

Jb. Geol. B.-A.	ISSN 0016-7800	Band 135	Heft 2	S. 597-660	Wien, Mai 1992
-----------------	----------------	----------	--------	------------	----------------

Massenbewegungen in Niederösterreich 1953 – 1990

Von HARALD SCHWENK*)

Mit einem Beitrag von R. SPENDLINGWIMMER und F. SALZER

Mit 68 Abbildungen und 23 Tabellen

*Niederösterreich
Massenbewegungen
Steinschläge
Felsstürze
Bergstürze
Rutschungen
Muren
Statistik*

Österreichische Karte 1 : 50.000

Blätter 5-11, 17-26, 35-43, 51-62, 69-78, 100-107, 137

Inhalt

Zusammenfassung	598
Abstract	598
1. Einleitung	598
2. Begriffsbestimmung	599
2.1. Einteilung der Massenbewegungen nach den Bewegungsformen	599
2.1.1. Festgesteine, veränderlich feste Gesteine	599
2.1.1.1. Fallen (Stürzen)	599
2.1.1.2. Felsgleitung (Bergschlipf)	599
2.1.2. Festgesteine, veränderlich feste Gesteine und Lockergesteine	599
2.1.2.1. Bergzerreißung, Talzus Schub	599
2.1.2.2. Niederbrüche	599
2.1.3. Lockergesteine	599
2.1.3.1. Rutschungen	599
2.1.3.2. Kriechen	600
2.1.3.3. Fließen	600
2.2. Zusammenstellung der häufig für das Auftreten von Massenbewegungen verantwortlichen Faktoren	600
2.2.1. Geologische Voraussetzungen	600
2.2.1.1. Festgesteine und veränderlich feste Gesteine	600
2.2.1.2. Lockergesteine	600
2.2.2. Ursachen	600
2.2.2.1. Äußere Ursachen	600
2.2.2.2. Erschütterungen	601
2.2.2.3. Innere Ursachen	601
2.2.3. Auslösende Ereignisse	601
2.2.3.1. Natürliche Ereignisse	601
2.2.3.2. Anthropogene Ereignisse	601
3. Aufnahme der Massenbewegungen (Auswertung der Gutachten und Berichte)	601
4. Statistische Bearbeitung der erfaßten Daten	601
5. Ergebnisse	603
5.1. Allgemeine Betrachtungen, Einschränkungen einer statistischen Bearbeitung	603
5.2. Steinschläge und Blockabstürze	604
5.3. Felsstürze, Bergstürze	609
5.4. Niederbrüche	613
5.5. Felsgleitungen	617
5.6. Bergzerreißung, Talzus Schub	619
5.7. Rutschungen	619
5.7.1. Verteilung der Rutschungen auf die geologischen Zonen Niederösterreichs; von der Bewegung erfaßtes Gestein; anstehendes Gebirge	620
5.7.2. Geologische Voraussetzungen und innere Ursachen; Ausbildung und Form der Bewegungsflächen	622
5.7.3. Äußere Ursachen; auslösende Ereignisse	625
5.7.4. Vegetation, Neigung und Exposition der von Bewegungen betroffenen Hanggebiete	627

*) Anschrift des Verfassers: Dr. HARALD SCHWENK, Sulzfeldgasse 20, A-2345 Brunn am Gebirge.

5.7.5. Ausdehnung und Form der Rutschungen; Bewegungsweite, Sprunghöhe und Mächtigkeit der bewegten Bodenschichten	628
5.7.6. Verursachte Schäden; wichtigste Sanierungsmaßnahmen	630
5.7.7. Beispiele	633
5.7.7.1. Erdrutsch bei Kirchschatz in der Buckligen Welt	633
5.7.7.2. Erdrutsch Fischerhof, Gemeinde Pyhra	636
5.7.7.3. Erdrutsch Kleinzell	636
5.7.7.4. Erdrutsch Traisen	639
5.7.7.5. Erdrutsch Gemeinde Großweikersdorf	640
5.7.7.6. Erdrutsch bei Senftenberg	641
5.8. Kriechen	642
5.9. Fließen	642
5.9.1. Schichtfließen, Setzungsfließen	642
5.9.2. Erdfließen, Schlammströme	644
5.9.3. Muren, Murgänge, Murbrüche	644
5.9.3.1. Beispiele	647
6. Massenbewegungen und Wetter	653
7. Diskussion der Ergebnisse	656
Dank	657
Nachweis der Lichtbilder	658
Literatur	658

Zusammenfassung

Über einen Zeitraum von fast 37 Jahren wurden von Sachverständigen des Geologischen Dienstes der Baudirektion und außeramtlichen Gutachtern 1138 in Niederösterreich aufgetretene Massenbewegungen untersucht. Durch eine zusammenfassende Bearbeitung der vorliegenden Gutachten und Berichte konnten deutliche Hinweise auf Art und Verteilung der z.T. schadensreichen Massenbewegungen und auf die für ihr Auftreten verantwortlichen geologischen Voraussetzungen, Ursachen und auslösenden Momente gewonnen werden.

Die Ergebnisse zeigen, daß gewisse Gebiete Niederösterreichs relativ häufig von Massenbewegungen heimgesucht werden, jedoch bei Berücksichtigung der jeweiligen geologischen Verhältnisse, bei Vermeidung unzulässiger Eingriffe in den Untergrund oder bei zeitgerechter Durchführung geeigneter Stabilisierungsmaßnahmen viele Schadensfälle vermieden werden können.

Mass Movements in Lower Austria 1953 – 1990

Abstract

Over a period of nearly 37 years, 1138 mass movements in Niederösterreich have been studied by experts of the Geological Service of the Baudirektion and external experts. Comprehensive evaluations of expertises and reports led to clear indications of type and distribution of the mass movements, partly damageing, and to the relation with the geological conditions, as well as to the reasons and releasing impulses.

The results indicate that in certain areas of Niederösterreich mass movements happen relatively frequently; however, by considerations of the specific geological conditions, by avoidance of inadmissible actions to the underground or by carrying-out of stabilizing provisions in time, many damages can be avoided.

1. Einleitung

Massenbewegungen – Verlagerung von Gesteinsmassen in Richtung Hang- oder Böschungsfuß unter vorwiegendem Einfluß der Schwerkraft (K. J. KLENGEL & O. WAGENBRETH, 1982) – gehören neben Erdbeben, Hochwässern und Lawinen in unserem Raum zu den häufigsten Naturereignissen, die immer wieder Hab und Gut und in einzelnen Fällen sogar Gesundheit und Leben von Menschen bedrohen oder zerstören.

Berichtet wird in Presse, Fernsehen und auch in der Fachliteratur naturgemäß meist von besonders schadensreichen und dementsprechend eindrucksvollen Großereignissen. Der Großteil der Massenbewegungen erfaßt jedoch in der Regel nur relativ kleine Bereiche und zerstört oder beschädigt neben Wiesen-, Wald- oder Ackerflächen vor allem Wege, Straßen, Gerinne-

böschungen u. a. m. Schäden an Gebäuden treten hingegen schon seltener auf.

Der volkswirtschaftliche Schaden, den diese „Kleinereignisse“ anrichten, ist dennoch, infolge ihrer Vielzahl, beträchtlich.

In Niederösterreich wurden vom Geologischen Dienst der Baudirektion im Zeitraum von 1953 bis 1990 insgesamt 1138 Massenbewegungen registriert, die Schäden und Sanierungskosten in der Höhe von hunderten Millionen Schillingen verursachten.

Nach Angaben der zuständigen Abteilungen wurden z.B. allein in den Jahren 1986 und 1987 aus dem sogenannten Katastrophenfonds mehr als 10 Mio. Schilling zur Behebung der von Massenbewegungen verursachten Schäden ausbezahlt. Da vom Fonds in der Regel nur zwischen 50 % und 60 % der tatsächlichen Kosten zur Verfügung gestellt werden, bei geringeren Schäden die Betroffenen keine Zuschüsse erhalten, und außer-

dem die teilweise sehr hohen Kosten für die Sanierung der durch Massenbewegungen an Straßen, Wegen oder Gerinnen bewirkten Zerstörungen prinzipiell aus anderen Budgets gedeckt werden, muß man annehmen, daß die tatsächliche Schadenssumme wohl über 30 bis 40 Mio. Schilling liegt. Laut Tabelle der jährlichen Häufigkeit der Massenbewegungen (Tab. 1) waren 1986 und 1987 jedoch keineswegs überdurchschnittlich schadensreiche Jahre.

Allein diese Zahlen zeigen, daß es zweifellos eine ganz wichtige Aufgabe der Ingenieurgeologie ist, die Erscheinungsformen und Ursachen der Massenbewegungen zu untersuchen und unter Berücksichtigung der jeweiligen geologischen Verhältnisse Methoden für die Früherkennung kommender Bewegungen, für die zeitgerechte Absicherung bedrohter Hänge und natürlich auch für die Sanierung bereits erfolgter Schadensereignisse zu schaffen bzw. immer weiter zu verbessern.

Ganz besonders sind bei diesen Forschungsarbeiten auch die ständigen menschlichen Eingriffe (Bewirtschaftung des Grünlandes, Bautätigkeit etc.) zu berücksichtigen, da ja ein großer Teil der Massenbewegungen, obwohl man meist von „Naturkatastrophen“ spricht, von Menschen vorbereitet, begünstigt, verursacht oder manchmal sogar direkt ausgelöst werden.

Seit Jahrzehnten haben sich aus diesen Gründen namhafte Wissenschaftler wie z. B. J. STINI, A. HEIM, K. TERZAGHI, O. K. FRÖHLICH, E. SCHULTZE, K. KEIL, P. NEUMANN, H. BRANDL, L. MÜLLER, Q. ZÁRUBA, V. MENCL, um nur einige der hervorragendsten Fachleute aus unserem Raume zu nennen, mit der Erforschung der Massenbewegungen befaßt. Bewegungsformen, vorbereitende und auslösende Ursachen wurden an vielen Fällen untersucht und analysiert und danach Einteilungsschemata erstellt und fachlich begründet. Infolge der Vielzahl verschiedenster natürlicher und anthropogener Faktoren, die auf Form und Ursachen von Massenbewegungen Einfluß nehmen, ist es allerdings kaum möglich, ein System zu finden, das tatsächlich allen in der Natur vorkommenden Variationen gerecht wird. Dennoch ist es aber im Sinne der klassischen Feststellung von J. STINI (1952) – „Wie überall sonst kennt auch in diesem Belange die Natur keine scharfen Grenzen, sondern verbindet die Gegensätze gerne durch Übergänge; die Grenzen richtet nur der Mensch auf, weil er ihrer zur Verständigung bedarf“ – notwendig, Systeme aufzustellen und Begriffe zu definieren.

Im folgenden Abschnitt wird daher, um Unklarheiten zu vermeiden, eine kurze Übersicht über Massenbewegungen und ihre Voraussetzungen und Ursachen gegeben, die vor allem auf den grundlegenden Arbeiten von J. STINI, K. KEIL, R. NEUMANN und den jüngeren Veröffentlichungen von E. KRAUTER (1987) und A. NEMČOK et al. (1972) basiert und auf die in Niederösterreich aufgetretenen Fälle ausgerichtet ist.

2. Begriffsbestimmung

2.1. Einteilung der Massenbewegungen nach den Bewegungsformen

2.1.1. Festgesteine, veränderlich feste Gesteine

2.1.1.1. Fallen (Stürzen)

Plötzlich einsetzende Massenverlagerung, bei der die bewegte Masse teilweise den inneren Zusammenhang

und kurzfristig auch den Kontakt zum Liegenden verliert. Die Steine, Blöcke und Felspartien gleiten, kippen, rollen und fliegen zeitweise frei durch die Luft.

Nach der Größe der bewegten Gesteinstrümmen bzw. nach der Masse des erfaßten Gesteinskörpers lassen sich 4 Gruppen unterscheiden:

- a) Steinschlag: Absturz einzelner Gesteinstrümmen, Größe etwa Kinderfaust bis Pflasterstein (20×20×20 cm).
- b) Blockabstürze: Absturz einzelner Gesteinsblöcke, Größe etwa Pflasterstein bis 2 m³.
- c) Felssturz: Masse des erfaßten Gesteinsmaterials zwischen 10 und 10.000 m³.
- d) Bergsturz: Masse des erfaßten Gesteinsmaterials über 10.000 m³.

2.1.1.2. Felsgleitung (Bergschliff)

Langsames (cm/d) bis schnelles Abgleiten zusammenhängender Gesteinsmassen auf einer oder mehreren vorgebildeten, geneigten Gleitflächen. Größtenteils fungieren Schicht-, Kluft- oder Harnischflächen, Gesteinsgrenzflächen, Zerrüttungszonen u. a. m. als Bewegungsbahnen.

2.1.2. Festgesteine, veränderlich feste Gesteine und Lockergesteine

2.1.2.1. Bergzerreißen, Talzuschub

Abbau, Verflachung übersteilter, instabiler Hänge, z. B. eiszeitlich geformter Talflanken durch die von Verwitterungsvorgängen, Einflüssen des Bergwassers, Erschütterungen etc. unterstützte Schwerkraft:

Bergzerreißen

Aufbrechen des Gebirges entlang bestehender Trennflächen oder neugebildeter hangparalleler Entspannungsklüfte (AMPFERER, 1939).

Talzuschub

Langsames Talwärtskriechen großer, tief in den Berg eingreifender Gesteinskörper und bereits stark aufgelockerter Gesteinsmassen (STINI, 1941, 1942). Im Rahmen des Talzschubes sind wohl die meisten Bewegungsformen, vom Kriechen über Gleiten und Fallen bis zum Rutschen vertreten, und es werden Fest- wie Lockergesteine davon erfaßt.

2.1.2.2. Niederbrüche

Vorwiegend lotrechte Abstürze oder Abbrüche von Gesteinstrümmern und Lockermassen. Dieser Gruppe von Massenbewegungen werden Höhleneinstürze, Nachbrüche aus Höhlendecken und die Einstürze von unterirdischen Hohlräumen, die durch Auslaugung (Erdfall), Subrosion etc. gebildet wurden und obertags Senkungen und Einbrüche bewirken, zugeordnet.

2.1.3. Lockergesteine

2.1.3.1. Rutschungen

Langsames bis schnelles Rutschen (Gleiten) von Lockergesteinsmassen auf einer oder mehreren vorgebildeten bzw. vorbestimmten oder selbst gebildeten Gleitflächen. Die Gesteinsmassen werden im Zuge der Bewegung meist in Teilschollen zerlegt, wodurch es zu Dreh- und Kippbewegungen kommen kann.

- Vorgebildete bzw. vorbestimmte Gleitflächen: Schicht-, Kluft-, Harnischflächen, Oberfläche des unverwitterten anstehenden Gebirges, Stauwasserzonen, Oberflächen vernäbter, bindiger Bodenarten etc.

- Selbstgebildete Gleitflächen: Schwach bis stärker gekrümmte, durch die Bewegung geschaffene Flächen. Zu ihrer Bildung kommt es vor allem in sog. quasiisotropen Gesteinen (E. KRAUTER, 1987).

Die Einteilung kann auch nach der Form der Gleitfläche erfolgen (NEMČOK et al., 1972):

- Planare Rutschung: Bewegung erfolgt auf einer mehr oder weniger ebenen Fläche. Sehr häufig vorgebildete bzw. vorbestimmte Gleitbahnen („Blattanbrüche“ nach STINI).
- Rotationsrutschungen: Bewegungen auf gekrümmter Gleitfläche (kreisförmig, logarithmische Spirale). Meist selbst gebildete Gleitbahnen („Muschelanbrüche“ nach STINI).

Kombinierte (zusammengesetzte) Rutschungen

Die Bewegungsbahn setzt sich aus einer oberen, gekrümmten, meist neugebildeten (Anrißbereich) und einer talwärts anschließenden mehr ebenen, vorgebildeten oder vorbestimmten Fläche zusammen. Diese Form der Gleitfläche findet sich sehr häufig beim Abrutschen von Verwitterungsbodendecken auf dem anstehenden Gebirge.

2.1.3.2. Kriechen (Hangkriechen, Schuttkriechen, Schuttwandern)

Langsame Langzeit-Massenbewegung von Verwitterungsböden, Schuttströmen, Schuttdecken etc. ohne einheitliche, ausgeprägte Gleitbahn.

Vor allem bei Verwitterungsbodendecken, die z. T. aus bindigen Bodenarten bestehen, gehen die Kriechbewegungen bei stärkerer Durchfeuchtung häufig in richtige Rutschungen über: Hangkriechen → Rutschung.

Setzt sich die Lockerbodendecke hingegen vorwiegend aus nichtbindigem Material zusammen (Hangschutt), so kommt es mitunter bei besonders starker Wasserzufuhr, z. B. nach Unwettern, zu einem murenartigen Ausfließen des Materials: Schuttkriechen → Fließen.

Auch Bewegungsänderungen in der Reihenfolge Kriechen → Rutschen → Fließen sind des öfteren zu beobachten und zwar bei Verwitterungsbodendecken, die sowohl bindige Bodenarten wie auch Gesteinsschutt enthalten.

2.1.3.3. Fließen

Setzungsfließen, Schichtfließen

Kohäsionslose bis schwach gebundene feinkörnige Lockergesteine (Feinsand, Schluff, Löß etc.) mit lockerem Gefüge und mäßiger Durchlässigkeit erleiden durch plötzlichen starken Wasserzutritt einen spontanen Gefügezusammenbruch (Verlust von Gefügefestigkeit und Reibung) und beginnen zu fließen (KEIL, 1951; KRAUTER, 1987).

Erdfließen, Schlammstrom

Leicht bindige, feinkörnige Lockergesteine gehen bei stärkerem Wasserzutritt vom plastischen in den zähflüssigen Zustand über und fließen ab (KEIL, 1951).

Murgang

Kohäsionslose, fein- bis grobkörnige Lockermassen (Hangschutt, Schuttkegel etc.) werden durch plötzlichen starken Wasserzutritt in eine Suspension von hoher Dichte verwandelt (Verhältnis Wasser : Feststoff ungefähr 1 : 1) und fließen rasch talwärts ab.

2.2. Zusammenstellung der häufig für das Auftreten von Massenbewegungen verantwortlichen Faktoren

Bei der Fülle von Voraussetzungen und Ursachen, die für das Auftreten von Massenbewegungen verantwortlich sind, erscheint eine Aufgliederung in 3 Gruppen sinnvoll:

- Geologische Voraussetzungen
- Natürliche und anthropogene Ursachen
- Auslösende Ereignisse (Momente)

Es sei betont, daß die folgende Zusammenstellung keineswegs vollständig ist; es wurden nur die in unseren Bereichen besonders häufig auftretenden und auch bei der Bearbeitung der Massenbewegungen in Niederösterreich immer wieder beobachteten Erscheinungen aufgenommen.

