnung der aufgeführten Hangbewegungen innerhalb der Systematik der Massenbewegungen siehe Tabelle 1.

2.2. Die großmaßstäbige geomorphologische Karte

Geomorphologische Karten haben sich sowohl im Planungsstadium als auch innerhalb der geotechnischen Hauptuntersuchung zur Ergänzung der geotechnischen Grundlagenkarte bewährt (D. BRUNSDEN et al. 1975). Geomorphologische Kennziffern werden einen wertvollen Beitrag zur Identifikation instabiler Hanglagen, bzw. Hinweise auf die Möglichkeit der Entstehung von Sekundärmassenbewegungen geben. Besonders können durch das Ausscheiden von morphologischen Erscheinungen in der Zusammenschau mit anderen Kennziffern Art und Dynamik von Hangbewegungen vorausgesagt werden.

Nach den bisherigen Untersuchungen scheint für großmaßstäbige Karten eine Kombination der Kennzeichen der Gliederung des Hanges mit der Charakterisierung der Hangneigung als sinnvoll und auch als realisierbar anzusehen zu sein. Als Ausscheidungs- und Klassifizierungsmöglichkeit der Hangneigung bieten sich an:

- willkürlich gewählte Bereiche: z. B. 0 bis 10, 10 bis 20, 20 bis 30° usw., die flächenhaft ausgeschieden werden können
- oder Kategorien, die schon Hinweise auf Grenzneigungswinkel bringen.

Grenzneigungswinkel sind natürlich für jedes Material verschieden und werden sich erst nach Auswertung der vorhandenen Hangbewegungen eines größeren Gebietes angeben lassen (vgl. Kap. 2.3.1.).

Ein Beispiel ist im Rahmen dieser Arbeit nicht ausgeführt.

2.3. Die großmaßstäbige ingenieurgeologische Zonenkarte, Inhalt: mögliche Anbrüche und Hangbewegungen

Der Begriff der Zonenkarte, der von M. MATULA (1976) eingeführt wurde, bedeutet eine weitere Vereinfachung der komplexen ingenieurgeologischen Verhältnisse, indem verschiedene Parameter zu neuen, weitgehend homogenen Zonen zusammengefaßt werden. Die Auswahl der Parameter, die solche Zonen bestimmen, richten sich nach dem Zweck und dem Maßstab der Karte. Durch diesen Prozeß des Zusammenfassens von verschiedenen Parametern zu neuen ingenieurgeologischen Einheiten lassen sich Vorbeugungs- und Sanierungsmaßnahmen wesentlich gezielter angeben.

Wie aus dem Titel der Karte zu entnehmen ist, wird hier auf potentielle, d. h. in Zukunft wirksame Gefahrengebiete hingewiesen. Gerade im Hinblick auf die Erstellung eines Gefahrenzonenplanes sollte folgendes zu entnehmen sein:

- der mögliche Ort der Entstehung von Massenbewegungen
- die mögliche Art der Anbrüche, bzw. der Hangbewegungen getrennt nach Locker- und Festgesteinen
- Lage und Form der sich daraus möglicherweise entwickelnden Sekundärmassenbewegungen

Die Beurteilung des Gefahrenpotentials und die Abgrenzung der Gefahrenzonen müssen, da bei einer falschen Prognose enorme finanzielle Einbußen entstehen können, einen möglichst hohen Grad der Objektivität erreichen. Durch Messungen wird im Hinblick auf die Nachvollziehbarkeit die größte Objektivität erreicht. Messungen sind zeitraubend und oft nicht durchführbar, so daß die Parameter, die den Berechnungen zugrunde liegen, oft quantitativ abgeschätzt werden müssen (H. KIENHOLZ 1977).

Nach KIENHOLZ können drei Grundmethoden der Gefahrenbeurteilung unterschieden werden:

- a) Die „historischen Methoden“: Hier wird versucht, aufgrund der Auswertung zurückliegender Ereignisse Anhaltspunkte über den Ablauf und das Schadensausmaß zu bekommen. Hinweise besonders objektiven Charakters können vornehmlich aus Berichten und Gutachten der Behörden entnommen werden.
- b) Die Grundmethoden der „stummen Zeugen“ und der geomorphologischen Geländeanalyse: Der Begriff „stumme Zeugen“ wurde von H. AULITZKY (1973, S. 93)

in die forsttechnische Literatur eingeführt und beinhaltet „alle erkennbaren Erscheinungen und Wirkungen von abgelaufenen und ablaufenden Gefahren verursachenden Prozessen“. Die Erhebung dieser gefahrenanzeigenden Indikatoren sollte vor allem unter geomorphologischen, geologischen und geomechanischen Aspekten erfolgen. Die statistische Auswertung der stummen Zeugen – in diesem Falle die mit Hilfe eines Erhebungsbogens aufgenommenen vorhandenen Massenbewegungen – wird die Abgrenzung möglicher Geschiebeherde wesentlich erleichtern.

- c) **Die Grundmethode der Modellversuche und der Modellrechnungen:** Einzelne Parameter werden sich mit Modellversuchen abschätzen lassen, doch wird mit einem vertretbaren Zeitaufwand eine flächenhafte Kartierung nicht möglich sein.

Eine genaue geologische und geomorphologische Geländeanalyse wird trotz geringerer Objektivität und Nachvollziehbarkeit bessere Ergebnisse liefern.

2.3.1. Großmaßstäbige ingenieurgeologische Zonenkarte, Inhalt: mögliche Anbruchzonen in Hang- und Verwitterungsschuttdecken kristalliner Schiefer

Beispiel: Siedlungsgebiet von Birnbaum-Kornat/Lesachtal, Blatt 197 Köttschach

Da es sich gezeigt hat, daß besonders Hangbereiche von Hang- und Verwitterungsschuttdecken kristalliner Schiefer bei bestimmten Niederschlagsituationen von Hangbewegungen betroffen sind, wurde diesem Problemkreis etwas näher nachgegangen. Durch das Studium der Hangbewegungen der Jahre 1965, 1966 und 1975 konnte festgestellt werden, daß gewisse Parameter in Zusammenhang mit der Art der Niederschläge Form, Größe und Vorgang der Anbruchsbildung bestimmen (Abb. 4).

