

Analyse der Anbruchsbildung bei den Hochwasserkatastrophen der Jahre 1965 und 1966 im mittleren Lesachtal (Kärnten)

Von Michael MOSER, Karlsruhe

Mit 19 Abbildungen, 3 geotechnischen Karten und 12 Tabellen

INHALTSVERZEICHNIS

- A Einleitung
- B Problemstellung und bisherige Untersuchungen
- C Lage und Größe des Arbeitsgebietes
- D Analyse der Anbruchs- und Geschiebeherdbildung
 1. Hydrographische Charakteristik der betroffenen Einzugsgebiete
 2. Die geologischen Gegebenheiten der Geschiebeherdentstehung
 3. Der Einfluß der Pflanzendecke auf Wasserabfluß sowie Größe und Anzahl der Anbruchsflächen
 4. Form und Vorgang der Anbruchsbildung und ihre Beziehungen zum geologischen Untergrund
- E Klassifikation der Anbruchsflächen nach Zahl, Größe, Vorgang und Form im mittleren Lesachtal und ihre Beziehung zum geologischen Untergrund
- F Versuch einer Hangstabilitäts-Klassifikation
- G Darstellung und Beschreibung der Erosionsgefährdung bzw. des Wildbachpotentials am Beispiel des Podlaniggrabens
- H Die anthropogenen Einflüsse (Güterwegebau) auf die Geschiebeherdentstehung
Zusammenfassung

A) EINLEITUNG

Mit der vorliegenden Arbeit werden auszugsweise die Ergebnisse meiner geologisch-technischen Untersuchungen mitgeteilt, die in erweiterter Darstellung unter dem Titel „Analyse der Geschiebeherde bei den Hochwasserkatastrophen der Jahre 1965 und 1966 im mittleren Lesachtal (Kärnten). Form, Vorgang und Ursache der Anbruchsbildung“ im Jahre 1973 als Dissertation von der Fakultät für Bio- und Geowissenschaften der Universität Karlsruhe angenommen worden sind.

Die Anregung zu der vorliegenden Arbeit verdanke ich meinem Lehrer, Herrn Univ.-Prof. Dr. V. MAURIN. Ihm bin ich zu Dank verpflichtet für wertvolle Hinweise und Ratschläge.

Für die großzügige materielle Unterstützung danke ich dem Amt der Kärntner Landesregierung, Abteilung für Geologie (Herrn o. Prof. Dr. E. H. WEISS).

Für die Überlassung von Unterlagen bin ich ferner zu Dank verpflichtet Herrn Dipl.-Ing. Dr. techn. F. TSCHADA, der Forstlichen Bundesversuchsanstalt, Außenstelle für subalpine Waldforschung, Innsbruck (Herrn Dipl.-Ing. Dr. R. STERN), der Forsttechnischen Abteilung für Wildbach- und Lawinenverbauung, Sektion Villach (Herrn OFR. Dipl.-Ing. H. NOISTERNIG), der Abteilung Wasserbau, Amt der Kärntner Landesregierung, Klagenfurt (Herrn wirkl. Hofrat Dipl.-Ing. E. NEMEC), sowie der Abteilung für Straßenbau, Amt der Kärntner Landesregierung, Klagenfurt (Herrn wirkl. Hofrat Dipl.-Ing. A. TAUTSCHNIG).

Mein besonderer Dank gilt Herrn o. Prof. Dr. E. H. WEISS, der mir durch seine umfassende Kenntnis des Lesachtals wertvolle Hilfe leistete und durch zahlreiche Diskussionen die Arbeit wesentlich förderte.

Das Gailtal war von alters her bei Hochwasserkatastrophen ein Gebiet, das durch solche Elementarereignisse empfindliche Verluste an Kulturboden hinnehmen mußte. Durch die Gail selbst und deren Zubringer wurde an manchen Stellen die gesamte Talbreite von riesigen Schuttmengen eingenommen. Doch erst zu Ende des 19. Jahrhunderts wurde mit der vollständigen Regulierung der Gail, wenn man von kleineren Korrekturen in Ortsbereichen und Errichtung von Geschiebestausperren an Grabenausgängen absieht, begonnen. Diese Regulierungsarbeiten betrafen alle das eigentliche Gailtal (Gewässerstrecke von Kötschach-Mauthen bis Arnoldstein).

Dagegen beschränkte sich die Verbauung im Lesachtal (Gewässerstrecke von Kötschach-Mauthen bis Kartitscher Sattel) nur auf Schutzbauten für einzelne Objekte, da die Ortschaften (außer Maria Luggau) nicht in direktem Gefahrenbereich der Wildbäche liegen. Besonders die ausgeprägten Hochwasserereignisse der Jahre 1903, 1910, 1916, 1920, 1926, 1935, 1944, 1951, 1960, 1965 und 1966 zeigten aber, daß eine Verbauung auch ohne mittelbare Gefährdung von Ortschaften und der Bundesstraße im Interesse des Gailflußregimes wünschenswert wäre.

Als Grundlage der Verbauung von Wildbächen, bei der Errichtung neuer Forstaufschließungswege und nicht zuletzt bei der endgültigen Sanierung der Lesachtaler Bundesstraße sollten die in den letzten zehn Jahren durchgeführten Geschiebeherdkartierungen im Maßstab 1:10.000 dienen. Solche Kartierungen wurden im Lesachtal vor den Hochwasserkatastrophen 1965 und 1966 im Radigunder Graben, Frohntal und Wolayer Tal durchgeführt.

In diesen Geschiebeherdkartierungen wurden die anstehenden Fels- und Lockergesteine in wenige Typen charakterisiert, wobei Fragen der Stratigraphie und der Tektonik größtenteils unberücksichtigt blieben.

B) PROBLEMSTELLUNGEN UND BISHERIGE UNTERSUCHUNGEN

Untersuchungen, die Größe, Zahl und Art der bei Elementarereignissen entstehenden Anbruchflächen im Alpenraum analysieren, stehen nur in beschränktem Maße zur Verfügung. Anlässlich der in gewissen Abständen immer wiederkehrenden Unwetterkatastrophen sind von hydrographischer (z. B. H. SCHREIBER & H. ZETTL, 1966; H. STEINHÄUSSER 1952, 1955), von forstlicher (H. AULITZKY, 1968; H. BEINSTEINER & H. MAYER, 1971), von hydrologischer (J. KARL & W. DANZ, 1969) und von geologischer Seite (E. CLAR, 1958; E. H. WEISS, 1969) zahlreiche Arbeiten erschienen, die aber nur bestimmte Teilaspekte herausgegriffen haben. Eine befriedigende Wertung der einzelnen Fest- und Lockergesteine in bezug auf Form, Zahl und Vorgang der Anbruchbildung liegt im alpinen Bereich nur in beschränktem Maße vor. S. PIGNATTI (1971) versuchte im alpinen Bereich (italienischer Teil der Karnischen Alpen) erosionsbedingende Faktoren synoptisch in Erosionskarten darzustellen. Besonders Forschungsergebnisse mit quantitativem Inhalt wurden in Einzugsgebieten von Wildbächen nur selten vorgelegt. Über einen längeren Zeitraum hinweg konnten A. ENGLER (1919) und H. BURGER (1937) zum erstenmal quantitative Aussagen über den Zusammenhang zwischen Erosion, Geschiebeführung und Anbruchbildung bringen.

Seit den Hochwasserkatastrophen in den Jahren 1965 und 1966 werden in den Südalpen im Bereich von Osttirol und Kärnten Geschiebeherdkartierungen durchgeführt, mit dem Ziel, das betreffende Einzugsgebiet in seiner Gesamtheit zu erfassen, um eventuell die Menge des bei Elementarereignissen zu erwartenden Geschiebes und das mögliche Ausmaß der Schädigung von Siedlungsgebieten und landwirtschaftlich genutzter Flächen bei erneuten Hochwasserkatastrophen besser einschätzen zu können. Detailkartierungen werden besonders im Bereich des Kärntner Lesachtales sowohl vom Institut für Wildbach- und Lawinenverbauung der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien als auch vom Landesbauamt, Direktion für Kärnten, Abteilung Geologie, durchgeführt. Die Arbeiten des erstgenannten Institutes betreffen u. a. ein kleines Einzugsgebiet im obersten Bereich des Kärntner Lesachtales (Trattenbach, Maria Luggau). Hier wird an einem Musterbeispiel (1:5000) gezeigt, wie nur in der kartenmäßigen als auch beschreibenden Erfassung möglichst vieler Einzel-faktoren eine Einschätzung der Wildbachtätigkeit einigermaßen zu erreichen ist (R. STERN, 1971).

Der hier angeschnittene Fragenkomplex kann auf folgende Hauptproblemstellungen und Untersuchungsschwerpunkte reduziert werden:

1. Können geologische Aufnahmen, die vom Dünnschliffbereich bis zur Erfassung großräumiger Lagerungsverhältnisse und Strukturen reichen, genügende Hinweise geben über das Maß der Geschiebeherdbildung bei Elementarereignissen, im speziellen über
 - a) Form und Größe der Anbrüche,
 - b) Vorgang der Anbruchsbildung.
2. Welche Faktoren müssen weiterhin bei einer Klassifikation der Anbruchsbildung in verstärktem Maße berücksichtigt werden, insbesondere bei Lockergesteinen.
3. Läßt sich mit Hilfe des Zusammenfassens mehrerer Faktoren eine Hangstabilitäts- bzw. eine Erosionsgefährdung angeben, die auch auf andere alpine Wildbacheinzugsgebiete anwendbar ist.
4. Wie sollten solche großräumigen Kartierungen (1:10.000 und kleiner) für Maßnahmekarten kartographisch dargestellt werden, damit sie auch für den Praktiker ein Optimum an Informationen bieten.

C) LAGE UND GRÖSSE DES ARBEITS- GEBIETES

Das Untersuchungsgebiet betrifft drei linksufrige und zwei rechtsufrige Seitenzubringer des mittleren Lesachtals (siehe Abb. 1).

Im einzelnen wurden folgende Einzugsgebiete von Wildbächen einer genaueren Untersuchung nach den letzten Hochwasserkatastrophen in den Jahren 1965 und 1966 unterzogen:

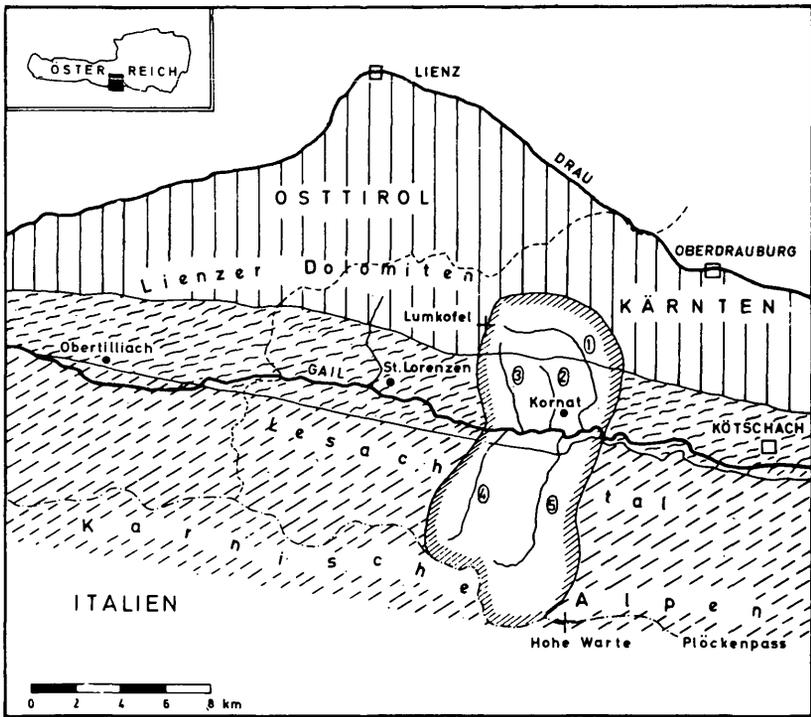
1. Podlaniggraben (17,5 km²)
2. Schmiedbachgraben (2,5 km²)
3. Mattlinggraben (4,8 km²)
4. Niedergailergraben (14,7 km²)
5. Wolayergraben (26,6 km²)
6. Siedlungsgebiete von Podlanig, Birnbaum/Kornat, Mattling, Nostra und Wodmaier.

Die untersuchten Gebiete gehören, geologisch gesehen, drei verschiedenen Zonen an:

Im N den Lienzer Dolomiten mit einer vorwiegend mesozoischen Kalk- und Dolomitabfolge, im mittleren Teil (Lesachtalfurche) der Lesachtaler bzw. Gailtaler Kristallinzone, im S den Karnischen Alpen mit paläozoischen Schiefen und untergeordnet Kalken und Dolomiten (siehe Abb. 1).

Diese Vielfalt in der Zugehörigkeit zu tektonisch-stratigraphischen Großbereichen sorgt auch für eine ausgeprägte lithologische

Differenzierung, so daß auf einem engen Bereich bei etwa gleichen hydrologischen Verhältnissen zahlreiche Gesteinsarten miteinander verglichen werden konnten. Insgesamt wurden etwa 30 verschiedene Gesteinstypen (Fest- und Lockergesteine) auf die Geschiebeherdbildung geprüft. Da die meisten Gesteine größere auswertbare Flächen einnehmen, können die Aussagen, die sich aus den petrographischen und lithologischen Daten im Zusammenhang mit den übrigen Faktoren (z. B. Morphologie und Vegetation) ergeben, über Form und Größe der jeweiligen Anbruchflächen als repräsentativ angesehen werden.



- | | | |
|------------------------|---------------------|---------------------|
| Lesachtaler Kristallin | Trias | Paläozoikum |
| Arbeitsgebiet | ① Podlaniggraben | ② Schmiedbachgraben |
| ③ Mattinggraben | ④ Niedergailergaben | ⑤ Wolayergraben |

Abb. 1: Lageskizze der untersuchten Einzugsgebiete

D) ANALYSE DER ANBRUCHS- UND GESCHIEBEHERDBILDUNG

In den Untersuchungen, die nach den Hochwasserkatastrophen in den Südalpen (Oberkärnten/Osttirol) vorgenommen worden sind (R. STERN, 1971; G. KRONFELLNER-KRAUS, 1971; M. MOSER, 1971 a, 1971 b), kommt deutlich zum Ausdruck, daß eine Einschätzung des Wildbachpotentials und der Erosionsgefährdung nur unter Heranziehung mehrerer Faktoren einigermaßen zu erreichen ist.

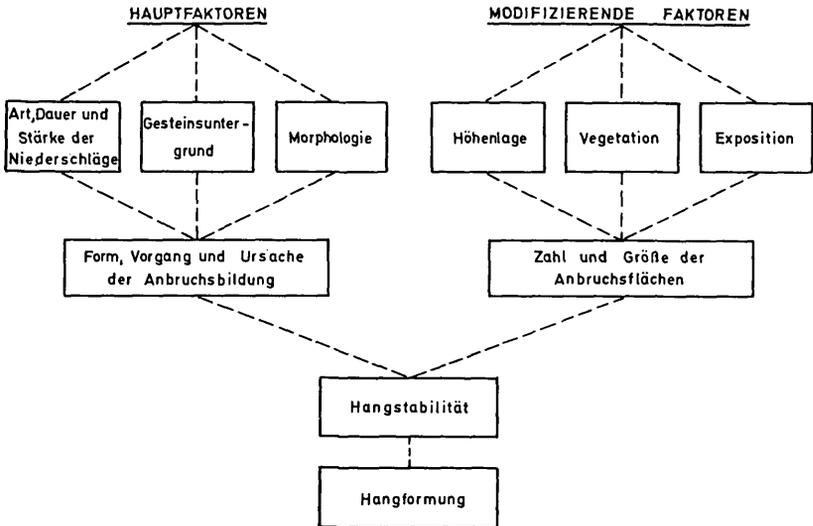


Abb. 2: Faktoren der Anbruchsgefährdung

Weiterhin muß festgehalten werden, daß den einzelnen Faktoren eine gewisse Wertigkeit zukommt, die im Schema (siehe Abb. 2) verdeutlicht wird. So können z. B. vegetationskundliche Aufnahmen oder speziellere forstliche Standortkartierungen nur in Zusammenhang mit geologischen, hydrogeologischen und morphologischen Untersuchungen Angaben über das zu erwartende Ausmaß der Anbruchs- bildung bei Elementarereignissen erbringen.

Je kleiner das Einzugsgebiet und je geringer das Angebot an verschiedenem Substrat ist, umso mehr werden sich die Ursachen der Anbruchs- bildung auf wenige Faktoren reduzieren lassen. Die im Schema (siehe Abb. 2) aufgeführten Faktoren müssen noch aufgegliedert werden, da z. B. eine nur summarische Berücksichtigung, besonders der Gesteinsausbildung, keine eindeutigen Aussagen über die Hangstabilität bzw. das Wildbachpotential erlaubt.

1. Hydrographische Charakteristik der bearbeiteten Einzugsgebiete

Starke Anbruchsbildung und Murenverheerungen sind immer in Zusammenhang mit einem überdurchschnittlichen Angebot an Niederschlägen zu bringen, sei es in Form von Starkregen oder intensivem Landregen. So muß die ungeheure Schadensfülle in Oberkärnten und Osttirol zum größeren Teil auf die Auswirkungen der katastrophalen Niederschläge dreier extremer Hochwasserereignisse in den Südalpen innerhalb von vierzehn Monaten in den Jahren 1965 und 1966 zurückgeführt werden.

Die Hochwasser-Wetterlagen 1965 und 1966:

Von den drei Hochwasserkatastrophen 1965 (31. August bis 3. September) und 1966 (15. bis 18. August und 3. bis 4. November) war die von Anfang November 1966 in bezug auf ihre Auswirkungen die folgenreichste im Einzugsgebiet der oberen Gail. Die gefallenen Niederschläge hatten in diesem Bereich eine erheblich größere Intensität (siehe Tabelle 1). In nur zwei Tagen wurden in den Kerngebieten Niederschlagssummen von mehr als 250 mm gemessen (Näheres siehe F. TSCHADA, 1971). Diese stellen, auch wenn man die größten von 1901 bis 1960 beobachteten Zwei-Tages-Niederschlagssummen über 200 mm betrachtet, weit über dem Durchschnitt liegende Zahlen dar. Die Monatssummen vom November 1966 lagen im Einzugsgebiet der oberen Gail (Kärntner Lesachtal, Tiroler Lesachtal) etwa 200 Prozent über dem Mittel von 1901 bis 1950, teilweise wurden die Normalwerte sogar um 300 Prozent überschritten.

Darüber hinaus machen die Hochwasserspenden von 2 m³ pro s und km² im oberen Gailtal (Kärntner Lesachtal) die außerordentliche Stärke der Niederschläge deutlich. Im übrigen Draugebiet lagen die Hochwasserspenden durchwegs unter 1 m³ pro s und km² (Näheres siehe H. SCHREIBER & H. ZETTL, 1967).

Tabelle 1: Charakteristische Niederschlagssummen während der Hochwasserkatastrophen 1965 und 1966 in den österreichischen Südalpen (nach: Hydrographischer Dienst in Österreich).

| Meßstelle/ Einzugsgebiet | Höhe m ü. A. | Mittlere Jahres- summe 1901—1950 mm | Niederschlagssummen mm | | |
|-----------------------------|--------------------|---|---------------------------|---------------------------|----------------------|
| | | | 31. 8. bis 3. 9. 1965 | 15. 8. bis 18. 8. 1966 | 3. u. 4. 11. 1966 |
| Sillian/Drau | 1080 | 955 | 221,3 | 199,2 | 205,2 |
| Lienz/Isel | 676 | 960 | 199,2 | 232,3 | 258,1 |
| Maria Luggau/Gail | 1170 | 1289 | 300,5 | 259,2 | 243,4 |
| Reisach/Gail | 646 | — | 230,9 | 306,7 | 298,0 |
| Kornat/Gail | 1025 | 1425 | 287,6 | 235,6 | 227,0 |

Von den übrigen hydrographischen Faktoren müssen die Schneerücklage und der Wind für das Ausmaß der Geschiebeherdbildung insbesondere berücksichtigt werden.

Im Laufe des 3. November gingen die Niederschläge in Oberkärnten und Osttirol in Schneefall über (4. November morgens: Reisch/Gail 16 cm, Lienz 25 cm). Um die Mittagstunden des 4. November kam es zu einer deutlichen Erwärmung, so daß Reisch nach 24 Stunden fast schneefrei war und Lienz noch 12 cm Schnee hatte. Das kräftige Schneeschmelzen setzte bis in Höhenlagen von 2500 m Seehöhe ein.