2.2.1. Geologische Voraussetzungen

2.2.1.1. Festgesteine und veränderlich feste Gesteine

- a) Tektonische Beanspruchung des Gebirges; starke Zerrüttung, Zerklüftung bis Auflockerung des Gebirgsverbandes.
- b) Starke Verwitterung des Gesteines; Verminderung der Gesteinsfestigkeit, Auflockerung des Gesteinsverbandes, Auslaugung, Zersetzung (Frostsprengung, Wassersprengung, Lösungserscheinungen etc.).
- c) Hangauswärts gerichtetes Einfallen potentieller Bewegungsflächen (Schichtung, Klüftung, Störungszonen etc.).
- d) Lagenweise Einschaltung tonig-mergeliger Gesteine (Stauhorizonte, Gleitflächen).

2.2.1.2. Lockergesteine

- a) Geringe Scherfestigkeit, lockeres Gefüge.
- b) Wechsellagerung wasserwegiger mit schwerdurchlässigen Lockergesteinsschichten.
- c) Einschaltung gut wasserwegiger Sandlagen.

2.2.2. Ursachen

2.2.2.1. Äußere Ursachen

Anthropogene Belastung von Böschungen und Hängen
durch Verkehrsbauwerke, Hochbauten, Schüttungen, Ablagerungen, Deponien etc.

Entlastung (Übersteilung) von Böschungen und Hängen

- a) Natürliche Entlastung: Erosion im Hangfußbereich.
- b) Anthropogene Entlastung: Hangfußanschnitte bei Errichtung von Hochbauten, beim Bau von Straßen und Wegen, beim Materialabbau etc.

Geländeeinebnung im Zuge der landwirtschaftlichen Nutzung von Hangflächen

2.2.2.2. Erschütterungen

- a) Natürliche Erschütterungen: Erdbeben.
- b) Anthropogene Erschütterungen: Sprengungen, Verkehrserschütterungen.

2.2.2.3. Innere Ursachen

Änderungen im Zusammenhalt und Gefüge der Gesteine, hervorgerufen vor allem durch physikalische und chemische Einwirkung des Wassers.

Festgesteine, veränderlich feste Gesteine

- a) Überdurchschnittliche Wasserzufuhr in klüftige Felsarten (Kuftwasserdruck).
- b) Vernässung tonig-schluffiger Einlagerungen in Klüften und Spalten der Gesteine.

Kohäsionslose Lockergesteine

- a) mäßig rascher, überdurchschnittlicher Wasserzutritt in Schluffböden und Feinsande: Verminderung der Scherfestigkeit → Gefügeumlagerung → Gefügebruch → Fließen.
- b) Rascher, überdurchschnittlicher Wasserzutritt in grobe Sand- und Kiesablagerungen, Hangschuttmaterial, Schutthalde: Auftrieb → Strömungsdruck → Suspension Wasser – Festmasse → Murgang.
- c) Rasche Grundwasserabsenkung: Verminderung des Auftriebes → Gewichtszunahme → Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit → Feinteilausschwemmung → Böschungbruch.

Bindige Lockergesteine

- a) Mäßig rasche, überdurchschnittliche Wasserzufuhr: Belastungserhöhung → Gefügauflockerung → Abnahme von Kohäsion und Reibung; Konsistenzänderung: plastisch → weichplastisch → breiig → Fließen.
- b) Austrocknung: Schrumpfen → Schwindrisse → tief-eindringende Vernässung bei Niederschlägen → Festigkeitsabnahme.

2.2.3. Auslösende Ereignisse

2.2.3.1. Natürliche Ereignisse

- a) Erdbeben
- b) Entlastung durch Erosion
- c) Zu starke Vernässung durch
 - Unwetter
 - Starkniederschläge
 - Langzeitniederschläge
 - Schneeschmelze

2.2.3.2. Anthropogene Ereignisse

- a) Sprengerschütterung
- b) Belastung durch Baumaßnahmen
- c) Entlastung durch Baumaßnahmen
- d) Entlastung durch Materialabbau

3. Aufnahme der Massenbewegungen (Auswertung der Gutachten und Berichte)

Bei der Aufnahme und Untersuchung der dem Geologischen Dienst gemeldeten Massenbewegungen wurde

immer versucht, vor allem nachstehende Fragen zu klären:

- 1) Zeitpunkt des Auftretens der Massenbewegung
- 2) Typus der Massenbewegung
- 3) Geologische Situation (Aufbau, Zusammensetzung, Beschaffenheit des Untergrundes)
- 4) Geologische Voraussetzungen für das Auftreten der Massenbewegung
- 5) Ursachen der Massenbewegung
- 6) Auslösendes bzw. auslösende Ereignisse
- 7) Witterungsverhältnisse vor und zum Zeitpunkt des Auftretens der Massenbewegung
- 8) Entstandene Schäden
- 9) Notwendige Sanierungsmaßnahmen

Außerdem wurde überprüft, ob es sich bei der untersuchten Massenbewegung um eine Naturkatastrophe im Sinne der NÖ Katastrophenhilfeverordnung handelt.

Selbstverständlich war es nicht immer möglich, alle Fragen gleichmäßig gründlich zu beantworten. Bei vielen Erhebungen konnten z.B. aus finanziellen Gründen keine ausreichenden Untergrundaufschlüsse (Schürfungen, Bohrungen), keine bodenmechanischen Untersuchungen von Bodenproben u.ä.m. vorgenommen werden. Erleichtert wurden die Aufnahmen jedoch durch die in etlichen Gebieten gegebene gute Ortskenntnis und durch die des öfteren vorhandenen, aus anderen Untersuchungen des Landes stammenden Daten. Dennoch ist die Aussagekraft der Aufnahmesberichte nicht immer ausreichend, und es mußten daher einige Fälle zur Gänze und einige zum Teil von der statistischen Bearbeitung ausgeschlossen werden.

Zur Erfassung der in Abschnitt 2 angeführten Kriterien wurden sämtliche im Baugrunderkaster des Geologischen Dienstes eingeordneten Amts- und Fremdgutachten, Berichte, Untersuchungsbefunde, Pläne etc. durchgearbeitet und ausgewertet und die Ergebnisse über jeden einzelnen Fall in ein Formblatt, wie es die Abb. 1 zeigt, eingetragen und anschließend in die von R. SPENGLINGWIMMER und F. SALZER in Abschnitt 4 beschriebene Datenbank eingegeben.

4. Statistische Bearbeitung der erfaßten Daten

(R. SPENGLINGWIMMER & F. SALZER)

Eine statistische Bearbeitung der Massenbewegungen in NÖ wäre vor allem durch die große Anzahl der erfaßten Ereignisse (Rutschungen, Felsgleitungen, Murgänge) und den Umfang des Datensatzes, d.h. die Anzahl der erfaßten Parameter, ohne eine EDV-gestützte Auswertung kaum möglich gewesen. Sämtliche Aufnahmedaten wurden nach einem einheitlichen Schema aufbereitet und der Datensatz in Basisdaten (Lage, Zeit etc.) und spezifische Daten (Untergrund, Ursache etc.) untergliedert (Abb. 2, Datensatz). Für die Eingabe der einzelnen Parameter wurden Kurzbezeichnungen (Kürzel) verwendet.

Die Datenverwaltung und statistische Auswertung erfolgte mit dem Programm Frage & Antwort (F & A) Version 3.0, wobei eine sinnvolle Beschränkung und Verknüpfung der Auswahlkriterien geboten war.

Zuerst wurde ein Formular erstellt, in das anschließend die Daten über die Tastatur eingegeben wurden. Dieses Formular besteht aus Datenfeldern unterschied-

Ort	
BK Nr.	
Art der Massenbewegung	
Entstehungsdatum	
Geolog. Zone	
Anstehendes Göltrige	
Von der Massenbewegung erfaßtes Gestein	
Ausmaß der Massenbewegung	
Bewegungswerte	
Gleitfläche VB vorbestimmt VG vorgebildet SG selbstgebildet	
Geolog. Voraussetzungen	
Ursachen	natürl.
	anthropogen
Auslösendes Moment	
Hängneigung	
Exposition	
Bewuchs	
Seehöhe	

Abb. 1.
Formblatt zur Datenaufnahme.

1	GEMEINDE	(TEXT):	St. Veit/Gölsen
2	KAT.GEMEINDE	(TEXT):	Schwarzenbach
3	BK.NR.	(TEXT):	423/1
4	ART D.MASSENBEW.	(TEXT):	R
5	ENTSTEHUNG	(JJJJ):	1980
	Jahr	(MM):	4
	Monat	(TT):	24
6	GEOL. ZONE	(TEXT):	FYZ
	Geol. Decke	(TEXT):	
7	ANST. GESTEIN	(J):	
	Tonschiefer	(J):	J
	Mergelschiefer	(J):	J
	Bunte Schiefer	(J):	J
	Sandstein	(J):	J
	Kalk	(J):	J
	Dolomit	(J):	J
	Schiefer	(J):	J
	Gneis	(J):	J
	Glimmerschiefer	(J):	J
	Phyllit	(J):	J
	Lunzer Schichten	(J):	J
	Lias	(J):	J
	Gosau	(J):	J
	Neokon	(J):	J
	Hauptdolomit	(J):	J
	Mergel	(J):	J
	Schichtglied	(TEXT):	
	Gestein	(TEXT):	
8	ERF.GEST. Verw.Bod.Decke	(TEXT):	VBD
	Art der VBD	(TEXT):	
	Mächtigkeit d. VBD	(NUM):	
	Postgestein vorwiegend	(TEXT):	
	Bindige VBD	(TEXT):	
	Nichtbindige VBD	(TEXT):	
	Stärke der Höhlendecke	(NUM):	
	Erf. anstoh. Gebirge	(J):	
	Art d. anstoh. Gebirges	(TEXT):	
9	ANBRUCH	(NUM):	
	- Länge	(NUM):	
	- Breite	(NUM):	
	- Fläche	(NUM):	
	Sprunghöhe	(NUM):	
	Bewegungswaite	(NUM):	
10	FORM DER ANBRUCHNISCHE	(TEXT):	BLA
	Vorgebildete Gleitfläche	(J):	J
	Selbstgebildete Gleitfl.	(J):	J
	Schichtfl. als Gleitfl.	(J):	J
	Kluftfl. als Gleitfl.	(J):	J
	Harnischfl. als Gleitfl.	(J):	J
	Wasserstauende Schicht	(J):	J
	Grenzfl. VBD/Anstehend	(J):	J
	Tiefe der Gleitfläche	(NUM):	
	Form der Gleitfläche	(TEXT):	EBG
11	GEOL.VOR.FG Tekt/Zerr/Klft	(J):	
	FG tiefgründ.Verwitt.	(J):	J
	FG hangauswärtf.Sch/Klft	(J):	J
	FG tonig-mergel.Lagen	(J):	J
	LG geringe Scharfestigk.	(J):	J
	LG Wechs.lag.tdurchl.Lag.	(J):	J
	LG quellfähig.Mineralien	(J):	J
	LG gut durchläss.Sandlag.	(J):	J
	LG Thixotropie	(J):	J
12	URSACHEN Nat.Belastung	(J):	J
	Natürl.Entlastung	(J):	J
	Erdbeben	(J):	J
	FG Kluftwasserdruck	(J):	J
	FG Frostsprengung	(J):	J
	LG mäßigüb.durchn.Wasszufuh.:	J	J
	LG übermäß.Wassf.bind.Bod.:	J	J
	LG plötzl.überm.Wasszufl.:	J	J
	LG rasche GW-Absenkung	(J):	J
	LG Austrocknung	(J):	J
	Anthrop.Belastung	(J):	J
	Schüttung, Dämme	(J):	J
	Materialablagerungen	(J):	J
	Entlastungen	(J):	J
	Hangfußenschnitt, Bau	(J):	J
	Hanganschn., Straße, Weg	(J):	J
	Materialabbau	(J):	J
	Geländeeinebnung	(TEXT):	
	Künstl.geschütt.Böschung	(J):	J
	Sprongerschütterung	(J):	J
	Auflockerung d. Sprengung	(J):	J
	Verkehrerserschütterungen	(J):	J
	Anthrp.Veränd.Wasserleit.:	(J):	J
13	AUSLÖSER Erdbeben	(J):	J
	Belastung d. Massenbew.	(J):	J
	Erosion	(TEXT):	
	Unwetter	(TEXT):	
	Starkniederschlag	(J):	J
	Langzeitniederschlag	(J):	J
	Schneeschnelze	(J):	J
	Hochwasser	(J):	J
	Entlastung d. Bautätigk.	(J):	J
	Belastung d. Bautätigk.	(J):	J
	Entlast. d. Weg-u.Str. B.:	(J):	J
	Entlast. d. Materialabb.	(J):	J
	Sprongerschütterungen	(J):	J
	Verkehrerserschütterungen	(J):	J
	Anthrp.Veränd.Wasserleit.:	(J):	J
	Geländeeinebnung	(J):	J
14	HANGNEIGUNG	(NUM):	
	Künstl.geschütt.Bösch.	(J):	J
	Neigung künstl.Bösch.	(NUM):	
15	EXPOSITION	(TEXT):	S
16	BEWUCHS	(TEXT):	WI
17	SEEHÖHE	(NUM):	620
18	UNWETTER	(JJJJ):	
	Jahr	(JJJJ):	1980
	Monat	(MM):	4
	Tag	(TT):	4
	Schneeschnelze	(JJJJ):	1980
	Jahr	(JJJJ):	1980
	Monat	(MM):	4
	Tag	(TT):	4
19	SCHÄDEN.Risse i.Hochbaut.	(J):	J
	Einwurf v. Hochbauten	(J):	J
	Setzungen an Hochbauten	(J):	J
	Setzungen an Straßen,Wegen	(J):	J
	Geländeverform.Böschanbr.	(J):	J
	Gefährdung Mensch Gebäude	(J):	J
	Bodenrisse	(J):	J
	Gerin. eingeengt, verschütt.:	(J):	J
20	SANIERUNG d.baul.Maßnahm.	(J):	J
	Entwässerung	(J):	J
	Natursteinverbau	(J):	J
	Stützmauern	(J):	J
	Bepflanzung	(J):	J
	Absiedelung	(J):	J
	Bodenauswechslung	(J):	J
	Felsabtrag-Bodenabtrag	(J):	J
	Ankerungen	(J):	J
21	Bemerkungen	(TEXT):	KTS
	Bemerkungen	(TEXT):	

lichen Typs und unterschiedlicher Länge. Dabei wurden folgende Arten von Feldern unterschieden:

TEXT Textfeld für alle Zeichen, die sich mit der Tastatur erzeugen lassen.

NUM Numerisches Feld, mit dem gerechnet werden kann.

J Ja/Nein-Typ, wo nur JA oder NEIN möglich ist.

JJJJ/MM/TT .. Datumsfeld, mit dem auch gerechnet werden kann.

Die Länge der Datenfelder konnte während der Dateneingabe noch problemlos verändert werden, bzw. wurden weitere Felder hinzugefügt.

Der Vorteil dieses Datenbank-Programmes liegt darin, daß die Daten, die zuvor ganz normal über die Tastatur eingegeben wurden, unter Verwendung der Umgangssprache wieder abgerufen werden können. Es ist sehr einfach in seiner Bedienung, und man kann ohne spezifische Vorkenntnisse sofort damit arbeiten. Vor allem die Version 3.0 ist in der Datenerfassung, -korrektur und -suche noch flexibler und um einiges schneller geworden.

Natürlich ist das Programm in der Lage, verschiedene Dateiformate (ASCII, DBASE, DIF) einzulesen und auch unterschiedliche Formate abzuspeichern.

5. Ergebnisse

5.1. Allgemeine Betrachtungen, Einschränkungen einer statistischen Bearbeitung

Eine erste zahlenmäßige Auswertung der erhobenen Daten zeigt, daß insgesamt 1148 Massenbewegungen bearbeitet werden konnten. 1138 fallen davon in den Zeitraum 1953 bis 1990, die restlichen 10 Massenbewegungen ereigneten sich vor 1953 und sind in älteren Gutachten, vor allem von J. STINI, beschrieben.

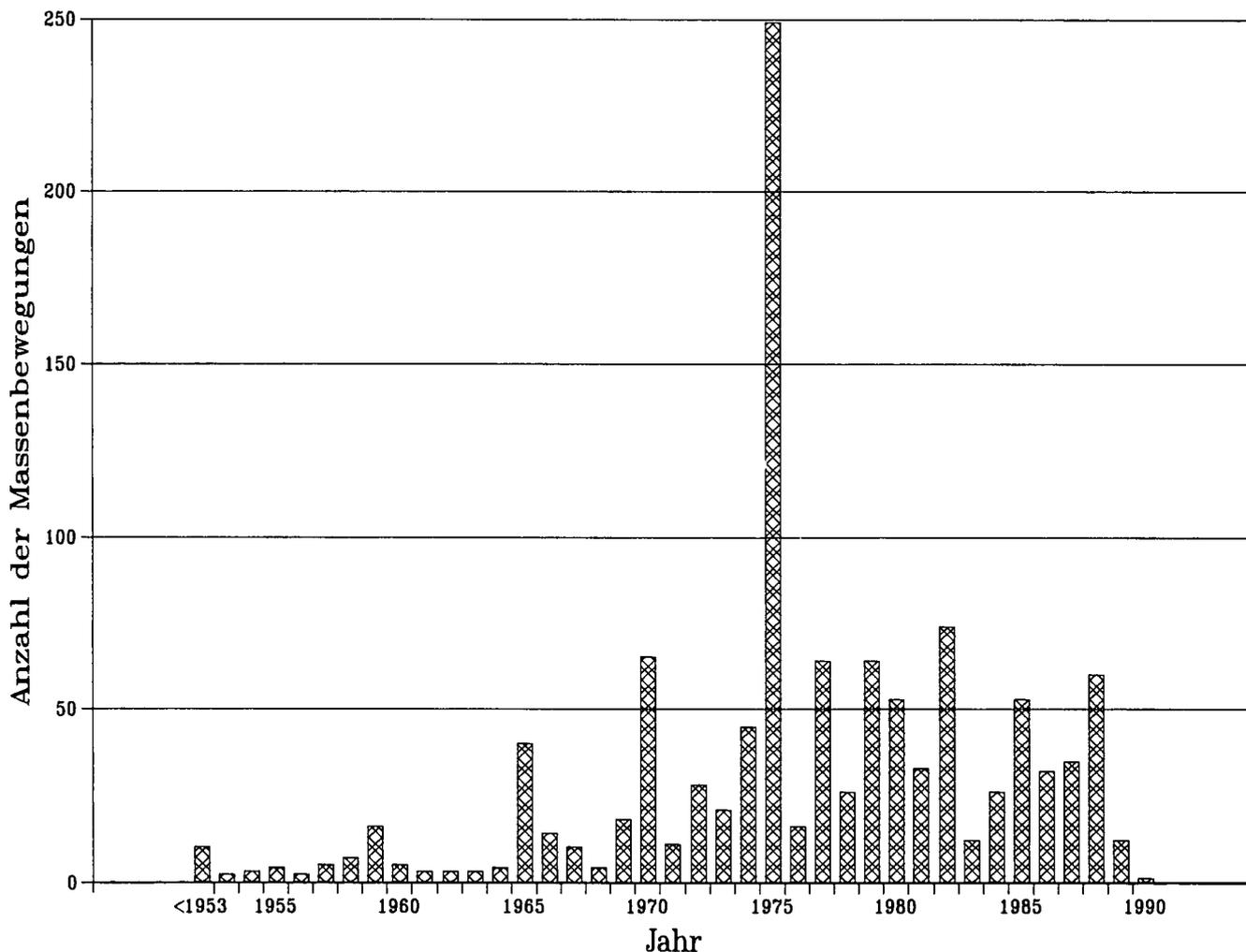
Die Anzahl der Massenbewegungen je Jahr ist in Tabelle 1 ausgewiesen.