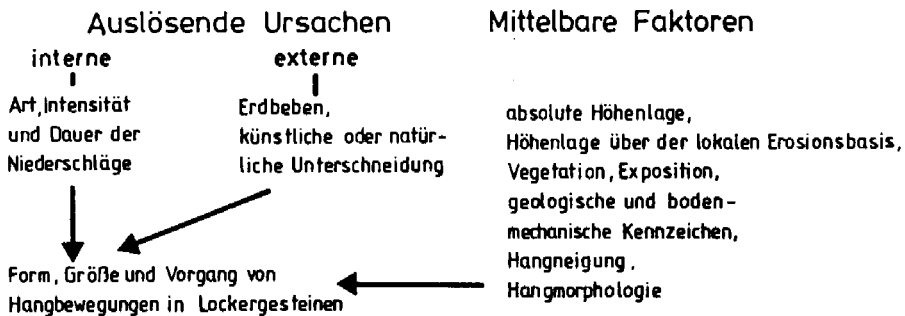


Abb. 4: Beziehung zwischen auslösenden Ursachen, mittelbaren Faktoren und der Entstehung von Hangbewegungen in Lockergesteinen.

Auswertung einzelner Parameter und der stummen Zeugen:

- a) **Materialeigenschaften der Hang- und Verwitterungsschuttdecken von Glimmerschiefern, Gneisen, Phylloniten:**

Das Feld, das von den Körnungskurven eingenommen wird, kann deutlich in zwei Bereiche unterteilt werden:

- einen schmalen, nur geringe Unterschiede aufweisenden, sehr stark besetzten Bereich. Dies sind vor allem feinerdereiche Hangschuttdecken, die nach der DIN 4022

als stark schluffiger, schwach kiesiger Sand bis schluffiger Kies bezeichnet werden können

- ein wesentlich breiteres nicht sehr stark besetztes Feld, dessen größten Anteil die Kiesfraktion einnimmt. Die Schluffanteile sind nur gering. Es handelt sich hier um stark umgelagerte Hangschuttdecken mit z.T. groben Geröllen, die von verschwemmten fluvioglazialen Terrassensedimenten herrühren.

Die wirksame Korngruppe bei den untersuchten Böden wird zum überwiegenden Teil von der Schluffraktion und einem nur geringen Tonanteil gebildet. Dem Schluffanteil muß aber in besonderem Maße eine Empfindlichkeit gegenüber Wassergehaltsänderungen zugesprochen werden. Die geringen Plastizitätszahlen deuten darauf hin, daß eine Vermehrung des Wassergehaltes um 3 bis 4 % eine Zustandsänderung vom halbfesten-plastischen in den breiig-flüssigen Zustand mit sich bringt. Die starke Vermurung, die fast durchwegs unterhalb der Geländebrüche zu beobachten war, muß zum großen Teil auf eine völlige Verflüssigung mächtiger Bodenpartien zurückgeführt werden.

Für den Reibungswinkel wurden je nach Lagerungsdichte und Schluffgehalt Werte von 35 bis 43° in Triaxialversuchen ermittelt (M. MOSER & F. HOHENSINN 1983).

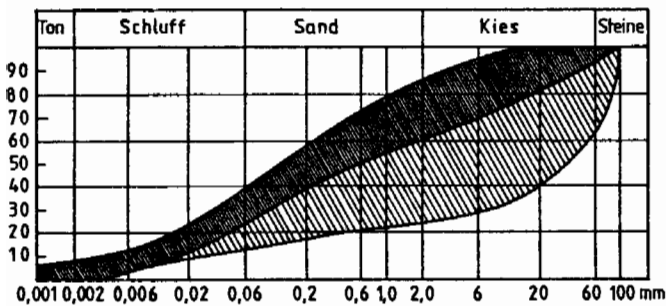


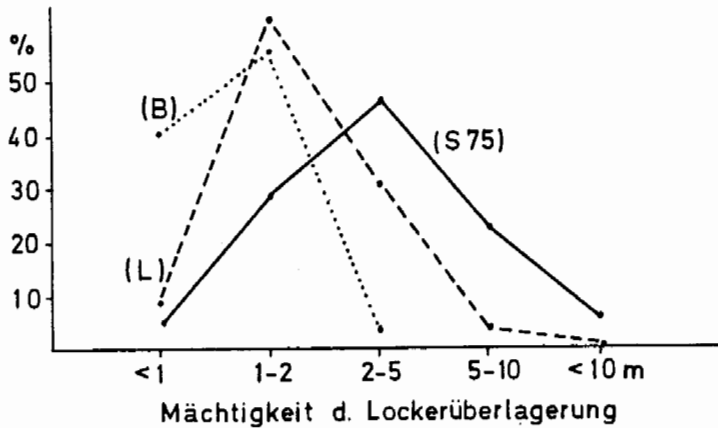
Abb. 5:
Kornverteilung von
Hang- und Verwitterungsschuttdecken kristalliner Schiefer; Bereich verstärkter Anbruchbildung eng schraffiert.

b) Die Mächtigkeit der Überlagerung (Abb. 6)

Die analysierten Hangbewegungen im Bereich des Lesachtals (Kurven „L“ und „B“) zeigen ein deutliches Maximum bei 1–2 m. Dagegen weisen die betroffenen Hänge des Ereignisses im Frühjahr 1975 („S 75“) größere Hangschuttmächtigkeiten auf. Die insgesamt gesehen geringen Mächtigkeiten werden bevorzugt kleinere, vorwiegend mit translationsförmiger Gleitfläche versehene Anbrüche entstehen lassen (s. a. Pkt. e).

c) Die Hangneigung (Abb. 7, 8):

Die Massenbewegungen anlässlich der Schneeschmelze 1975 zeigen ein deutliches Maximum in der Klasse 35–40° mit über 30 % relativer Häufigkeit. Unterhalb der Klasse 20–25° und oberhalb der Klasse 45–50° konnten keine nennenswerten Anbrüche beobachtet werden. Auch für das Niederschlagsereignis im Lesachtal kann angenähert eine Normalverteilung mit der relativen Häufigkeit von ca. 40 % in der Klasse 40–45° angenommen werden.



- Siedlungsgebiet von Luggau-Eggen (L) ; n=35
- Siedlungsgebiet von Birnbaum (B) ; n=45
- Liesertal, Millstätter See, Drautal (S75) ; n=102

Abb. 6: Mächtigkeit der Überlagerung in den untersuchten Anbruchgebieten.