Wie aus der Tabelle 1 hervorgeht, waren die schon in kurzem Abstand vorausgegangenen starken Regenfälle (September 1965, August 1966) in der Niederschlagshöhe keineswegs wesentlich geringer. Dagegen war aber eine wesentlich geringfügigere Anbruchsbildung im untersuchten Gebiet zu verzeichnen. Auf steilen Hängen und Böschungen ($> 20^\circ$) dürfte eine plötzliche Schneeschmelze für eine verstärkte Anbruchsbildung eine besondere Rolle spielen.

Die starken Niederschläge waren mit heftigem Sturm verbunden, der von gewittrigen Entladungen herrührte, die in der Nacht des 4. November einsetzten. Die so entstandenen zahlreichen Windbruchflächen waren und sind als Ausgangspunkt von Geschieberden besonders gefährdet.

Weiterhin sollte bedacht werden, daß sich durch die kurze Aufeinanderfolge von außergewöhnlichen Niederschlagsereignissen Schwächestellen an den natürlichen Böschungen bildeten, die dann zur Auslösung verstärkter Massenbewegungen anlässlich der letzten Hochwasserkatastrophe im November 1966 führten.

2. Die geologischen Gegebenheiten der Geschiebeherdentstehung

2.1. Petrographischer Inhalt der Festgesteine

Neben den Lockergesteinen, wie Terrassenschottern, Moränen usw., stellt die Verwitterungsdecke über dem Anstehenden bei Elementarereignissen den Hauptort der Geschiebebildung dar. Art und Mächtigkeit der Verwitterungsdecke sind aber weitgehend eine Funktion der Gesteinszusammensetzung und nicht zuletzt der Tektonik der jeweiligen Festgesteine.

J. STINY (1931), der sich als erster mit der genaueren Analyse und Klassifikation der Geschiebeherde befaßte, gab nur eine Aufzählung der einzelnen Bergarten und Formationen, ohne eine differenzierte quantitative Bewertung. Außerdem sollten stratigraphische Begriffe, wie Grödener Sandstein, Haselgebirge usw., vermieden werden, da sie stark in ihrer Fazies schwanken und in ihrer Gesamtheit petrographisch nicht genau definiert sind. Stratigraphische Fragen und petrogenetische Ergebnisse werden hier nur so weit berücksichtigt, wie sie für die Geschiebeherdentstehung von Bedeutung sind.

Insgesamt wurden etwa 20 verschiedene Gesteinstypen mit ihren Verwitterungsprodukten auf die Geschiebeherdentwicklung geprüft. Da die meisten Gesteine größere auswertbare Flächen einnehmen, können die Aussagen, die sich aus den petrographischen Daten im Zusammenhang mit den übrigen Kriterien ergeben, über Form und Größe der jeweiligen Anbruchsflächen als repräsentativ angesehen werden.

Für eine Klassifikation und quantitative Analyse der Geschiebeherdentstehung usw. lassen sich mit Hilfe petrographischer und lithologischer Kennzeichnungen wie Mineralinhalt, Struktur, Textur, Lagerung im 1-m- bis 10-m-Bereich und technischer Gebirgsfazies Hinweise gewinnen.

Zusammenstellung der technisch-gesteinskundlichen Eigenschaften der Festgesteine im Bereich des mittleren Lesachtals

In der Tabelle 2 wird versucht, eine erste Klassifikation und Wertung der Festgesteine für die Geschiebeherd- und Anbruchsbildung zu geben. Eine endgültige Einstufung der einzelnen Festgesteine sollte besonders Art und Mächtigkeit der sich in situ bildenden Verwitterungsdecke berücksichtigen.

Wie aus der Tabelle ersichtlich ist, begünstigen bestimmte Minerale und Mineralassoziationen die Geschiebeherdbildung. So kann die starke Beteiligung der Minerale von Glimmer, Chlorit oder Graphit einen ersten Hinweis auf die Möglichkeit der Anbruchsbildung geben. Weitere Anhaltspunkte liefern besonders bei den kristallinen Gesteinen die textuellen Zusammenhänge. Lagenweise Anordnung (durchgehende Glimmer- oder Chlorithäute) sind für eine Entfestigung und damit höhere Teilbeweglichkeit verantwortlich. Bei der nachträglichen Deformation (Einengung) stellen solche Glimmerlagen und Glimmerhäute Gleitflächen dar, die u. a. Biegegleitfaltungen bis in den Dünnschliffbereich hinein ermöglichen. Damit ist natürlich auch eine stärkere Zerklüftung gegeben. Dies äußert sich wiederum in einer kleineren Klufkörpergröße. Aufgrund des Mineralgehaltes, der Struktur, der Textur und der Klufkörpergröße und -form liefert besonders die Ausbildung der kristallinen Schiefer vom Typ 2 feinerdereiche, zum Teil mächtige Verwitterungsschuttdecken. Diese waren anlässlich der November-Hochwasserkatastrophe 1966 der Ausgangspunkt zahlreicher, doch räumlich beschränkter Massenbewegungen (Näheres siehe Kapitel F).

Bei den Schiefen geringerer Metamorphose zeigt besonders Typ 9 (siehe Tabelle 2), daß eine bestimmte Mineralkombination nur im Zusammenhang mit einer bestimmten Textur eine starke Entfestigung und Teilbeweglichkeit hervorruft.

Infolge der Anordnung des Chlorites in einem dichten, ziemlich unregelmäßigen Chlorit-Quarz-Filz kommt die sonst bei lagenartiger Anordnung der Chlorite zu beobachtende Entfestigung nicht zur Geltung. Hier bringt sogar der Vorgang der „Vergrünung“ infolge Verfilzung der Minerale, hauptsächlich Quarz und Chlorit, eine Verfestigung der Gesteine mit sich. Auch quarzitisches Phyllite des Typs 8 mit nur geringer Beteiligung von blättrigen, kaum eingeregelt Mineralen sind nicht sehr gefährdet. Dagegen sind

Tab. 2: Zusammenstellung der technisch-gesteinskundlichen Eigenschaften der Festgesteine im mittl. Lesachtal (Podlaniggraben, Schmiedbachgr., Mattlingsgr., Niedergailerggr., Wolayergr.)

| Gestein | Mineralinhalt | Struktur, Textur | Kluftkörpergröße u.-form (n.L.MÜLLER) | Mächtigkeit d. Verwitterungsschutt | Anfälligkeit gegen Massenbewegungen |
|--|------------------------------------|--|--|------------------------------------|-------------------------------------|
| Glimmer-Quarz-Schiefer Typ 1; Granat-Glimmer-Schiefer, Typ 2 | Hellgl., Quarz, Granat, Biotit | lepidoblast., b. granoblast., lenticul. flas. | kleintäfelig | vorwiegend > 1 m | mittelmäßig |
| Quarzite Typ 3 | Quarz, Hellgl. | granoblast., lagig | quadrig-bankig | geringmächtig | keine |
| Chlorit-Schiefer Typ 4 | Chlorit, Feldspat, Quarz, Epidot | granoblast., streng schiefrig | blättrig, kl.-schuppig, Faltenstr. im dm-Bereich | vorwiegend > 1 m | stark |
| Amphibolite Typ 5 | Hornblende, Quarz, Epidot | Implikationsgefüge, innige Verwachsung. | großblockig massig | vorwiegend 1 m | keine |
| Graphit-Schiefer Typ 6 | Quarz, Graphit | granoblast., streng schiefrig | schiefrig | keine Aussage-möglichkeit | stark |
| tonige Schiefer (Werfener Schichten) Typ 7 | | | schiefrig | vorwiegend > 1 m | mittelmäßig |
| quarzreiche Schiefer (Plengeserie) Typ 8 | Quarz, Hellgl. | klastische Strukt. mit körnig. Bestand. u. vorw. quarzit. Zwischenmasse, schiefrig | schiefrig | geringmächtig | gering |
| Grüngesteine (Plengeserie) Typ 9 | Quarz, Chlorit, Feldspat, Karbonat | Porphyroklasten v. Quarz, Feldsp. m. chlorit bis quarz. Zw. masse, massig | großblockig | keine | keine |
| phyllit. Schiefer (Karbonschiefer?) Typ 10 | Quarz, Hellgl., Karbonat | teilw. granoblast., linsig schiefrig | schiefrig | vorwiegend > 1 m | mittelmäßig |
| tonige Schiefer (Caradoc Schiefer d. Raucherfelddecke) Typ 11 | | streng schiefrig | blättrig kleinschuppig | vorwiegend > 1 m | mittelmäßig |
| dichte Quarzsandst. Typ 12 (Grödener Schichten) | Quarz, Feldspat, Hämatit, Hellgl. | mittelbare Kornbg. vorw. klast. richtungslos | quadrig-bankig, kleintäfelig | geringmächtig | gering |
| bindemittelreiche Quarzsandsteine Typ 13 (Grödener Schichten) | Quarz, Hellgl., Hämatit | mittelb. Kornbg. Zw. masse als Basalzement | kleinblockig | vorwiegend > 1 m | mittelmäßig |
| massige Dolomite, Typ 14 (Hauptdolomit) | | | massig, m-gebant | geringmächtig | keine |
| geschicht. Dol. (Hauptdol. unt. Partnachkalke, unt. Plattenkalke) Typ 15 | | | quadrig-bankig b. splittrig | geringmächtig | stark verlierend |
| gebantete Kalke (Kössener Schicht., Plattenkalk) Typ 16 | | | dm-gebant quadrig-bankig | geringmächtig | gering |
| geschicht. Kalke (Plattenkalk, Partnachsch. Kössener Sch.) Typ 17 | | | Schichtung dm-b. cm-Ber., splittrig | geringmächtig | mittelmäßig |
| Mergel (Köss. Schichten) Typ 18 | | | blättrig kleinschuppig | vorwiegend > 1 m | stark |

phyllitische Schiefer vom Typ 10 durch zum Teil lagenartiges Auftreten der Glimmer wesentlich anfälliger für eine Anbruchsbildung.

Die Untersuchungen zeigten, daß die Typisierung schiefriger Gesteine, wie z. B. Schiefer im „Tonschieferstadium“, „Phyllitstadium“ oder „Glimmerschieferstadium“, für die Analyse der Anbruchsbildung wertvolle Hinweise erbringen können. Eine lagenweise Trennung der Minerale, wie sie im Glimmerschieferstadium zu beobachten ist, muß für die Geschiebeherdbildung als sehr dienlich angesehen werden. Diese lagenweise Anordnung bei den Schiefen des Lesachtaler Kristallins kann noch als Reliktgefüge eines ursprünglich sandig-tonigen Komplexes gedeutet werden, der durch die metamorphen Vorgänge noch verstärkt wurde. Weiterhin können Fragen der Mineralbildung, ob diaphthoritisch, autometasomatisch oder primär (z. B. Entstehung des Chlorites) erste Hinweise auf die Anfälligkeit des Gesteins geben.

Bei den Sandsteinen (Grödener Schichten) lassen besonders Art und Menge des Bindemittels Rückschlüsse auf die Anfälligkeit für eine Geschiebeherdbildung zu. So müssen die Quarzsandsteine vom Typ 13 als nicht sehr widerstandsfähig angesehen werden. Im Falle der Sandsteine der Grödener Schichten bringt die starke tektonische Beanspruchung eine gewisse Modifikation mit sich. Die dichten Quarzsandsteine vom Typ 12 sind wesentlich enger geklüftet und besitzen einen höheren Durchtrennungsgrad.

Bei den mesozoischen Karbonatgesteinen können vor allem die Art der Sedimentation und die Stärke der tektonischen Beanspruchung Hinweise geben. Unruhige Sedimentation mit einem Wechsel von dickbankigen Kalken und feinblättrigen Mergeln (Typ 18) erhöht besonders bei nachfolgender starker Deformation die Anfälligkeit für die Geschiebeherdbildung. Hier bilden die Mergel — ähnlich wie bei den kristallinen Schiefen Glimmerhäute und Glimmerlagen — Gleitflächen, die eine intensive Biegegleitfaltung mit Isoklinalfalten ermöglichen.

Innerhalb des Typs 15 (geschichtete Dolomite) sind die Anbrüche an dunkle Dolomite des Hauptdolomites gebunden, die zum Teil mit bituminösen Schiefertönen wechsellagern. Diese Serie erreicht aber nur lokal größere Mächtigkeiten, so daß sie in diesem Bereich für die Geschiebeherdbildung nur eine untergeordnete Rolle spielt.

Beispiele für hochteibewegliche kristalline Schiefer im Dünnschliffbild und dm- bis m-Bereich:

Art und Mächtigkeit der Verwitterungsschuttdecke, Grad der Teilbeweglichkeit des Anstehenden sind eng verknüpft mit Mineralinhalt, Struktur und Textur des Gesteines. Die Analyse dieser Faktoren kann erste Aufschlüsse über das zu erwartende Ausmaß der Massenbewegungen geben.

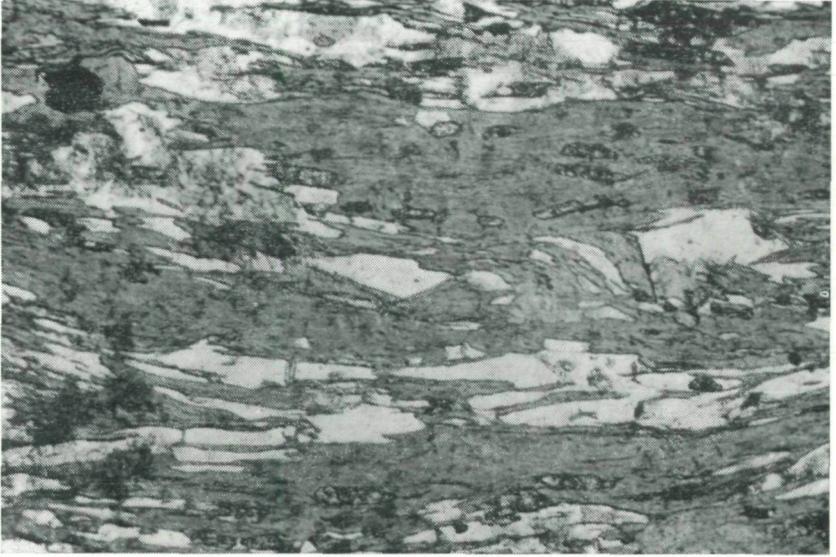


Abb. 3: Nematoblastisches bis lepidoblastisches Gewebe von hauptsächlich Chlorit und Quarz, in das Epidote mit ihrer Längsachse eingeregelt sind. Chlorit-Schiefer (Typ 4), Podlanigraben-Ausgang, 878 m Seehöhe; Dünnschliff, Vergr. 30 x



Abb. 4: Chlorit-Schiefer in blättrig-schuppiger Gebirgsfazies, Kleinfalten dm-Bereich. Hoher Grad der Entfestigung und Teilbeweglichkeit bedingen zahlreiche Anbrüche und Massenbewegungen der verschiedensten Art (siehe auch Abb. 16), Schmiedbachgraben, 1560 m Seehöhe

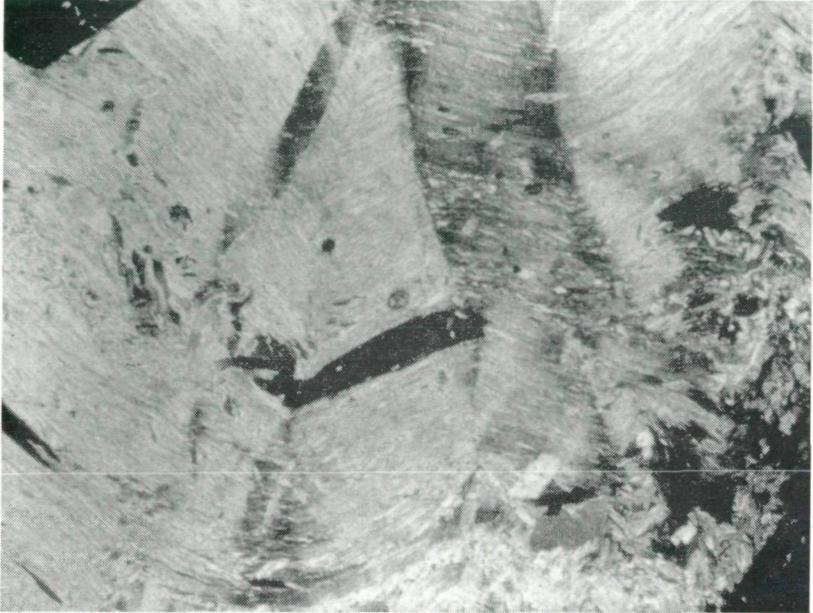


Abb. 5: Starke Zerschierung und Verfaltung eines feinstkörnigen Glimmer-Schiefers, Schmiedbachgraben, 1560 m Seehöhe; Dünnschliff, Vergr. 100 x, Nicol +



Abb. 6: Glimmer-Schiefer in blättrig-kleinschuppiger Gebirgsfazies; Siedlungsgebiet von Podlanig, 890 m Seehöhe

Dünnschliff- und Aufschlußbilder von Gesteinen (kristalline Schiefer, Phyllite), die aufgrund des Mineralinhaltes, der Struktur, der Textur und der technischen Gebirgsfazies nur geringfügige Massenbewegungen zeigen (s. Abb. 7, 8, 9).



Abb. 7: Granoblastisches, dicklagiges Gefüge von Quarzindividuen, in das einzeln Muskowitschuppen nicht straff eingeregelt sind. Podlanigraben-Ausgang in 865 m Seehöhe; Dünnschliff, Vergr. 60 x

Sonst zeigen von den mesozoischen Karbonatgesteinen nur dünnplattige Kalke (Typ 17), die mit zum Teil papierdünnen Mergeln wechsellagern, geringe Anbruchsneigung.

Der größte Teil der karbonatischen Gesteine des Paläozoikums (vorw. Bereich des Wolayer Grabens) neigt zu keiner Anbruchsbildung, wenn man von säkularen Massenbewegungen (Bergstürze) absieht, wie sie sich postpleistozän im Bereich des Biegengebirges ereignet haben. Die paläozoischen Dolomite und Kalke liegen fast alle in massig bis quadrig-bankiger Gebirgsfazies vor; bedingt durch die lithologische Ausbildung und die Steilheit des Reliefs sind keine mächtigen Verwitterungsschuttdecken zu erwarten. (In der Tabelle 2 sind die paläozoischen Dolomite und Kalke nicht berücksichtigt.)

2.2. Zur technologischen Beurteilung der Lockergesteine

Die Festgesteine bilden nur zu einem geringen Teil das unmittelbar Anstehende und damit das für die Anbruchsbildung direkt verantwortliche Material. Die durch die physikalische und chemische Zerstörung der Festgesteine und deren Umlagerung entstandenen Lockergesteine sind sogar, wenn man die Zahl der entstandenen Anbrüche betrachtet, die bei weitem wichtigere Gesteinsart.

Bei der Beurteilung der geotechnischen Eigenschaften liefern die geologischen Bildungsbedingungen erste Hinweise zur Klassifikation (z. B. Transport durch Eis, Transport und Ablagerung im fließenden Wasser usw.). Die weitere geologische Analyse, wie z. B. die Untersuchung der Mächtigkeit, bringt noch speziellere Hinweise.



Abb. 8: Dickbankig bis massig absondernder Quarzit mit lagenweiser Anordnung von Quarzlinsen. Podlaniggraben-Ausgang in 890 m Seehöhe

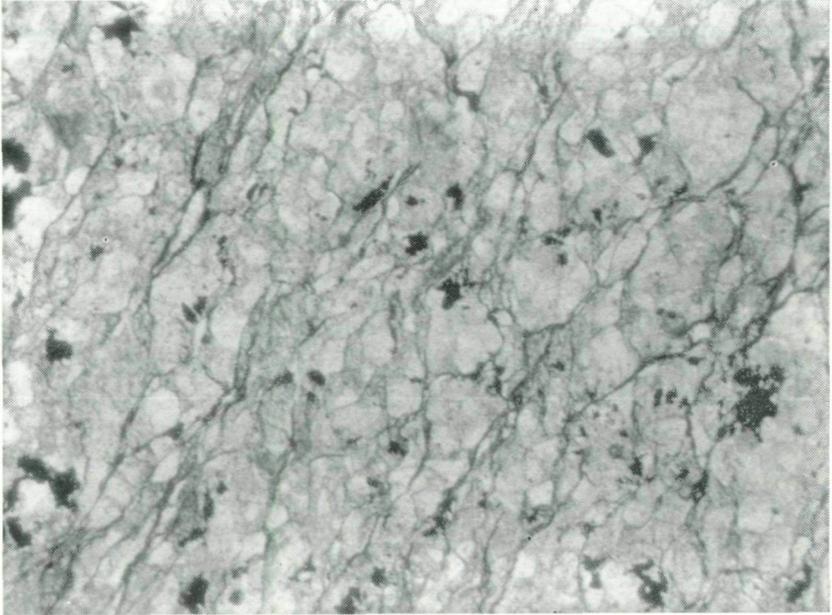


Abb. 9: Feinschuppiger Muskowit legt sich in flaserigen Zügen um die nur wenig gerundeten Quarze. Die Scherflächen sind nicht straff geregelt. Phyllitische Schiefer der Plengeserie (Typ 8), Letterspitzl NE-Grat in 2300 m Seehöhe; Dünnschliff, Vergr. 25 x

Eine wertvolle Ergänzung stellen hier bodenmechanische Untersuchungen dar, die durch eine zahlenmäßige Bestimmung die Lockergesteine objektiv beurteilen helfen.