Schon eine kurze Betrachtung der Tabelle zeigt ein deutliches Mißverhältnis zwischen den Jahren vor und nach 1965. Der Grund hierfür ist die Tatsache, daß der Geologische Dienst bis 1964 vor allem mit Massenbewegungen befaßt war, die sich im Zuge des Neuaufbaus und Ausbaus von Verkehrswegen ereigneten und erst ab 1965, als man auf Grund der in diesem Jahr österreichweit auftretenden katastrophalen Hochwässer und Massenbewegungen ein neues Katastrophenfondsgesetz erließ, mit der Untersuchung und Begutachtung aller von der Bevölkerung, den Gemeinden und diversen Dienststellen des Bundes und Landes gemeldeten Massenbewegungen beauftragt wurde.

Da dieses Gesetz eine finanzielle Hilfeleistung der öffentlichen Hand für die Beseitigung von Katastrophenschäden und die Durchführung von Sanierungs- und Sicherungsmaßnahmen vorsieht, nahm in der Folgezeit auch die Meldedichte rasch zu, und man kann annehmen, daß etwa ab 1970 die meisten Massenbewegungen, die größere Schäden verursachten, tatsächlich gemeldet wurden.

Abb. 2.
Datensatz.

Tabelle 1.
Erfasste Massenbewegungen je Jahr (1953–1990).



Wie wesentlich die Einschränkung hinsichtlich Schadensumfang und Sanierungskosten ist, zeigt Tabelle 2, in der die registrierten Fälle nach den verschiedenen Bewegungsformen aufgliedert und den geologischen Zonen Niederösterreichs (Abb. 68, Geologische Übersichtskarte von Niederösterreich) zugeordnet sind.

Jeder, der sich nur etwas mit Massenbewegungen befaßt hat, wird sofort erkennen, daß das in Tabelle 2 ausgedrückte Verhältnis zwischen den einzelnen Bewegungstypen zumindest teilweise nicht mit der Wirklichkeit übereinstimmen kann.

In einem bergigen Land wie Niederösterreich müßte z.B. die Anzahl der Fälle, die dem Bereich „Steinschlag, Blockabstürze und Felsstürze“ zuzuordnen sind, wesentlich größer sein. Da diese Massenbewegungen jedoch, wie in den Abschnitten 5.2. und 5.3. noch näher ausgeführt, größtenteils keine teuren Sicherungsmaßnahmen von Privatpersonen verlangen, wurden sie nur zu einem ganz geringen Teil gemeldet. Ähnliches gilt auch für die sogenannten „langsamen Massenbewegungen“ wie Hang- und Schuttkriechen.

Auf Grund der langjährigen Erfahrung ist für die einzelnen Arten von Massenbewegungen das in Tabelle 3 angeführte Verhältnis zwischen tatsächlich aufgetretenen (= 100 %) und gemeldeten Fällen anzunehmen.

Beachtet man diese Anteile und gleichzeitig die in Tabelle 2 festgehaltene Zahl der untersuchten Fälle, so erscheint eine statistische Bearbeitung außer bei Rut-

schungen wohl höchstens noch bei Murgängen sinnvoll. Die bei anderen Massenbewegungen in den folgenden Detailbeschreibungen angeführten Zahlen sind nur als Einzeldaten, keineswegs aber als Richtwerte zu verstehen (Tab. 4).

Bei der Aufnahme der Massenbewegungen, die sehr oft erst einige Zeit nach ihrem Auftreten erfolgte, konnte in etlichen Fällen nicht mehr das genaue Entstehungsdatum in Erfahrung gebracht werden. Infolge anderer Schadensfälle in der näheren Umgebung war jedoch relativ häufig eine einwandfreie Zuordnung zu einem Auslöseereignis (Starkregen, Unwetter etc.) möglich.

5.2. Steinschläge und Blockabstürze

Steinschläge und Blockabstürze zählen in gebirgigen Gegenden, in denen Felswände, Felsstufen frei zutage treten, wohl zu den häufigsten Massenbewegungen. Die Verwitterung arbeitet mit all ihren Möglichkeiten – Frostsprengung, Temperaturverwitterung, chemische Verwitterung, Auswaschung, Wurzelsprengung u.s.w. – ständig an der Lockerung und Zerteilung der Außenhaut des Gebirges und es ist daher meist nur eine Frage der Lage (Exposition) einer Wandstufe und der Verwitterungsresistenz des anstehenden Gebirges, wann und in welchem Ausmaß Gesteinstrümmer ausbrechen und abstürzen (Abb. 3 und 4).

Tabelle 2.
Massenbewegungen in Niederösterreich. Bewegungsformen, Zuordnung zu den geologischen Zonen.
Anzahl der zwischen Juni 1953 und Dezember 1990 aufgetretenen Massenbewegungen: 1138.

	BÖHMISCHE MASSE	MOLASSE/INNERALP TERTIÄR	FLYSCH- ZONE	KLIPPEN- ZONE	KALK- ALPEN	GRAUWACKEN- ZONE	ZENTRAL- ZONE	QUARTÄR	GE- SAMT
Steinschläge	7	---	---	---	6	---	---	1	14
Blockabstürze	7	---	2	---	9	---	1	1	20
Felsstürze	7	---	---	---	4	---	---	1	12
Bergstürze	3	---	---	---	---	---	---	---	3
Niederbrüche	--	1	---	---	2	---	1	1	5
Höhlennachbr.	--	1	---	---	---	---	---	15	16
Felsgleitungen	2	---	4	2	11	---	3	---	22
Rutschungen	14	150	404	183	143	3	55	12	964
Hangkriechen	--	---	1	1	---	---	1	---	3
Schuttkriechen	1	---	---	---	1	---	---	---	2
Bodenfließen	1	5	1	---	1	---	---	---	8
Murgänge	6	3	16	3	41	---	10	---	79
Bergzerreißung /Talzuschub	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Anzahl der Massenbewegungen je geol.Zone	48	160	428	189	218	3	71	31	1148

Besonders gefährdet sind natürlich sogenannte Felstürme (Abb. 5), da hier die Verwitterung von allen Seiten gleichzeitig angreifen kann.

Aus den Berichten der Straßenverwaltung ist bekannt, daß im alpinen Raum jährlich enorme Mengen abgestürzten oder mitunter auch aus Sicherheitsgründen künstlich zum Absturz gebrachten Gesteinsmaterials geräumt und abgeführt werden müssen. Laut Mitteilung der Straßenbauabteilung St. Pölten liegt z. B. die jährliche Abräumkubatur im Bereich der Bdstr. 21 zwischen km 56 (Kalte Kuchl) und km 89 (Landesgrenze Steiermark, Terz) bei rund 75 m³, obwohl der Anteil der Felsflächen in den Böschungen nur ca. 10 % beträgt. Im Verlauf der Bdstr. 20 kommt es z. B. zwischen km 42 und km 48 (Türnitzgraben) ebenfalls immer wieder zu Steinschlägen, deren Kubatur bei ca. 30 m³

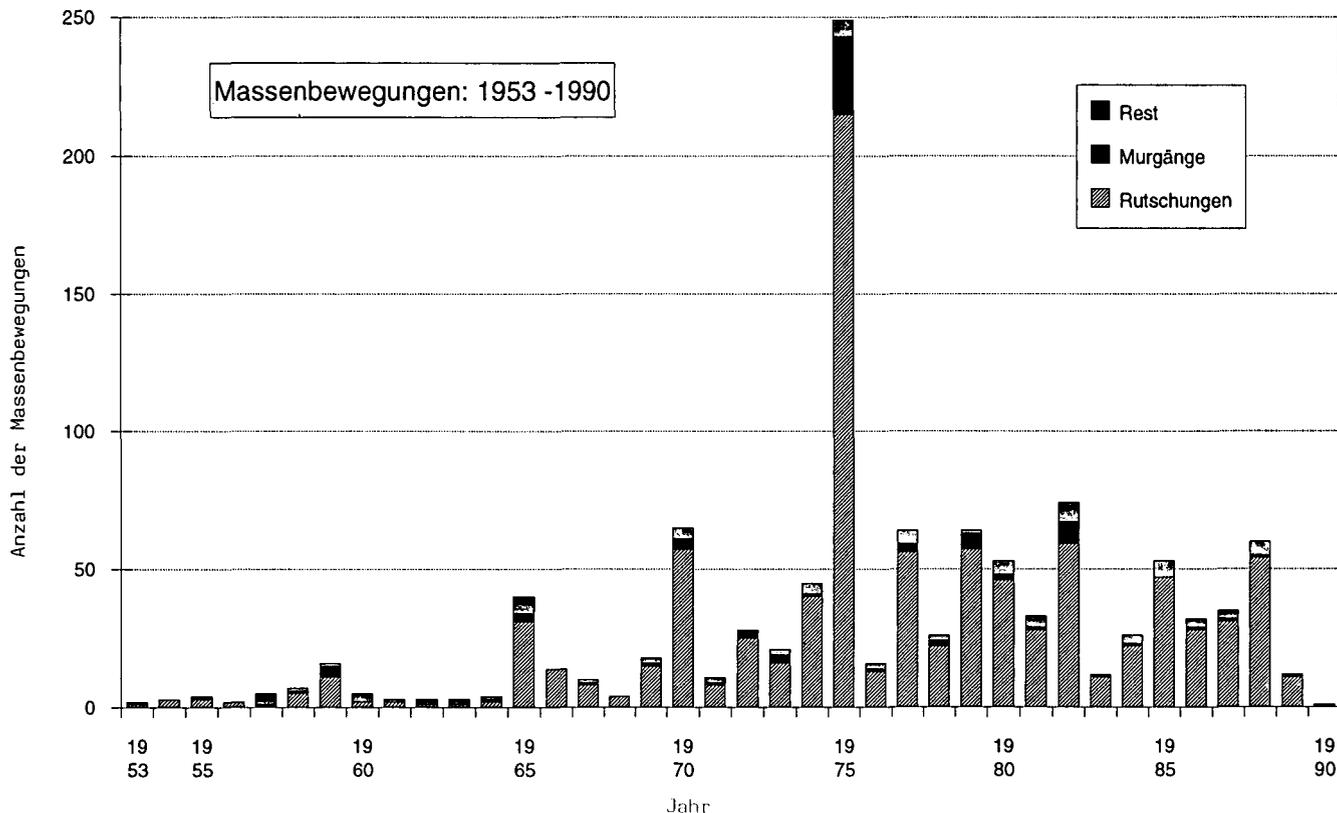
Tabelle 3.
Geschätztes Verhältnis zwischen tatsächlich eingetretenen und gemeldeten Massenbewegungen.

Bewegungsformen	Geschätzter, prozentueller Anteil der gemeldeten Fälle
Steinschlag	< 3 %
Blockabstürze	3-5 %
Felsstürze	20-30 %
Bergstürze	±70 %
Felsgleitungen	±40 %
Sackungen, Höhlennachbrüche	40-50 %
Rutschungen	60-70 %
Hang- und Schuttkriechen	< 3 %
Schichtfließen, Erdfließen	<20 %
Murgänge	20-30 %



Abb. 3.
Waidhofen a.d. Ybbs, Schnabelbergstraße.
Wandstufe aus Jurakalk.

Tabelle 4.
Mengenmäßiges Verhältnis zwischen Rutschungen, Muren und sonstigen Massenbewegungen in den Jahren 1953–1990.



jährlich liegt. Der Anteil der Felsflächen erreicht hier ca. 70 %.

Berichte der Straßenbauabteilung Krems zeigen, daß auch in der Böhmischen Masse viele Straßenzüge ständig von Steinschlägen, Blockabstürzen und auch kleineren Felsstürzen heimgesucht werden und in den vergangenen Jahren daher Hunderte Tonnen Gesteinsmaterial geräumt werden mußten.

Fälle, bei denen auf Wege und Straßen abstürzende Gesteinstrümmer Menschen oder Fahrzeuge direkt treffen, kommen vor, sind aber glücklicherweise doch sehr selten.

Im Jahre 1987 brachen z. B. am 20. März stromabwärts von der am rechten Donauufer gelegenen Ortschaft Bacharnsdorf zwei mittelgroße Felsblöcke aus einer oberhalb der Bdstr. 33 durchziehenden, aus Paragneisen aufgebauten Wandstufe aus und stürzten auf die Straße (B 33) ab, wobei einer der Blöcke direkt auf der Motorhaube eines gerade vorbeifahrenden PKW's landete. Die beiden Erwachsenen, die die Vordersitze benützten, wurden schwer, zwei Kinder und ihre Mutter, die im Fond des Wagens saßen, leicht verletzt.

Etwas häufiger kommt es durch Auffahren von Fahrzeugen auf abgestürztes und auf der Straße liegendes Gesteinsmaterial zu Unfällen. Am größten ist die Gefahr wohl in den frühen Morgenstunden auf kurvenreichen Straßen.

Auch aus dem Bereich der Bundesbahn sind derartige Unfälle bekannt. 1963 z. B. stürzten im April unweit nördlich der sogenannten Teufelsmauer bei Spitz a. d. Donau aus dem durch den Bahnbau um die Jahrhun-



Abb. 4.
Drosendorf, Schloßfels.
Paragneis, Amphibolit.



Abb. 5.
Felstürme im Gföhler Gneis, Kremstal.

dertwende unterschrittenen Marmorzug in der Nacht ca. 450 m³ Fels auf die Gleisanlage der Donauuferbahn und blockierten die Strecke (Abb. 6). Der erste in den Morgenstunden kommende Personenzug fuhr trotz Sofortbremsung auf die Felstrümmer auf. Ein oder zwei Personen kamen durch den plötzlichen Stopp zu Fall und trugen leichte Verletzungen davon. Die Ursache des kleinen Felssturzes war zweifellos eine Auflockerung des Gesteinsverbandes entlang einer oder mehrerer steil gegen die Gleisanlage einfallender Bankungsfugen des Marmors durch Verwitterung. Nach dem



Abb. 6.
Blockabstürze bei Spitz a.d. Donau, 1963.

Zeitpunkt zu schließen, werden wahrscheinlich vor allem Frostsprengungen in den vergangenen Wintermonaten die entscheidende Auflockerung bewirkt haben.

Daß Steinschläge und Blockabstürze auf Straßen und Bahnstrecken trotz ihrer Häufigkeit doch eher selten zu Unfällen führen, ist wohl auf den laufenden Einsatz, die profunde Ortskenntnis und die große Erfahrung von Straßen- und Bahnpersonal zurückzuführen.

Aus den bei der Bearbeitung erfaßten Angaben über die jahreszeitliche Verteilung von Steinschlag und Blockabstürzen ist zu sehen, daß, wie zu erwarten, die meisten Fälle in den Monaten Februar, März, April, also im Frühjahr im Anschluß an die Frostperiode auftreten. Für eine exakte Beurteilung der Zeitfrage ist jedoch die Anzahl der vorliegenden Daten viel zu gering. Dem Geologischen Dienst wurden praktisch nur Fälle gemeldet, bei denen Häuser oder Gärten und damit auch Menschen direkt bedroht waren. Die zahlreichen Nachbrüche auf Straßen und Wegen konnten hingegen nur zu einem ganz geringen Teil untersucht und registriert werden.

Erfahrungen bei den umfangreichen Straßenbauten in den letzten Jahrzehnten haben gezeigt, daß Anschnittswände in den meisten Festgesteinen bei überlegtem, fachgerechtem Abbau (Berücksichtigung des Trennflächengefüges des Gebirges, schonende Sprengweise, speziell im Nahbereich der zukünftigen Wand, gründliche Abräumung aller gelockerten Felspartien u. s. w.) wohl in den ersten ein bis zwei Jahren eine gewisse, mitunter sogar etwas erhöhte Steinschlagneigung aufweisen, dann jedoch für einen längeren Zeitraum relativ steinschlagsicher sind.

Hinweise über die Dauer dieser „Ruheperioden“, die natürlich in hohem Maße von den Eigenschaften der Felsart und der Lage der Wand abhängen, lassen sich nicht geben, da keine entsprechenden Aufzeichnungen vorliegen.

Eine akutere Bedrohung für den Menschen stellen Steinschläge und Blockabstürze im verbauten Gebiet dar. Im Ortsgebiet von Krems a. d. Donau treten z. B. Steinschläge relativ häufig auf, da die Stadt zum Teil direkt in bzw. an den das Donautal im N begrenzenden Bergrücken (Kreuzberg, Wachtberg) gebaut wurde. Viele der alten Häuser stehen daher direkt unter oder vor Felswänden. Ob diese Wände natürlich entstanden oder erst durch den Menschen geschaffen wurden, ist



Abb. 7.
Gemeinde Hofamt Priel,
KG Weins, Felssturz 1960.
Felssturzhalde auf der
Landesstraße 7275.

in diesem Zusammenhang egal, da bei dem Alter der Verbauung heute die Verwitterung der Gesteine auf alle Fälle so weit fortgeschritten ist, daß eine entsprechende Steinschlagneigung besteht. Eine Sanierung der Wände zur Absicherung der Häuser und Hofräume ist relativ schwierig und kostspielig (Spezialfirmen). In den meisten Fällen begnügt man sich daher mit der Reparatur beschädigter Dachflächen und der Absperrung der wandseitigen Hofbereiche. Da Absperrmaßnahmen über längere Zeiträume aber kaum wirksam bleiben, ist in manchen Fällen zweifellos eine Gefährdung der Bewohner, vor allem natürlich der Kinder, gegeben. In Zukunft sollte man daher streng darauf achten, daß in solchen Gebieten keine Bauführungen mehr im direkten Wandbereich erfolgen, sondern immer ein ausreichender Sicherheitsabstand eingehalten wird. Eine gewisse Verminderung des Abstandes kann durch Errichtung von Schutzwällen oder Schutzwänden ermöglicht werden. Reicht auch hierfür der Platz nicht aus, so ist es mitunter sinnvoller, wenn man das Gebäude, so es Höhe und Standsicherheit der Felsstufe erlauben, mit steinschlagsicher gestalteter Dachfläche direkt an die Wand anbaut. Gestattet es die Form der Felsstufe, kann auch die Anbringung eines sogenannten Steinschlag-Gitters einen guten Schutz geben.