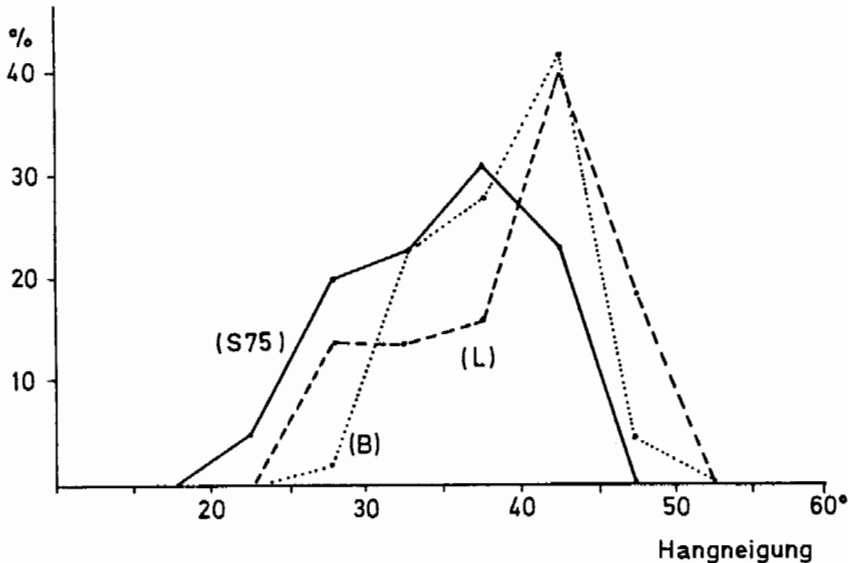


Abb. 7: Der Einfluß der Hangneigung der ursprünglichen Böschung auf die Anbruchhäufigkeit.

Diskussion: Bei allen genauer untersuchten Ereignissen kann ein oberer und unterer Grenzneigungswinkel angegeben werden, der einen potentiellen Hanginstabilitätsbereich abgrenzt. Der untere Grenzneigungswinkel läßt sich am besten mit dem Modell eines parallel zur Oberfläche durchströmten rolligen bis schwach bindigen Bodens mit ebener Gleitfläche erklären.

nissen im Bereich von deutlich gegliederten Hangpartien. Über 55 % (S75) bzw. über 65 % (L, B) der Anbrüche ist an im Längsprofil gestufte Hangprofile (Terrassenkanten) gebunden. Beim Niederschlagsereignis 1975 fällt noch die starke Anbruchshäufigkeit mit ca. 25 % im Bereich von Hangmulden auf. Ungegliederte Hänge, Hangrippen und Hangrücken sind bei beiden Niederschlagsereignissen nur untergeordnet als direkter Ausgangspunkt von Massenbewegungen anzusehen.

Diskussion: Das im Bereich der flachen Hangstücke versickernde Wasser findet in der mit einer wesentlich geringeren Schuttdecke versehenen Steilstufe nicht mehr Platz; es entstehen Wasseraustrittsstellen mit kleinen Quellschichten, die schematisiert der Wirkung eines entfernten Keiles bei der Terrassierung eines Hanges in etwa vergleichbar sind. Die Verminderung der Gegenbelastung, d. h. der Wegfall des passiven Erddruckes wird den endgültigen Böschungsbruch herbeiführen.

Weiterhin ist zu bedenken, daß im Bereich der Hangkante die größten Zugspannungen auftreten. Schwach bindiges Material ist aber nur begrenzt fähig diese aufzunehmen, es werden sich latente Risse und kleine Spalten bilden, die als verstärkter Ausgangspunkt von Hangbewegungen anzusehen sind.

Die geringe Häufigkeit an ungliederten Hängen bzw. auch an Hangrippen und Hangrücken zeigt fernerhin, daß die Art der Hangentwässerung von entscheidender Bedeutung ist. Bei ausgeglichenem Relief und damit gleichmäßiger Mächtigkeit der Überlagerung ist der Staueffekt geringer.

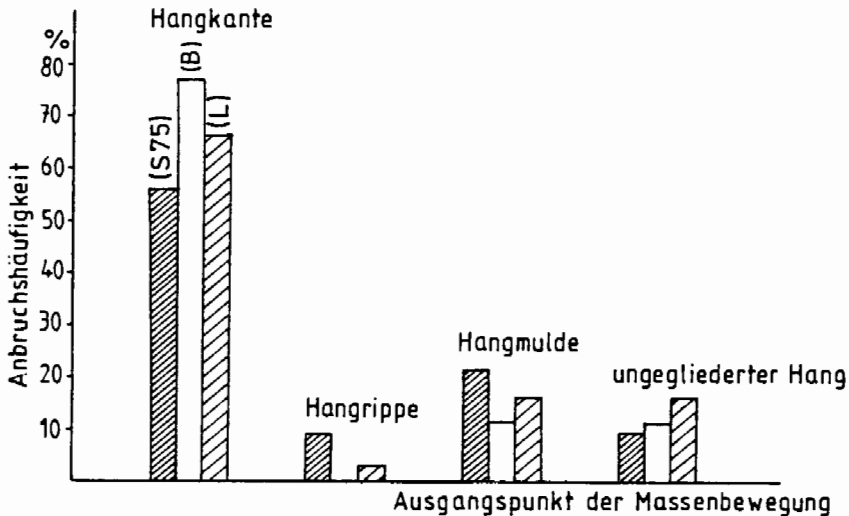


Abb. 9: Der Einfluß der Hanggliederung auf die Anbruchshäufigkeit.

e) Die Größe, Form und Vorgang der Anbruchsbildung (Abb. 10):

Die Auswertung im Bereich des Lesachtales (L und B) und im Bereich des Lieser-
tales und des Millstätterseegebietes (S75) läßt folgende Schlüsse zu:

Die Tiefe: Bei beiden Niederschlagsereignissen liegt die größte Häufigkeit ($> 40\%$)
in der Klasse 1 bis 2 m. Rutschungen tiefer als 4 m weisen in allen untersuchten Ge-