Für eine Einteilung wurden die geologischen Begriffe beibehalten, da hierdurch in den meisten Fällen typische Kornassoziationen durch bestimmte Bildungsbedingungen ausreichend definiert sind. Die granulometrischen Bezeichnungen wie Kies, Schluff usw. besitzen nur als Ergänzung zu den geologischen Begriffen eine wirkliche Aussagekraft.

Die Großteilung umfaßt zwei Gruppen:
 autochthone Lockergesteine (völlig entfestigte Festgesteine),
 allochthone Lockergesteine.

Unter *autochthonen* Lockergesteinen werden der an Ort und Stelle entstandene Verwitterungsschutt und Festgesteine, die durch ihre Kornassoziation ähnlich den normalen Lockergesteinen Wechselwirkungen von fester zu flüssiger Phase zeigen, verstanden.

Als allochthone Lockergesteine werden hier z. B. aufgefaßt: Terrassensedimente (Schluffe, Sande, Kiese, Schotter, Moränen), Schutt (Schutthalde, Blockschutt) usw.

Zur Klassifizierung und Beurteilung der Anfälligkeit siehe Tabelle 3.

Tab. 3: Zusammenstellung der technisch-gesteinskundlichen Eigenschaften der autochthonen und allochthonen Lockergesteine (Matting-, Schmiedbäch-, Podlanig-, Niedergailer- und Wolayergraben) unter besonderer Berücksichtigung der anbruchsgefährdeten Gesteine

| entfestigte Festgesteine (Felsgüteklasse E) | Kornverteilung | Verwitterungsschuttdecken | Mächtigkeit und Art des Verwitterungsschuttes | Kornverteilung | Anfälligkeit gegen Massenbewegungen |
|--|---|--|--|--|--|
| Chlorit-Schiefer, Typ 4 (Lesachtaler Kristallin) | sandiger Kies U = 40-50 | auf Chlorit-Schiefern | U = 150-200 $w_g = 31\%$ $w_s = 17\%$ $p_a = 14\%$ $w_{max} = 30\%$ vorw. > 2 m | schluff.-sand. Kies bis sand. Schluff | stark; auch im Anstehenden je n. Mächtigkeit u. Lagerungsverd. zahlr. Massenbewegungen |
| Glimmer-Schiefer, Typ 2 (Lesachtaler Kristallin) | sandiger Kies U = 40-50 | auf Glimmer-Schiefern | vorw. > 2 m | sand. Schluff | stark; auch im Anstehenden |
| Mergel, Typ 18 (Kössener Schichten) | schluffig-sandiger Kies | auf Mergeln (Kössener Schichten) | vorw. 1-2 m | | stark; doch vorw. Massenbewegungen nur im Verwitterungsschutt |
| "Sandstein" (Grödener Schichten) | schluffiger Sand U = 30-40 | auf Glimmer-Quarz-Schiefern (Typ 1, Typ 2) auf Phylliten (Typ 10) auf Tonschiefern (Typ 7) | vorw. 1-2 m U = bis 300 vorw. < 1 m U = bis 250 vorw. 1-2 m U = bis 700 | schluffig-sandiger Kies sandiger Kies schluffiger Sand | stark; doch nur im Verwitterungsschutt mittelmäßig; nur im Verwitterungsschutt |
| Lockergestein außer Verwitterungsschutt | Kornverteilung | sonst. Kennziffern | Mächtigkeit, Vorkommen | sonst. Bemerkungen, Anfälligkeit gegen Massenbewegungen | |
| Fluvioglaziale feinstkörnige Terrassensedimente | sandige Schluffe b. schluffig-sandige Kiese | U = bis 900 bis 30 % $w_a = 15\%$ w_{max} bis 40-45 % | bis 15 m, vorw. am Ausgang der rechtsufrigen Seitenzubringer (Niedergailer- u. Wolayergraben) | teilweise streng horizontgebunden "Seesedimente", stark | |
| fluvioglaziale mittelkörnige Terrassensedimente | kiesige Sande bis sandige Kiese | U < 100 | stark wechselnd, Hauptterrassen (z. B. Terrasse v. Podlanig) | nicht streng horizontgebunden, mittelmäßig | |
| fluvioglaziale grobkörnige Terrassensedimente | Schotter, Steine | | bis 30 m Hauptterrassen (z. B. Terrassen v. Podlanig) | teilweise verfestigt, stabile Böschungen bis zu 70° | |

2.3. Großräumige Lagerung und Tektonik in Beziehung zur Geschiebeherdbildung

Hier ist zu untersuchen, ob Fragen der Großtektonik (großräumige Lagerungsformen, Störungslinien, Deckengrenzen) für eine solche Betrachtung Aussagen erbringen können.

2.3.1. Großräumige Lagerung

Räumliche Stellung und Lagerungsverband der Festgesteine sind von ausschlaggebender Bedeutung für das Ausmaß der Anbruchsbildung. Vor allem große Anbrüche sind in besonderem Maße neben der petrographischen Disposition von der räumlichen Stellung der Haupttrennflächen zur Lage der jeweiligen Hänge abhängig.

Bei der Untersuchung von mehreren größeren Rutschungsgebieten am bayerisch-österreichischen Alpenrand kommt J. KRÖGER (1970) zu dem Schluß, daß weit mehr Gesteinsarten und tektonische Gegebenheiten für die Anbruchsbildung verantwortlich sind als heftige Niederschläge.

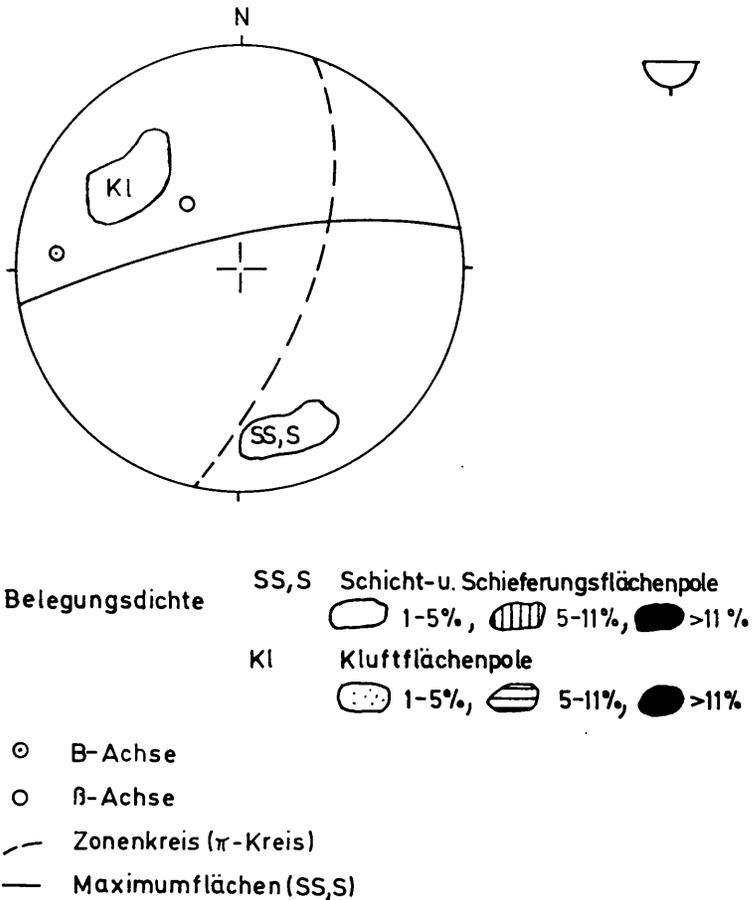


Abb. 10: Legende zu den Diagrammen 1—8

Aus den Gefügediagrammen (siehe Abb. 11) kann die räumliche Stellung sämtlicher Trennflächen für die einzelnen Bereiche und Gesteinsserien entnommen werden (siehe auch Beilage I).

Gefügediagramme der Geländeaufnahme: Für die statistische Erfassung und Auswertung der Gefügearten der Trennflächen wurde in üblicher Weise (nach W. SCHMIDT und B. SANDER) die untere Lagenkugel in flächentreuer Azimutalprojektion verwendet. Die Belegungsdichte wurde durch Auszählung mit dem reduzierten Zählkreis nach G. FISCHER (1960) festgestellt. Auf die Darstellung in einer Richtungsrose wurde verzichtet, da sich hier die verschiedenen Trennflächen nicht in ihrer geometrischen und mechanischen Funktion deuten lassen.

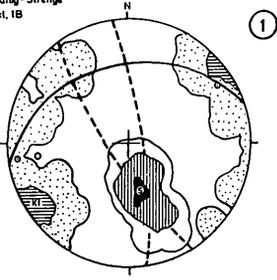
In den Diagrammen wurden eingetragen: die im Aufschluß beobachteten Gefügedaten (Schicht- und Schieferungsflächen, Kluffflächen und B-Achsen) und die aus ihnen ermittelten, rein geometrischen Daten (Zonenkreise, β , Maximumflächen).

Kristalline Schiefer (Typ 1, Typ 2, Typ 4): Wie die Diagramme (siehe Abb. 11) zeigen, liegt das bevorzugte Streichen des Lesachtaler Kristallins im Bereich von Podlanig bis Oberring zwischen N 40 E bis EW. Im Bereich von Oberring sind auch mit Streichrichtungen des Gebirges in NW- bis SE-Richtungen ($120\text{--}150^\circ$) zu rechnen. Alle in Kapitel D 2. aufgezählten und beschriebenen sechs Gesteinstypen sind konkordant in die Serie des Lesachtaler Kristallins eingelagert. Da aber die Hauptgräben fast alle in NS-Richtung verlaufen, ergibt sich für die Seitenlehnen bei Hochwasserkatastrophen u. a. eine typische Form der Geschiebeherdbildung mit Murschläuchen in der Fallrichtung der Schiefergesteine, die eine beträchtliche Höhe erreichen können. Diese Art der Lagerung bringt es weiter mit sich, daß auf den Lehnen der Siedlungsgebiete, die fast alle in EW-Erstreckung liegen, diese Form der Anbruchsbildung weniger in Erscheinung tritt. Wegen der relativ geringen Mächtigkeit der besonders anfälligen Gesteine ist für die Entstehung solcher Murgänge die Stellung des Hanges zur Lagerung der Gesteine von Bedeutung (Näheres siehe Kapitel F).

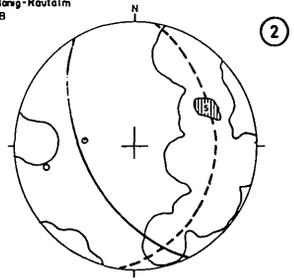
Sandsteine (Grödener Schichten, Typ 12, 13):

Das Streichen der Sandsteine beträgt, von geringen Abweichungen abgesehen, N 80° W bis E—W ($100\text{--}90^\circ$) (siehe Abb. 11, Diagramm 5). Da ein großer Teil der aufgeschlossenen Sandsteine in ihrer Streichrichtung dem Verlauf des Lanergrabens entsprechen (ESE), außerdem die besonders anfälligen Schichten sowohl in ihrer Längserstreckung als auch in ihrer Mächtigkeit schnell auskeilen, sind rinnenförmige Anbrüche nur in geringer Anzahl zu erwarten. Weiterhin muß hervorgehoben werden, daß gleichförmige Lagerungsverhältnisse ohne Verschuppungen und Spezialfalten die Anfälligkeit

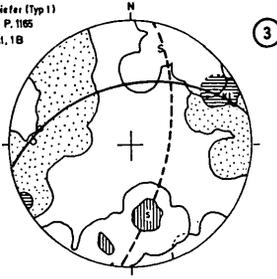
Kristalline Schiefer (Typ 2)
Güterweg Podlanig-Stränge
Mess.: 35 s, 50 kt, 1B



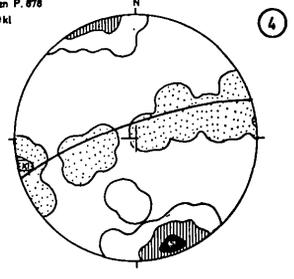
Kristalline Schiefer (Typ 4)
Güterweg Podlanig-Rautalm
Mess.: 30 s, 1B



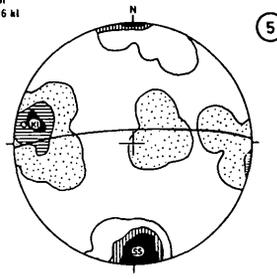
Kristalline Schiefer (Typ 1)
Rautalmgraben P. 1165
Mess.: 26 s, 30 kt, 1B



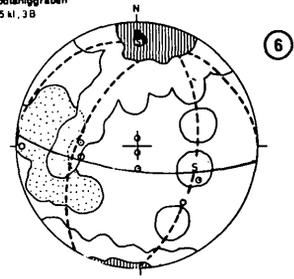
Kristalline Schiefer (Typ 2)
Podlaniggraben P. 878
Mess.: 45 s, 30 kt



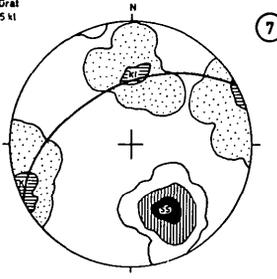
Grödenes Sandstein (Typ 13)
Podlaniggraben
Mess.: 21 ss, 26 kt



Kalke (vorw. Typ 18)
Ochsenalpe - Podlaniggraben
Mess.: 55 ss, 15 kt, 3 B



Geschichtete Kalke (Typ 17)
Lumkofel NW-Grat
Mess.: 40 ss, 25 kt



Gebankte Kalke (Typ 18)
Lumkofel S-Seite
Mess.: 60 ss, 25 kt, 2 B

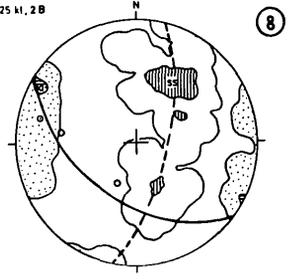


Abb. 11: Gefügediagramme im Bereich des Mattling- und des Podlaniggrabens

für eine Geschiebeherdbildung erheblich mindern. In diesem Falle tritt keine Wiederholung der gefährdeten Schichtkomplexe ein.

Dünnschichtige Kalk (Plattenkalk, Typ 17): Hier zeigen die Nordabstürze des Lumkofels, daß für das Zustandekommen bestimmter Geschiebeherdformen (in diesem Falle Steinschlagrinnen — Schuttkegelsaum am Fuß der Wände) Gesteinsausbildung und Lagerungsform die entscheidenden Faktoren sind. Durch die gleichmäßige Lagerung (Kluftkörpergröße und Kluftkörperstellung) konnten sich zahlreiche hintereinander gestaffelte Steinschlagrinnen entwickeln (siehe Abb. 11, Diagramm 7).

Mergel und Tonschiefer (Kössener Schichten, Typ 18): Hier bringt die Vergesellschaftung von Tonschiefern, Mergeln und Kalken bei starker tektonischer Einengung eine Verschuppung und einen Isoklinalfaltenbau mit sich. Im Bereich von Bachstrecken bei der Anlage von Güterwegen kommt es zum wiederholten Anschneiden der anfälligen Schichten. Hier begünstigen weiterhin starke Unterschiede im Gesteinsaufbau und in der Teilbeweglichkeit bei entsprechenden Niederschlägen die Entstehung von Muren.

Aus den obigen Ausführungen ist ersichtlich, daß das Studium von großräumigen Lagerungsformen erste Anhaltspunkte über Größe und Form der Anbrüche liefern kann. Besonders die Raumstellung der einzelnen anfälligen Gesteinsschichten zur Lage der Hänge ist für die sich bei Katastrophenniederschlägen bildenden Anbruchformen von entscheidender Bedeutung.

2.3.2. Störungslinien regionaler Bedeutung

Im Bereich des mittleren Lesachtals, am Südrand der Lienzer Dolomiten, sind zwei größere Störungslinien von Bedeutung:

- a) Die Linie zwischen dem Lesachtaler Kristallin und den Sandsteinen der Grödener Schichten.

Der Verfasser konnte im Raum Lanergraben-Ausgang—Podlaniggraben mehrfach Strukturen finden, die auf eine starke Bewegung des kristallinen Sockels gegenüber den Grödener Schichten hinweisen. W. SCHLAGER (1963) kommt dagegen zu dem Ergebnis, daß im westlich anschließenden Bereich (Liesingergraben, Radigundergraben) der Zustand der Gesteine keine großen Bewegungen verrät.

Das stark verschuppte Kristallin zeigt N-vergente Falten an der Grenze zum Grödener Sandstein. Die kristallinen Schiefer sind dort zum Teil in einer etwa 5 m breiten, rötlich gefärbten Mylonitzone aufgeschlossen. Durch die leichte Ausräumbarkeit

der verschuppten und tektonisch stark beanspruchten Zone zwischen Kristallin und Grödener Schichten kommt es zur Lockerung und schließlich zum Nachbrechen des überlagernden Kristallins.

- b) Die Linie, die das Kristallin und die parautochthone Schicht-hülle (Grödener Schichten, Werfener Schichten, Reste von Muschelkalk) von der eigentlichen mesozoischen Schichtplatte trennt.

Diese von W. SCHLAGER (1963) als Südrandstörung bezeichnete Grenze zeigt deutlich die starke Abhängigkeit oberflächengestaltender Faktoren von solchen größeren tektonischen Strukturen. Ebenso tritt hervor, daß Inhomogenitäten in der Gesteinsabfolge (pelitische Schiefer der Werfener Schichten — schlechtgebankte bis massige Kalke und Dolomite des Anis) von der Erosion bevorzugt erfaßt werden. An dieser Grenze hat sich der einzige größere E—W-gerichtete Seitengraben des Podlaniggrabens entwickelt (Lanergraben). Die Grabensohle weist, im Gegensatz zu der des Podlaniggrabens, bei einer Länge von 1,5 km, eine durchgehende Breite von 30 bis 40 m auf. Der Querschnitt des Grabens ist kastenförmig. Die gesamte Grabensohle ist von zum Teil über drei Meter mächtigen Stapelschuttmassen erfüllt, die bei Katastrophenhochwasser einen ergiebigen Geschiebeherd darstellen.

Weiterhin muß in diesem Zusammenhang der tektonischen Linie im S des Lesachtals gedacht werden, die das Lesachtaler Kristallin von den paläozoischen Serien der Karnischen Alpen trennt. Diese als Nordrandstörung der Karnischen Alpen und in der Fortsetzung als Pusterer und Insubrische Linie bezeichnete tektonische Linie wird von allen Autoren als Bahn erster Ordnung genannt (F. HERITSCH, 1936; H. P. CORNELIUS, 1931; R. VAN BEMMELEN, 1965). Für die Geschiebeherdbildung ist sie im betrachteten Bereich nicht bedeutungsvoll.