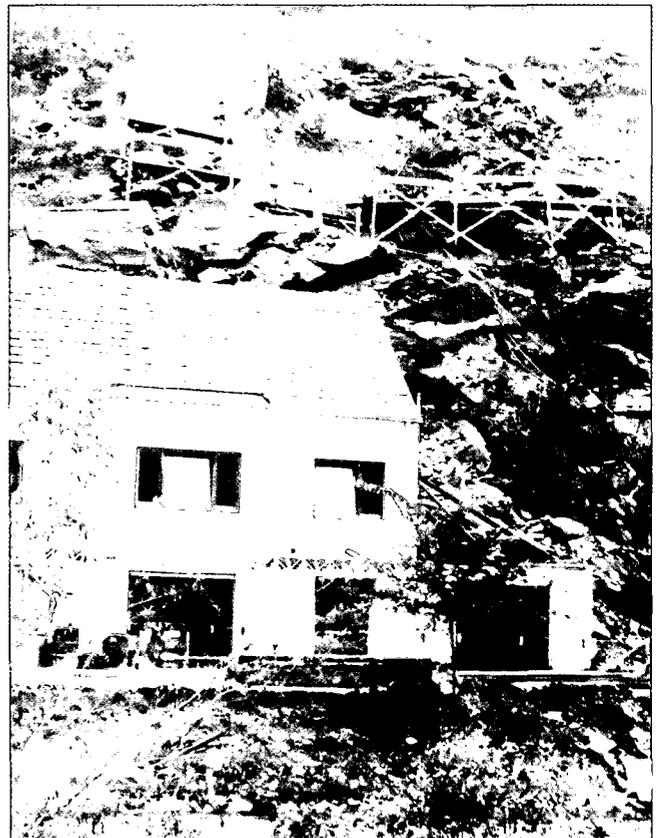


Abb. 8. →
Felssturz Ufergasse in Krems a. d. Donau, Juli 1975.
Abräum- und Sanierungsarbeiten.

Bei einigen vom Geologischen Dienst in anderen Gebieten Niederösterreichs untersuchten Fällen handelte es sich um Blockabstürze aus kleinen, relativ hoch über dem Talboden im Waldgebiet liegenden Felswänden. Da die Wände durch den Baumbestand der Sicht entzogen waren, hat sich die Auflockerung des Gesteinsverbandes völlig unbemerkt vollzogen. Der plötzliche Absturz einiger Blöcke auf Häuser und Gärten am Hangfuß, ausgelöst durch Unwetter oder Starkniederschläge, kam daher völlig überraschend.

Bei der Untersuchung der Schadensfälle zeigte es sich, daß der Absturz der Blöcke in großen, oft 30 bis 40 m weiten Sprüngen erfolgte, wobei die Absturzbahn vorwiegend durch den Baumbestand bestimmt wurde.

Viele der kleineren bis mittelgroßen Blöcke wurden durch den Wald aufgehalten (Schutzfunktion des Waldes). Große Blöcke bahnten sich allerdings manchmal auch bei dichtem Baumbestand ihren Weg, indem sie Stämme abschlugen oder zersplitterten. Menschen, die ihre Häuser am Fuße solcher Hänge errichtet haben, wären daher gut beraten, wenn sie die Wandstufen von Zeit zu Zeit besichtigen und – falls erforderlich – zeitgerecht abräumen oder absichern ließen. Die häufig vorgeschlagene Errichtung sogenannter Bohlenwände bietet bei steilen Hängen infolge des schon erwähnten Springens der Blöcke oft keinen sicheren Schutz. Ist eine Abräumung der gelockerten Felspartien nicht möglich, sollten in diesen Fällen unbedingt Nagelungen vorgenommen und Schutzgitter angebracht werden.

5.3. Felsstürze, Bergstürze

Wie bei Steinschlägen und Blockabstürzen konnte auch bei den größeren Gesteinsnachbrüchen nur ein Teil der im beobachteten Zeitraum tatsächlich aufgetretenen Fälle untersucht werden. Felsstürze in unbewohnten Gebieten, die weder Menschen noch Gebäude direkt bedrohten, wurden von der Bevölkerung kaum beachtet und daher auch nicht gemeldet. Massenbewegungen, die im Zuge größerer Bauvorhaben, z. B. Straßenbauten, auftraten, wurden von den befaßten Baufirmen rasch saniert. Nur in Fällen, in denen es zu einer Bedrohung oder Beschädigung von Häusern, Straßen, Wegen etc. kam und daher mehr oder weniger schwierige und teure Sanierungs- und Sicherungsmaß-

nahmen notwendig waren, wurde der Geologische Dienst eingeschaltet.

Nach der Kubatur der in Bewegung geratenen Felsmasse unterteilt, handelte es sich um 12 Fels- und 3 Bergstürze.

Von den 12 Felsstürzen bedrohten oder beschädigten 10 Straßen (Abb. 7), Wege oder Gleisanlagen der ÖBB. Nur 2 mal wurden Häuser getroffen (Abb. 8).

Fast bei allen Felsstürzen lagerten die bewegten, zerklüfteten und durch Verwitterung bereits stark aufgelockerten Gesteinsmassen auf deutlich ausgeprägten, talwärts fallenden Kluft- oder Schichtflächen. Der Bewegungsvorgang umfaßte also eine Gleit- und eine Sturzphase.

Als natürliche Ursachen waren bei den meisten Abstürzen Kluftwasserdruck und zum Teil auch Frostsprengungen zu erkennen. Bei mehr als der Hälfte aller Fälle wurden die Bewegungen eindeutig durch Hangfußanschnitte im Zuge von Baumaßnahmen verschuldet bzw. mitverschuldet.

Die auslösenden Momente konnten sehr oft nicht mehr genau festgestellt werden. Nur bei 8 Felsstürzen hat nachweisbar ein überstarker Wasserzufluß nach Starkregen bzw. Schneeschmelze die Bewegung ausgelöst.

Von den drei untersuchten Bergstürzen war eindeutig der im Marmorsteinbruch bei Spitz a. d. Donau am eindrucksvollsten (Abb. 9).

Der Steinbruch liegt am westlichen (linken) Donauufer, ca. 1 km südlich des Ortsgebietes von Spitz. Ursprünglich wohl zur Steingewinnung beim Bau der Donauuferbahn eröffnet, wurde das Gestein später überörtlich für den Straßen- und Wasserbau verwendet. Durch den regen Abbau war bis zum Jahre 1961 eine 180 m lange, etwa 60 bis 70 m hohe, mit 50° bis 60° geneigte Abbauwand parallel zur Gleisanlage der ÖBB entstanden. Der Abbau erfolgte in den Fünfzigerjahren etagenweise mittels Kopflöchern von ca. 6 m Länge.

Der anstehende silikatreiche Hinterhauser Marmor, der üblicherweise auch als Wachauer oder Spitzer Marmor bezeichnet wird, streicht SSW gegen NNE, zeigt eine deutliche Bankung und fällt mit 35° bis 40° E bis ESE, also gegen die Donau und damit auch gegen Bahn und Straße ein.



Abb. 9.
Spitz a.d. Donau, Bergsturz im Marmorsteinbruch, 1961.



Abb. 10.
Steinbruch Spitz, teilweise geglättete Schicht- und Bankungsfugen.



Abb. 11.
Steinbruch Spitz, teilweise geglättete Schicht- und Bankungsfugen.

Die Stärke der Gesteinsbänke schwankt meist zwischen 0,5 und 1,5 m, erreicht aber stellenweise auch Werte von 4 bis 6 m. Die Klüftung zeigt 3 deutlich ausgebildete, steil bis saiger stehende Scharen, die das Gestein gemeinsam mit den Bankungsfugen in zum Teil beachtlich große Klüftkörper zerteilen. Etliche der Bankungsfugen sind als geglättete, leicht wellige Harnischflächen ausgebildet (Abb. 10 und 11).

Durch den Gesteinsabbau, der von der Bahnstrecke gegen W bis WNW vorangetrieben wurde, hat man über eine Strecke von ca. 200 m den natürlichen Fuß der Marmorbänke immer stärker unterschritten und damit gegen eine der Grundregeln der Abbautechnik, nämlich einen geschichteten Gesteinskörper niemals von der Seite des Einfallens her anzuschneiden, verstoßen.

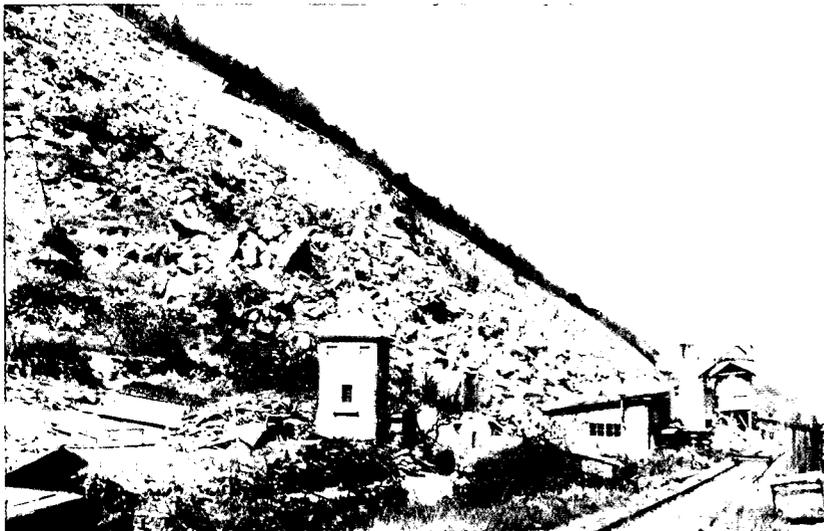


Abb. 12.
Steinbruch Spitz, Bergsturzhalde auf der ehemaligen Bruchsohle.
Blick von Süden.

Abb. 13.
Steinbruch Spitz, Fuß der Bergsturzhalde, teilweise zerstörte Aufbereitungsanlage, Schienenstrang der ÖBB.

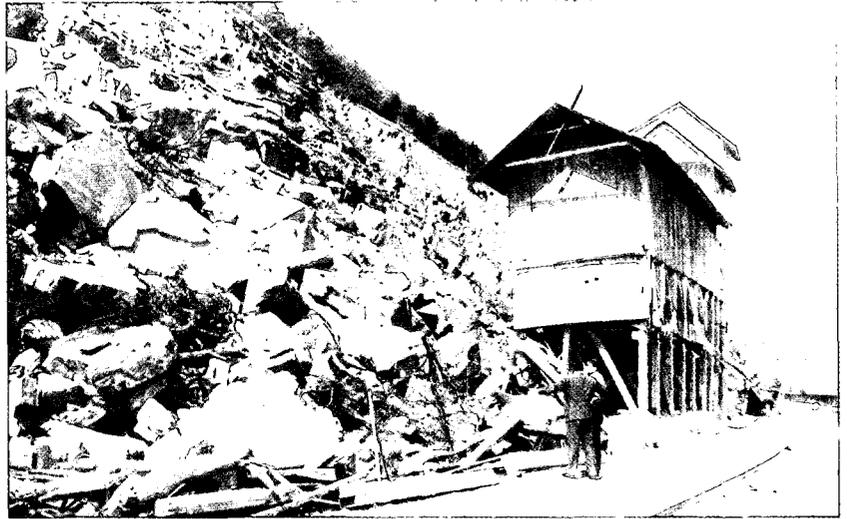


Abb. 14.
Steinbruch Spitz, Fuß der Bergsturzhalde, teilweise zerstörte Aufbereitungsanlage, Schienenstrang der ÖBB.

Laut Schilderung des damaligen Besitzers des Steinbruches lösten sich am Sonntag, den 12. März 1961 um 7^h früh, nach einer ganz kurzen, schwachen, nur örtlich spürbaren Erschütterung plötzlich große Felsblöcke aus den obersten Partien der Bruchwand, stürzten unter lautem Getöse auf die Bruchsohle ab und verschütteten diese mit Ausnahme ihres nördlichen Teiles bis fast zum Damm der Donauuferbahn (Abb. 12, 13 und 14). Brecheranlage, Sortierung, Werkstätte sowie das Wohn- und Bürogebäude wurden schwer beschädigt. Der Besitzer flüchtete mit seiner Familie aus den im Stock gelegenen Schlafräumen über den Balkon ins Freie.

Durch den Gesteinsabsturz entstand oberhalb der Bruchwand eine annähernd dreieckige Ausbruchsnische mit einer Grundlinie von etwa 120 m und einer Höhe von 110 m (Abb. 15).

Da die erfaßte Gesteinsschichte eine Mächtigkeit von ± 10 m aufwies, betrug das Volumen der in Bewegung geratenen Gesteinsmassen ungefähr 70.000 m³ (Abb. 16).

Wie auf der am 15. März 1961 gemachten Aufnahme (Abb. 17) zu sehen ist, stürzten hievon ca. $\frac{2}{3}$ über die Bruchwand ab, während der Rest der Gesteinsblöcke nach einer kurzen Gleitbewegung in verschiedenen Mulden der Bewegungsfläche liegen blieb.

Wertet man die Ergebnisse der geologischen Untersuchung aus, so zeigt sich, daß als geologische Vor-

aussetzung vor allem die gegen E einfallende Bankung des Gesteins, die Einschaltung von Harnischflächen, die ausgeprägte Zerklüftung und die tiefreichende Auflockerung des Gesteinsverbandes durch die Verwitterung anzuführen sind.

Als Hauptursache ist eindeutig das Unterschneiden des Hanges, also die Wegnahme des Fußes der Gesteinslagen im Zuge des Abbaues, anzusehen.

Fördernd hat sich natürlich auch die Auflockerung des Gesteinsverbandes im bruchnahen Bereich durch die Gewinnungssprengungen ausgewirkt.

Ein typisches auslösendes Moment konnte trotz genauer Untersuchung nicht festgestellt werden. Die letzten Wandsprengungen fanden im Herbst 1960, also 5 bis 6 Monate früher statt. Nach Auskunft der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik wurden in der Zeit vor dem Bergsturz keine Beben im fraglichen Gebiet registriert. Laut Aufzeichnung der Wetterstation Spitz gab es in den Wochen vorher nur sehr geringe Niederschläge, und die Temperatur sank nur in einigen Nächten auf -1° bis -2° ab. Man muß daher annehmen, daß sich die obersten Gesteinsbänke in Nähe der Bruchwand infolge Unterschneidung und Auflockerung durch Sprengungen und Frost bereits seit längerer Zeit in einem labilen Gleichgewichtszustand befanden und daher das durch die langsame Erwärmung anfangs März bedingte Abtauen der Eisbildungen in den rand-

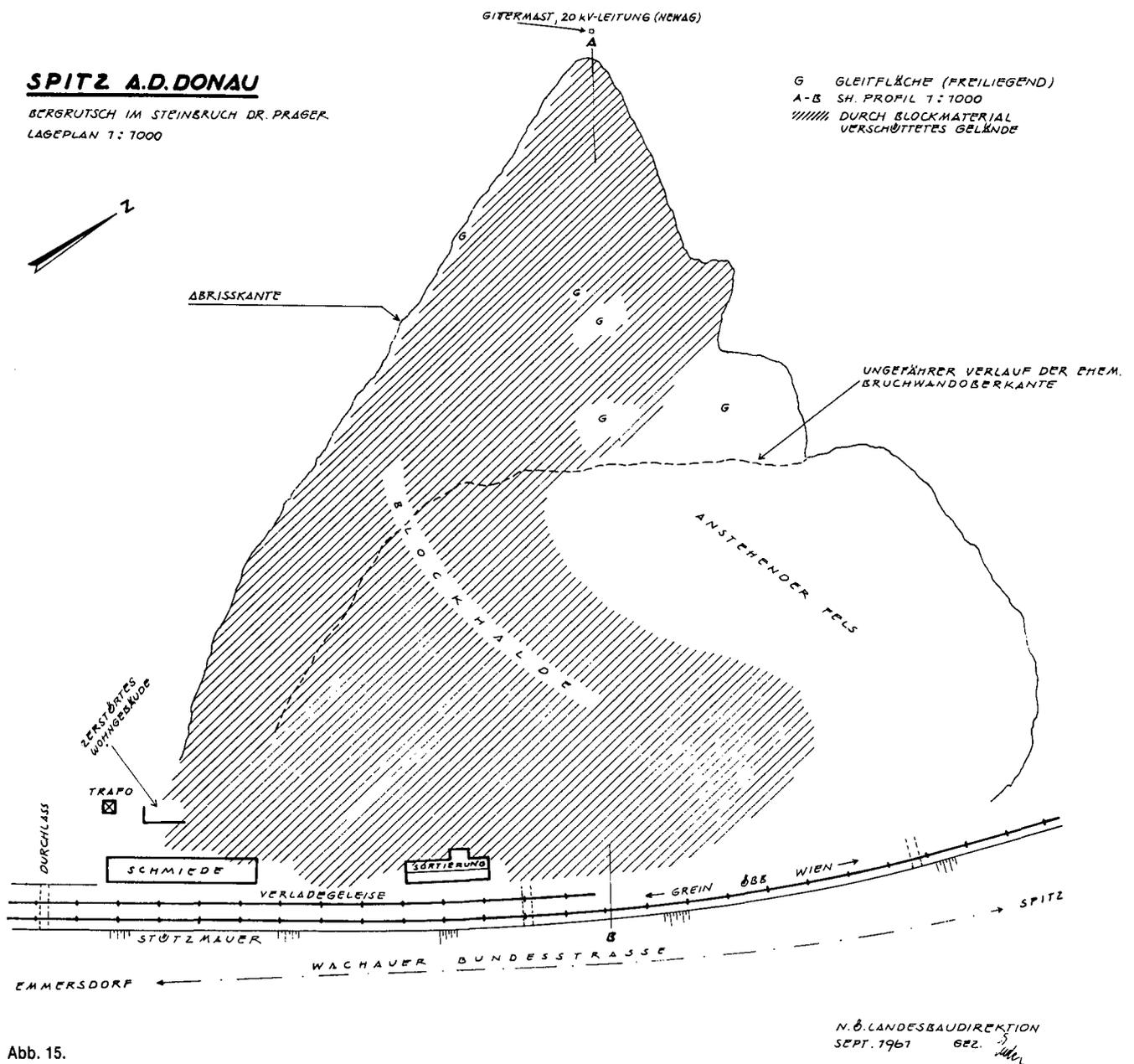


Abb. 15.
Bergsturz Spitz, Lageplan.
Originalmaßstab 1 : 1000, verkleinert auf 64 %.

nahen Gesteinspartien ausreichte, um die Bewegung auszulösen.

Wie bei den meisten Felsstürzen setzt sich auch im Falle Spitz die Bewegung ganz deutlich aus einem Gleit- und einem Sturzvorgang zusammen.

Ein wesentlich größerer Bergsturz ist bereits im März 1958 nahe Langenlois, ebenfalls in einem Steinbruch abgegangen. Hier kam es zum Absturz von ca. 150.000 m³ Gneis. Für die Auslösung der Bewegung dürfte vor allem der im Zuge der Schneeschmelze auftretende Kluftwasserdruck in dem durch Verwitterung und Sprengerschütterung aufgelockerten Gebirge verantwortlich sein.

Ein weiterer Bergsturz ereignete sich im Juni 1985 in der Katastralgemeinde Weins, nahe der Einmündung des Yspertales in das Donautal, wobei ca. 20.000 m³

Gneis auf die am Hangfuß verlaufende Landesstraße 7275 abstürzten (Abb. 18, 19 und 20).

Bereits 1960 und 1984 waren an dieser Stelle Felsstürze (2.500 bzw. 1.400 m³) aufgetreten, die bauliche Sicherheitsmaßnahmen erforderlich machten.