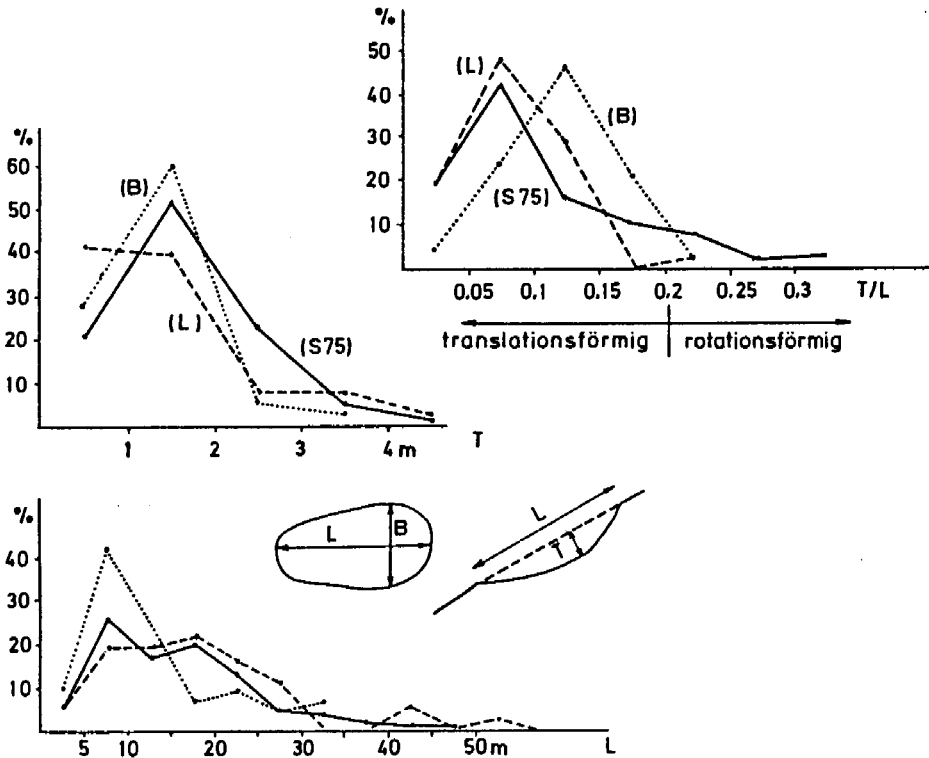


Abb. 10: Häufigkeitsverteilung der Tiefen, der Längen und der T/L Verhältnisse der untersuchten Hangbewegungen.

bieten Häufigkeiten unter 5 % auf. Der Mittelwert z. B. für das Niederschlagsereignis 1975 liegt bei 1,60 m.

Die Länge: Hier sind die Unterschiede für die einzelnen Untersuchungsgebiete etwas markanter. So ergibt sich für das Siedlungsgebiet von Luggau-Eggen (L) und auch für das Liesertal und Millstätterseegebiet (S75) ein weitgespanntes, zweigipfeliges Maximum mit der größten Häufigkeit in der Klasse 5 bis 10 m und 15 bis 20 m. Im Siedlungsgebiet Birnbaum-Kornat (B) sind eindeutig Anbrüche mit einer Längenentwicklung in der Klasse 5 bis 10 m vorherrschend.

Das T/L Verhältnis: Seit den Untersuchungen von A. W. SKEMPTON (1953) und M. CROZIER (1973) wird das T/L Verhältnis einer Hangbewegung zur Klassifikation des Vorganges herangezogen. Wie die Abb. 10 zeigt, ergeben sich Maximalwerte in der Klasse 0,05 bis 0,1 (L und S75) bzw. 0,1 bis 0,15 für (B). Dies spricht für das Vorherrschen von translationsförmigen, und bei Betrachtung der Tiefe verhältnismäßig seichtschaligen Hangbewegungen, die nicht allzu tief in den Lockergesteinskörper eingreifen („Blattanbrüche“, J. STINY 1931).

Die Fläche (hier nicht dargestellt): Hier ergeben die Auswertungen z. B. für das Niederschlagsereignis 1975, daß Anbruchsflächen zwischen 100 bis 200 m² die stärkste Gruppe bilden (> 25 %). Anbruchsflächen über 1000 m² sind in der Überlagerung selten zu finden (< 5 %).

Unter Berücksichtigung der hier näher erläuterten Parameter und weiterer mittelbarer Faktoren (Abb. 4) lassen sich die Bereiche ausscheiden, die durch potentielle Anbrüche, Hangbewegungen und Sekundärmassenbewegungen gefährdet sind.

Aus der Karte (Beil. 2) können im einzelnen folgende Inhalte entnommen werden:

- a) **der mögliche Ort der Entstehung von Massenbewegungen:**
 Bevorzugter Ausgangspunkt möglicher Hangbewegungen sind die steilen ($35-40^\circ$), z. T. stark gegliederten Hangbereiche des Siedlungsgebietes von Kornat, die landwirtschaftlich als Wiese und Weide genutzt werden. Weiterhin sind hier die bei Extremsituationen übersteilten Böschungsbereiche der Lesachtaler Bundesstraße zu nennen. Ungegliederte, gut bestockte und $< 25^\circ$ Neigung aufweisende Hangbereiche müssen dagegen als nur gering potentiell anbruchsgefährdet angesehen werden.
- b) **die mögliche Art der Anbrüche bzw. der Hangbewegungen getrennt nach Locker- und Festgesteinen:**
 Zu erwarten sind vorwiegend seichtschalige Blattanbruchszonen und untergeordnet Muschelanbruchszonen in Verwitterungs- und Hangschuttdecken, wobei aber aufgrund der Art der Lockergesteine, der Steilheit des Geländes und der hydrologischen Gegebenheiten nicht nur ein Bruch, sondern auch ein Abtransport des sich in ein Schollenmosaik auflösenden Gleitkörpers erfolgt. An den übersteilten Lehnen des Schmiedbachgrabens und des Podlaniggrabens sind kleinflächige Nischenanbruchszonen (Festgesteine) möglich.
- c) **Lage und Form der Sekundärmassenbewegungen:**
 Die sich an den engeren Ausgangspunkt möglicherweise anschließenden Sekundärmassenbewegungen sind besonders für die Einschätzung der Dynamik der Prozesse wichtig. Wie die Karte zeigt, kommt es nicht nur zu einer breiten Ausfächerung des Schuttes in Form von Schuttgängen, sondern auch zu Murgängen in vorgezeichneten Muldenzonen und zu Rinnenanbrüchen bei verstärkter Konzentration der Hangwässer.