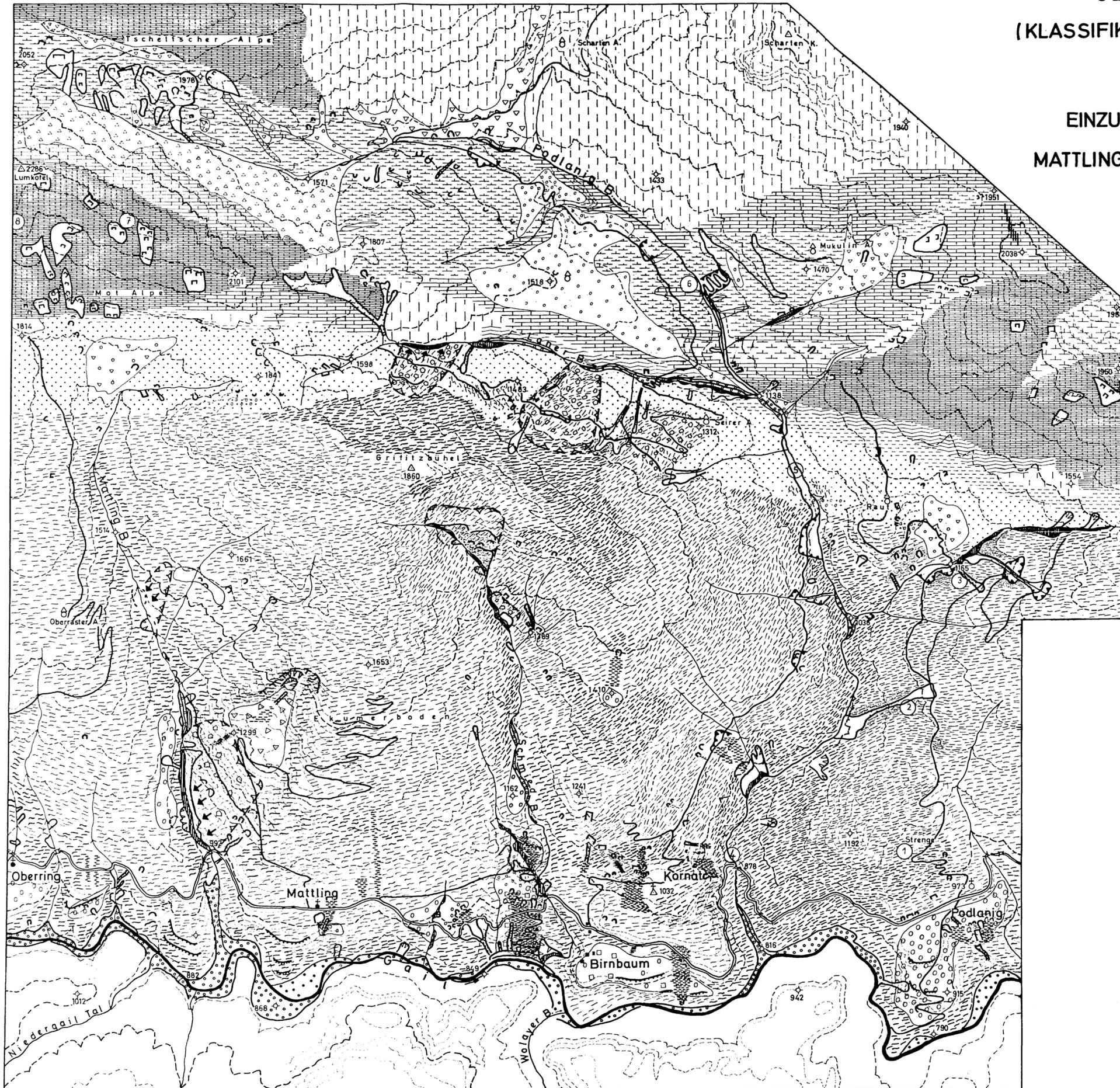
Es zeigt sich, daß Störungslinien für die Geschiebeherdbildung nur dort von besonderer Bedeutung sind, wo mechanisch verschieden stark reagierende Gesteine aufeinanderstoßen. An der Nordrandstörung der Karnischen Alpen ist dieser Fall — mit Phylliten und kristallinen Schieferen — nicht gegeben.

3. Der Einfluß der Pflanzendecke auf Wasserabfluß sowie Größe und Anzahl der Anbruchflächen

Vom Verfasser selbst konnten keine eingehenden Untersuchungen für die Diskussion dieser Zusammenhänge vorgenommen wer-

GEOTECHNISCHE KARTE (KLASSIFIKATION der ANBRUCHSFLÄCHEN)

im
EINZUGSGEBIET des PODLANIG-,
MATTLING- und SCHMIEDBACHGRABENS
(LESACHTAL / KÄRNTEN)



GESTEINSBESTAND

FESTGESTEINE

- | | | | |
|--|--|--|--|
| | Kristalliner Schiefer Verwitterungsschutt (vorw. <math>< 1\text{ m}</math>) | | Schiefer tonig bis sandig |
| | Kristalliner Schiefer Verwitterungsschutt (vorw. > 1 m) | | Mergel |
| | Kristalliner Schiefer in blättriger Gebirgsfazies | | geschichteter Kalk unlesgerdet, geschichteter Dolomit |
| | Sandstein | | gebankter Kalk |
| | Sandstein mit Konglomeratlagen | | Knollenkalk |
| | Sandstein entfestigt, sandig | | massiger Dolomit |

LOCKERGESTEINE

- | | | | |
|--|---------------------|--|---|
| | Moräne | | Schutt (z.B. Bergsturz, Schutthalde) |
| | Schotter | | Schwemmschutt |
| | Kies, Sand, Schluff | | Stapelschutt |

ANBRUCHSFORMEN

- | | | | |
|--|---|--|-----------------------|
| | Muschelanbrüche (Rf.1) Anbruchskernige | | Blockanbrüche (Rf.5) |
| | Nischenanbrüche (Rf.3) | | Rinnenanbrüche (Rf.6) |
| | Blattanbrüche (Rf.4) | | Uferanbrüche (Rf.7) |

MOBILE GEBIRGSKÖRPER

- | | | | |
|--|--|--|----------------------------|
| | Sackungsmasse in kristallinen Schiefen unter Wahrung des Gesteinsverbandes | | Abrißlinien der Bergstürze |
| | Sackungsmasse in kristallinen Schiefen ohne Gesteinsverband | | Bergzerreißen |
| | Sackungsmassen mit ausgeprägten Talzuschuberscheinungen | | |

- | | | | |
|--|---|--|--|
| | Terrassenkanten (z.T. ausgeschieden) | | Güterwege mit anthropogen verursachten Anbruchflächen |
|--|---|--|--|

- | | |
|--|---|
| | Katastrophenvermürungen der Jahre 1965 und 1966 |
|--|---|

- | | |
|--|---|
| | ② Lage der Aufnahmebereiche der Gefügediagramme |
|--|---|

den; besonders fehlen Daten, die den Einfluß der Pflanzendecke auf den Wasserabfluß hätten klären können.

Die eigenen Untersuchungen beschränkten sich auf das zahlenmäßige Erfassen der seit den Hochwasserkatastrophen entstandenen Anbruchflächen in bezug auf die vorhanden gewesene Pflanzendecke. Als Unterlage diente neben eigenen Aufnahmen eine mir von Herrn Dr. R. STERN freundlicherweise überlassene Vegetationsverteilungskarte. Sie beschränkt sich entsprechend dem Untersuchungszweck auf wenige für die Geschiebeherd- und Anbruchsbildung wichtige Vegetationstypen.

Für die Einzugsgebiete der linksufrigen Gailzuflüsse (Matting-, Schmiedbach- und Podlaniggraben) können kurz zusammengefaßt folgende Ergebnisse festgehalten werden (Näheres siehe M. MOSER, 1971 b):

- a) Die Zahl der Anbruchflächen ist bei der Kategorie „Wiesen, Äcker usw.“ um 30 Prozent größer (120 bis 140) als bei der Kategorie „Laub-Nadel-Mischwald, Nadelwald“ (80 bis 90), obwohl die Gesamtwaldfläche mit etwa 55 Prozent erheblich über dem Anteil an Freilandböden liegt.
- b) Die Anbruchflächen der Kat. I ($< 100 \text{ m}^2$) stellen absolut gesehen die größte Gruppe; dabei entfallen aber nur etwa 10 Prozent in dieser Gruppe auf bewaldete Gebiete.
- c) Die Zahl der Anbruchflächen wird mit wachsender Größe auf Freilandböden immer geringer, während in Waldgebieten die verschiedenen Größenkategorien ziemlich gleich vertreten sind. Die größte Anzahl von Anbruchflächen in Waldgebieten konnte in der Kat. VI (2000 bis 5000 m^2) beobachtet werden.
- d) Die seit der Hochwasserkatastrophe 1966 vorhandene Gesamtanbruchfläche kann mit 8 bis 10 ha bei Freilandböden und mit 19 bis 21 ha bei Waldflächen angegeben werden. Die Größe der Gesamtanbruchfläche in Waldgebieten ist also doppelt so groß, obwohl die Anzahl der Anbruchflächen wesentlich geringer ist als auf den Freilandböden.
- e) Die Größe der durch Windbruch weitgehend der ursprünglichen Pflanzendecke beraubten Flächen beträgt etwa 25 ha. Zahlreiche Anbruchflächen besonders der Kategorien V, VI und VII stehen in Zusammenhang mit solchen Windbrüchen.

Für den Bereich des Niedergailer Grabens ergibt sich für die Beziehungen Vegetation zu Größe und Zahl der Anbrüche folgendes:

- a) Die Anzahl der Anbruchflächen beträgt nur ein Viertel des Podlaniggrabens, obwohl beide Einzugsgebiete sich flächenmäßig in etwa entsprechen. Die Größe der Gesamtanbruchfläche weist das gleiche Verhältnis auf.

- b) Obwohl im Einzugsgebiet des Niedergailer Grabens der Anteil an Freilandböden mit 52 Prozent etwas über dem des Waldes (45 Prozent) liegt, sind sowohl Anzahl als auch Größe der Gesamtanbruchsfläche in Waldgebieten erheblich höher.
- c) Die Kat. I ($< 100 \text{ m}^2$), die im Podlaniggraben und den anschließenden Siedlungsgebieten mit etwa 75 Prozent beteiligt war, stellt im Einzugsbereich des Niedergailer Grabens nur etwa ein Viertel der Anbruchsfläche.
- d) Ein Abnehmen der Anzahl der Anbruchsflächen von den kleinen Kategorien zu den großen, wie es im Einzugsbereich des Podlaniggrabens und den anschließenden Siedlungsgebieten der Fall ist, konnte hier nicht beobachtet werden.

Ähnlich wie im Niedergailer Graben kann auch im Wolayer Graben beobachtet werden,

- a) daß sich auf Freilandböden eine wesentlich größere Zahl von Anbrüchen bildete als in Waldgebieten,
- b) daß die Gesamtanbruchsfläche in Waldgebieten aber erheblich größer ist.
- c) daß auf Freilandböden die Kat. I ($< 100 \text{ m}^2$) zu 70 bis 80 Prozent beteiligt ist.

Insgesamt wurde ein Gebiet von etwa 70 km^2 und etwa 400 Anbruchsflächen ausgewertet.

D i s k u s s i o n :

Die weitaus größere Anzahl von Anbrüchen auf Freilandböden bestätigt die von einigen Autoren geäußerte Ansicht, daß die Zahl der Anbruchsflächen mit steigendem Grad der Bewaldung zurückgeht. So berichtet A. ENGLER (1919) von nur drei Anrissen im fast vollständig bewaldeten Sperbelgraben, dagegen von 23 Anbrüchen im schwach bewaldeten Rappengraben (Gemeinde Sumiswald/Schweiz). Die doppelt so große Anbruchsfläche in Waldgebieten zeigt, daß im Falle der Hochwasserkatastrophen 1965 und 1966 bei extremen Tagessummen bis zu 170 mm (siehe Kapitel D 1.) die Retentionswirkung des Waldes erschöpft war. Typisch für solche Elementarereignisse sind in Waldgebieten Anbruchsflächen der Kat. VI ($2000 \text{ bis } 5000 \text{ m}^2$). Sie beweisen, daß der Wald in solchen Fällen das Entstehen von Murgängen, Felsgleitungen und tiefgreifenden Rutschungen nicht verhindern kann. Wenn man die noch durch Windbruch zerstörte Fläche von etwa 30 ha in diese Betrachtung miteinbezieht, die immer durch die vorhandene Bodenverwundung als latenter Geschiebeherd angesehen werden muß, so verschiebt sich das Verhältnis noch mehr zu ungunsten des Waldes. Extreme

Niederschläge, verbunden mit heftigem Sturm, lassen auch in gut bewaldeten Gebieten exzessive Hochwässer mit unter Umständen sogar stärkerer Anbruchsbildung entstehen.

Ähnliche Zusammenhänge, doch ohne genaues zahlenmäßiges Erfassen, bringt E. CLAR (1958) von der steirischen Unwetterkatastrophe vom August 1958 in der Breitenau. Im engeren Gebiet des Katastrophenniederschlags waren hier Regenhöhen an einem Tag von 300 mm wahrscheinlich. Diese Niederschläge entsprechen weit mehr den Verhältnissen in den Südalpen vom November 1966 als denjenigen, die jemals in den von H. BURGER untersuchten schweizerischen Gebieten auftraten. Die maximalen Ein- oder Zweitagesniederschlagssummen betrugen in der langen Beobachtungszeit von etwa 30 Jahren nur etwa ein Fünftel von dem, was im August 1958 in der Breitenau gemessen wurde.

Auch die Untersuchungen von J. ALTHALER (1971) im Bereich von Osttirol zeigen, daß sich große Anbruchflächen (bis etwa 10 ha) gerade in Waldgebieten bildeten.

Die Ergebnisse von H. BEINSTEINER & H. MAYER (1971) weisen darauf hin, daß bei exzessiven Niederschlägen für das Entstehen größerer Anbrüche geologische und morphologische Kennziffern besonders zu berücksichtigen sind.

Vor allem wird in der Untersuchung von H. BEINSTEINER & H. MAYER hervorgehoben, daß die gegenwärtige Wiesen-Wald-Verteilung entscheidend für die Auslösung von Waldabbrüchen war. Besonders abbruchgefährdet waren Waldbereiche, die in unmittelbarer oder naher Entfernung bergwärts von Mähdern oder Weiden umgeben waren. Durch eine feste Grasnarbe und Bodenverdichtung geht bei Starkregen die Einsickerung so langsam vor sich, daß ein Großteil des Niederschlags in Form von oberflächlichen Wässern abrinnt. Es ergibt sich somit bei Starkniederschlägen eine 60prozentige Mehrbelastung der unten anschließenden Waldfläche, so daß die Abbruchgefährdung rasch zunimmt. Besonders ist dies der Fall, wenn steile Almflächen und Mähwiesen eine flächige Hangentwässerung aufweisen.

Bei solchen Elementarereignissen können neben der Form und der Stärke der Niederschläge Alter und Art der Bestände weiterhin Aufschlüsse über Größe und Zahl der zu erwartenden Anbruchflächen bzw. der latenten Geschiebeherde geben. Aus den Untersuchungen geht hervor, daß der Waldbestand sich zu etwa 73 Prozent aus vorwiegend Fichte, 17 Prozent aus vorwiegend Lärche und 10 Prozent aus Laub-Nadel-Mischwald zusammensetzt. Die seit November 1966 durch Windbruch entstandenen „Kahlschläge“ beweisen deutlich, daß ein gleichaltriger Fichtenbestand bei Hochwasserkatastrophen, verbunden mit Sturm, keine günstigen Voraus-

setzungen bietet, um einer Anbruchsbildung wirksam entgegenzutreten. Die hochstämmigen Bäume mit kleinen und flachen Wurzeltellern werden durch Winddruck mehr beansprucht als Laubbäume mit meist geringer Stammhöhe und tiefer ausgreifenden Wurzeln. Besonders günstig scheinen die Verhältnisse bei den tiefwurzelnden, in offenen Beständen auftretenden Lärchen zu sein.

Bei einer ersten Übersicht über Anbrüche in Waldgebieten in Osttirol vermutete J. ALTHALER (1967), daß aus dem Alter und dem Erschließungscharakter der Bestände Schlüsse gezogen werden könnten. H. BEINSTEINER & H. MAYER (1971) kommen zu dem Schluß, daß es sich durchwegs um ökologisch stabile Fichtenbestockungen handelt, die nach Entwicklungsphase, Struktur und Alter keine ersichtlichen Katastrophenanfälligkeiten zeigen.

Für eine maximale Resistenz gegen Anbruchgefährdung wird aber auch hier ein Übergang zu Fichtenmischbeständen mit großem Anteil an tiefwurzelnden Baumarten, wie Lärchen, empfohlen.

Dagegen beweisen zahlreiche „Anbruchskeimlinge“ der Kat. I in Waldgebieten (< 100 m²), daß kleinere nicht zu tief greifende Bodenbewegungen von Bäumen aufgehalten werden können.

Tabelle 4: Anbruchsindex auf Freilandböden und in Waldgebieten im gesamten Untersuchungsgebiet.

| | Freilandböden | | Waldgebiete | |
|--|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------|
| | m ² /ha | Zahl/km ² | m ² /ha | Zahl/km ² |
| Podlaniggraben, Schmiedbachgraben, Mattlinggraben, Siedlungsgebiete von Podlanig, Birnbäum, Kornat, Mattling | 112 | 15 | 160 | 7 |
| Niedergailer Graben, Siedlungsgebiet von Niedergail | 25 | 4 | 77 | 5 |
| Wolayer Graben, Siedlungsgebiet von Nestra, Wodmaier | 43 | 15 | 87 | 2—3 |

Die synoptische Darstellung zeigt deutlich, daß aus der Vegetationsverteilung allein weder auf die Zahl der Anbrüche noch auf die Größe der Gesamtanbruchsfläche geschlossen werden kann. Besonders die Spalten 1 und 3, in welchen der erodierte Flächenanteil (m²/ha) angegeben ist, verdeutlichen diesen Zusammenhang. Aus der Aufstellung in Tabelle 4 läßt sich vielleicht die Tendenz ablesen, daß sich auf Freilandböden die größere Anzahl von Anbrüchen, aber

nicht unbedingt die größere Gesamtanbruchsfläche als in Waldgebieten findet. Für detaillierte Aussagen sowohl über Zahl und Größe als auch über Form, Vorgang und Ursache der Anbruchsbildung müssen die schon eingangs (siehe Abb. 2) erwähnten Faktoren berücksichtigt werden.

4. Form und Vorgang der Anbruchsbildung und ihre Beziehungen zum geologischen Untergrund

Eine systematische Gliederung der Anbrüche und der Geschiebeherde nach der Form und untergeordnet nach dem Vorgang brachte in ausführlicher Weise als erster J. STINY (1931). Weiterhin erfolgte hier zum erstenmal eine Angabe über die Stellung der jeweiligen Geschiebeherde innerhalb des Einzugsgebietes eines Wildbaches. Die wichtige quantitative Bewertung der Gesteine in bezug auf die Anbruchsbildung fehlte hier weitgehend.

In dieser Arbeit wird nun der Versuch unternommen, Form, Zahl und Größe der Anbrüche und Vorgang der Anbruchsbildung in Verbindung mit der Ausbildung des Substrates (Locker- und Festgesteine, siehe Kapitel D 2.) zu betrachten. Dabei können diese Ergebnisse wieder in Zusammenhang mit genau definierten hydrologischen Verhältnissen (siehe Kapitel D 1.) gebracht werden.

4.1. Zur Nomenklatur der Geschiebeherde und Anbrüche

In der Nomenklatur der Anbruchsbildung wird im alpinen Bereich von geologischer Seite und in dem Schrifttum der Wildbachverbauung weitgehend noch auf die Nomenklatur von J. STINY (1931) zurückgegriffen, die eine Einteilung hauptsächlich nach der Form vorsieht. In der Bodenmechanik erfolgt eine Klassifizierung der Massenbewegungen seit jeher nach dem Vorgang und in sehr beschränktem Maße nach der Form. Eine Klassifikation nur nach Vorgang und Ursache ist bei der starken Heterogenität der Ausgangsstoffe oft schwierig und nicht immer eindeutig, so daß eine Einteilung nach der Form durchaus vertreten werden kann.

Hier wird nun eine Klassifikation unter Anwendung beider Einteilungsprinzipien versucht, wie es schon in einzelnen Arbeiten vorgeschlagen worden ist (z. B. H. AULITZKY, 1968 b), da eine Einteilung nur nach der Form völlig heterogen Entstandenes oft mit ein und demselben Begriff belegt. Eine Berücksichtigung beider Klassifikationsmöglichkeiten ergibt dann folgende Gliederungsmöglichkeiten:

- a) Gleitflächenbruch-Rutschung ohne vorgezeichnete Gleitfläche (z. T. Rotations-Rutschung) in Lockergesteinen.

Diese Art der Massenbewegung könnte der Form nach am besten mit dem schon lange im Schrifttum eingeführten Begriff „Muschelanbrüche“ (Rutschungsform* 1) beschrieben werden.

Als Besonderheit sollten hier noch mehrfach rückschreitende Rotations-Rutschungen erwähnt werden, die im untersuchten Bereich an hochteildbewegliche Schiefer gebunden sind (Rf. 2).

- b) Gleitflächenbruch-Rutschung ohne vorgezeichnete Gleitfläche in Festgesteinen.
Hier wurde vielfach auch der Begriff „Muschelanbrüche“ verwendet, obwohl sich, durch das Gefüge der Festgesteine bedingt, weder kreisförmige noch sonst gleichmäßig gekrümmte Gleitflächen ergaben. Hier wäre am besten von „Nischenanbrüchen“ (Rf. 3) zu sprechen.
- c) Gleitflächenbruch-Rutschung mit vorgezeichneter Gleitfläche (Translations-Rutschung) in Lockergesteinen.
Für solche seichten Schuttrutschungen könnte der schon seit längerem in Gebrauch befindliche Begriff „Blattanbrüche“ (Rf. 4) verwendet werden.
- d) Gleitflächenbruch-Rutschung mit vorgezeichneter Gleitfläche (Translations-Rutschung) in Festgesteinen.
Der Form nach wären diese Anbrüche am besten als „Blockanbrüche“ (Rf. 5) zu bezeichnen.
- e) Bodenbewegungen hervorgerufen durch oberflächlichen Abfluß in Form von „Rinnenanbrüche“ (Rf. 6) und „Uferanbrüchen“ (Rf. 7).
Unter Rinnenanbrüchen werden Anbruchsformen verstanden, die vornehmlich durch den Tiefenschurf des oberflächlich abfließenden Wassers entstehen. Eine Aufteilung in „Feilanbrüche“ und „Keilanbrüche“ (J. STINY, 1931) wird hier nicht vorgenommen.