Eine wesentliche Ursache für diese Gesteinsnachbrüche war zweifellos der Felsabtrag im Zuge des Straßenbaues. Die Untersuchung des aus Paragneis aufgebauten Bergrückens zeigte aber, daß das Gestein durchwegs, selbst in der Kammzone, stark gelockert und aufgerissen ist. Da diese intensive Zerteilung keinesfalls auf die Sprengungen beim Straßenbau im Hangfußbereich zurückzuführen ist, muß man tektonische Vorgänge dafür verantwortlich machen (Bruchtektonik, TOLLMANN, 1977). Auslösende Ereignisse waren bei allen 3 Nachbrüchen besonders intensive Niederschläge (Kluftwasserdruck, Gewichtserhöhung, Reibungsverminderung etc.).

SPITZ A. D. DONAU

BERGRUTSCH IM STEINBRUCH DR. PHÄGER
PROFIL 1 : 7000

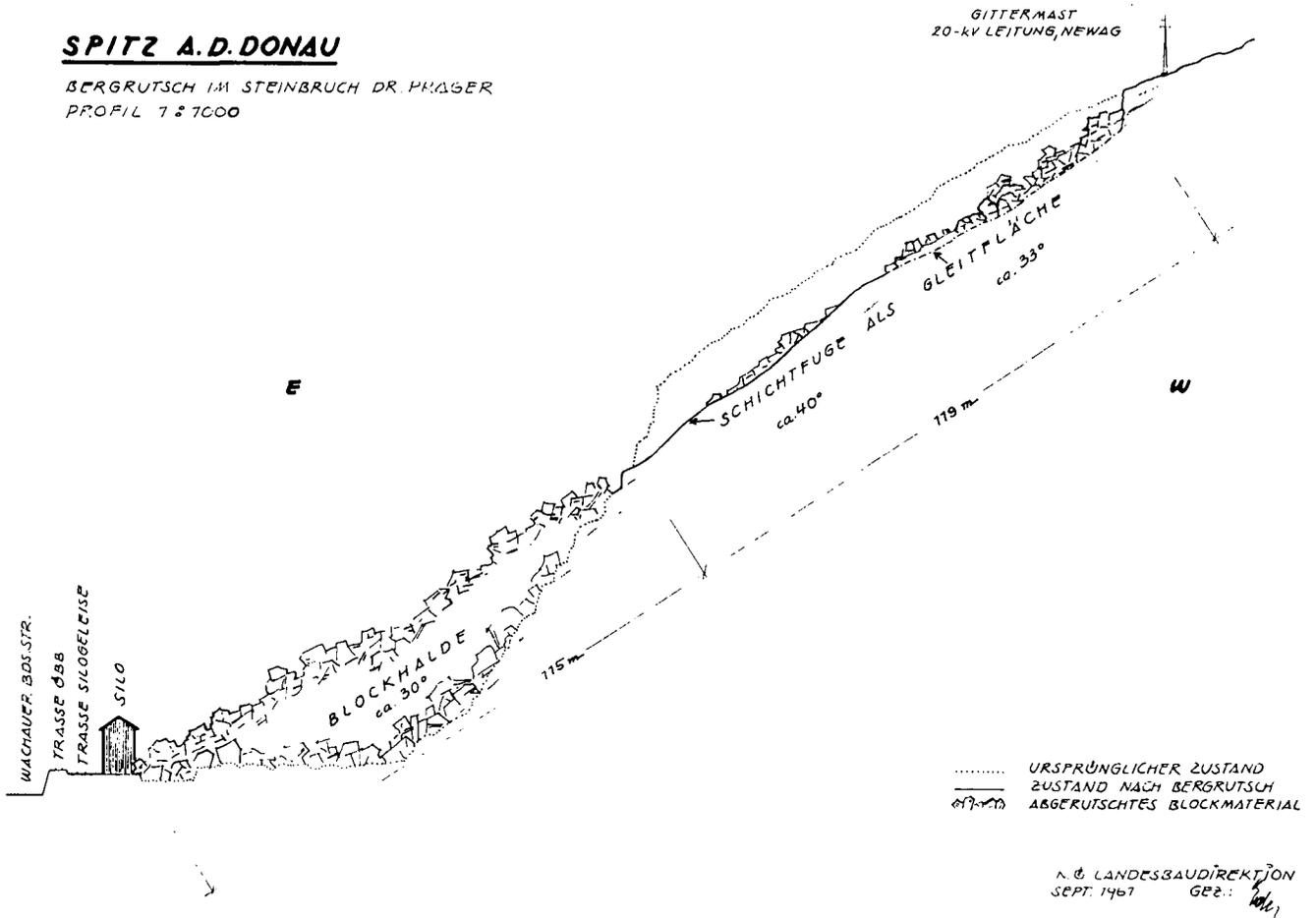


Abb. 16.
Bergsturz Spitz, Profil.
Originalmaßstab 1 : 1000, verkleinert auf 68 %.

5.4. Niederbrüche

Rechnet man zu dieser Gruppe von Massenbewegungen, wie in Abschnitt 2 vorgeschlagen, Nachbrüche in Höhlen und sogenannte Erdfälle (Einbrüche des Geländes über durch Salz- oder Gipsauslaugung erzeugten Hohlräumen [REUTER et al., 1988]), so wurden vom Geologischen Dienst 20 Fälle bearbeitet.

Der größte Teil betrifft Höhlungen, die in den von verkitteten Terrassenschottern (Nagelfluh) aufgebauten

Uferböschungen von Ybbs und Erlauf ausgebildet sind. Wenn sich auch keine vollkommenen Verbrüche ereigneten, so ist es doch immer wieder zu Blockabstürzen aus den Randzonen der Höhlen, zu Rißbildungen und begrenzten Nachbrüchen aus den Höhlendecken gekommen.

Besonders viele Meldungen betrafen das Gebiet von Waidhofen und Zell an der Ybbs. Die Ursachen hierfür sind sowohl die große Anzahl der Höhlungen in den

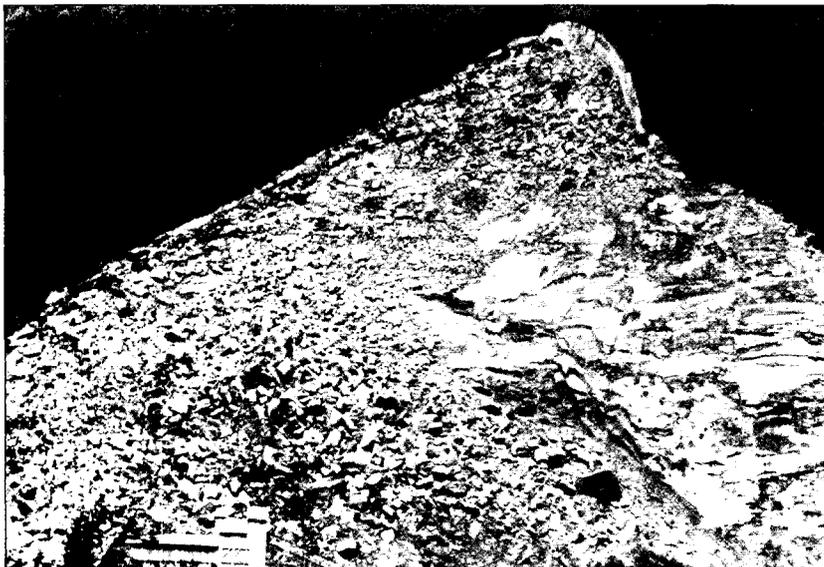


Abb. 17.
Bergsturz Spitz, Schutthalde.

Abb. 18.
Gemeinde Hofamt Priel, Landesstraße 7275, Berg-
sturz 1985.



Abb. 19.
Gemeinde Hofamt Priel, Landesstraße 7275, Berg-
sturz 1985.

Konglomeratwänden zu beiden Seiten der Ybbs wie auch die Tatsache, daß die Uferzonen weitgehend in die Verbauung integriert sind. Jede Rißbildung, jeder Materialabbruch kann in diesem Gebiet auch eine Gefahr für ein direkt oder seitlich über der Höhle befindliches Gebäude bedeuten.

Im Jahre 1980 wurde über Auftrag der Bundesstraßenverwaltung der größte Teil der unter Niveau des Hundertjährigen Hochwassers gelegenen Höhlen voll mit Beton verfüllt. Dennoch ergab eine von der Stadtgemeinde Waidhofen und dem Geologischen Dienst 1985 durchgeführte Erhebung oberhalb des Hochwasserniveaus noch immer über 70 Halbhöhlen und Höhlen, deren Rauminhalt zwischen 10 und 1500 m³ liegt.

Eine der größten Höhlen ist die in Zell befindliche sogenannte Höchtlhöhle (Abb. 21). Sie weist eine Tiefe von ca. 26 m und eine Länge, parallel zum Fluß gemessen, von rund 29 m auf und wird von der Landesstraße 6189 überquert (Abb. 22 und 23).

Die Lagerung des Konglomerates ist generell söhlig, wobei Korngröße und Kornbindung der einzelnen Bänke zum Teil starke Unterschiede aufweisen. Dementsprechend ist natürlich auch die Festigkeit großen Schwankungen unterworfen. Messungen an Bohrkernen aus dem Bereich Waidhofen ergaben Druckfestigkeiten zwischen 224 N/cm² und 936 N/cm² (Gutachten Dipl.Ing. G. PÜCHL, 1988).



Abb. 20.
Gemeinde Hofamt Priel, Landesstraße 7275, Bergsturz 1985.

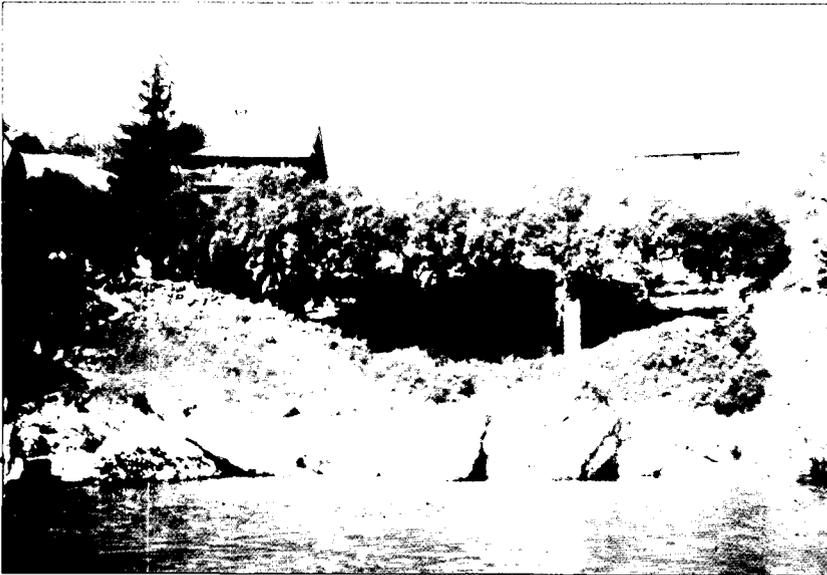


Abb. 21.
Zell a.d. Ybbs, Höchtlhöhle.

Außer von den Schichtfugen und den immer wieder eingeschalteten Kiesnestern wird der Zusammenhalt des Konglomerates vor allem durch flußparallele, lotrecht stehende Klüfte unterbrochen. In einzelnen Höhlungen, wie z. B. der Höchtlhöhle, sind auch schräg bis senkrecht zum Fluß verlaufende Klüfte ausgebildet. 1985 wurde am linken Ybbsufer, etwa bei km 1,9 der Bundesstraße 31 auch eine ca. 35 m lange, steilstehende, bogenförmige Kluft festgestellt, die in Bogenmitte

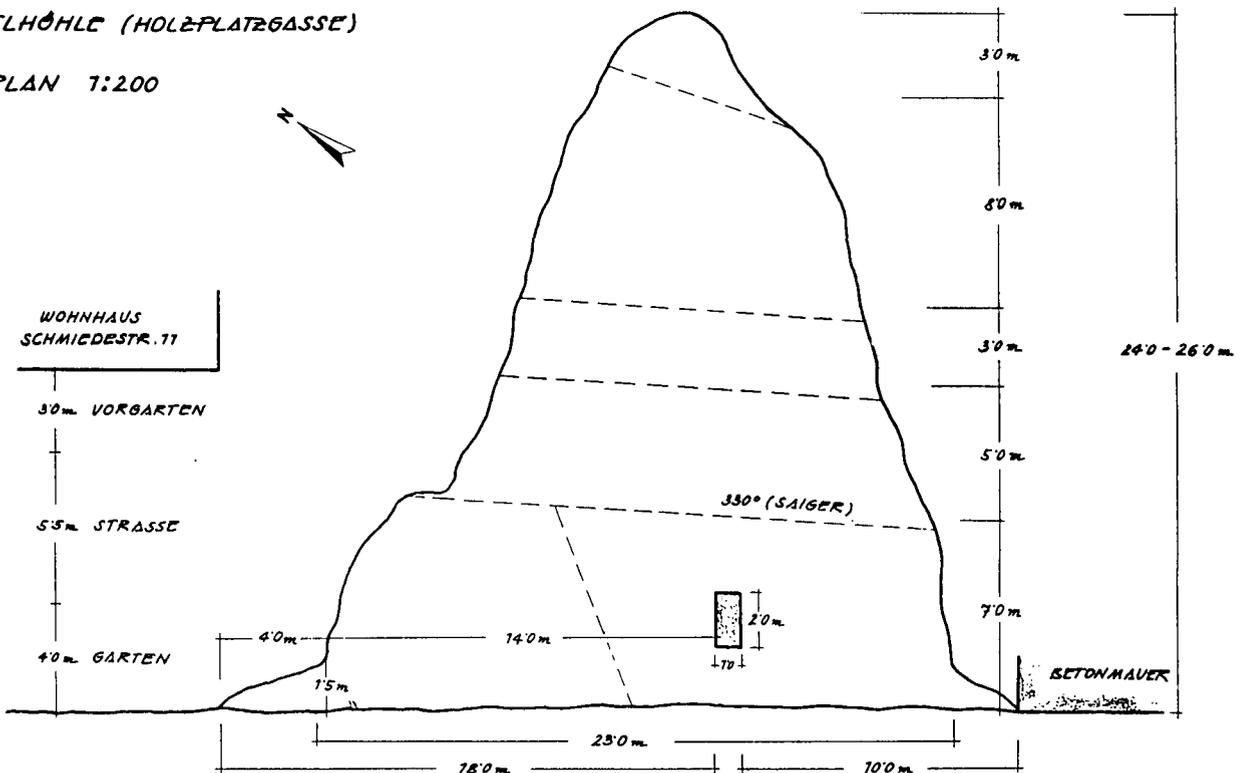
eine 4 bis 5 m starke Konglomeratscholle begrenzte, die sich bereits etwas gesetzt und um 60 cm vom Anstehenden gegen den Fluß verschoben hatte.

Die Entstehung der Höhlen ist auf physikalische und chemische Verwitterung (Frostspaltung, Bindemittel-lösung durch zufließende Bergwässer) und die Erosion des Flusses zurückzuführen, wobei natürlich die Schwachstellen im Gestein wie Kiesnester, Lagen mit geringer Kornbindung, Klüfte usw. die bevorzugten An-

ZELL/YBBS

HÖCHTLHÖHLE (HOLZPLATZGASSE)

LAGEPLAN 1:200



N. Ö. LANDESBAUDIREKTION

AUFGENOMMEN: *Edler*
GEZEICHNET: *Edler*

Abb. 22.
Zell a.d. Ybbs, Höchtlhöhle, Lageplan.
Originalmaßstab 1 : 200, verkleinert auf 76 %.

ZELL / YBBS

HÖCHTLHÖHLE (HOLZPLATZGASSE)

SCHNITT 7:200

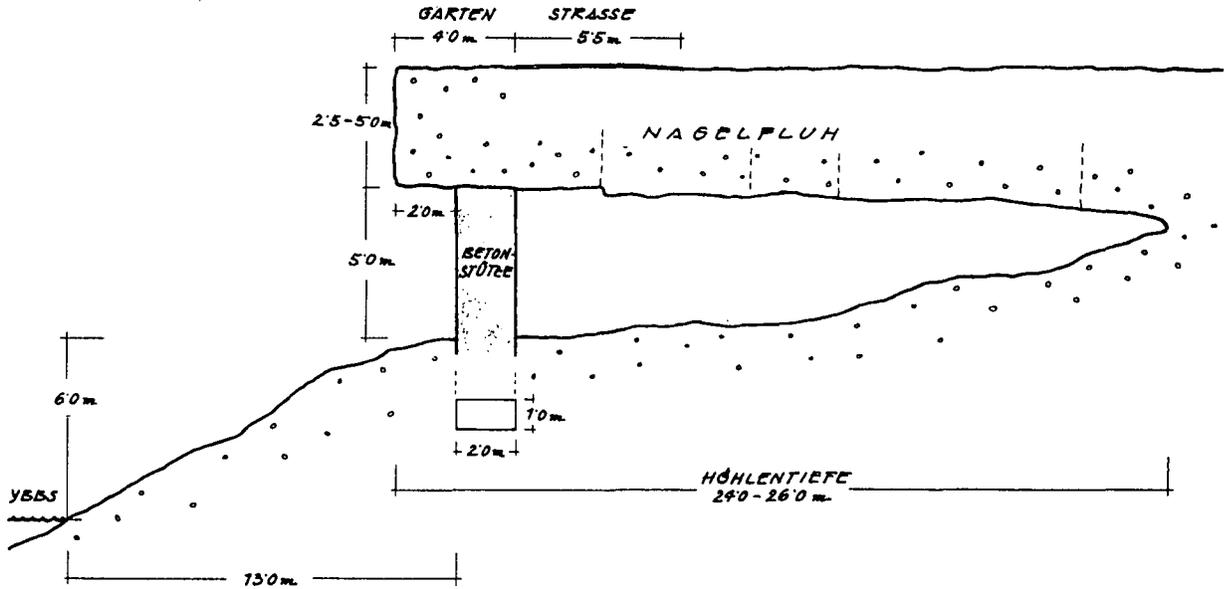


Abb. 23.
Zell a.d. Ybbs, Höchtlhöhle, Schnitt.
Originalmaßstab 1 : 200, verkleinert auf 81 %.

griffsstellen bildeten. An etlichen im Fluß liegenden Konglomeratblöcken ist zu sehen, daß große Nachbrüche heute vor allem entlang der flußparallelen Vertikalklüfte erfolgen. Ebenfalls stärker abbruchgefährdet sind auch die Randzonen der Höhlendecken.

1962 kam es z. B. am rechten Ybbsufer, schräg unterhalb eines etwa 200 Jahre alten Häuschens, zu

einem größeren Nachbruch aus der Decke einer ca. 32 m langen und vor dem Abbruch etwa 6,5 m tiefen Höhle, bei dem an 50 bis 60 m³ Material abstürzten (Abb. 24).

Eine ständige Vergrößerung der Höhlen bewirken auch heute noch Lösungsvorgänge durch Bergwässer und flächige Abwitterungen (Frostsprengungen) aus



Abb. 24.
Zell a.d. Ybbs, Nachbruch der
Randzone einer Uferhöhle 1962.



Abb. 25.
Zell a.d. Ybbs, Höhlenbildung im rechten Ybbsufer.

den Höhlendecken. Obwohl diese Vorgänge sehr langsam vor sich gehen, bewirken sie doch eine laufende Verminderung der Standsicherheit der Höhlen und damit auch eine ständige Erhöhung der Bedrohung darüber gelegener Häuser und Wege.