Durch die Klassifikation potentieller Hangbewegungen wird es nun möglich sein, eine direkte Beurteilung und Einstufung der Gefahr bzw. des Risikos anzugeben, d. h. Aussagen über die Dynamik der Prozesse zu treffen. Diese Zusammenhänge können in einer Gefahrenstufenkarte (hier nicht dargestellt) erläutert werden. Letztgenannte Karte stellt nun eine wissenschaftliche Grundlage für die Gefahrenzonenpläne dar, die auf Nutzungsbeschränkungen hinweisen, die sich aus den festgestellten Gefahren ergeben.

2.3.2. Großmaßstäbige ingenieurgeologische Zonenkarte, Inhalt: mögliche Anbruchszonen im Bereich einer Talzuschubsstrecke;

Beispiel: Talzuschubstirn Gradenbach / Mölltal, Blatt 180 Winklarn

Das Instabilwerden gesamter Talflanken hat im alpinen Raum negative Auswirkungen auf Verkehrswege, Untertagebauten, Stauräume und Wildbachverbauungen (U. ZISCHINSKY 1969, 1970; E. H. WEISS 1969; G. HORNINGER & E. H. WEISS 1980; M. MOSER & S. GLUMAC 1983). Besonders die Wildbachverbauungen, die im Bereich der größten Deformation einer solchen instabilen Talflanke liegen, sind von solchen Hangverformungen auf das stärkste betroffen. Das Problem liegt nicht nur in einer Zerstörung der Bauwerke durch den aktiven Gebirgsdruck, sondern auch in der

Versteilung und dem Instabilwerden der Talzuschubsstirn, sodaß den Bächen die natürlich anfallenden unbegrenzten Schuttmengen zur Verfügung stehen. Diese Situation führt anlässlich der immer wiederkehrenden Unwetterkatastrophen zu stärksten Vermurungen und Zerstörungen der Talbereiche.

Für die systematischen Untersuchungen wurde der Talzuschub Gradenbach/Kärnten ausgesucht, der besonders bei bestimmten Niederschlagssituationen einen akuten Gefahrenherd im oberen Mölltal darstellt. Anlässlich der Hochwasserkatastrophen 1965 und 1966 verfrachtete der Gradenbach vorwiegend aus dem Bereich der Talzuschubsstirn ca. 1,3 Mill. m³ Material. Der Schwemmkegel wurde 12 m über das frühere Niveau aufgebaut. Dies führte schließlich zur Aufgabe und Umsiedlung eines Teiles der Ortschaft Putschall. Durch diesen starken Geschiebeeinwurf stellt der Gradenbach auch eine Bedrohung der talabwärts gelegenen Ortschaften des Mölltales selbst dar (G. KRONFELLNER-KRAUS 1974).

Aufbauend auf einer großmaßstäbigen umfassenden Vielzweckkarte mit der geotechnischen Klassifikation der Fest- und Lockergesteine und der Ausscheidung der vorhandenen Massenbewegungen (hier nicht dargestellt) wird für die besonders kritische Strecke der Talzuschubsstirn versucht, die potentiellen Hangbewegungen und Anbruchszonen festzulegen (Abb. 11).

In diesem Falle wird sich die Prognose der zu erwartenden Hangbewegungen besonders auf die geotechnische Ausbildung der Festgesteine stützen müssen. Die Aufnahmen im alpinen Raum haben gezeigt, daß für die Anbruchsbildung

- die petrographische Ausbildung
- die Raumstellung der Trennflächen (Schicht-, Schieferungs- und Klufflächen)
- und die technische Gebirgsfazies (nach L. MÜLLER 1963)

bestimmend sind.

Letztgenannter Sachverhalt ist besonders geeignet, die Anfälligkeit bzw. die Art der zu erwartenden Massenbewegung zu kennzeichnen. Er beinhaltet eine Angabe der Klufftkörperform und -größe und damit eine Charakterisierung der Teilbeweglichkeit.

2.4. Großmaßstäbige ingenieurgeologische Zonenkarte, Inhalt: strukturgeologische und hydrogeologische Einheiten einer Talzuschubsmasse; Beispiel: Talzuschub Gradenbach / Mölltal, Blätter 154 Rauris, 180 Winklern

Bei baueologisch besonders kritischen Bereichen sind sehr häufig weitere ingenieurgeologische und geotechnische Zonenkarten wünschenswert, um gezielt Vorbeugungs- und Sanierungsmaßnahmen durchführen zu können (E. H. WEISS & U. HERZOG 1966, M. MOSER 1985).

Besonders durch die Untersuchungen von U. ZISCHINSKY (1969) hat sich gezeigt, daß durch tiefgreifende Hangbewegungen Deformationen und damit auch Gefügeveränderungen des ursprünglichen Gebirgsverbandes zu erwarten sind. Die beobachteten strukturellen Veränderungen sind zum großen Teil mit der Position innerhalb eines mobilen Gebirgskörpers zu sehen. Innerhalb eines potentiell einheitlich teilbeweglichen Gebirgskörpers können Bereiche verschiedener effektiver Teilbeweglichkeit unterschieden werden. Diese effektive Teilbeweglichkeit äußert sich sehr signifikant in einer verschiedenen Ausbildung der Klufftkörperform und -größe. Hierdurch werden strukturgeologische Einheiten geschaffen, die auch hydrogeologisch wirksam sind (Beil. 3).