Aufgeteilt wurde der Begriff „Muschelanbrüche“, der nunmehr bei Gleitflächenbruch-Rutschungen ohne vorgezeichnete Gleitfläche in Lockergesteinen verwendet wird. Für Festgesteine wird der Begriff „Nischenanbrüche“ vorgeschlagen. Je kleinklüftiger das Gebirge ist, umso mehr kann natürlich diese Bruchnische der Form und dem Vorgang nach der Gleitkreisbildung entsprechen, so daß sich hier mehr oder minder kreisförmige Bruchflächen, wie in Lockergesteinen, einstellen. Doch sollte nicht übersehen werden, daß eine Trennung dieser Anbruchsformen in Locker- und Festgesteine gerade für die Praxis von entscheidender Bedeutung ist.

Auch bei den Gleitflächenbruch-Rutschungen mit vorgezeichneter Gleitfläche sollte eine Bezeichnung sowohl Festgesteine als auch

* In Hinkunft (Rf.)

Lockergesteine berücksichtigen. Für die Beurteilung von Schäden, die sich bei Elementarereignissen einstellen können, ist von Vorteil zu wissen, ob diese Anbrüche nur die oberste Bodenschicht oder mächtige Felspartien betreffen werden. Die erstgenannten wären dann der Form nach als „Blattanbrüche“, dem Vorgang nach als flache „Schutt-

Tabelle 5: Grundtypen der Anbruchsbildung nach Form und Vorgang.

| Vorgang | Form | Nähere Kennzeichnung |
|---|-----------------|---|
| 1. Gleitflächenbruch-Rutschung ohne vorgezeichnete Gleitfläche in Lockergest. (z. T. Rotations-Rutschung) | Muschelanbrüche | mäßig tiefgreifend Dicken/Längenverhältnis 0,1—0,2 |
| a) als einfache Rotations-Rutschung Rutschungsform 1 | | Größe vorwiegend 50—150 m ² |
| b) als mehrfach rückschreit. Rotations-Rutschung Rutschungsform 2 | Muschelanbrüche | stark tiefgreifend Größe vorwiegend >150 m ² |
| 2. Gleitflächenbruch-Rutschung ohne vorgezeichnete Gleitfläche in Festgest. Rutschungsform 3 | Nischenanbrüche | tiefgreifend Größe teilweise >10.000 m ² |
| 3. Gleitflächenbruch-Rutschung mit vorgezeichneter Gleitfläche in Lockergest. (Translations-Rutschung) Rutschungsform 4 | Blattanbrüche | sehr seichtschalig „Grasnarben-Rutschung“ seichtschalig gesamte Verwitterungsschuttdecke Größe vorwiegend 50—150 m ² |
| 4. Gleitflächenbruch-Rutschung mit vorgezeichneter Gleitfläche in Festgest. (Translations-Rutschung) Rutschungsform 5 | Blockanbrüche | Größe stark variierend |
| 5. Massenbewegungen durch oberflächlichen Abfluß Rutschungsform 6 | Rinnenanbrüche | Größe stark variierend |
| 6. Massenbewegungen durch oberflächlichen Abfluß Rutschungsform 7 | Uferanbrüche | Größe stark variierend |

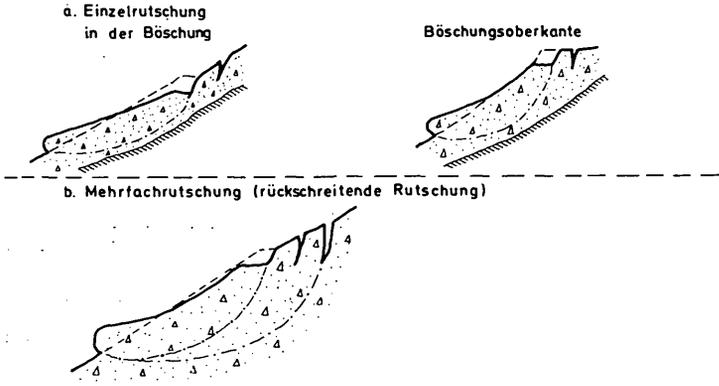
rutschung“, die letztgenannten der Form nach als „Blockanbrüche“, dem Vorgang nach als „Felsgleitung“ anzusprechen.

In der Tabelle 5 sind die ausgeschiedenen Anbruchformen nach Form und Vorgang nebst einer näheren Kennzeichnung aufgeführt.

Ganz allgemein kann jedoch bemerkt werden, daß einmal fest

eingeführte Begriffe beibehalten werden sollen und nur dann zu ändern sind, wenn sich Mißverständnisse einstellen könnten, die sich besonders in der Praxis als nachteilig erweisen.

Gleitflächenbruch-Rutschung ohne vorgezeichnete Gleitfläche in Lockergesteinen (Rotations-Rutschung, Muschelabrüche, Rf. 1, Rf. 2)



Gleitflächenbruch-Rutschung ohne vorgezeichnete Gleitfläche in Festgesteinen (Rotations-Rutschung, Nischenabrüche, Rf. 3)

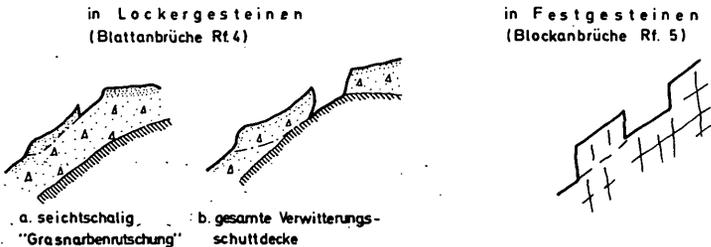
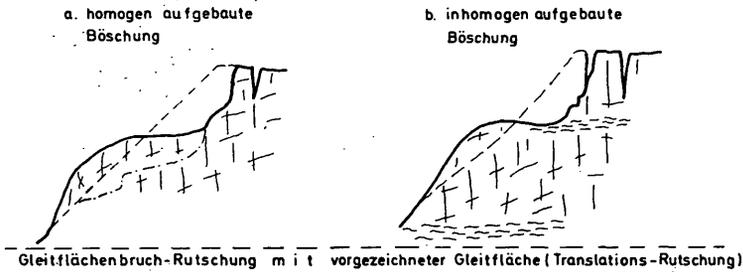


Abb. 12: GRUNDTYPEN VON MASSENBEWEGUNGEN (mit Ausnahme von Ufer- und Rinnenanbrüchen)

E) KLASSIFIKATION DER ANBRUCHS-
FLÄCHEN NACH ZAHL, GRÖSSE,
VORGANG UND FORM IM MITTLEREN
LESACHTAL UND IHRE BEZIEHUNG
ZUM GEOLOGISCHEN UNTERGRUND

In der nachfolgenden Tabelle 6 sind für die in Kapitel D 2. klassifizierten Gesteine die nach den Jahren 1965 und 1966 vorhandenen Anbrüche nach Zahl, Größe, Vorgang und Form für den Bereich des mittleren Lesachtales aufgeschlüsselt. In den Größenkategorien V, VI und VII ($> 1000 \text{ m}^2$) muß mit einem erheblichen Prozentsatz an Anbrüchen gerechnet werden, die schon vor den Jahren 1965 und 1966 bestanden haben bzw. aktiv waren. Dagegen müssen die kleineren fast ausschließlich in Zusammenhang mit den Elementarereignissen besonders im Jahre 1966 gesehen werden. Die Anbrüche, die vorwiegend auf anthropogene Einflüsse (Großviehweiden, künstliche Böschungen) zurückgehen, sind in dieser Aufstellung nicht berücksichtigt.

In der Tabelle 7 wird versucht, für die Festgesteine samt Verwitterungsschuttdecke eine Erosionsbilanz mit Hilfe eines Anbruchindex (Größe der Anbruchsfläche in ha bezogen auf die Einheit von 100 ha und Zahl der Anbruchsfläche bezogen auf 100 ha) aufzustellen.

Eine räumliche Angabe der Erosion, ausgedrückt in m^3/ha , die von Interesse auch für Abtragungsvorgänge im allgemeinen wäre, stößt auf erhebliche Schwierigkeiten. Hier sind besonders die großen Anbrüche zu erwähnen, die sich einer räumlichen Einschätzung nur sehr schwer unterziehen lassen.

Tabelle 7: Anbruchindex für Festgesteine und Verwitterungsschutt.

| | Flächenindex ha/100 ha | Zahlenindex Zahl/100 ha |
|------------|---------------------------|----------------------------|
| Typ 2 | 0,7 | 8 |
| Typ 4 | 24 | 33 |
| Typ 7 | 1,5 | 32 |
| Typ 8 | 0,1 | 7 |
| Typ 10 | 0,4 | 6 |
| Typ 12, 13 | 1,0 | 20 |
| Typ 16 | 2,0 | 12 |
| Typ 17 | 0,25 | 24 |
| Typ 18 | 0,9 | 23 |

Anmerkung zur Tabelle:

1. Die in der Tabelle nicht enthaltenen Festgesteine samt ihren Verwitterungsprodukten neigen nur in geringem Maße zur Anbruchsbildung bzw. besitzen keine genügend große Fläche für repräsentative Aussagen.
2. Die hohen Werte für Typ 16 (gebankte Kalke) sind nicht als „Elementarereignis-Anbruchindex“, sondern als Index für dauernd latente, aber selten aktive Anbrüche zu werten. Dagegen kann der Anbruchindex auf den übrigen Gesteinen als Elementarereignis-Anbruchindex angesehen werden, da diese Anbruchsflächen neu entstanden sind bzw. alte aktiviert wurden.

Tabelle 6 : Klassifikation der Anbruchflächen nach Zahl, Größe, Vorgang und Form im mittleren Lesachtal (Podlanigraben, Schmiedbachgraben, Mattlinggraben und Niedergallergraben)

| Gestein(Fest- gest. u. Ver- witterungs- schutt | Typ 1,2 | Typ 4 | Typ 6 | Typ 7 | Typ 8 | Typ 10 |
|---|---|---|---------------------|---------------------------|--|---|
| Einzugs- Gebiet | Podlanigraben Schmiedbachgr. Mattlinggr. Niedergallergr. Wolayergr. | Podlanigraben Schmiedbachgr. Mattlinggr. Niedergallergr. | Podlanig- graben | Podlanigr. Mattlinggr. | Niedergaller- graben Wolayergraben | Niedergal- lergraben Wolayer- graben |
| Fläche (ha) | 1560 | 15 | 4 | 25 | 500 | 1380 |
| Rf. 1 | 40(I), 12(II), 4(III), 1(IV), 2(V), 1(VI), 1(VII) | 2(VII) | | 3(I), 1(IV) | | 10(I), 9(III) |
| Rf. 3 | 1(II), 3(III), 6(IV), 3(V), 4(VI), 1(VII), 1(VI) | | 1(VII) | 1(II), 1(IV) | 1(V) | 1(III), 4(IV), 1(V), 1(VI), 1(VII) |
| Rf. 4 | 7(I), 2(II), 6(III) | | | | 35(I) | 50(I), 4(IV) |
| Rf. 5 | 1(III), 2(IV) | | | | | |
| Rf. 6 | 4(III), 2(V), 3(VI), 1(VII) | 1(VII) | | | 1(III) | |
| Rf. 7 | 5(V), 4(VI), 1(VII) | 1(VI), 1(VII) | 1(VI) | 1(III), 1(V) | | 1(VI), 2(VII) |

Tabelle 6 (Fortsetzung)

Klassifikation der Anbruchsflächen nach Zahl, Größe, Vorgang und Form im mittleren Lesachtal (Podlanigraben, Schmiedbachgraben, Mattlinggraben und Niedergallergraben)

| Gestein | Typ 12 | Typ 13 | Typ 15 | Typ 16 | Typ 17 | Typ 18 |
|---------------|-----------------------------|--|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---|
| Einzugsgebiet | Podlanigrgr. Mattlinggr. | Podlanigrgr. Mattlinggr. | Podlanigrgr. Mattlinggr. | Podlanigrgr. Mattlinggr. | Podlanigrgr. Mattlinggr. | Podlanigrgr. |
| Fläche ha | zusammen 160 | | 20 | 40 | 200 | 260 |
| Rf. 1 | 3 (I) | | | | | 20 (I), 4 (II) |
| Rf. 3 | 2 (II), 1 (III), 4 (II) | 2 (I), 4 (II), 2 (IV), 2 (V), 2 (VI) | 1 (VII) | 1 (VI) | 2 (IV) | |
| Rf. 4 | 5 (I) | | | | 40-50 (I) | 25 (I), 1 (II) |
| Rf. 5 | | | | 1 (III), 3 (V) | | |
| Rf. 6 | 3 (IV) | | | | | 2 (IV) |
| Rf. 7 | wenige in I u. II | 2 (III) | | | | zahlr. in I u. II 1 (VI), 2 (VII) |

Tabelle 6 : Klassifikation der Anbruchflächen nach Zahl, Größe, Vorgang und Form im mittleren Lesachtal (Podlanigraben, Schmiedbachgraben, Mattlinggraben, Niedergailergraben, Wolayergraben)

| Gestein (Locker- gesteine außer verwitte- rungsSch.) | schluffige Sande | Kiesige Sande, sandige Kiese | Schotter teilw. verfestigt | Moräne | gemischtes Substrat | Blockschutt |
|---|--|---|---|---|---|---|
| Einzugs- gebiet | Schmiedbachgr. Siedlungsgebiet Niedergailergr. von Podlanig Wolayergraben Niedergailergr. Wolayergr. Siedlungsgebiet Wolayergraben v. Wodmayer v. Niedergail | Schmiedbachgr. Siedlungsgebiet Niedergailergr. von Podlanig Wolayergraben Niedergailergr. Wolayergraben Siedlungsgebiet Wolayergraben v. Wodmayer v. Niedergail | Schmiedbachgr. Siedlungsgebiet Niedergailergr. von Podlanig Wolayergraben Niedergailergr. Wolayergraben Siedlungsgebiet Wolayergraben v. Wodmayer v. Niedergail | Schmiedbachgr. Siedlungsgebiet Niedergailergr. von Podlanig Wolayergraben Niedergailergr. Wolayergraben Siedlungsgebiet Wolayergraben v. Wodmayer v. Niedergail | Schmiedbachgr. Siedlungsgebiet Niedergailergr. von Podlanig Wolayergraben Niedergailergr. Wolayergraben Siedlungsgebiet Wolayergraben v. Wodmayer v. Niedergail | Schmiedbachgr. Siedlungsgebiet Niedergailergr. von Podlanig Wolayergraben Niedergailergr. Wolayergraben Siedlungsgebiet Wolayergraben v. Wodmayer v. Niedergail |
| Rf. 1 | 26 (I), 3 (II), 2 (III) | 14 (I), 8 (II), 9 (III), 1 (IV) | 1 (VII) | 3 (III), 1 (VI) | 2 (IV), 2 (VI), 5 (VII) | |
| Rf. 4 | | | | 2 (V) | | |
| Rf. 6 | | | 2 (VI) | 2 (VI), 2 (VII) | | |
| Rf. 7 | | | | 3 (VII) | | 3 (VII) |

Anmerkung:

Die römische Zahl in Klammern bedeutet die jeweilige Größe der Anbruchflächen:

- I (50-100 m² und kleiner), II (100-200 m²), III (200-500 m²),
- IV (500-1000 m²), V (1000-2000 m²),
- VI (2000-5000 m²), VII (größer 5000 m²)

Arabische Zahlen = Anzahl der Anbruchflächen

F) VERSUCHE EINER HANGSTABILITÄTS- KLASSIFIKATION

Eine einfache Klassifikation der Stabilität von Hängen gab T. C. SHENG (1966) aufgrund der Untersuchung von 631 Rutschungen.

Wie H. AULITZKY (1968 a) betonte, sind hier manche ausschlaggebende Faktoren nur sehr summarisch berücksichtigt, wie z. B. die Eigenschaften des Substrates (Locker- und Festgesteinsausbildung). Außerdem wird hier einer der ausschlaggebenden Faktoren, nämlich der Einfluß des Niederschlages, überhaupt nicht in die Analyse mitbezogen. Hangformung und -entwicklung sind im alpinen Bereich im wesentlichen an extreme Niederschläge, sei es in Form von heftigen Landregen oder kurzfristigen Starkregen, gebunden. In den Zwischenzeiten mit normaler Witterung beschränkt sich die geomorphologische Entwicklung auf eine flächenhafte Abspülung mit keiner namhaften Ausformung und Erosionsleistung. Dies macht sich auch in den Gerinnen bemerkbar, die nur Trübe und feinstes Gesteinsmehl führen. Besonders in Wildbachrinnen ist die geomorphologische Wirksamkeit solcher Normalniederschläge gering, da die Pflasterung mit größeren Schottern und Blöcken eine Erosion fast vollständig verhindert. Zu ähnlichen Ergebnissen kommt J. TRICART (1961) bei der Untersuchung zur Hangentwicklung im Bassin von Guil (Htes-Alpes, France).

Eine Ausgestaltung mit definiertem, geomorphologischem Formeninhalte kann nur bei kurzfristigen Starkniederschlägen oder bei extremen Landregen erwartet werden, die Tagessummen von 150 mm oder Zweitagesummen von 250 mm überschreiten.

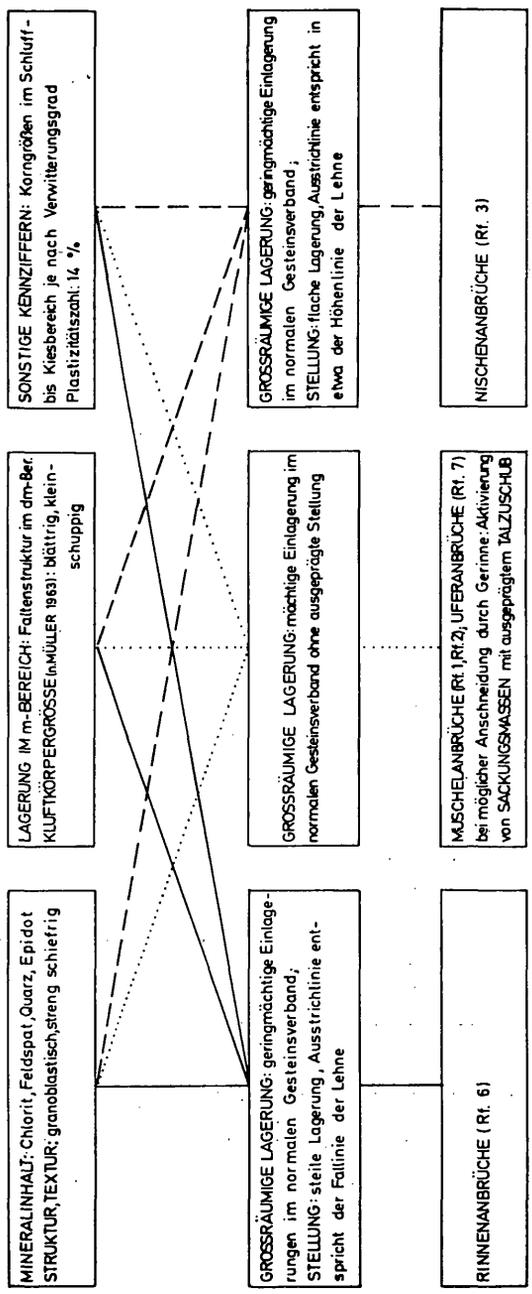
Weiterhin muß festgehalten werden, daß eine solche Hangstabilitäts-Klassifikation Zahl, Größe und Vorgang der auf dem betreffenden Gestein entstehenden Anbrüche berücksichtigen müßte.

S. PIGNATTI (1971) versuchte im alpinen Bereich (italienischer Anteil der Karnischen Alpen), in der Zusammenschau erosionsbedingender Faktoren Erosionskarten bzw. „Karten der Tendenz zur Erosion“ darzustellen.

In diesem Versuch einer synoptischen Darstellung werden zwar neben der Vegetationsverteilung die Faktoren Neigung und geologischer Untergrund berücksichtigt. Doch wird den einzelnen Gesteinen keine Wertigkeit zugesprochen in bezug auf die Anbruchsbildung. Weiter dürfte z. B. die Substratkennzeichnung (vier Kategorien), die neben dem zur Verfügung stehenden Niederschlag den Hauptfaktor darstellt, in dieser Weise nicht ausreichend sein.