Eine generelle Sanierung der großen überbauten Hohlräume durch Einbau von Stützpfählern, Stützscheiben, Torkretierung der Decken etc., wie sie die Stadtgemeinde vor einiger Zeit begonnen hat, ist daher richtig und notwendig. Da die Höhlen einen wesentlichen Bestandteil des besonderen Ortsbildes von Waidhofen und Zell bilden (Abb. 25), muß dabei allerdings mit größter Sorgfalt und viel Gefühl vorgegangen werden.

Niederbrüche in Lockerböden (Kies, Sand, Verwitterungsboden, künstliche Anschüttung) wurden nur 4 registriert.

In allen Fällen waren unterirdische Materialauschwemmungen in geringer Tiefe infolge besonders starker Wasserzufuhr Ursache und auslösendes Moment.

Durch die nicht zu großen, eher seichten Einbrüche im Gelände wurden ein Weg beschädigt und ein Wohnhaus bedroht.

Ein der Definition von REUTER F. et al. (1980) entsprechender Erdfall ereignete sich im Raum Annaberg. Durch Baumaßnahmen im Zuge des Ausbaues der Bundesstraße 20 (Bachverlegung, Brückenbau) wurde der unterirdische Bergwasserabfluß verändert und damit Auslaugungen in den in den Werfener Schichten der Reisalpen-Decke eingeschalteten Gips-Anhydritablagerungen ausgelöst. Mehrmalige Einsenkungen im Straßenkörper waren die Folge.

5.5. Felsgleitungen

Von den bearbeiteten Massenbewegungen sind 22 eindeutig in die Gruppe „Felsgleitung“ einzuordnen. Wie bereits im Abschnitt 5.3. aufgezeigt, beinhalten jedoch auch etliche Fels- und Bergstürze eine Bewegungsphase, die ebenfalls als Gleitung zu klassifizieren ist. Zur weiteren Bearbeitung vor allem der Bereiche „Bewegungsvorgang“, „Geologische Voraussetzungen“, „Ursachen und auslösende Ereignisse“ können daher insgesamt 29 Massenbewegungen herangezogen werden.

Felsgleitungen	22
Felsstürze mit erkennbarer Gleitphase	5
Bergstürze mit erkennbarer Gleitphase . . .	2
Summe	29

Von diesen 29 Gleitungen traten

- 12 in den Kalkalpen
- 4 in der Flysch- und Klippenzone
- 3 in der Zentralzone
und
- 10 in der Böhmischen Masse auf.

Bei den betroffenen Gesteinsarten handelte es sich bei 5 um Kalke, Dolomite und Marmore (kristalline Kalke)

bei 9 um Paragneise, Glimmerschiefer, Serizitschiefer und Amphibolite

bei 2 um Orthogneis und Granulit
und bei

bei 13 um Mergel, Kalkmergel und Tonmergel.

In allen Fällen erfolgte das Abgleiten der Felsmassen auf vorgebildeten Bewegungsbahnen, von denen eindeutig

11 als Schicht- bzw. Schieferungsflächen

5 als Klufflächen

und

5 als Harnischflächen identifiziert werden konnten.

Bei 20 Bewegungsbahnen handelte es sich um durchgehende, hangauswärts gerichtete Flächen.

Als weitere geologische Voraussetzung ist, wie die Untersuchung der an die Ausbruchsnische anschließenden Bereiche zeigte, in allen Fällen eine starke Auflockerung der Gesteinspartien oberhalb der Gleitfläche anzunehmen, die ein rasches Eindringen von Niederschlagswässern ermöglichte (natürliche Ursache).

Als wesentlichste Voraussetzung für das Auftreten der Gleitungen war allerdings in 21 der 29 Fälle ein künstlicher Materialabtrag im Hangfußbereich festzustellen. 4 mal handelte es sich dabei um Materialgewinnung in Steinbrüchen, 3 mal um Anschnitte bei der Errichtung von Hochbauten und 14 mal um Materialabbau im Zuge von Verkehrswegebauten.

Die Auslösung der Massenbewegungen erfolgte laut Mitteilungen der Bevölkerung in 15 Fällen eindeutig durch starke Vernässung im Gefolge von Starknieder-

schlägen, Unwettern und Schneeschmelze. Nur 6 Gleitungen wurden durch die Abtragungsarbeiten im Hangfußbereich direkt in Gang gebracht. In den übrigen Fällen konnte das auslösende Moment nicht mehr einwandfrei festgestellt werden.

Bei 17 Gleitungen kam es zur Beschädigung von Verkehrswegen (Straßen, Wege, Gleisanlagen der ÖBB), während Hochbauten nur in 3 Fällen in Mitleidenschaft gezogen wurden.

Versucht man nun aus obigen Daten die typischsten, am öftesten erkennbaren Merkmale der Felsgleitungen zu erfassen, so ergibt sich folgendes Bild:

Felsgleitungen treten am häufigsten in Gesteinszügen auf, die hangauswärts fallende Trennfugen (Schicht-, Schieferungs-, Kluft-, Harnischflächen, Gesteinsgrenzen etc.) aufweisen und deren oberste Gesteinslagen durch natürliche Vorgänge oder auch durch anthropogene Einflüsse entlang steil stehender Trennfugen stark aufgelockert sind. Eine zusätzliche Voraussetzung für das Auftreten von Gleitungen ist ein weitgehend freies Ausstreichen der Bewegungsflächen. In vielen Fällen wird diese Situation jedoch erst durch menschliche Eingriffe im Hangfuß geschaffen (Hanganschnitte, Materialabbau).

Als auslösende Momente fungieren vor allem Wetterereignisse, die zu einer plötzlichen und intensiven Vernässung der oberen, aufgelockerten Zonen der Gesteinskörper und damit zur Erhöhung von Kluftwasserdruck und zur Abminderung des Scher- bzw. Reibungswiderstandes in der Bewegungsfuge führen.

Bei allen Untersuchungen zeigte sich, daß zweifellos Öffnungsgrad, Form und Ausbildung sowie Einfallen der als Bewegungsbahnen in Frage kommenden Trennflächen die Gleitwilligkeit eines Hanges ganz wesentlich bestimmen.

Sind die Trennfugen geschlossen, enthalten sie keine Zwischenmittel und werden nicht vom Bergwasser durchsickert und sind daher die Kluftkörper des Gebirges fest eingespannt, so muß man Gleitungen, wie ja unzählige standfeste Felswände mit hangauswärts fallenden Trennflächen zeigen, kaum befürchten.

Im Zuge des Ausbaues der Erlaufalbundesstraße in den fünfziger Jahren mußte im Bereich der sog. Peutenburger Enge, ca. 1,5 km südlich von Neubruck, die aus Jurakalken aufgebaute östliche Flanke des engen Tales um mehr als 10 m tief abgetragen werden. Die steilstehenden Kalke waren stark zerklüftet und in den Außenbereichen des Felsriegels auch deutlich aufgelockert. Für die Standsicherheit der zukünftigen Wand war besonders ein Kluftsystem von Bedeutung, das in 3 Reihen übereinander auftrat, zum Teil Harnische zeigte und bei etwa wandparallelem Streichen mit ca. 35° gegen W, also hangauswärts, einfiel.

Auf der mittleren Kluftschär war bereits zu Beginn der Arbeiten ein ca. 500 bis 600 m³ großer Block zu erkennen, der sowohl bergseits wie zu beiden Seiten deutlich von Verschiebungsklüften begrenzt war und daher – obwohl er in dem kaum aufgelockerten Zentrum des Felsriegels lag – akut absturzgefährdet erschien. Tatsächlich glitt der Block jedoch erst aus der Wand, nachdem man die anschließenden Felsbereiche bereits ziemlich tief abgetragen und auch vom Block selbst ca. 1/3 abgesprengt hatte. Bei der anschließenden Besichtigung der Ausbruchsnische konnte man erkennen, daß die Gleitbahn deutlich geglättet war, keinen Besteg aufwies und, wie auch die umgebenden

Klüfte, nicht von Bergwasser durchsickert wurde. Die Einspannung des Kluftkörpers war also noch intakt und es genügte daher, trotz Neigung und Glättung, kleine wulstförmige Unebenheiten auf der Gleitfläche, um dem Block noch einen ausreichenden Halt zu geben.

Sind die Trennfugen durch Spannungsumlagerungen im Gebirge, Verwitterung oder anthropogene Einflüsse (Sprengungen) geöffnet, so wird die Standfestigkeit von dem in ihnen herrschenden Reibungswiderstand bestimmt. Dieser ist bei vielen Gesteinsarten groß genug, um unter normalen Bedingungen – nicht zu steiles Einfallen, keine Unterschneidung, keine zusätzliche Belastung etc. – Bewegungen zu verhindern.

Bei dem in Abschnitt 5.3. geschilderten Bergsturz im Marmorsteinbruch Spitz konnte beobachtet werden, daß die bei der Katastrophe im Jahre 1961 wohl abgeglittenen aber nicht über die Steinbruchwand abgestürzten Marmorblöcke, trotz des Steinbruchbetriebes, jahrelang auf der glatten Gleitfläche liegen blieben (Abb. 26).

1975 verloren jedoch plötzlich, im Anschluß an eine Regenperiode, viele der Blöcke den Halt und stürzten nunmehr auch über die bereits wieder freigelegte Bruchwand ab (Abb. 27).

Untersuchungen vor diesem 2. Absturz hatten gezeigt, daß sich die Fugen zwischen Gleitfläche und Gesteinsblöcken im Laufe der Zeit weitestgehend mit Staub, Gesteinsmehl und Pflanzenteilchen gefüllt hatten. Dieser neuentstandene „Kluftbesteg“ bildete nun nach der starken Vernässung ein breiiges, schmieriges

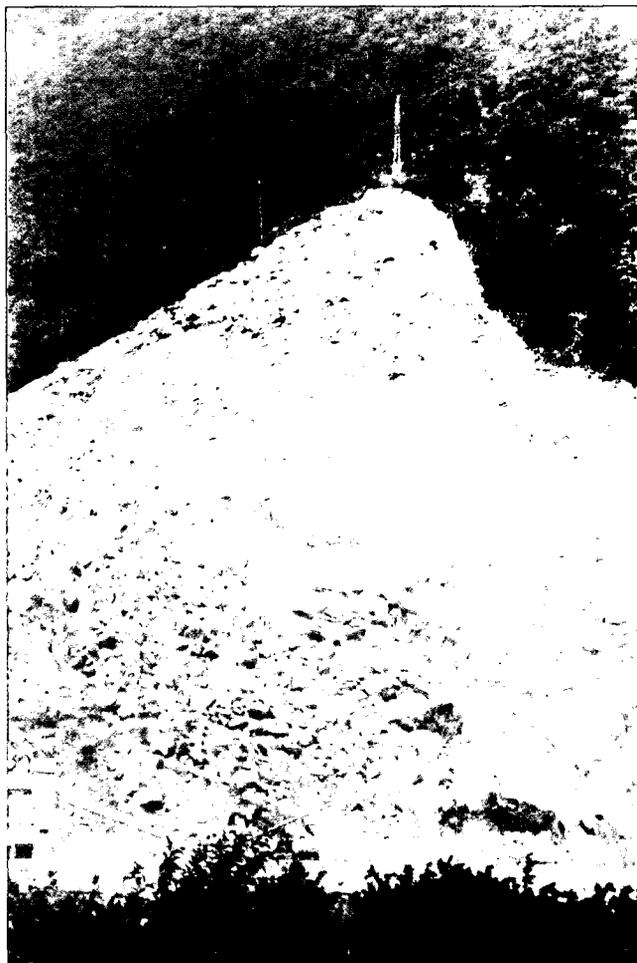


Abb. 26.
Steinbruch Spitz, 1961, kurze Zeit nach dem Bergsturz aufgenommen.

Gleitmittel, das den ursprünglich zwischen Blöcken und Bewegungsflächen wirksamen Reibungswiderstand ausschaltete.

Bei vielen tonig-mergeligen Gesteinen und auch bei etlichen kristallinen Schiefen (Glimmerschiefer, Serizit-schiefer etc.) ist die Rauigkeit und damit der Reibungswiderstand von Haus aus geringer. Haben Bergwasser und Verwitterung im Laufe der Zeit eine gewisse Aufweichung, Zersetzung des Gesteines in den Kluft- oder Schichtfugen bewirkt, so kann unter Umständen bereits eine besonders starke Vernässung (Auftrieb, Kluftwasserdruck) Bewegungen auslösen.

Noch wirksamer und damit gefährlicher ist ein überdurchschnittlicher Wasserzutritt in Klüfte und Gleitfugen, wenn letztere ein tonig-schluffiges Zwischenmittel enthalten. Zerstörung von Kohäsion und Reibungswiderstand und damit Vernichtung der in diesem Fall für die Standfestigkeit maßgebenden Scherfestigkeit des Zwischenmittels sind die Folge.

Besonders prädestiniert, vor allem für größere Felsgleitungen, sind natürlich entsprechend geneigte, auf weitere Strecken durchgehende, ebenflächig bis leicht gekrümmte Trennflächen. Diesen Bedingungen entsprechen am häufigsten Schichtflächen, tektonisch angelegte Großklüfte oder alte Bewegungsbahnen (Gleitklüfte).

Ergänzend zu den obigen Ausführungen muß noch darauf hingewiesen werden, daß es sich bei den bear-

beiteten Gleitungen um flächenmäßig nicht allzu große Bewegungen handelte und vor allem die Stärke der bewegten Gesteinsschichten mit 5 bis maximal 20 m doch eher gering war.

Bei mächtigeren Felskörpern, also bei Böschungen mit Höhen von 100 m und mehr, herrschen im Bereich der Gleitfugen ohne Zweifel andere Spannungszustände, andere Beanspruchungen, und es können daher auch andere Bewegungsformen, wie z. B. plastische Verformung, Ausbildung gekrümmter Gleitflächen etc. auftreten (MÜLLER, 1963; POISEL & EPPENSTEINER, 1989).

5.6. Bergzerreißung, Talzuschub

Unter den Begriffen „Bergzerreißung“ und „Talzuschub“ werden großräumige Bewegungen in den Rücken und Flanken unserer Berge verstanden, bei denen es sich im wesentlichen um ein durch Schwerkraft und tektonische Spannungen (GATTINGER, 1975) bewirktes, langsames, tiefer in den Untergrund eingreifendes Kriechen der Gesteins- und Schuttmassen handelt. Örtlich und zeitlich begrenzt, kann diese langsame Massenbewegung mitunter auch in ein Stürzen, Sacken, Gleiten oder Rutschen übergehen.

Eindrucksvolle Beispiele solcher Großbewegungen wurden mehrfach aus eiszeitlich übersteilten Alpentälern beschrieben (STINI, 1952; KRONFELLNER-KRAUS, 1974; MOSER & GLUMAC, 1983). Auch aus dem alpinen Raum Niederösterreichs sind Fälle bekannt.

Bei den vom Geologischen Dienst untersuchten Massenbewegungen konnte jedoch in keinem Fall eine eindeutige Zugehörigkeit zu einer derartigen Großbewegung festgestellt werden.

Nur bei den in den Abschnitten 5.2. und 5.3. beschriebenen Gesteinsnachbrüchen auf die Landesstraße 7275 in der KG. Weins wurde von einem Gutachter auf Bergzerreißung als mögliche Ursache für die starke Zerklüftung und Auflockerung des Gesteins hingewiesen. Gerade in diesem Fall erscheint es aber wahrscheinlicher, daß die Zerstörung des Gebirgsverbandes auf bruchtektonische Vorgänge zurückzuführen ist (TOLLMANN, 1977). Ähnliche Erscheinungen wie in Weins wurden z. B. auch im Mündungsbereich des Tiefenbaches beim Ausbau der südlichen Abfahrt der Greiner Donaubrücke angetroffen.

Wie schon STINI (1952a, b) aufgezeigt hat, besteht jedoch kein Zweifel, daß die Natur ihre Verflachungstendenz auch in weniger hohen und weniger steilen Gebirgszügen verfolgt, und es ist daher wohl nur eine Frage der Zeit, bis man bei gezielter Suche und genauer Prüfung auch in Kalkalpen, Flyschzone oder Böhmischer Masse weitere dem Talzuschub entsprechende Bewegungsbereiche erkennen wird.

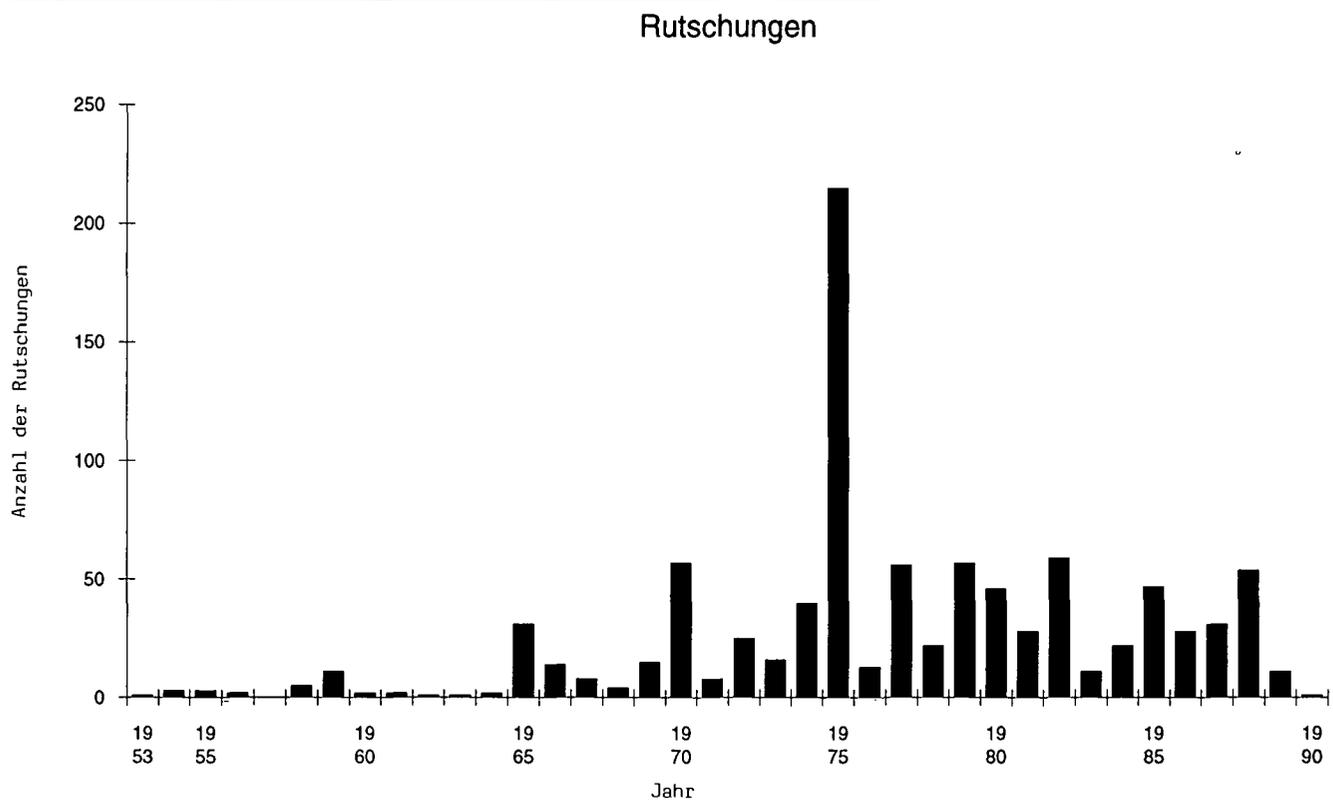
5.7. Rutschungen

Von den insgesamt 1148 untersuchten Massenbewegungen waren 964, also 84 %, in die Gruppe „Rutschungen“ einzuordnen. Dieser hohe Prozentsatz ist natürlich in erster Linie auf das häufige Auftreten dieser Art von Bodenbewegungen an sich, zu einem beachtlichen Teil aber auch auf eine gegenüber anderen Massenbewegungen höhere Meldedichte zurückzuführen. Der Grund hierfür ist wohl die Tatsache, daß Rutschungen in größerer Zahl auch in flacheren, dichter besie-



Abb. 27.
Steinbruch Spitz. Aufnahme 1985.