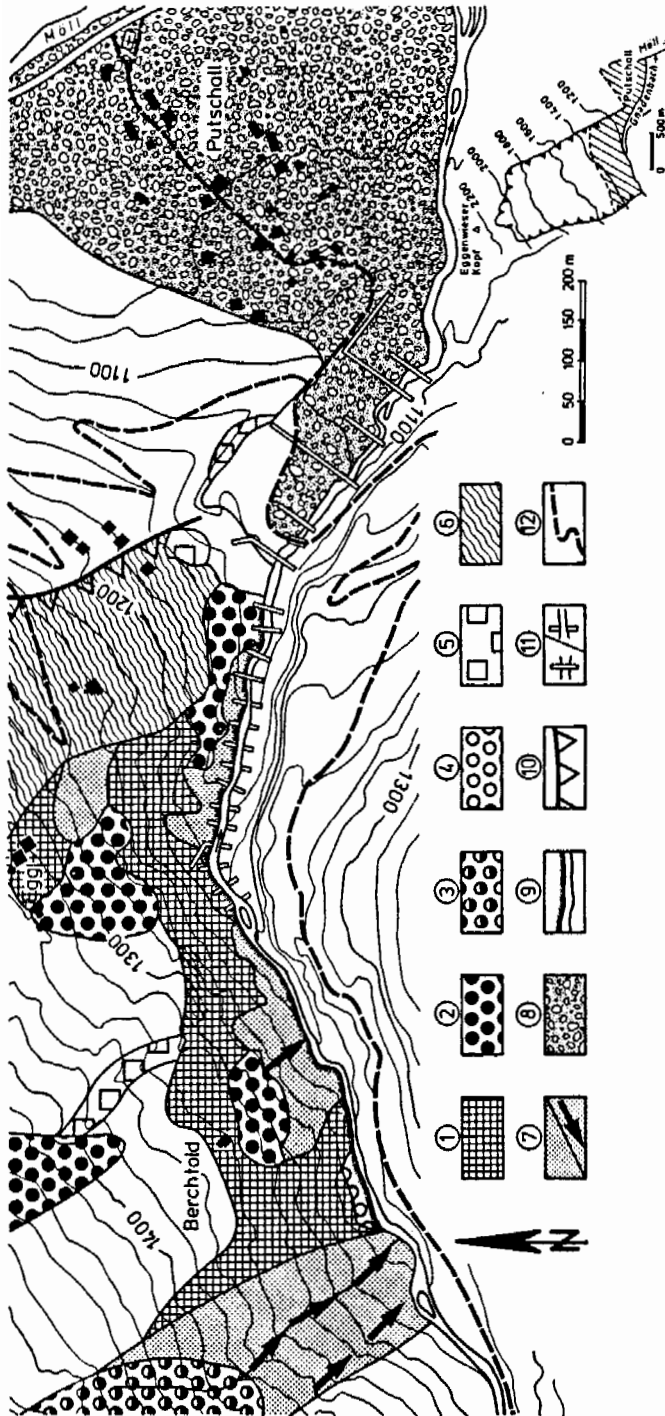


Abb. 11: Großmaßstäbige ingenieurgeologische Zonenkarte (mögliche Anbruchzonen und Hangbewegungen); Teilausschnitt Talzusub Gradenschub/Kärnten.

1 – Anbrüche in Festgesteinen, 2 – Anbrüche in Festgesteinen der Felsgüteklasse E, 3 – Anbrüche in Lockergesteinen tiefgreifend, 4 – Anbrüche in Lockergesteinen flach, 5 – Anbrüche in Lockergesteinen sehr flach „Grasnarbenrutschungen“, 6 – Lockergesteinskriechen, 7 – Sekundärmassebewegungen, die sich an die potentiellen Anbruchzonen anschließen / mit Murgang, 8 – Bereich der möglichen Vermurung des Schwemm- und Murkegels, 9 – Uferanbruchzonen, 10 – Rand der Sackungsmasse, 11 – Querwerke intakt / durch Gebirgsdruck zerstört, 12 – Güterweg.

a) Bereiche mit großer Wasseraufnahmefähigkeit und großer Gebirgsdurchlässigkeit

Zonen oberhalb der Hauptabrisßkante:

Durch Ausstriche von Bewegungsbahnen liegt ein teilweise sehr stark zerlegter aber noch im Verband befindlicher Felskörper in quaderig-bankiger Gebirgsfazies vor. Das Öffnen des Gebirgsverbandes äußert sich durch Muldenzonen und kleinere Spaltenzonen, die Ausstriche von Bewegungsbahnen markieren (struktur- und hydrogeologische Einheit 3). Das sich entwickelnde Bruchmuster paust das Trennflächengefüge durch, wobei die Scherklüfte und Störungssysteme (ESE-streichend) des Phyllit-Verbandes für die Auflockerung und die Öffnung des Gebirgsverbandes besonders verantwortlich sind. Entsprechend der geotechnischen Verhältnisse ist der Bergwasserspiegel sehr tief liegend (> 50 m).

Zonen innerhalb der aktiven Talzuschubsmasse:

Besonders unterhalb der Hauptabrisßkante kann ein Gebirgskörper beobachtet werden, der durch die Vorgänge der Hangtektonik weitgehend nicht mehr im Verband ist und Großblockverstellungen mit großen Spaltenzonen zeigt, wo ein schnelles Versitzen und Abführen der Niederschläge erfolgt (struktur- und hydrogeologische Einheit 5). Im Mittelteil herrscht ein stark grobblockiger zerlegter und Spaltenzonen bis > 5 m aufweisender Gebirgskörper vor (struktur- und hydrogeologische Einheit 4), der für ein schnelles Eindringen aber auch für einen sofortigen Abtransport der Wässer sorgt. Ein deutliches Verdrehen des regionalen Trennflächengefüges ist nicht zu beobachten. Eine Abtrennung von Großschollen erfolgt nach steil stehenden ac-Klüften und mittelsteil einfallenden Scherklüften, die teilweise als Störungsflächen ausgebildet sind. Ein im Jahre 1981 durchgeführter Markierungsversuch hat gezeigt, daß die hydraulische Wirksamkeit der Zone 4 in größerer Tiefe der Talzuschubsmasse sehr schwer abzuschätzen ist. Durch die hangtektonischen Prozesse wird durch die Mylonitisierung ein erheblicher Feinanteil im Phyllit-Material bereitgestellt, der auch in den stark durch Spalten aufgelockerten Hangpartien zu weniger durchlässigen Zonen in den tieferen Bereichen der Talzuschubsmasse führt. Die Folge davon wird sein, daß bei Starkniederschlägen oder sehr raschen Schneeschmelzvorgängen (z. B. Witterungsverhältnisse im Jahre 1975) auch in dieser Zone der Aufbau eines hydrostatischen Kluftwasser-schubes möglich ist.

b) Bereiche mit kleiner Wasseraufnahmefähigkeit und kleiner Gebirgsdurchlässigkeit

Diese Zonen sind durch eine feinblättrige Gebirgsfazies mit sehr viel Feinanteil und geringer Spaltenbildung gekennzeichnet. Bevorzugt sind solche Gebirgspartien im unteren Teil der Talflanke zu finden (struktur- und hydrogeologische Einheit 6). Kleinere derartig ausgebildete weniger durchlässige Bereiche finden sich auch im Mittelteil der Talzuschubsmasse, die für das Entstehen größerer Quellhorizonte und ebenso für Zonen mit starken Bergwasserspiegelschwankungen verantwortlich sind.