J. KARL und W. DANZ (1969) brachten für die Niederschlagsgebiete Halblech und Hörnergruppe Kartierungen (1:25.000), die Form und Vorgang der Anbruchsbildung berücksichtigen. Die Kennzeichnung des Substrates erfolgt hier nur sehr summarisch und müßte gerade bei der Wichtigkeit dieses Faktors für die Geschiebeherdentstehung detaillierter ausgedehnt sein.

**TABELLE 8 : SCHEMA VON ART, VORGANG UND FORM DER ANBRUCHSBILDUNG BEI ELEMENTAREREIGNISSEN AM BEI-
SPIEL EINES HOCHTEILBEWEGLICHEN SCHIEFERS**



I

II

III

Hangstabilitäts-Klassifikation für das Untersuchungsgebiet

Die hier vorgelegte Klassifikation stützt sich auf die Faktoren Niederschlag, Locker- und Festgesteinsausbildung, Vegetation und Morphologie sowie Zahl, Größe und Vorgang der auf dem betreffenden Substrat entstandenen Anbruchsflächen. Es hat sich gezeigt, daß durch die Ausbildung der Fest- und Lockergesteine die Form und der Vorgang der Anbruchsbildung bei gegebenen Niederschlägen schon weitgehend festgelegt sind.

Diesem Umstand trägt die Karte „Geotechnische Karte, Klassifikation der Anbruchsflächen“ (siehe Beilage I) Rechnung und vereinigt die Darstellung des Gesteinsuntergrundes mit der Form und dem Vorgang der weitgehend anlässlich der Hochwasserkatastrophe 1966 entstandenen Anbruchsflächen.

Die aus der „Geologie“ ablesbaren Kennziffern (ausgesuchte Beispiele)

Besonders auffällig zeigen diese Zusammenhänge hochteilmobile kristalline Schiefer, die besonders gemeinsam mit glazialen



Abb. 13: Der etwa 220 Höhenmeter aufweisende rinnenförmige Murgang in Chlorit-Schiefern, Podlaniggraben E-Seite im Bereich des Güterweges Strenge—Rautalm, 1000 bis 1220 m Seehöhe. Die Ausstrichzone des anfälligen Substrates entspricht der Falllinie der Lehne

Sedimenten im Bereich der Südalpen bei Elementarereignissen die stärksten Geschiebelieferanten und Anbruchsbildner sind (z. B. Gradenbach/Mölltal, Eggenbach/Lesachtal). Im verwendeten Beispiel handelt es sich um hochteilbewegliche Chlorit-Schiefer, die auch im anstehenden Gestein schon Übergänge zu Lockergesteinen zeigen. Ausgehend von einer gemeinsamen petrographisch-lithologischen Disposition (siehe Tabelle 8) ergeben sich nach Lagerungsform verschiedene Möglichkeiten der Form und des Vorganges der Anbruchsbildung:



Abb. 14: Der anstehende feinstblättrige Chlorit-Schiefer (Typ 4) in blättrig-kleinschuppiger Gebirgsfazies in der Mitte des Murganges

- a) **Rinnenanbrüche** (Fall I der Tabelle 8): Entsprechend der Gesteinsausbildung und großräumigen Lagerung (Raumstellung des Chlorit-Schiefer-Zuges entspricht der Falllinie der Lehne), sind solche Zonen als Muldenbereiche gekennzeichnet, die bei Elementarereignissen durch den erhöhten und konzentrierten Abfluß besonders der Tiefenerosion ausgesetzt sind. Die geringmächtige Einlagerung innerhalb verbandsfester kristalliner Schiefer läßt bevorzugt nur diese eine Anbruchsform entstehen. Bedingt durch die petrographische Ausbildung wird hier nicht nur die Verwitterungsschwarte, sondern auch das Anstehende bei solchen Massenbewegungen erfaßt. Für eine größere Erstreckung dieser Anbrüche sind natürlich bestimmte Lagerungsformen der betreffenden anfälligen Gesteine notwendig. Die Abbildungen 13 und 14 verdeutlichen diese Zusammenhänge. Der etwa 220 Höhenmeter aufweisende rinnenförmige Murgang folgt einer Zerrüttungszone im Kristallin, die aber nicht durch tektonische Vorgänge, sondern vielmehr durch die Gesteinsausbildung (feinblättriger Chlorit-Schiefer, Typ 4) bedingt ist. Solche rinnenförmigen, meistens in Muldenzonen auftretenden Anbrüche können auch typisch für Waldgebiete bei Elementarereignissen angesehen werden, wenn entsprechende Lagerungsverhältnisse und die petrographische Ausbildung des Substrates gegeben sind.
- b) **Gleitflächenbruch-Rutschung ohne vorgezeichnete Gleitfläche** als einfache oder mehrfach rückschreitende Rotations-Rutschung (Muschelanbrüche, Fall II der Tabelle 8): Diese ansonst bei Elementarereignissen typische Anbruchsform für den Verwitterungsschutt aller kristallinen Schiefer und glazialer Sedimente im Schluff bis Kiesbereich findet sich auch als spezielle Ausbildung (mehrfach rückschreitende Rotations-Rutschung) in hochteilbeweglichen kristallinen Schiefen, die aufgrund ihres Verhaltens zum Wasser und der vorhandenen Korngröße Beziehungen zu Lockergesteinen aufweisen. Bedingt durch die größere Mächtigkeit entwickeln sich nicht nur Anbrüche nach Art von Einzel-Rutschungen, sondern auch Muschelanbrüche als mehrfach rückschreitende Rotations-Rutschungen (siehe Abb. 16). Derartig betroffene Lehnen können sich völlig in ein Schollenmosaik auflösen (siehe Abb. 17), das auch bei Starkregen, die bei weitem nicht das Ausmaß von intensiven Landregen in der Form von 1965 und 1966 haben müssen, einen ergiebigen Geschiebeherd darstellen. Hinzu kommt, daß solche von mächtigen hochteilbeweglichen Schiefen aufgebauten Lehnen Sackungserscheinungen zeigen, die sich besonders beim Anschneiden von einem Gerinne durch ausgeprägte Talzuschübe bemerkbar machen. Diese Bereiche bedürfen einer besonders sorgfältigen Untersuchung, da sich gezeigt

hat, daß diese Phänomene die Wildbachverbauung vor große und meistens kaum oder nur sehr schwer beherrschbare, bautechnische Probleme stellen (siehe Mattlinggraben, Gradenbach). Eine Detailkartierung solcher Bereiche ist bei technischen Maßnahmen unbedingt notwendig, um das mögliche Ausmaß und die Masse der von solchen Bewegungen betroffenen Gesteine besser abschätzen zu können*. Natürlich muß betont werden, daß solche Phänomene nicht unbedingt in direktem Zusammenhang mit Elementarereignissen zu sehen sind, sondern nur eine Aktivierung normalerweise wesentlich langsamer ablaufender Prozesse darstellen. Diese Formen und auch die Vorgänge solcher Massenbewegungen stehen damit im Gegensatz zu den Anbruchsformen in weniger hochteilbeweglichen kristallinen Schiefer, wo sich zwar zahlreiche, aber meistens von intakten Lehnenstücken umgebene Anbrüche bei Elementarereignissen nur im Verwitterungsschutt bilden. Letztgenannte waren wohl bei den Elementarereignissen von 1965 und 1966 die typischen Anbruchsformen im Bereich

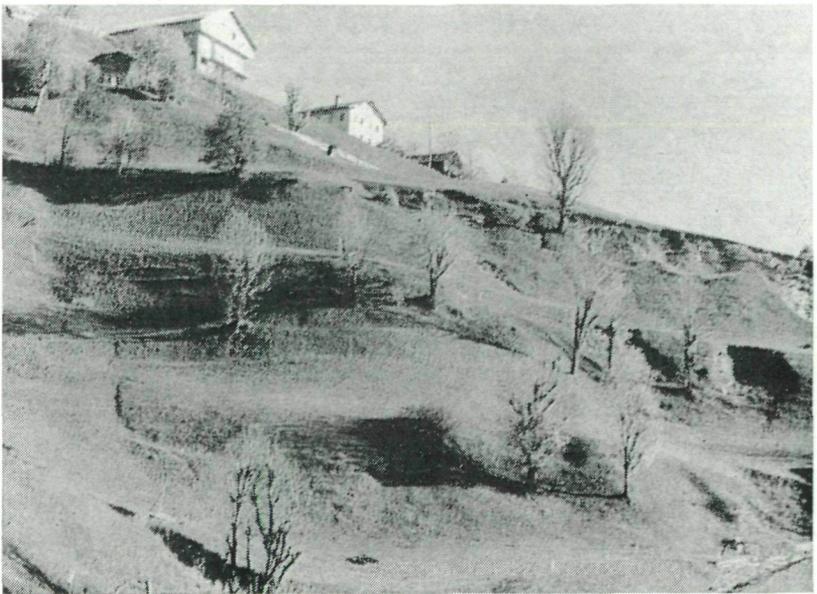


Abb. 15: Muschelförmige Anbrüche („Hangexplosionen“, Rf. 1) der Größenskategorie I und II ($< 200 \text{ m}^2$) oberhalb von Birnbaum (1000—1100 m Seehöhe) in Granat-Glimmer-Schiefer-Verwitterungsschutt; deutlich ist der Ausgangspunkt der Bodenbewegungen an den Terrassenkanten zu erkennen.

* Ähnliche Bewegungsformen und -mechanismen in hochteilbeweglichen Schiefen beschreibt ZISCHINSKY (1967) z. B. vom Glunzerberg, Matrei in Osttirol.



Abb. 16: Flugbildaufnahme des Einzugsgebietes des oberen Schmiedbachgrabens (1500—1750 m Seehöhe). Der Sackungsbereich ist in seinen unteren Bereichen durch tiefgreifende Muschelanbrüche und hohe Uferanbrüche gekennzeichnet, in den oberen Bereichen deuten Stufen und Verteilungen auch auf Ausstriche von Bewegungsbahnen. Das Material besteht zum großen Teil aus hochteilbeweglichen Chlorit-Schiefen (siehe auch Abb. 4)

von Osttirol und Oberkärnten im Verwitterungsschutt kristalliner Schiefer (siehe Abb. 15).

Die Größe der entstandenen Anbrüche ist eng mit der Mächtigkeit der Verwitterungsdecke verknüpft. Stärkere Mächtigkeiten finden sich aber nur an terrassenförmig gegliederten oder nicht zu steil geneigten Lehnen. An Hängen $> 35^{\circ}$ bilden sich nur geringmächtige Verwitterungsdecken, in denen bevorzugt Blattanbrüche (Rf. 4) auftreten. Da die Mächtigkeiten drei Meter selten überschreiten und im Durchschnitt bei ein bis zwei Meter liegen, gehören die typischen Formen den Größenkategorien I und II (50 bis 200 m²) (siehe Tabelle 6) an. Dabei entfallen über 80 Prozent dieser Größenkategorie auf die Freilandböden. Die geringe Anzahl solcher Anbruchsflächen im Waldgebiet zeigt, daß auch bei solch extremen Niederschlägen mit Tagessummen bis zu 170 mm der Wald die die Rutschung auslösenden Faktoren stark vermindern kann. Die bessere Entwässerung, höhere Wasserkapazität und größere Bodenfestigkeit lassen erst bei extremen Niederschlägen eine verstärkte Anbruchsbildung zu.



Abb. 17: Detailausschnitt des völlig in ein Schollenmosaik aufgelösten Mittelstückes des Sackungsbereiches mit tiefgreifenden Muschelanbrüchen



Abb. 18: Flugbildaufnahme des obersten Einzugsgebietes des Eggenanbruches. Der insgesamt 20 ha messende und 400 Höhenmeter aufweisende Anbruch in grobblockigen Zweiglimmer-Quarz-Schiefern und Gneisen im Wechsel mit hochteibeweglichen Graphit-Schiefern dürfte der größte Geschiebelieferant für das gesamte Kärntner Lesachtal sein



Abb. 19: Der besonders anbruchsaktive Bereich im obersten Teil des Eggenanbruches; durch en-bloc-Gleitungen, ähnlich den Muschelanbrüchen in Lockergesteinen, werden große Mengen von Geschiebe bereitgestellt. In der unteren rechten Bildhälfte ist noch der Waldbestand auf dem herausgeglitterten Felskörper zu sehen

- c) Gleitflächenbruch-Rutschung ohne vorgezeichnete Gleitfläche in Festgesteinen (Nischenanbrüche, Fall III der Tabelle 8): Im allgemeinen Fall ist dieser Vorgang der Anbruchsbildung an ein Gebirge mit mehreren Kluftscharen geknüpft (L. MÜLLER, 1963), wobei vorgezeichnete Gleitbahnen nicht ohne weiteres zu erkennen sind. Trotzdem sind hier, bedingt durch das Gefüge, Zonen des geringsten Scherwiderstandes vorhanden. Im speziell betrachteten Bereich enthält die Lehne aber als \pm horizontale Einlagerung den hochteilmobilen Schiefer, der in diesem Größenbereich als bindige Schicht angesehen werden kann. Es ergeben sich, bedingt sowohl durch das Gefüge als auch durch die Einlagerung einer „weichen“ Schicht, teilweise vorgezeichnete, zusammengesetzte Gleitflächen. Eine andere Benennung dieser Anbruchsform erscheint weniger aus dem Grad der vorhandenen vorgezeichneten Gleitflächen notwendig, sondern vielmehr aufgrund der Auswirkungen, die solche Nischenanbrüche haben können. Die Muschelanbrüche in Lockergesteinen, sofern sie nicht im relativ seltenen Fall der Mehrfach-Rutschung auftreten, sind in ihrer Größe und Ausdehnung wesentlich beschränkter (natürlich zahlreicher). Dagegen ist

das Ausmaß der Geschiebe- und Anbruchsbildungen wesentlich größer, wenn wir den Fall III der Tabelle 8 betrachten, da bei Wiederholung der dargelegten petrographisch-lithologischen und großräumigen Lagerungsverhältnisse Kubaturen von mehreren hunderttausend Kubikmeter in Bewegung geraten können (Beispiel Eggenbruch an der Grenze Kärnten/Osttirol, Lesachtal, siehe Abbildungen 18 und 19).

Dieser Vorgang spielt sich zum Unterschied von Muschelanbrüchen in Lockergesteinen über längere Zeiträume ab und exzessive Niederschläge können nur den auslösenden Faktor darstellen. Die hier kurz erläuterten Beispiele sollen zeigen, daß eine Analyse der petrographisch-lithologischen und geologischen Verhältnisse in vielen Fällen schon ziemlich sichere Anhaltspunkte über Form und Vorgang der Anbruchsbildung geben kann.

Berücksichtigung weiterer Faktoren, die in eine Hangstabilitäts-Klassifikation eingehen

Die Faktoren wie Vegetation, Morphologie und Exposition dürften nur modifizierenden Charakter haben; die Disposition ist schon durch die Substrateigenschaften im weitesten Sinne festgelegt.

Vegetation

Wie schon im Schema (siehe Abb. 2) angedeutet, wird sich der Faktor Vegetation besonders auf Zahl und Größe der Anbruchflächen auswirken. Zur Einschätzung als „anbruchsbegünstigender oder anbruchsverringender“ Faktor wurden zwei Hauptgruppen gewählt.

- a) Waldflächen
- b) Freilandböden (Wiesen, Äcker, Mäher, Großviehweiden)

Morphologie

Die Morphologie muß für die einzelnen Gesteine und jeweiligen Anbruchformen sehr verschieden gewertet werden.

Als Hauptfaktoren sind hier anzuführen:

- a) Neigung (diese wurde in vier Bereiche gegliedert: $< 20^\circ$, 20 bis 30° , 30 bis 40° , $> 40^\circ$)
- b) terrassiert im Längsprofil
- c) nicht gegliedert im Querprofil
- d) Muldenzonen im Querprofil

Tabelle 9: Erosionsgefährdung bzw. Hangstabilitätsklassifikation im Bereich des mittleren Lesachtales (kristalline Schiefer)

| Gesteinsart | Nieder- schlag | Lagerung | Form und Vorgang d. Anbruchsbildg. | (4) (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) | (12) | (13) | (14) | (15) | (16) |
|--|-------------------------------------|---|---|--------------------------|--|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---|--------------------------|-------------------------------------|
| Chlorit-Schiefer (Typ 4) | | Raumstellung entspricht in etwa der Fall- linie d. Hanges, geringmächtig (1) | Ritzenanbrüche (Rf. 6) | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Graphit-Schiefer (Typ 6) | | Raumstellung entspricht in etwa d. Höhen- linie d. Hanges, kristallin geringmächtig (2) | Nischenanbrüche (Rf. 3) u. d. d. d. d. d. berliegenden kristallinen Schiefern | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Glimmer-Schiefer (Typ 2) | | keine ausge- prägte Raum- stellung, mächtig (3) | a) Muschelabr. (Rf. 1) b) Muschelabr. (Rf. 2) | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Chlorit-Schiefer (Typ 4) | | keine ausge- prägte Raum- stellung, mächtig (3) | a) Muschelabr. (Rf. 1) b) Muschelabr. (Rf. 2) | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Graphit-Schiefer (Typ 6) | | keine ausge- prägte Raum- stellung, mächtig (3) | a) Muschelabr. (Rf. 1) b) Muschelabr. (Rf. 2) | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Glimmer-Schiefer (Typ 2) | | keine ausge- prägte Raum- stellung, mächtig (3) | a) Muschelabr. (Rf. 1) b) Muschelabr. (Rf. 2) | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Verwitterungs- schutt kristal- liner Schiefer (vorw. Typ. 1, 2) | | keine ausge- prägte Raum- stellung, mächtig (3) | a) Muschelabr. (Rf. 1) b) Muschelabr. (Rf. 2) | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Quarzite (Typ 3) | | bei hangaus- wärtsfallen- den Trenn- flächen | keine; u.U. Blockanbrüche (Rf. 5) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Amphibolite (Typ 5) | | bei hangaus- wärtsfallen- den Trenn- flächen | keine; u.U. Blockanbrüche (Rf. 5) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| anbruchsbegünstigend (Zahl u. Größe) | <input checked="" type="checkbox"/> | nicht untersucht, bzw. für repräsentative Aussagen zu wenig Ma- terial <input type="checkbox"/> | keinen Einfluß | — | (4) <20° (5) 20 - 30° (6) 30 - 40° (7) >40° (8) Weiden | | | | | | | | (9) Wiesen, Kcker (10) Nadelwald, Laubwald (11) terrassiert im Längsprofil (12) Muldenzone im Querprofil (13) nicht gegliedert im Längsprofil (14) S, SE, SW (15) N, NE, E (16) W, E | | |
| anbruchsverringend (Zahl u. Größe) | <input type="checkbox"/> | vorwiegend zahlr. <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | |
| Anbrüche vorhanden aber keine Vergleichsmöglichkeit | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | |

Tagessummen bis zu 170 mm, insgesamt knapp 300 mm

Tabelle 9: (Fortsetzung)
Erosionsgefährdung bzw. Hangstabilitäts-Klassifikation im Bereich des mittleren Lesachtales
(Schiefer geringerer Metamorphose, Sandsteine, Karbonatgesteine)

| Gesteinsart | Nieder- schlag | Form und Vorgang d. Anbruchabildg. | Neigung (4) (5) (6) | Vegetation (8) (9) (10) | morphologische Gliederung (11) (12) (13) | Exposition (14) (15) (16) |
|---|-------------------|---|------------------------|----------------------------|---|------------------------------|
| Schiefertone (Typ 7) | | | | | | |
| Verwitterungs- schutt | | Muschelanbrüche (RF.1) | ○ | ○ | ○ | ○ |
| sandige Phyl- lite (Typ 8) | | gering | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Verwitterungs- schutt | | untergeordnet Blattanbrüche (RF.4) | □ | ■ | ○ | ○ |
| massige Grün- gesteine (Typ 9) | | keine; | | | | |
| Phyllite (Typ 10) | | gering | | | | |
| Verwitterungs- schutt | | Muschelanbrüche (RF.1) | □ | ■ | ○ | ○ |
| dichte Quarz- sandsteine (Typ 12) | | gering | | | | |
| bindemittel- reiche Quarz- sandsteine (Typ 13) | | untergeordnet Nischenabr. (RF.3) | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Verwitterungs- schutt | | Blattanbrüche (RF.4) | ○ | ○ | ○ | ○ |
| massige Dolomite und Kalke (Typ 14) | | keine; | | | | |
| gebankte Dolomite und Kalke (Typ 16) | | u.U. | □ | □ | — | — |
| geschichtete Kalke (Typ 17) | | (RF.5) | □ | ■ | — | — |
| Verwitterungs- schutt | | Steinschlag | | | | |
| Mergel (Typ 18) | | Blattanbrüche (RF.4) | □ | ■ | □ | □ |
| | | Muschelanbrüche (RF.1) | □ | ■ | ○ | ○ |
| | | Blattanbrüche (RF.4) | □ | ■ | ○ | ○ |
| | | untergeordnet Nischenabrüche (RF.6) | ○ | ○ | ○ | ○ |

Erklärung der Zeichen und der in Klammern gesetzten Ziffern s.Tab.9

Tabelle 9: (Fortsetzung)
Erosionsgefährdung bzw. Hangstabilitäts-Klassifikation im Bereich des mittleren Lesachtalles
(Lockergesteine, außer Verwitterungsschutz)

| Gesteinsart | Nieder- schlag | Form und Vorgang d. Anbruchsbildg. | Neigung | (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10) | Vegetation | (11) (12) (13) | morphologische Gliederung | (14) (15) (16) | Exposition der Hänge |
|-----------------------------------|----------------------------|---|---------|------------------------------|------------|----------------|---------------------------|----------------|----------------------|
| schluffige Sande | | Muschelanbrüche (Rf. 1) | ☐ | ■ | ■ | ○ | ■ | ■ | ■ |
| kiesige Sande | | untergeordnet Muschelanbrüche (Rf. 1) | ☐ | ■ | ■ | ○ | ■ | ■ | ■ |
| Schotter, teilweise verfestigt | insgesamt bis zu 170 mm | kaum tiefe Muschel- anbrüche (Rf. 1) | ☐ | ■ | ■ | ○ | ■ | ■ | ■ |
| Moräne | Tagessummen bis 300 mm | Blockschlag, Rinnenanbrüche (Rf. 6) | ☐ | ■ | ■ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| gemischtes Substrat | | vorwiegend Muschelanbrüche (Rf. 1) | ☐ | ■ | ■ | ○ | ○ | ○ | ○ |

Erklärung der Zeichen und der in Klammern gesetzten Ziffern s. Tab. 9

Tabelle 10: Spezifische Erosionsgefährdung von Hängen, aufge-
baut von Verwitterungsschutz kristalliner Schiefer

| | | | | |
|-------|-----------------|-----------------|---------------------|--|
| Rf. 1 | I (4) (10) (13) | II (5) (9) (11) | III (5,6) (9) (11) | I = wenig gefährdet |
| | (5) (10) (13) | (6) (9) (13) | (5,6) (9) (11) (14) | II = gefährdet |
| Rf. 4 | I (5) (10) (13) | II (5) (9) (13) | III (5,6) (9) (13) | III = stark gefährdet |
| | (6) (9) (11) | (7) (9) (11) | | Erklärung der in Klammern gesetzten Ziffern s. Tab. 9 |

Bemerkung zur Tabelle:
Natürlich können noch andere Kombina-
tionen in die verschiedenen Gefährdungs-
bereiche eingeordnet werden; die aufge-
führten sind nur die im Untersuchungsge-
biet am häufigsten beobachteten.