Tabelle 5.
Anzahl der Rutschungen je Jahr.



delten und von der Bevölkerung intensiver genutzten Gebieten auftreten und daher sehr oft Schäden an Kulturen, Wegen und auch Gebäuden verursachen, zu deren Behebung die Betroffenen Beihilfe aus öffentlichen Mitteln benötigen. Da eine wirksame finanzielle Hilfe erst seit der Erlassung des Katastrophenfondsgesetzes BGBl 207 aus 1966 gewährt werden konnte, ist die höhere Meldedichte, wie Tab. 5 zeigt, erst ab den katastrophreichen Jahren 1965 und 1966 gegeben.

5.7.1. Verteilung der Rutschungen auf die geologischen Zonen Niederösterreichs; von der Bewegung erfaßtes Gestein; anstehendes Gebirge

Ordnet man die untersuchten Rutschungen nach den geologischen Zonen, in denen sie auftraten, so zeigt sich, daß Flysch- und Klippenzone mit 587 Fällen am weitest stärksten heimgesucht wurden. Abgeschlagen folgen Molassezone und Inneralpines Tertiär mit 150, Kalkalpen mit 143, Zentralzone mit 55 und der niederösterreichische Anteil der Böhmisches Masse mit nur 14 Rutschungen (Tab. 6).

Stellt man der Anzahl der Rutschungen die flächenmäßige Ausdehnung der verschiedenen geologischen Zonen gegenüber (Tab. 7), so wird deren unterschiedliche Rutschanfälligkeit noch deutlicher.

Obwohl mit ca. 8,9 % der Gesamtfläche Niederösterreichs zweitkleinste Einheit, ereigneten sich in Flysch- und Klippenzone über 60 % aller Rutschungen, während im gleichen Zeitraum in der Böhmisches Masse, die mit über 5400 km² (28,4 %) mehr als dreimal so groß ist, nur 14 Bewegungen (1,45 %) registriert wurden. Wenn auch, wie in Abschnitt 5 ausgeführt, voraussichtlich nur zwischen 60 % und 70 % der tatsächlich

aufgetretenen Rutschungen erfaßt werden konnten, so zeigen diese Zahlen doch ganz deutlich, daß Flysch- und Klippenzone in Niederösterreich die von Rutschungen am weitest häufigsten bedrohten Gebiete sind.

Maßgebend für die Rutschgefährdung von Hängen und Böschungen, die teilweise oder zur Gänze von Lockergesteinen aufgebaut werden, ist, sieht man von der Geländeformung und eventuell vorhandenen potentiellen Gleitfugen ab, bei bindigen Bodenarten vor allem die Scherfestigkeit, bei nicht bindigen der Reibungswinkel. Je geringer Scherfestigkeit bzw. Reibungswinkel sind, umso leichter kann es zu Störungen eines bestehenden Kräftegleichgewichtes und zur Auslösung von Bewegungen kommen.

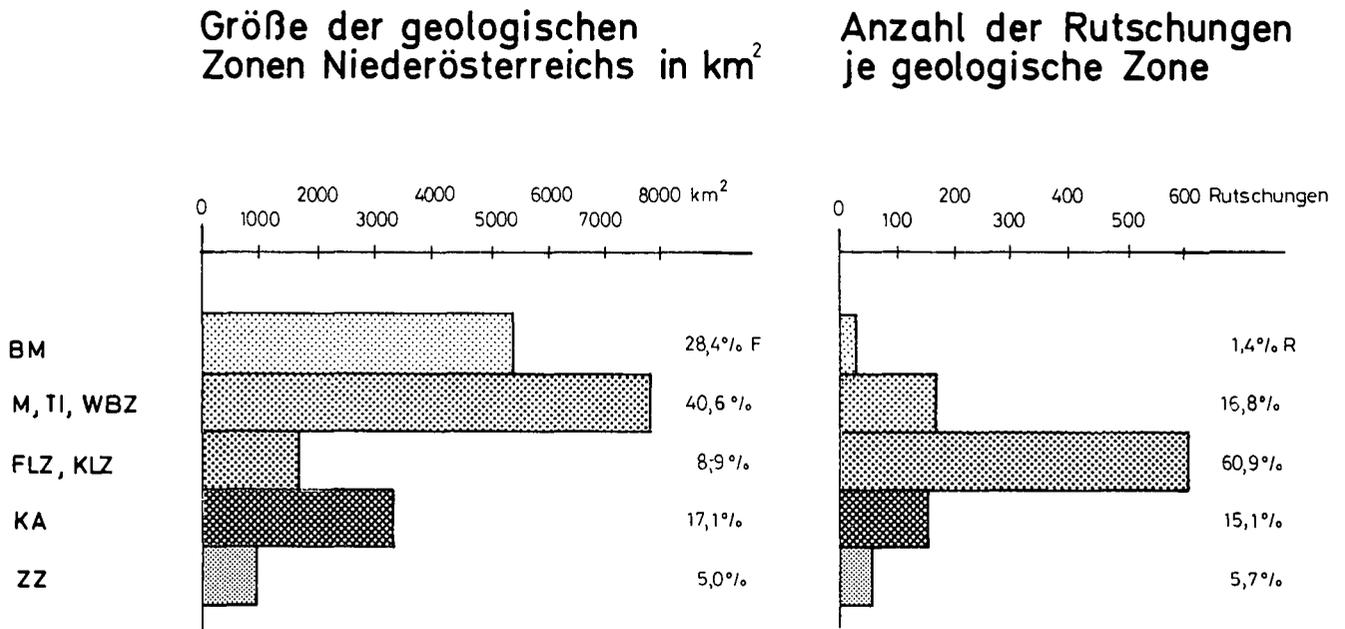
Von den in unserem Gebiet vorkommenden Lockergesteinen weisen vor allem die locker gelagerten san-

Tabelle 6.
Anzahl der Rutschungen in den verschiedenen geologischen Zonen Niederösterreichs.

Geologische Zone	Im Verwitterungsboden	Im anstehenden Gebirge	Gesamtzahl
Böhmisches Masse	12	2	14
Molasse, Inneralpines Tertiär	102	48	150
Flyschzone	398	6	404
Klippenzone	177	6	183
Kalkalpen	138	5	143
Grauwackenzone	3	—	3
Zentralzone	50	5	55
Quartär	—	12	12
Gesamtzahl	880	84	964

Tabelle 7.

Flächenmäßige Ausdehnung der Geologischen Zonen Niederösterreichs. Anzahl der Rutschungen.



BM	Böhmische Masse
M, TI, WBZ	Molasse, inneralpines Tertiär, Waschbergzone
FLZ, KLZ	Flyschzone, Klippenzone
KA	Kalkalpen, Grauwackenzone
ZZ	Zentralzone

dig-schluffigen bis tonigen Verwitterungsböden über dem anstehenden Gebirge niedrige Festigkeitswerte auf, und es ist aus diesem Grunde nicht überraschend, daß sich 880 der 964 registrierten Rutschungen, also 91 %, in eben diesen Verwitterungsböden und nur 84, das sind nicht ganz 9 %, im anstehenden Gebirge ereigneten (Tab. 6).

Zusammensetzung, Aufbau und Mächtigkeit der Verwitterungsbodendecke werden vor allem von Art und Zustand des Ausgangsgesteines, den klimatischen Gegebenheiten und der Geländeformung bestimmt. Mechanische, chemische und organische Verwitterung arbeiten ständig an der Zerteilung, Zerkleinerung und Zersetzung des anstehenden Gebirges, und es ist klar, daß ihre Arbeit bei den Gesteinen am schnellsten vorschreitet, die am wenigsten Widerstand entgegenzusetzen vermögen. In unseren Breiten trifft das vor allem auf tonig-mergelige Gesteine, also etwa Tone, Tonmergel, Tonschiefer, Mergelschiefer, Kalkmergel etc., stark verschieferte Gebirgsarten wie Glimmerschiefer, Phyllite, Schiefergneise u. a. m., und letztlich auf verschiedene tektonische überbeanspruchte, zerquetschte bis zerriebene Gesteinspartien zu. In Gebieten, in denen solche Gesteine vorherrschen, ist daher ganz allgemein mit mächtigeren Verwitterungsbodendecken und damit auch mit einer erhöhten Rutschneigung von Hangbereichen zu rechnen.

Von den geologischen Einheiten Niederösterreichs weisen vor allem Molassezone, Inneralpines Tertiär, Flysch und Klippenzone und einige Bereiche der Zentralzone solche Verhältnisse auf, und es ist daher kein

Zufall, daß sich fast 92 % aller Rutschungen in den Verwitterungsbodendecken dieser Gebiete ereigneten.

Die Tatsache, daß in Molassezone und Inneralpinem Tertiär wesentlich weniger Rutschungen als in Flysch- und Klippenzone auftraten, obwohl diese Gebiete wesentlich größer sind und auch einen eher höheren Anteil an verwitterungsanfälligen tonigen Gesteinen aufweisen, ist auf die generell flachere Geländeformung zurückzuführen. In Bereichen, in denen steilere Hänge vorherrschen, wie z. B. am Abhang zum Donautal im Gemeindegebiet von Strengberg, ist auch in der Molassezone die Rutschgefährdung wesentlich größer.

Überprüft man bei allen Rutschungen das jeweils anstehende Gestein, also das Ausgangsmaterial für die betroffenen Verwitterungsböden, so bestätigt sich auch hier die Dominanz der tonig-mergeligen Gesteinsarten.

Die Untersuchung der in den NÖ Kalkalpen aufgetretenen Rutschungen zeigt z.B., daß 98 der insgesamt 143 Bewegungen, wie man in der Tabelle 8 sieht, im Bereich von Gesteinsserien mit vorwiegend tonig-mergeligen Sedimenten lagen.

Tabelle 8.
Häufig von Rutschungen betroffene Gesteinsserien der Kalkalpen.

Anstehendes Gebirge	Anzahl der Rutschungen
Werfener Schichten	6
Lunzer Schiefertone	39
Lias Fleckenmergel	10
Aptychenmergel	43

Betrachtet man nur die Rutschungen, die in anstehendes Gebirge eingriffen, so ändert sich das Bild ein wenig.

Die am stärksten betroffenen geologischen Zonen sind hier Molasse und Inneralpines Tertiär mit 48 Rutschungen (Tab. 6). Bei dem von der Bewegung erfaßten anstehenden Gebirge handelt es sich aber auch hier in über 60 Fällen um tonig-mergelige Gesteine.

Zusammenfassend kann man daher sagen, daß mehr als 80 % aller Rutschungen, die in den vergangenen 3 Jahrzehnten vom Geologischen Dienst in NÖ registriert wurden, in Gebieten auftraten, in denen vorwiegend tonig-mergelige Gesteine anstehen.

5.7.2. Geologische Voraussetzungen und innere Ursachen;

Ausbildung und Form der Bewegungsflächen

Bodenaufschlüsse zeigen immer wieder, daß Verwitterungsböden selten eine einheitliche Zusammensetzung, einen gleichmäßigen Aufbau aufweisen.

Meist findet man, bedingt durch die Vielfalt des anstehenden Gebirges und vor allem durch eine fast überall in Gang befindliche talwärts gerichtete Verfrachtung des abgewitterten Materials (Abschwemmung, Kriech- und Fließbewegungen), übereinander und ineinander verzahnte, unterschiedlich starke, oft nur auf kurze Entfernungen durchgehende, hangparallele Lagen verschiedener Bodenarten vor. In Molasse, Flysch- und Klippenzone z.B. handelt es sich vorwiegend, wie nachfolgende Profile zeigen, um tonig-schluffige, also bindige bis leicht-bindige Böden, lehmige bis feinsandige Lagen, Sande, Grobsande und eingestreut in und zwischen die verschiedenen Schichten größeren Gesteinsschutt.

Profile aus der Verwitterungsbodendecke in Flysch, Klippenzone und Molasse:

Hochstraß

Flyschzone; Greifensteiner Schichten

0,00– 1,70 m Mutterboden, Lehm
1,70– 3,50 m Hangschutt, wasserführend
3,50– 6,00 m schluffiger Ton, plastisch
6,00– 6,70 m steiniger Hangschutt, wasserführend
6,70– 7,00 m schluffiger Ton, plastisch
7,00–10,00 m Sandstein, Schiefertone, anstehend

Klosterneuburg

Flyschzone; Kahlenberger Schichten

0,00–0,60 m Mutterboden
0,60–1,60 m sandiger Ton, blaugrau, plastisch, stark feucht
1,60–3,60 m schluffiger Ton, hellgrau, mit Sandstein- und Mergelbrocken versetzt, feucht, plastisch. Probe 1, Tiefe 3,5 m.
3,60–4,80 m schluffiger, sandiger Tonmergel, graubraun, mit Sandsteinbrocken versetzt, plastisch
4,80–5,40 m toniger Schluff, dunkel-graublau, feucht, steifplastisch, Probe 2, Tiefe 5,0 m.

St. Georgen/Leys

Klippenzone

0,00–0,40 m Mutterboden
0,40–3,00 m schluffiger Ton, plastisch
3,00–4,00 m sandiger Ton, plastisch

4,00–6,70 m sandiger Ton, mit Gesteinstrümmern durchsetzt
6,70–8,80 m schluffig-sandiger Ton, feucht, stark plastisch
8,80–9,00 m schluffiger Ton, feucht, plastisch

Strengberg

Molassezone

0,00–0,60 m Mutterboden
0,60–1,80 m schluffiger Ton, graubraun
1,80–2,60 m schluffiger Ton, bräunlich, plastisch, Probe 2, Tiefe 2,20 m
2,60–2,80 m sandiger Ton mit kleinen Sandsteinstücken, feucht, dunkelgrau
2,80–4,60 m Tonmergel, dunkelgrau, steifplastisch

Prädestiniert als Gleitflächen sind in derartigen Verwitterungsbodendecken – wie auch bodenmechanische Untersuchungen zeigen – in erster Linie die schluffigen und tonig-schluffigen Lagen. Werden sie entsprechend vernäbt, so kommt es relativ rasch zu einem markanten Abfall der Scherfestigkeit (Restscherwinkel) und, falls die betreffende Schichte eine entsprechende Ausdehnung aufweist, zu Bodenbewegungen. Besonders ungünstig ist es daher, wenn in einer Böschung ausge dehnte tonig-schluffige Schichten von sandigen oder steinigen Lagen überdeckt werden, die infolge ihrer besseren Durchlässigkeit, z. B. bei starken Niederschlägen, rasch die für Konsistenzänderung und Abbau der Scherfestigkeit notwendigen Wassermengen zuführen (hangparallele Durchströmung).

Die bewegungsfördernde Wirkung des Wassers in solchen Bodenarten beschreibt H. PRINZ (1982, S. 267) folgendermaßen:

- 1) Verringerung der Scherfestigkeit des Bodens mit zunehmender Wassersättigung infolge Konsistenzänderung, Erweichung, Wegfall der Kohäsion und Verminderung der Reibung.
- 2) Verstärkung der bewegungsfördernden Kräfte durch Gewichtserhöhung (Wassersättigung des Bodens), Erhöhung des Porenwasserdruckes und eventuell Auftreten eines Strömungsdruckes.
- 3) Verminderung der rückhaltenden Kräfte infolge Auftrieb.

In den folgenden Tabellen sind die Untersuchungsergebnisse einiger Proben aus den oben beschriebenen Bodenprofilen durch die Technische Universität Wien wiedergegeben. Aus den Protokollen sieht man, daß diese schluffig-tonigen Lockerböden bei Schubverformungen infolge Überbeanspruchung einen progressiven Verlust ihrer Scherfestigkeit erleiden. Die Größe der angegebenen Restscherwinkel zeigt, daß der Abfall der Scherfestigkeit bis zu 20° betragen kann und die Böden daher als ausgesprochen rutschgefährdet zu bezeichnen sind.

Gleiches gilt für die im Zuge eines Bauvorhabens in Traisen untersuchten stark verwitterten Tonmergel. Wie Tab. 11 zeigt, löst auch hier die Schubverformung einen beachtlichen Abfall des Reibungswinkels aus. Auch diese Lockergesteine sind daher je nach Verwitterungs- und Auflockerungsgrad als mehr oder weniger rutschgefährdet anzusehen.

Die Bewegungen folgten in diesen Fällen immer einer der bindigen Bodenschichten, und man spricht daher von vorgebildeten oder vorbestimmten Gleitflächen.

Zu ähnlichen Entwicklungen kann es natürlich auch kommen, wenn z.B. das anstehende, nur angewitterte

Tabelle 9.
Bodenphysikalische Untersuchung, Bodenprobe Klosterneuburg.