Als weitere typische strukturgeologische Einheit (M. MOSER & S. GLUMAC 1983) bei sich stark in Bewegung befindlichen Gebirgskörpern können beobachtet werden:

- die Hauptabrisßkante (strukturgeologische Einheit 1)
- die Talzuschubsstirn (strukturgeologische Einheit 2)
- instabile Zonen innerhalb der Talzuschubsmasse im Bereich von sich stark einschneidenden Gerinnen (strukturgeologische Einheit 7).

3. Zusammenfassung und Ausblick

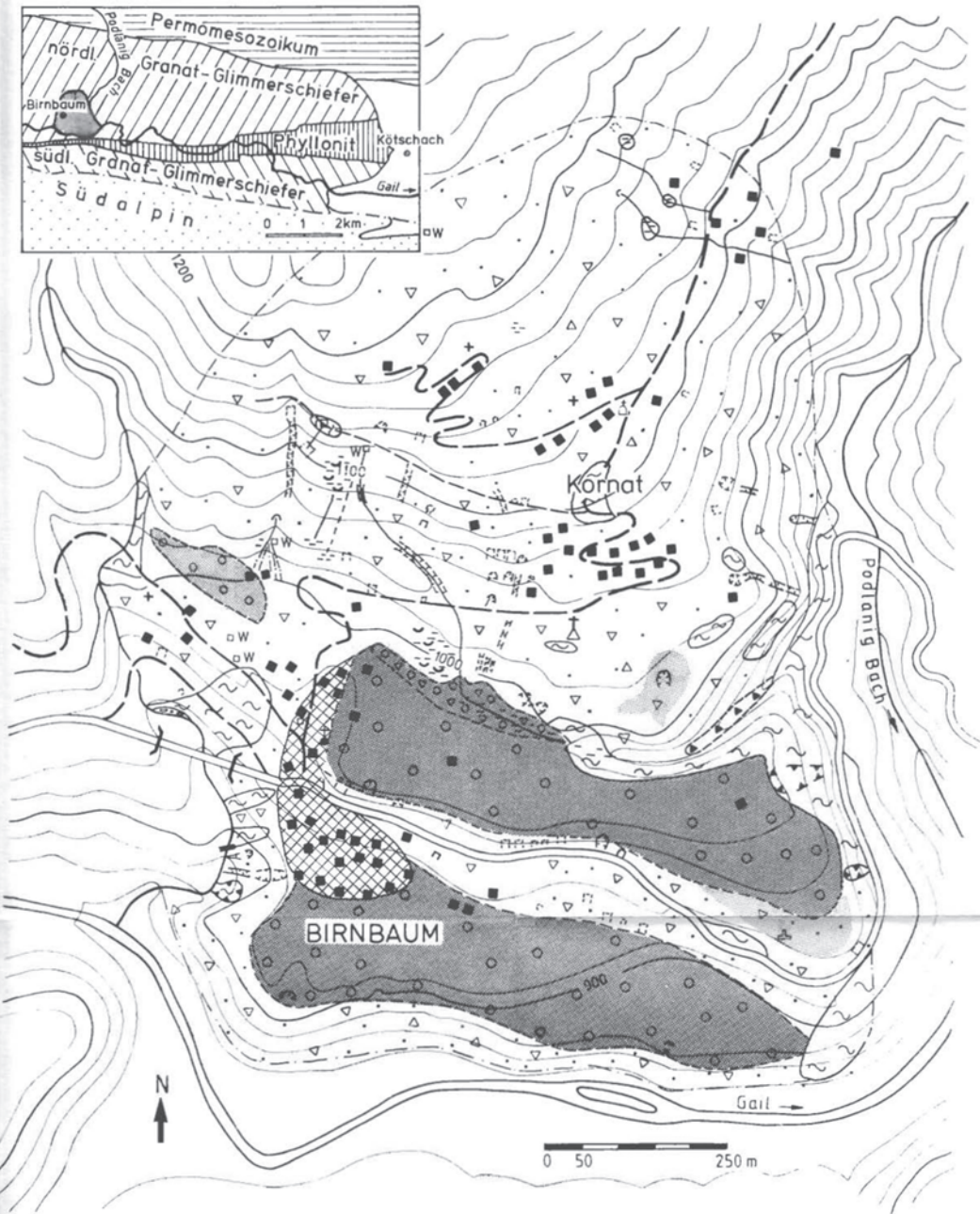
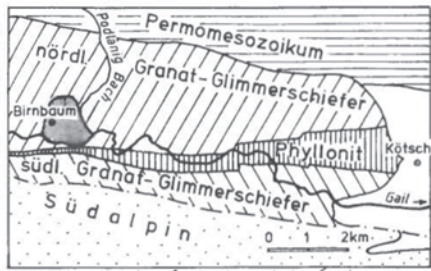
Es hat sich in den letzten 10 Jahren gezeigt, daß die Darstellung instabiler Hangbereiche in verschiedenen ingenieurgeologischen Karten als eine notwendige und sinnvolle Ergänzung zu den einzelnen geotechnischen Erhebungen anzusehen ist. Aber es ist auch deutlich geworden, daß es sehr schwierig ist, den Hiatus zwischen dem Konzept einer Geländeerhebung und -beschreibung und der Anwendung dieser Geländeinformation für einen gewünschten Zweck zu überwinden. Ein wichtiger Grund für diese Diskrepanz liegt in der Schwierigkeit einer interdisziplinären Kommunikation. Diese fehlende bzw. mangelnde Kommunikation ist dadurch begründet, daß zahlreiche Prozesse zwischen dem Beginn der Geländeerhebung und der endgültigen Bewertung eines baugeologischen Projektes liegen. Ingenieurgeologische Karten, die von umfassenden Vielzweckkarten über analytische Karten bis hin zu ingenieurgeologischen und geotechnischen Zonenkarten reichen, sind geeignet, solche Kommunikationsprobleme abzubauen zu helfen.