Exposition

Der Einfluß ist ziemlich schwierig zu bewerten und konnte nur an wenigen Gesteinstypen untersucht werden. Dabei bot sich im Bereich des mittleren Lesachtales eine Einteilung in vorwiegend N- und S-gerichtete Hänge als die zweckmäßigste an.

Im einzelnen wurden ausgediehet:

- a) SW, S, SE
- b) NW, N, NE
- c) W, E

Aus der Tabelle 9 kann entnommen werden, wie die oben genannten Faktoren in eine Hangstabilitäts-Klassifikation eingehen. In der Zusammenschau der hier angeführten Faktoren kann eine differenzielle Bewertung der bei Elementarereignissen zu erwartenden Anbruchsflächen auf den betreffenden Lehnen gegeben werden.

Für den Verwitterungsschutt kristalliner Schiefer, der neben den glazialen Sedimenten in bestimmter Ausbildung den Hauptanbruchs-bildner darstellt, ist eine stufenweise Kennzeichnung in bezug auf die Anbruchsbildung versucht worden (siehe Tabelle 10).

G) DARSTELLUNG UND BESCHREIBUNG DER EROSIONSGEFÄHRDUNG BZW. DES WILDBACHPOTENTIALS AM BEISPIEL DES PODLANIGGRABENS

Von besonderem Interesse für wirtschaftlich optimale Verbauungs- und Vorbeugungsmaßnahmen ist die Voraussage des Wildbachcharakters. Diese ist aber ohne eine vollständige Klassifizierung der Hänge des gesamten Einzugsgebietes nicht möglich.

Der Versuch der Beurteilung des Wildbachcharakters und der übrigen Hänge eines bestimmten Einzugsgebietes stützt sich hier auf die Erfassung folgender Daten (siehe auch Beilage II).

- a) Zu erwartende Rutschungsform (Rf. 1 bis Rf. 7)
- b) Locker- und Festgesteinsausbildung
- c) Anteil der Fläche (ha), der in den einzelnen Abschnitten des Gerinnes von obengenannten Anbruchsformen wahrscheinlich betroffen wird
- d) Anteil der betroffenen Fläche, die das anfallende Geschiebe in ein Gerinne liefert
- e) Art und Neigung des Gerinnes selbst

Von den fünf bearbeiteten Einzugsgebieten wurde für die Untersuchung und Darstellung des Erosionspotentials der Podlanig-

graben gewählt. Dank stark differenzierter geologischer Verhältnisse bot sich dieser als besonders günstiges Beispiel an (s. Tabelle 11).

Zusammenfassend betrachtet läßt sich sagen, daß bestimmte Substrate mit dem Zusammenwirken anderer Faktoren wie Niederschlag, Morphologie usw. in spezifischer Weise anbruchsgefährdet sind. Mit Hilfe von Kartierungen, die obengenannte Faktoren berücksichtigen, könnte eine Ausscheidung von gefährdeten Gebieten getroffen werden.

Tab. 11: Erosionspotential im Einzugsgebiet des Podlanigrabens

| Gewässerabschnitt | Substrat | Vorgang und Form d. Anbruchs bildg. | Abtransport d. anfallenden Geschiebes d. ein Gerinne ja | nein | Charakterisierung des Gerinneabschnittes |
|---|--------------|-------------------------------------|---|--------|---|
| I Mündung P. 816 (Jailfluß) b. Lesachtaler Bundesstraße | Typ 1,4 | Rf. 3 (1,5 ha) | x | | geringe Stapelschutt-mengen, Neigung 6 % |
| | Typ 1 | Rf. 4 (2,5 ha) | | x | |
| II P. 878 (Lesachtaler Bundesstraße) bis P. 1038 | Typ 1 | Rf. 1 (18 ha) | | x | teilweise klammartig, mächtige Stapelschutt-mengen, Neigung 8 % |
| | Typ 1 | Rf. 3 (10 ha) | x | | |
| | Typ 1,6 | Rf. 3 (3 ha) | x | | |
| | Typ 4 | Rf. 6, Rf. 1 (8 ha) | x | | |
| | Typ 4 | Rf. 7 (1 ha) | x | | |
| III Rautalmgraben P. 1038 bis P. 1554 | Typ 3 | Rf. 7 (0,5 ha) | x | | Neigung knapp 30 %, geringe Stapelschutt-mengen, große Uferanbrüche |
| | Typ 1 | Rf. 1 (4 ha) | x | | |
| | Typ 1 | Rf. 6 (3 ha) | x | | |
| | Typ 2,1 | Rf. 7 (8 ha) | x | | |
| | Typ 13 | Rf. 3 (2 ha) | x | | |
| IV P. 1038 bis P. 1138 (Lanergrabenmündung) | Typ 1 | Rf. 1, Rf. 3, Rf. 6 (9 ha) | x | | Gefälle 6 %, geringe Stapelschutt-mengen |
| | Typ 1 | Rf. 1 (3 ha) | x | | |
| | Typ 1,3 | Rf. 6 (2 ha) | x | | |
| | Typ 1 | Rf. 1 (7 ha) | | x | |
| | Typ 17 | Rf. 4 (83 ha) | | x | |
| V Lanergraben P. 1038 bis P. 1598 | Typ 7, 13 | Rf. 3 (2 ha) | x | | Gefälle 18 %, große Stapelschutt-mengen, große Uferanbrüche |
| | Typ 16 | Rf. 3 (5 ha) | x | | |
| | Block-schutt | Rf. 6 (23 ha) | x | | |
| | Typ 4 | Rf. 3 (0,5 ha) | x | | |
| | Typ 13 | Rf. 4 (5 ha) | | x | |
| | Block-schutt | Rf. 1 (4 ha) | | x | |
| VI Lanergraben P. 1598 bis P. 1814 | Typ 1 | Rf. 7 (1 ha) | x | | Gefälle knapp 50 %, wenig Stapelschutt |
| | Typ 15 | Rf. 3, Rf. 6 (12 ha) | x | | |
| | Typ 7, 13 | Rf. 3 (2 ha) | x | | |
| VII Podlanigraben P. 1138 bis P. 1571 | Typ 18 | Rf. 4, Rf. 1 (95 ha) | x (50) | x (45) | Gefälle 12 %, Uferanbrüche |
| | Typ 18 | Rf. 7, Rf. 1 (5 ha) | x | | |
| VIII P. 1571 bis P. 2052 | Typ 18 | Rf. 4 (55 ha) | | x | Gefälle 28 %, kein Stapelschutt |
| | Typ 18 | Rf. 6 (2 ha) | x | | |

Solche umfassenden und speziell auf das Schadensausmaß abgestuften Kartierungen sind zur Verhütung weitreichender Schäden unbedingt notwendig. Die Folgen betreffen nicht nur die einheimische Bevölkerung (z. B. Waldabbruch Gassen/Osttirol drei Häuser zerstört, sechs Tote; Waldabbruch Kristein/Osttirol neun Tote), sondern auch den Fremdenverkehr, der für bestimmte alpine Regionen eine zunehmende Bedeutung gewinnt.

Der steigende Siedlungsdruck in den alpinen Gebieten läßt eine sorgfältige und abgestufte Auszeichnung der potentiellen Gefahrengelände immer notwendiger erscheinen. In Gebirgsländern scheidet ein Großteil des Gebietes für eine Besiedlung aus; so können für den Hochalpenanteil von Österreich etwa 50 Prozent der Gesamtfläche für eine Besiedlung nicht genutzt werden (Österreichisches Institut für Raumplanung 1966). Dadurch ergeben sich effektiv Besiedlungsdichten (z. B. Tirol 1961, 260/km²), die innerhalb von Europa nur selten erreicht werden.

H) DIE ANTHROPOGENEN EINFLÜSSE (GÜTERWEGEBAU) AUF DIE GESCHIEBEHERDENTSTEHUNG

Die Erschließung abgelegener Bereiche in den Alpen durch Güter- und Forstwege wirft in den letzten zwanzig Jahren ein neues Problem auf: die Schaffung großer künstlicher Anbruchflächen, die besonders bei Elementarereignissen ergiebige Geschiebeherde darstellen können. Pistentrassen, die ebenfalls häufig Ausgangspunkt von Massenbewegungen sind (z. B. Murenkatastrophe Badgastein 1971), entfallen im Bereich des Kärntner Lesachtals.

Das untersuchte Gebiet umfaßt etwa 70 km² bei einer Gesamtlänge der zur Zeit vorhandenen Forst- und Gütererschließungswege von knapp 70 km. Die Güterwege weisen nur im Bereich der Ortschaften Podlanig, Birnbaum, Mattling, Niedergail und Nostra bei etwa 15 km Länge Böschungsverkleidungen und Böschungssicherungen auf. Die bautechnischen Sicherungen beschränken sich dabei auf Futter- oder Wandmauern als Schwergewichtsmauern. Die übrigen sind unbefestigte Böschungen, wenn man von der geringfügigen Verbauung mit Steinkästen absieht.

Die zahlreichen anbruchsaktiven Böschungsabschnitte (siehe Tabelle 12) legen die Vermutung nahe, daß hier noch nach der öfters angewandten Methode verfahren wird, Böschungen durch Rutschungen und damit eintretende Verflachungen zu stabilisieren. Diese Art der Stabilisierung könnte eigentlich in Betracht gezogen werden, wenn eine Gefährdung von Siedlungen, Straßen oder schon vorhandenen aufwendigen Sicherungen nicht gegeben ist. Doch sollte bedacht werden, daß es bei Elementarereignissen durch das Auslösen von solchen Böschungs-rutschungen in steilem Gelände auch in den darunterliegenden Gebieten zu Massenbewegungen der verschiedensten Art kommen kann (Näheres siehe M. MOSER, 1973).

In diesem Zusammenhang ist noch zu bemerken, daß in Gebieten, wo durch Windbrüche und nachfolgende Schlägerungen der Boden stark zu Anbruchbildungen neigt, weitere Massenbewegungen besonders vermieden werden sollten.

Die gefährdeten Festgesteine sind im wesentlichen der Felsgüteklasse D und E zuzuordnen. Bei den stark entfestigten und mechanisch zerlegten Gesteinen würde eine Einstufung in die Gruppe

Tabelle 12: Beziehungen zwischen Gestein, aufgeschobener Länge und anbruchsaktiven Böschungsbereichen von Güter- und Wirtschaftswegen.

| Substrat | | aufgeschobene Länge (m) | gefährdete Böschungsbereiche | |
|----------------------------|-----------------------------------|-------------------------|------------------------------|--------------------------|
| | | | Zahl | Fläche (m ²) |
| I Podlaniggraben | { Granat-Glimmer-Schiefer (Typ 2) | 11.300 | 11 | 44.500 |
| | { Quarz-Glimmer-Schiefer (Typ 1) | | | |
| | Mergel (Typ 18) | 4.100 | 3 | 24.000 |
| | Sandsteine (Typ 12, 13) | 2.900 | 1 | 2.000 |
| | Sande, Kiese | 2.500 | 1 | — |
| | Schutt | 1.200 | — | — |
| | Kalke (Typ 17, 16) | 1.000 | — | — |
| | { Chlorit-Schiefer (Typ 4) | 300 | 2 | 400 |
| { Tonschiefer (Typ 7) | 300 | 2 | 400 | |
| II Mattlinggraben | { Granat-Glimmer-Schiefer (Typ 2) | 10.000 | 1 | 2.500 |
| | { Quarz-Glimmer-Schiefer (Typ 1) | | | |
| | Sandsteine (Typ 12, 13) | 500 | — | — |
| | Kiese | 300 | — | — |
| III Niedergailer Graben | Phyllite (Typ 10) | 7.300 | 4 | 20.000 |
| | Sande, Kiese | 4.200 | 3 | 4.000 |
| | { Granat-Glimmer-Schiefer (Typ 2) | 3.200 | 2 | 2.000 |
| | { Quarz-Glimmer-Schiefer (Typ 1) | | | |
| | umgelagerte Moräne | 3.500 | — | — |
| IV Wolayer Graben | Hangschutt | 7.200 | — | — |
| | Schotter, Moränen | 2.600 | — | — |
| | Schwemmschutt | 1.800 | — | — |
| | { Granat-Glimmer-Schiefer (Typ 2) | 700 | — | — |
| | { Quarz-Glimmer-Schiefer (Typ 1) | | | |
| Sande, Kiese | 700 | — | — | |

A-1-a (A-1-b) erfolgen. Die Verwitterungsprodukte solcher stark entfestigten Festgesteine können im wesentlichen in die Bodengruppe A-2-4 bis A-2-7 eingeordnet werden. (H. 10 der Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen, Ausgabe 1969, Tabelle 2, Bodeneinteilung).

Die gefährdeten Festgesteine samt Verwitterungsschuttdecken können in den Eigenschaften und in den Möglichkeiten der Böschungsgestaltung mit den Bodengruppen III und IV (H. BRANDECKER, 1971) verglichen werden. Die maximale Neigung für die Bodengruppe III wird für Böschungshöhen von 7 bis 15 m mit 30° (4:7) angegeben. Dagegen wird für die gleiche Böschungshöhe bei der Bodengruppe IV nur noch ein Wert von knapp über 25° angegeben.

Da im Güterwegebau Begrünungen und Bewirtschaftungen der Böschungsflächen selten üblich sind, sollten die für die einzelnen

Bodengruppen angegebenen Maximalwerte nicht überschritten werden. Besonders sollte dies der Fall sein, wenn die im Böschungsbereich entstehenden Rutschungen zu weiteren Massenbewegungen im darunterliegenden Gelände Anlaß geben könnten.

ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit wird der Versuch unternommen, mehrere Wildbacheinzugsgebiete in bezug auf ihre Geschiebeherdbildung zu erfassen. Anlaß hierzu waren die katastrophalen Niederschläge innerhalb von 14 Monaten der Jahre 1965 und 1966 in den Südalpen. Von diesen Ereignissen waren im österreichischen Südalpenraum besonders Osttirol und Oberkärnten (Mölltal, Lesachtal, Oberes Drautal) betroffen.

1. Die Analyse der Anbruchsbildung muß sich auf mehrere Faktoren stützen, von denen insbesondere Art und Stärke der Niederschläge, die Substrateigenschaften (Fest- und Lockergesteinsausbildung), großräumige Strukturen, die Morphologie und die Pflanzendecke zu erwähnen sind.
2. Durch die Substrateigenschaften, Größe und Art der Niederschläge ist die Disposition zu einer bestimmten Anbruchsbildung schon weitgehend gegeben. Besonders auffällig zeigen diese Zusammenhänge hochteilbewegliche kristalline Schiefer, die zusammen mit glazialen Sedimenten im Bereich der Südalpen bei Elementarereignissen die stärksten Geschiebelieferanten und Anbruchsbildner sind (vgl. z. B. Gradenbach/Mölltal, Eggenbach/Lesachtal, Mattlingbach/Lesachtal). Eine speziell auf die Anbruchsbildung bezogene detaillierte petrographisch-geotechnische Festgesteinsbeschreibung liefert erste Anhaltspunkte über die Disposition zur Anbruchsneigung. Hinweise lassen sich aus den petrographisch-lithologischen Kennzeichnungen wie Mineralinhalt, Struktur, Textur, Lagerung im m-Bereich und technischer Gebirgsfazies gewinnen.
3. Bei der Beurteilung der zu erwartenden Massenbewegungen sind Ausbildung, Art und Mächtigkeit der Lockergesteine zu prüfen. Die geologischen Bildungsbedingungen liefern zur Kennzeichnung der Anfälligkeit und des Ausmaßes der Anbruchsbildung erste Hinweise. Für eine Einteilung wurden die geologischen Begriffe beibehalten, da hierdurch in den meisten Fällen typische Kornassoziationen durch bestimmte Bildungsbedingungen ausreichend definiert sind. Die Großeinteilung umfaßt die Gruppen: autochthone Lockergesteine („entfestigte Festgesteine“, Verwitterungsschutt) und allochthone Lockergesteine (Kiese, Sande usw.). Zur Beurteilung und näheren quantitativen Kennzeichnung wurden bodenmechanische Kennziffern herangezogen.

4. Die Untersuchung großräumiger Lagerungsformen und -beziehungen der anfälligen Gesteine bringt weitere Hinweise auf die Größe und Form der Anbrüche. Besonders muß hier ein Augenmerk auf die Raumstellung der anbruchsgefährdeten Gesteinsschichten in bezug auf den jeweiligen Hangverlauf und auf die jeweilige Hangneigung gerichtet werden.
5. Die Zahl der bei Elementarereignissen entstandenen Anbruchflächen, besonders in der Kategorie bis 200 m², ist auf Freilandböden größer. Dagegen ergibt sich eine wesentlich größere Gesamtanbruchfläche in Waldgebieten. Es ist festzustellen, daß die Vegetation bei solchen Elementarereignissen (intensiver Landregen mit Tagessummen von über 150 mm) nur modifizierend wirkt, und daß in weit größerem Maße Form und Stärke der Niederschläge, Fest- und Lockergesteinsausbildung, großräumige Lagerungsverhältnisse und Morphologie für Form und Ausmaß der Anbruchsbildung verantwortlich sind.
6. Morphologische Untersuchungen können einen wesentlichen Beitrag über den Ausgangspunkt und das Ausmaß der Anbruchsbildung leisten. Bei Elementarereignissen ist eine verstärkte Anbruchsbildung stets an eine Mindestneigung von 15° bis 20° gebunden. Auch die anfälligsten Gesteine, wie der Verwitterungsschutt kristalliner Schiefer oder schluffige Sande und Kiese der glazialen Sedimente, sind unterhalb dieser Böschungneigung bei den angeführten exzessiven Niederschlägen stabil. Für den Bereich des mittleren Lesachtals ergibt sich eine maximale Rutschgefährdung ab etwa 25° bis knapp 40° Hangneigung. Aus einer detaillierten Untersuchung der morphologischen Gliederung (Terrassen, Mulden usw.) können weitere Aussagen entnommen werden. So müssen besonders die Terrassenkanten an Hängen, die von kristallinen Schiefen aufgebaut werden, als Ausgangspunkt zahlreicher, wenn auch räumlich beschränkter Massenbewegungen angesehen werden.
7. Bei der Klassifikation der Anbruchs- und Geschiebeherdbildung wurden sowohl Form als auch Vorgang berücksichtigt.
8. Die detaillierte Auswertung obengenannter Faktoren wurde zur Einschätzung des Erosionspotentials und für eine Hang-Stabilitäts-Klassifikation der untersuchten Einzugsgebiete verwendet. Diese Untersuchungsergebnisse wurden auch kartenmäßig dargestellt.