Literatur

- ANONYMUS: Engineering geological maps. A guide to their preparation. – UNESCO Press, 79 S., Paris 1976.
- ANONYMUS: Rock and soil description and classification for engineering geological mapping. Report by the IAEG commission of engineering geological mapping. – Bull. Int. Assoc. Engng. Geol., 24, 235–274, Aachen 1981.
- AULITZKY, H.: Möglichkeiten und Grenzen der Vorbeugung von Unwetterkatastrophen. – Österr. Wasserwirtsch., 24, 8–17, Wien 1972.
- Berücksichtigung der Wildbach- und Lawinengefahrgebiete als Grundlage der Raumordnung von Gebirgländern. – 100 Jahre Hochschule f. Bodenkultur, IV, Teil 2, 81–113, Wien 1973.
- BRUNSDEN, D. et al.: Large scale geomorphological mapping and highway engineering design. – Q. Journ. Eng. Geol., 8, 227–253, 1975.
- CAMPBELL, R. H.: Debris flows originating from soil slips during rainstorms in Southern California. – Q. Journ. Eng. Geol., 339–349, 1974.
- CROZIER, M. J.: Techniques for the morphometric analysis of landslides. – Z. Geomorph. N. F., 17, 78–101, Berlin 1973.
- GRUBINGER, H.: Der Schutz alpiner Lebensräume. – Österr. Wasserwirtsch., 28, 41–46, Wien 1976.
- HORNINGER, G. & WEISS, E. H.: Engineering Geology in mountainous regions. – Abh. Geol. B.-A., 34, 257–286, Wien 1980.
- KIENHOLZ, H.: Kombinierte geomorphologische Gefahrenkarte 1:10.000 von Grindelwald mit einem Beitrag von Walter Schwarz. – Geographica Bernensia, 64, 1–204, Bern 1977.
- KRONFELLNER-KRAUS, G.: Die Wildbacherosion im allgemeinen und der Talzuschub im besonderen. – 100 Jahre Hochschule f. Bodenkultur, 309–342, Wien 1974.
- MATULA, M.: Principles and types of engineering geological zoning. – Mem. Soc. Geol. Italiana, 14, 327–336, Rome 1976.

- MOSER, M.: Ingenieurgeologische Karten instabiler Hangbereiche. – Geotechnik, 8/1, 38–46, Essen 1985.
- & GLUMAC, S.: Geotechnische Untersuchungen zum Massenkriechen in Fels am Beispiel des Talzschubes Gradenbach (Kärnten). – Verh. Geol. B.-A., 1982/3, 209–241, Wien 1983.
- & HOHENSINN, F.: Geotechnical aspects of soil slips in alpine regions. – Eng. Geol., 19, 185–211, Amsterdam 1983.
- MÜLLER, L.: Der Felsbau I. – 624 S., Stuttgart (F. Enke) 1963.
- NEMCOK, A. et al.: Classification of landslides and other mass movements. – Rock Mechanics, 4, 71–78, Wien 1972.
- SKEMPTON, A. W.: Soil mechanics in relation to geology. – Proc. York, Geol. Soc., 33–62, London 1953.
- STINY, J.: Die geologischen Grundlagen der Verbauung der Geschiebeherde in Gewässern. – 120 S., Wien (Springer) 1931.
- WEISS, E. H.: Kraftwerksgruppe Fragant, 8. Geologische Übersicht, Voraussagen und Erfahrungen beim Bau. – Österr. Z. f. Elektrizitätswirtsch., 22/10, 464–471, Wien 1969.
- & HERZOG, U.: Baugeologische Ergebnisse der Untersuchung zwischen Rauchenkatsch und Gmünd für die projektierte Tauernautobahn. – Unveröff. Gutachten, Amt d. Kärntner Landesregierung, Bundesstraßenverwaltung, Klagenfurt 1966.
- ZISCHINSKY, U.: Über Sackungen. – Rock Mechanics, 1, 30–52, Wien 1969.
- Ingenieurgeologische Karte des Stauraumes Durlaßboden. – Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., 19, 287–294, Wien 1970.

Manuskript eingelangt am 27. März 1986
angenommen am 20. Mai 1986



- | | |
|--|--|
| <p>I Festgesteine</p> <p> i.a. Granat-Glimmerschiefer
Verwitterungsschutt <0.5m
(geotechnisch nicht näher gekennzeichnet)</p> <p>II Lockergesteine</p> <p> Hangschutt, vorw. sandig-kiesig
mit Schluffanteil 10-30%</p> <p> Fluvioglaziale Ablagerungen
vorw. steinig-blockig</p> <p> Murmaterial/Felssturzmaterial</p> <p> Wildbachschutt</p> <p> Mächtigkeit
0.5-2/2-5/>5m</p> | <p>III Hangbewegungen, Anbrüche</p> <p> Nischenanbrüche
frisch/ z. Zt. wenig aktiv, verheilt</p> <p> Muschelanbrüche flachgründig, vorw. < 200m²</p> <p> Blattanbrüche flachgründig vorw. < 200m²</p> <p> Rinnenanbrüche
frisch/verheilt</p> <p> Kriechen oberflächennah</p> <p>IV Sonstige</p> <p> Quelle mit dauernden Gerinne/
Quelle m. period. Gerinne; Versickerungsstelle</p> <p> Murkegel/
Vernässungszone</p> <p> Künstliche
Aufschüttung</p> |
|--|--|

Inhalt: mögliche Anbruchszonen und Hangbewegungen
Siedlungsgebiet Birnbaum-Kornat/Lesachtal



Lockergesteine



Blattanbruchszonen herrührend von:
vorw. translationsförmigen Rutschungen
flachgründig, vorw. <math> < 200 \text{ m}^2 </math>



Muschelanbruchszonen herrührend von:
z.T. rotationsförmigen Rutschungen
flachgründig, vorw. <math> < 200 \text{ m}^2 </math>



Kriechen



Die sich an die potentiellen
Anbruchszonen anschließender
Sekundärmassenbewegungen /
Rinnenanbruchszonen



wenig bzw.
nicht gefährdet

Festgesteine



Nischenanbruchszonen herrührend von:
Felssturz, Felsgleitung

BERCHTOLDGRABEN / GRADENBACH

(KÄRNTEN)

Strukturgeologische und Hydrogeologische Einheiten im Bereich des Talzuschubes Gradenbach