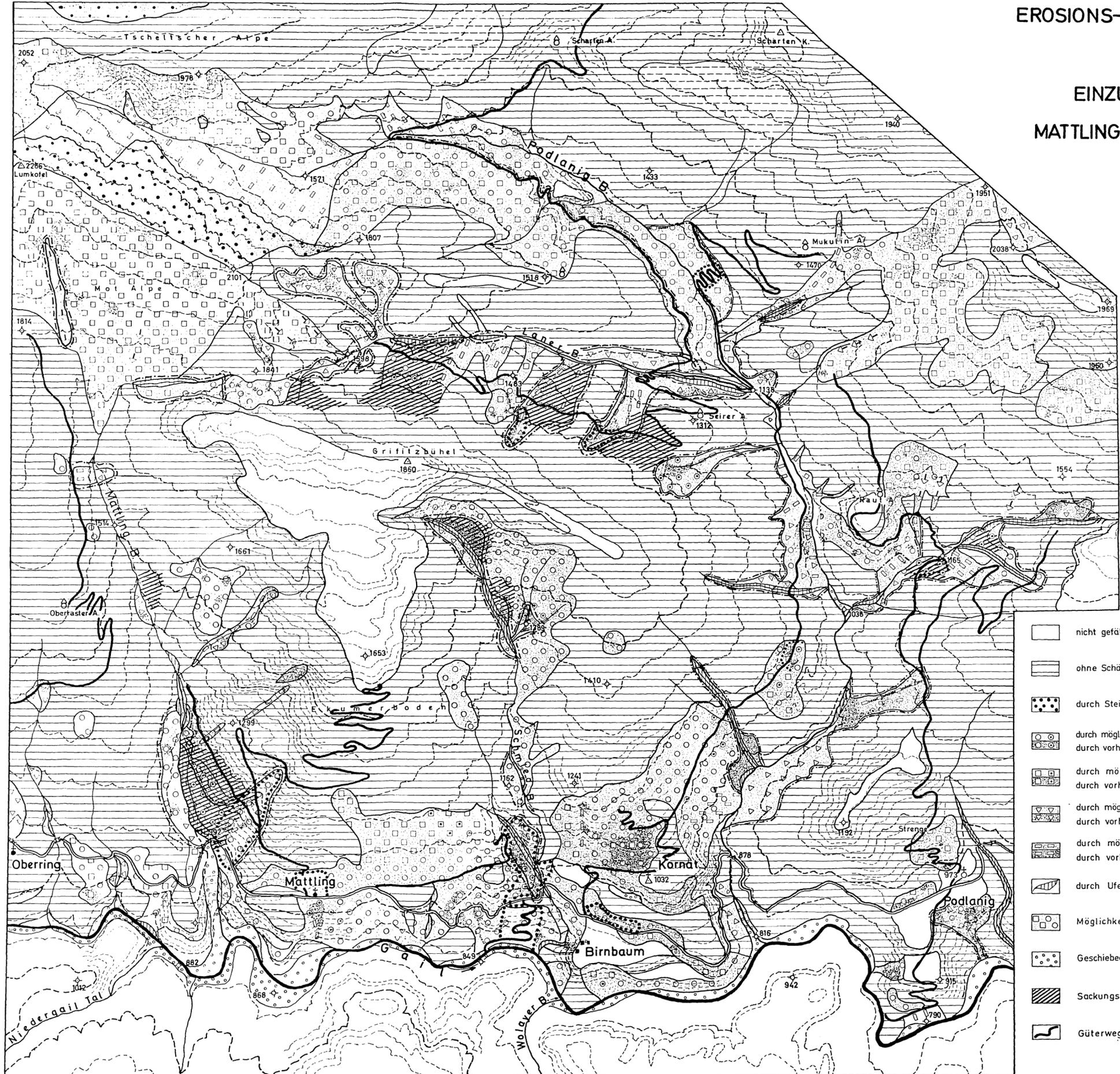
L I T E R A T U R

- ALTHALER, J. (1971): Vorbeugung von Hochwasserschäden durch den Bau von Waldwegen. — *Schr. R. f. Raumforschung und Raumplanung*, 11:102—105, Klagenfurt.
- AULITZKY, H. (1968 a): Über die Ursachen von Unwetterkatastrophen und den Grad ihrer Beeinflußbarkeit. — *Cbl. f. d. ges. Forstwes.*, 85:2—32, Wien.

- (1968 b): Analyse der Schadensursache von Unwetterkatastrophen zum Zwecke der Vorbeugung. — ÖWW, 20:144—153, Wien.
- (1972): Möglichkeiten und Grenzen der Vorbeugung vor Unwetterkatastrophen. — ÖWW, 24:8—17, Wien.
- BEINSTEINER, H., & MAYER, H. (1971): Waldbauliche Untersuchungen von Waldabbrüchen im Osttiroler Katastrophengebiet. — Intern. Symposium Interpräsent, 2:295—310, Klagenfurt.
- BEMMELEN, R. W. van, & MEULENKAMP, J. E. (1965): Beiträge zur Geologie des Drauzuges (Kärnten, Österreich); Dritter Teil. — Die Lienzer Dolomiten und ihre geodynamische Bedeutung für die Ostalpen. — Jb. geol. B. A., 108:1—114, Wien.
- BRANDECKER, H. (1971): Die Gestaltung von Böschungen in Lockermassen und in Fels. — Forschungsber. der Forschungsges. Straßenwes. i. Österr., Ing. u. Arch. Ver., H. 3:1—59, Wien.
- BURGER, H. (1922—1940): Physikalische Eigenschaften von Wald- und Freilandböden. — Mitt. d. Schweiz. Anst. f. d. forstl. Versuchsw., Bd. 13 ff, Mtt. in den Jg. 1922, 1927, 1929 a, 1932, 1937, 1940.
- (1929): Zur Aufklärung über den Einfluß des Waldes auf den Wasserabfluß bei Landregen. — Schweiz. Z. f. Forstwes., 80:339—347, Bern.
- (1934—1954): Der Einfluß des Waldes auf den Stand der Gewässer. — Mitt. d. Schweiz. Anst. f. d. forstl. Verswes., Bd. 18 ff., Mitt. i. d. Jg. 1934, 1943, 1944, 1954.
- CLAR, E. (1958): Geologische Beobachtungen von der steirischen Unwetterkatastrophe vom August 1958. — Geol. u. Bauwes., 24. Jg., 131—140, Wien.
- EINSELE, G., & WALLRAUCH, E. (1964): Verwitterungsgrade bei mesozoischen Schiefer-tonen und Tonsteinen und ihr Einfluß bei Standsicherheitsproblemen. — Vortr. d. Baugrundtag. 1964 in Berlin, 59—81, Dt. Ges. f. Erd- u. Grundbau e. V., Essen.
- ENGLER, A. (1919): Der Einfluß des Waldes auf den Stand der Gewässer. — Mitt. d. eidgen. Anst. f. d. forstl. Versw., 12.
- GSCHWENDTNER, A. (1966): Die Wildbachschäden im Jahre 1965. Ursachen und Folgerungen. — ÖWW, 18, 3/4:76—80, Wien.
- HAEFELI, R. (1967): Zum progressiven Bruch in Schnee, Boden, Fels und Eis. — Felsmech. u. Ing. Geol., V, H. 1:17—37, Wien.
- HAUSER, A. (1954): Räumgerät und Wegebau im Gebirge. — Geol. u. Bauwes., Jg. 21:48—50, Wien.
- HYDROGRAPHISCHER DIENST IN ÖSTERREICH (1960): Extreme Tagesniederschläge, Schnee-verhältnisse, Luft- und Wassertemperaturen in Österreich. — Hydrograph. Zentr. Bur. im Bundesminist. f. Land- und Forstwirtschaft., 38, Wien.
- KARL, J. (1957): Weidewirtschaft und Erosion. — Natur und Landschaft, 32, 5:74—76.
- (1970): Über die Bedeutung quartärer Sedimente in Wildbachgebieten. — Wasser und Boden, 9, Hamburg.
- DANZ, W., & MANGELSDORF, H. (1969): Der Einfluß des Menschen auf die Erosion im Bergland. — Schr. R. d. Bayer. Landesst. f. Gewässerkde., 1, 98 S., München.
- KIESLINGER, A. (1962): Zur Kohäsion des Sandes; Unfälle und Unfallverhütung in Sandgruben. — Geol. u. Bauwes. Jg. 28:1—30, Wien.
- KRAVOGEL, A., & WURZER, E. (1967): Die Hochwasserschäden 1966 in den Katastrophengebieten. — ÖWW, 19, 3/4:41—45, Wien.

EROSIONS- und ANBRUCHSGEFÄHRDUNG im EINZUGSGEBIET des PODLANIG-, MATTLING- und SCHMIEDBACHGRABENS

(LESACHTAL / KÄRNTEN)



LEGENDE

- nicht gefährdet wenig gefährdet, keine Vegetation
- ohne Schädigung der Vegetation wenig gefährdet
- durch Steinschlag gefährdet durch Lawinen gefährdet
- durch mögliche Muschelanbrüche bei Hochwasserkatastrophen gefährdet (Rutschungsform 1)
durch vorhandene Muschelanbrüche gefährdet, $\odot > 200m^2$; $\circ < 200m^2$
- durch mögliche Blattanbrüche bei Hochwasserkatastrophen gefährdet (vorw. Rf. 4)
durch vorhandene Blattanbrüche gefährdet, $\square > 200m^2$; $\square < 200m^2$
- durch mögliche Nischenanbrüche bei Hochwasserkatastrophen gefährdet (Rf. 3)
durch vorhandene Nischenanbrüche gefährdet
- durch mögliche Rinnenanbrüche bei Hochwasserkatastrophen gefährdet (Rf. 5)
durch vorhandene Rinnenanbrüche gefährdet
- durch Uferanbrüche gefährdet (Rf. 7) Uferanbrüche verbaut
- Möglichkeit der Entstehung von gemischten Anbruchsformen
- Geschiebeablagerungsplätze (Stapelschutt) Abtransport durch Gerinne
- Sackungsmassen Bereiche von gefährdeten Siedlungen, Straßen und Güterwegen
- Güterweg

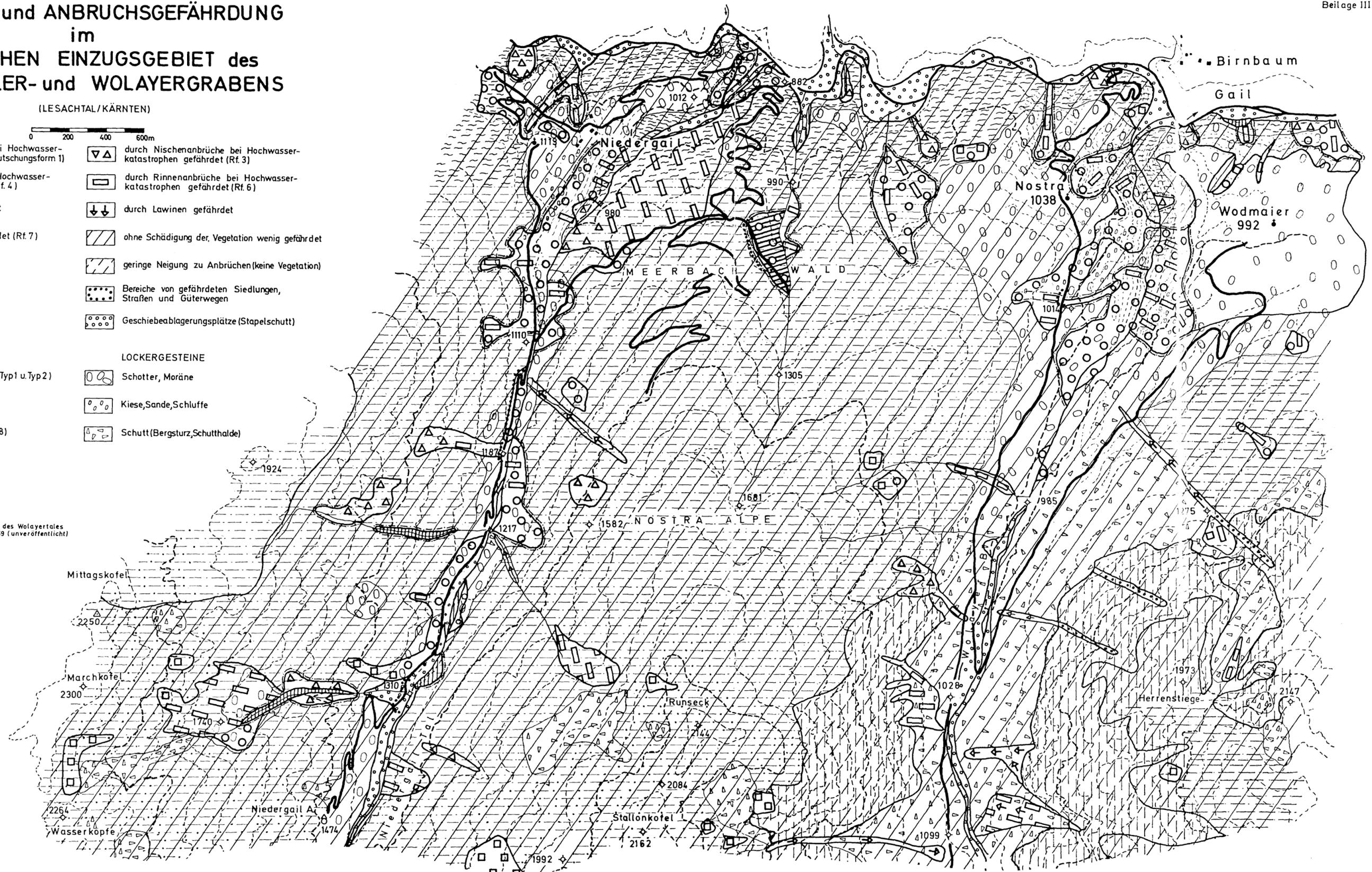
EROSIONS- und ANBRUCHSGEFÄHRDUNG im NÖRDLICHEN EINZUGSGEBIET des NIEDERGAILER- und WOLAYERGRABENS

(LESACHTAL/KÄRNTEN)



- | | | | |
|---------------------|---|-----------------------|--|
| | durch Muschelanbrüche bei Hochwasserkatastrophen gefährdet (Rutschungsform 1) | | durch Nischenanbrüche bei Hochwasserkatastrophen gefährdet (Rf. 3) |
| | durch Blattanbrüche bei Hochwasserkatastrophen gefährdet (Rf. 4) | | durch Rinnenanbrüche bei Hochwasserkatastrophen gefährdet (Rf. 6) |
| | durch Steinschlag gefährdet | | durch Lawinen gefährdet |
| | durch Uferanbrüche gefährdet (Rf. 7) | | ohne Schädigung der Vegetation wenig gefährdet |
| | nicht gefährdet | | geringe Neigung zu Anbrüchen (keine Vegetation) |
| | Sackungsmassen | | Bereiche von gefährdeten Siedlungen, Straßen und Güterwegen |
| | Abtransport durch Gerinne | | Geschiebeablagerungsplätze (Stapelschutt) |
| FESTGESTEINE | | LOCKERGESTEINE | |
| | Kristalline Schiefer (vorw. Typ 1 u. Typ 2) | | Schotter, Moräne |
| | Phyllite (Typ 10) | | Kiese, Sande, Schluffe |
| | quarzitische Schiefer (Typ 8) | | Schutt (Bergsturz, Schutthalde) |
| | massige Kalke | | |
| | Güterwege | | |

Unter Benutzung der hydrogeologischen Karten des Wolayertales von E. FLÜGEL und E. SY 1957 und P. STACUL 1959 (unveröffentlicht)



- KRÖGER, J. (1970): Über die Ursachen und den Ablauf von Bergrutschen und anderen natürlichen Bodenbewegungen im bayerisch-österreichischen Alpenland. — Dissertation (Geol. Inst. d. Techn. Hochschule München), 169 S., München.
- KRONFELLNER-KRAUS, G. (1962): Abfluß- und Abtragsmessungen in Österreich im Sinne der internationalen FAO/EFC, XVI. IUFRO-Kongreß, München.
- (1971): Über einige aktuelle Untersuchungen auf dem Gebiet der Wildbach- und Lawinerverbauung. — Intern. Symposium Interprävent, 2:295—310, Klagenfurt.
- MOSER, M. (1971 a): Zahl, Form, Vorgang und Ursache der Anbruchsbildung und ihre Beziehungen zum geologischen Untergrund im Bereich des mittleren Lesachtals (Kärnten). — Intern. Symposium Interprävent, 1:35—48, Klagenfurt.
- (1971 b): Der Einfluß der Pflanzendecke bei Elementarereignissen auf Größe und Anzahl der Anbruchflächen im Bereich des mittleren Lesachtals (Kärnten). — Cbl. f. d. ges. Forstwes., 88:164—176, Wien.
- (1973): Der Einfluß des Wirtschafts- und Güterwegebaues auf die Geschieberherdentstehung (Bereich des mittleren Lesachtals/Kärnten). — Cbl. f. d. ges. Forstwes. (im Druck).
- MÜLLER, L. (1963): Der Felsbau I. — 624 S., Ferdinand Enke, Stuttgart.
- (1966): Der progressive Bruch in geklüfteten Medien. — Proceedings of the first Congress of the international Society of Rock Mechanics, 1:679—686, Lisboa.
- NEUMANN, R. (1956): Die Veränderung der Stabilität kohäsionsloser Lockergesteine als Funktion der scheinbaren Kohäsion. — Bergbautechn., 8. Jg., H. 11: 607—611, Halle.
- PIGNATTI, S. (1971): Erosionsstudien im Gebiet um Sauris in den italienischen Karnischen Alpen. — Hochwasser und Raumplanung, Schr. R. f. Raumforsch. u. Raumplanung, 30—31, Klagenfurt.
- RICHARD, F. (1963): Wasserhaushalt und Entwässerung von Weideböden. — Schweiz. Anst. f. d. forstl. Verswes.
- SCHLAGER, W. (1963): Zur Geologie der östlichen Lienzer Dolomiten. — Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., 13:41—120, Wien.
- SCHREIBER, H., & ZETTL, H. (1966): Hydrographische Charakteristisk der Hochwasserereignisse des Jahres 1965 in Österreich. — ÖWW, 18, H. 3/4:51—62, Wien.
- (1967): Hydrographische Charakteristik der Hochwasserkatastrophen im August und November 1966 in Österreich. — ÖWW, 19, H. 3/4:46—55, Wien.
- SHENG, T. C. (1966): Landslide classification and studies of Taiwan. — Chinese-American Joint Commission on Rural Reconstruction, Forestry Series, No. 10, Taipei.
- SKEMPTON, A. W., & HUTCHINSON, J. (1969): Standsicherheit von Böschungen. — Ber. über den Stand der Erkenntnisse (unveröffentlicht).
- STERN, R. (1971): Kartierung von Wildbächen im Lesachtal (Kärnten). — Carinthia II, Sonderheft 28:93—207, Klagenfurt.
- STINY, J. (1931): Die geologischen Grundlagen der Verbauung der Geschieberherde in Gewässern. — 120 S., Springer, Wien.
- TRICART, J., & COLLABORATEURS (1961): Mécanismes normaux et phénomènes catastrophiques dans l'évolution des versants du bassin du Guil (Hts.-Alpes, France). — Z. Geomorph., N. F., 5:277—301, Berlin.
- TROSCHL, H. (1971): Die Hochwasserwetterlagen 1965 und 1966. — Schr. R. f. Raumforschung u. Raumplanung, 11:19—24, Klagenfurt.

- TSCHADA, F. (1971): Hydrologische Erkenntnisse im Osttiroler und Kärntner Draugebiet besonders hinsichtlich der Hochwässer. — Schr. R. f. Raumforschung u. Raumplanung, 11:45—50, Klagenfurt.
- WEISS, E. H. (1969): Kraftwerksgruppe Fragant, 8. Geologische Übersicht, Voraus-sagen und Erfahrungen beim Bau. — Österr. Z. f. Elektrizitätswirtsch., 22. Jg., H. 10:464—471, Wien.
- WURZER, W. (1966): Das September-Hochwasser in Kärnten und Osttirol. — ÖWW, 18, 3/4:71—76, Wien.
- ZISCHINSKY, U. (1967): Bewegungsbilder instabiler Talflanken. — Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., 17:127—168, Wien.
- (1969): Über Sackungen. — Rock Mechanics, 1, 30—51, Wien.

Anschrift des Verfassers: Dipl.-Geol. Michael MOSER, Lehrstuhl für Angewandte Geologie, Universität Karlsruhe, Kaiserstraße 12.