Bohrung/Schacht	1	1
Tiefe (m)	3,5	5,0
Bodenart	schluff.Ton (Lehm)	kies.ton.Schluff (Lehm)
Natürl. Wassergehalt (%)	28,3	26,4
Korndichte (g/cm ³)	2,74	2,75
< 0,063 mm :		
Dichte feucht (g/cm ³)	1,92	1,95
Trockendichte (g/cm ³)	1,49	1,55
Porenanteil	0,45	0,44
Konsistenzgrenzen (%)		
Fließgr. Ausrollgr. Plast. Zahl	62,0 22,5 39,5	58,0 22,0 36,0
Kornverteilung (%)		
Steine	-	-
Kies	5	18
Sand	2	4
Schluff	57	49
Ton	36	29
Druckfestigkeit (N/cm ²)		
Wiener Routine-Scherversuch	21,5° 7°	19,5° 7,5°
Kompressionsvers. Steifemodul (N/cm ²)		
Durchlässigkeit (cm/s) bei der Porenzahl e		
Proctordichte (g/cm ³) opt. Wassergehalt (%)		

V. Brandl
 O. UNIV. PROF. DIPL.-ING. DR. TECHN.
 H. E. I. N. Z. - E. R. A. N. D. L.
 VORSTAND DES INSTITUTES FOR
 GRUNDBAU, GEOLOGIE UND TIEFENBAU
 TECHN. UNIVERSITÄT WIEN
 1180 WIEN, NUSBERGERG. 7A/122

Wien, 27.6.1985

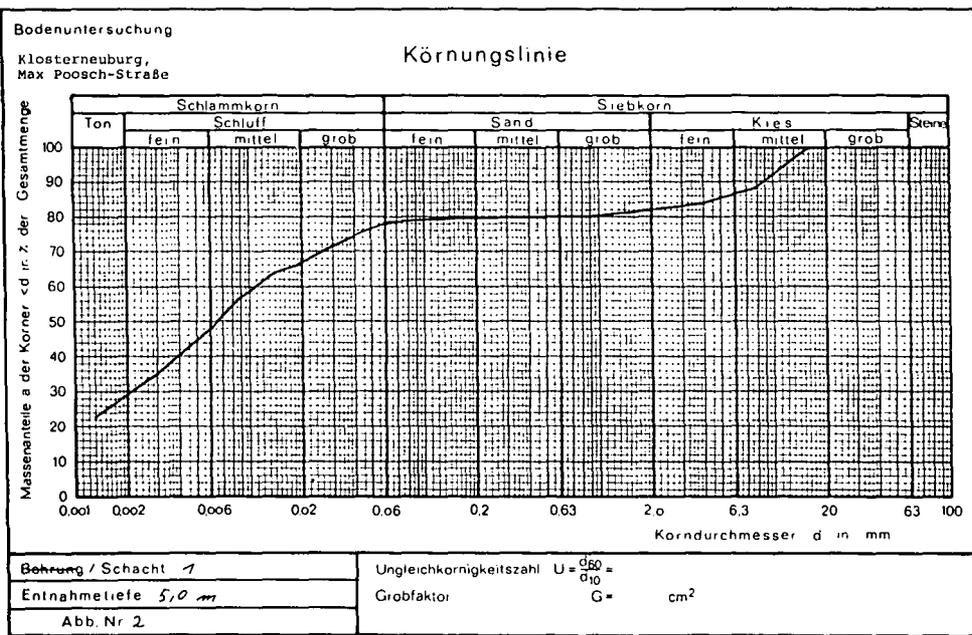
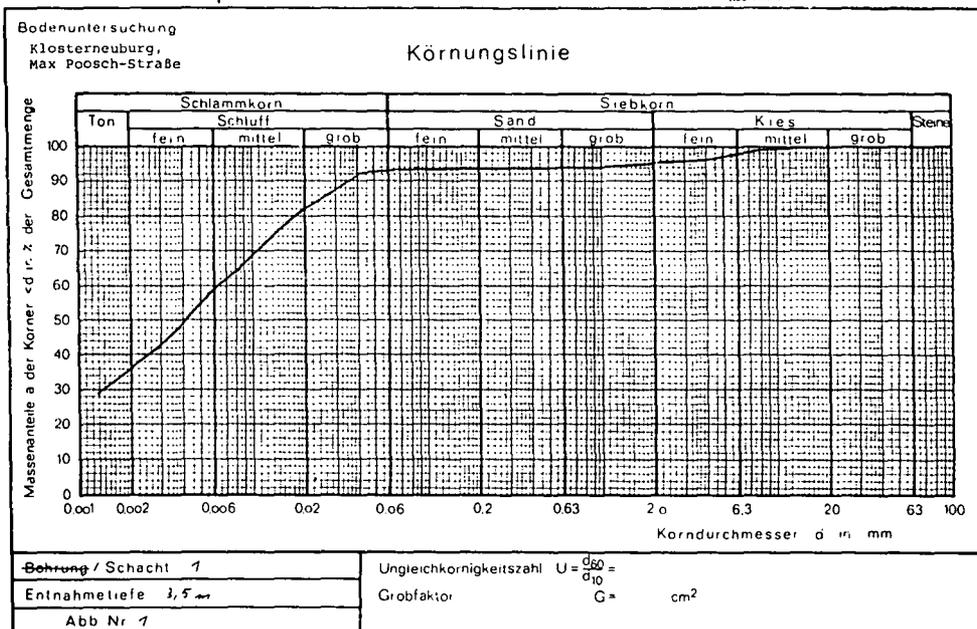


Tabelle 10.
Bodenphysikalische Untersuchung, Bodenprobe Strengberg.

Strengberg
Amt d. NÖ Landesreg.
Abt. VI/2

ERGEBNISSE DER BODENPHYSIKALISCHEN UNTERSUCHUNGEN

Bohrung/Schacht	1	2	3	4
Tiefe (m)	3,70	2,20	3,50	4,40
Bodenart	Ton schluffig	Ton schluffig	Schluff tonig	Schluff sand., tonig
Natürl. Wassergehalt (%)	39,4	32,8	29,2	
Korndichte (g/cm ³)				
< 0,063 mm :	2,73	2,76	2,70	2,75
Dichte feucht (g/cm ³)				
Trockendichte (g/cm ³)				
Porenanteil				
Konsistenzgrenzen (%)				
Fließgr. Ausrollgr. Plast. Zahl	71,0 22,5 48,5	68,5 22,5 46,0	61,0 27,0 34,0	
Kornverteilung (%)				
Steine > 2 mm	-	-	-	-
Kies 2 - 0,25 mm	-	-	-	-
Sand 0,25 - 0,075 mm	-	-	2	11
Schluff 0,075 - 0,02 mm	69	54	79	65
Ton < 0,02 mm	31	46	19	24
Druckfestigkeit (N/cm ²)	5,7	10,1	-	-
Wiener Routine-Scherversuch	21,5° 6,0° 5	19,0° 11,5° 6	27° 7° 7	
Kompressionsvers. Steifemodul (N/cm ²)	M = 330 ($\sigma_v = 10$) 8	M = 420 ($\sigma_v = 10$) 9		
Durchlässigkeit (cm/s) bei der Porenzahl e				
Proctordichte (g/cm ³) opt. Wassergehalt (%)				

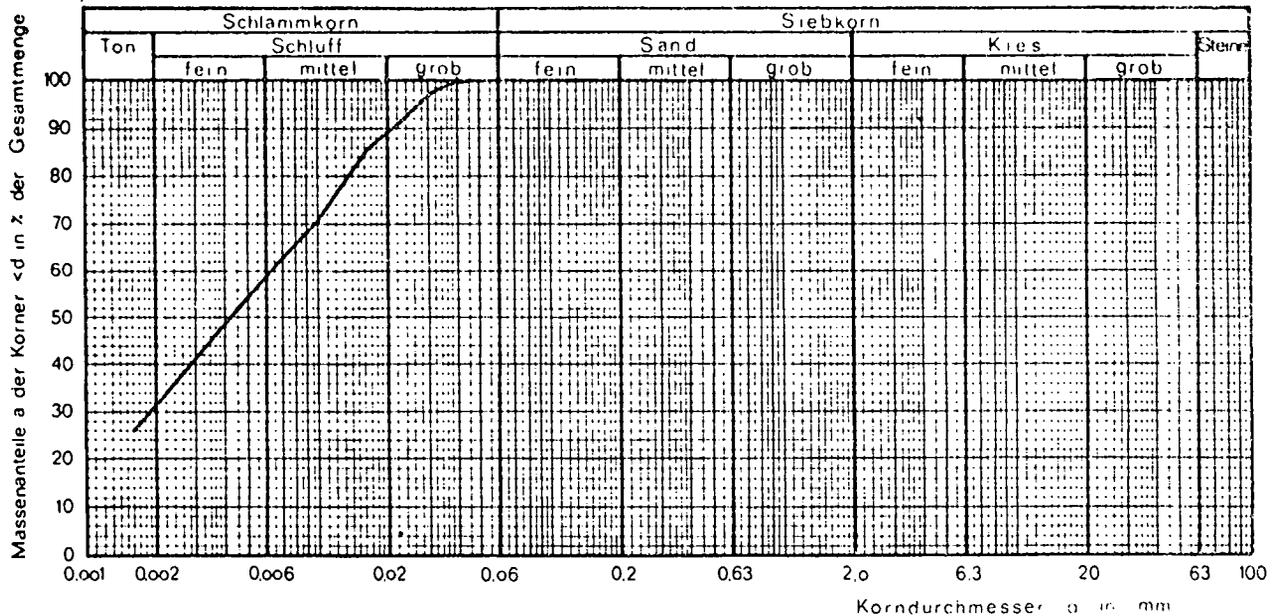
H. Brandl
 O UNIV.-PROF. DIPL.-ING. DR. TECHN.
HEINZ BRANDL
 VORSTAND DES INSTITUTES FÜR
 GRUNDBAU, GEOLOGIE UND ERDBAU
 TECHN. UNIV. WIEN VIENNA

Wien, 7.12.1983

Bodenuntersuchung

Strengberg
Amt der NÖ Landesreg.,
Abt. VI/2

Körnungslinie



Bohrung / Schacht 1	Ungleichkornigkeitszahl $U = \frac{d_{60}}{d_{10}} =$
Entnahmetiefe 3,7 m	Grobfaktor $G =$ cm ²
Abb. Nr 1	

Tabelle 11.
Ergebnisse bodenphysikalischer Untersuchungen an aufgewitterten Tonmergeln im Gemeindegebiet von Traisen.
 Technische Universität Wien.

Kennziffer		Streuung	Mittelwert	Standardabweichung
		$x_{\min} - x_{\max}$	\bar{x}	s_x
Kornverteilung [Gew.-%]	Kies	12-51	26	12
	Sand	2-55	31	16
	Schluff	10-50	30	13
	Ton	3-39	13	11
Spezifisches Gewicht γ_s [g/cm ³]		2,74- 2,81	2,78	0,02
Natürlicher Wassergehalt* w_n [%] \geq		5,4 -25,5	11,0	6,6
Konsistenzgrenzen [%]	Fließgrenze w_{fa}	20-32	27,0	5,0
	Ausrollgrenze w_f	13-16	15,0	1,0
	Plast. Index $w_a = I_p$	6-17	6,0	4,5
Feuchtraumgewicht* γ_f [g/cm ³] \geq		2,34- 2,39	2,37	0,03
Trockenraumgewicht γ_{tr} [g/cm ³]		2,14- 2,19	2,17	0,03
Porenvolumen n (1)		0,21- 0,23	0,22	0,01
Reibungswinkel φ [°]		23 -33	28,5	2,5
Restscherwinkel** φ_r		7,5 -12,5	10,5	2,0

*) Proben ausgetrocknet (z.T.).

***) Ein Einzelwert von $\varphi_r = 25,5^\circ$ wurde in der Statistik nicht berücksichtigt („Ausreißer“).

und noch wenig durchlässige Gebirge einen Stauhori-
 zont unter einer locker gelagerten Verwitterungsboden-
 decke bildet.

Bei allen diesen Rutschungen weisen die Gleitflächen
 einen größeren, ebenflächigen und nur im Abrißbereich
 einen kürzeren, gekrümmten Anteil auf und werden da-
 her allgemein als zusammengesetzte Gleitflächen be-
 zeichnet.

Autochthone Verwitterungsböden, die aus einer Ge-
 steinsart hervorgegangen sind, zeigen in der Regel
 einen homogenen Aufbau. Sind keine wirksamen Ge-
 fügeelemente wie etwa Schichtung oder Harnischflä-
 chen ausgebildet, so erfolgt die Bewegung häufig ent-
 lang neugebildeter (selbstgebildeter), stärker gekrümm-
 ter, weitgehend kreisförmiger Flächen.

Für das Auftreten von Rutschungen in anstehenden
 Lockergesteinen sind prinzipiell die gleichen Vorbedin-
 gungen und Ursachen verantwortlich. Sind Scherfestig-
 keit bzw. Reibungswinkel gering, kann ein starker Was-
 serzutritt in den Boden Bewegungen auslösen. Sind
 ausgeprägte hangauswärts fallende Unstetigkeitsflä-
 chen (Schichtfugen, Schieferungs-, Kluft- und Har-
 nischflächen, Stauhoriizonte, Gesteinsgrenzen etc.) vor-
 handen, so fungieren in der Regel sie als Gleitbahnen.
 Fehlen solche Flächen bzw. sind sie zu wenig ausge-
 prägt, handelt es sich also um sogenannte quasiisotrope
 Gesteine wie z.B. Sande, Kies, manche Tone und
 Tonmergel usw., so kann es zur Ausbildung kreisförmiger
 Gleitflächen kommen.

Wertet man nun die Erhebungsberichte und Gutach-
 ten nach den 3 Kriterien „Geologische Voraussetzungen“,
 „Innere Ursachen“ und „Bewegungsflächen“ aus,
 so kommt man zu folgenden Ergebnissen:

Bei über 900 Rutschungen sind lockerer Verband
 und zu geringe Scherfestigkeit als wichtigste geologi-
 sche Voraussetzung anzunehmen. Bei 79 Bewegungen
 konnten hangauswärts fallende Schichtfugen und bei
 mehr als 100 Wechsellagerungen wasserwegiger mit
 schwer durchlässigen Schichten festgestellt werden.

Bei den sogenannten „Inneren Ursachen“ dominiert
 eindeutig die mäßig rasche, überdurchschnittliche
 Wasserzufuhr.

Eine Konsistenzänderung schluffig-toniger Böden
 von plastisch nach breiig konnte ebenfalls in etlichen
 Fällen beobachtet werden.

Das Abrutschen der Bodenschicht erfolgte zum über-
 wiegenden Teil auf sogenannten vorgebildeten, zusam-
 mengesetzten Gleitflächen. Nur in ca. 150 Fällen ist es
 zur Ausbildung kreisförmiger Flächen gekommen. Infol-
 ge mangelnder Aufschlüsse war allerdings bei etlichen
 Rutschungen eine eindeutige Feststellung nicht mög-
 lich.

Betrachtet man auch hier die 84 Rutschungen im an-
 stehenden Gebirge separat, so zeigt sich, daß bei ih-
 nen der Anteil der selbstgebildeten, kreisförmigen
 Gleitflächen mit 50 Fällen wesentlich höher liegt. Die
 Ursache dafür sind vor allem die Rutschungen, die in
 schluffigen bis sandigen Tonmergeln der Molassezone
 und des Inneralpinen Tertiärs auftraten.

5.7.3. Äußere Ursachen; auslösende Ereignisse

Natürliche äußere Ursachen konnten nur bei 48 Rut-
 schungen festgestellt werden. Es handelte sich dabei
 durchwegs um Erosionserscheinungen, also Ab-
 schwemmungen, Ausschwemmungen, Unterspülungen
 etc. im Fußbereich von Böschungen und Hängen durch
 hochwasserführende Flüsse und Bäche oder Gräben
 (Abb. 28).

Menschliche Eingriffe in die Natur waren hingegen
 wesentlich öfter als Ursachen für das Auftreten von
 Rutschungen zu registrieren. In 47 Fällen konnten ein-
 deutig Baumaßnahmen im Zuge der Errichtung von
 Hochbauten (Hanganschnitte, Kelleraushübe, Belastun-
 gen von Böschungen) als Ursachen erkannt werden.
 Bei 17 Bewegungen hatte man vorher Material (Ton,
 Sand) aus Böschungen entnommen (sog. Entlastungs-

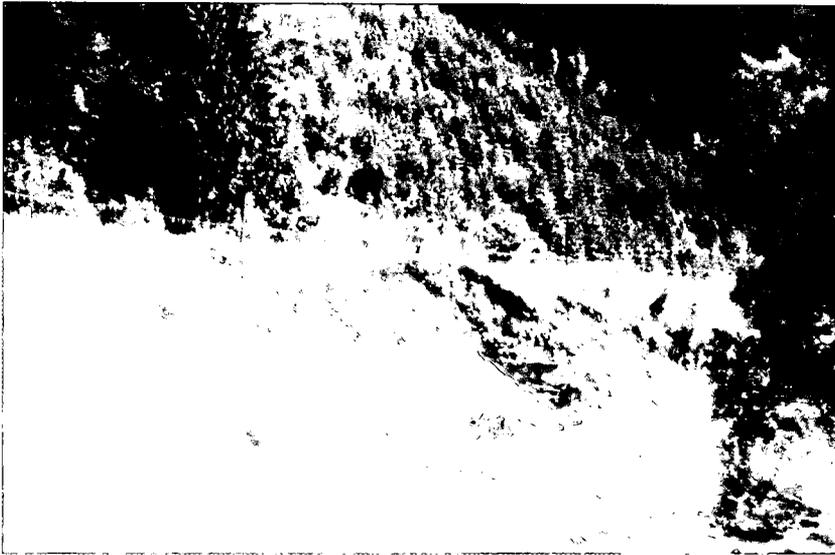


Abb. 28.

Bruch der Uferböschung unterhalb der Wechsel-Bundesstraße infolge Bodenausschwemmung durch den hochwasserführenden Pestingbach.

rutschungen) bzw. auf den Böschungsschultern abgelagert (sog. Belastungsrutschungen).

Am weitaus häufigsten, nämlich bei ca. 170 Rutschungen, verursachten Straßen- und Wegebauten die Bewegungen.

Trotz Könnens und Vorsicht der Bautechniker, trotz vieler Sicherungsmaßnahmen stellt jede in einen Hang eingelegte Straße, jeder Weg über weite Strecken eine Störung des Hanggleichgewichtes und damit eine potentielle Gefährdung der Standsicherheit dar. Neben der Versteilung der Hangneigung im Bereich der bergseitigen Wegböschung und der Belastung des talseitigen Hangabschnittes durch Materialanschüttung sind es vor allem die kaum völlig vermeidbaren Veränderungen der Hangwasserverhältnisse (neue Hangwasser- austritte, konzentrierte Versickerungen etc.), die Bewegungen vorbereiten oder verursachen können. Da in den vergangenen Jahrzehnten zur Aufschließung des ländlichen Raumes in Niederösterreich unzählige Kilometer Güter- und Forstwege gebaut werden mußten, ist es verständlich, daß in diesem Zeitraum die Zahl der Rutschungen angestiegen ist. Da sich die negativen Einflüsse eines Straßen- oder Wegebauwerks auf die Standfestigkeit von Hängen keineswegs während der Bauzeit einstellen müssen, sondern mitunter erst Monate oder sogar Jahre später wirksam werden können, war bei etlichen Rutschungen der Zusammenhang zwischen Bau und Massenbewegung nicht mehr nachzuweisen.

Eine andere, sicher des öfteren nicht erkannte äußere Ursache für das Auftreten von Rutschungen stellt die heute relativ häufig vorgenommene Einebnung landwirtschaftlich genutzter Grundstücke dar.

Auf nicht ausreichend standfesten Hängen kommt es oft durch ein langsames Talwärtswandern, Talwärtskriechen der obersten Bodenschichten – meist der Verwitterungsbodendecke – zur Ausbildung von Bodenwellen und Kuppen. Da diese manchmal über meterhohen Buckel die landwirtschaftliche Bearbeitung stören bis unmöglich machen, versucht man durch Bodenabtragung und Planierung wiederum glatte Hangflächen zu schaffen. Legt man nun z. B. beim Abschieben der Kuppen bisher überdeckte sandige, also durchlässige Bodenschichten frei, so kann es hierdurch bei Niederschlägen zu einem wesentlich verstärkten Wassereintritt in die obersten Bodenschichten kommen, wodurch etwas tiefer am Hang Rutschungen ausgelöst werden.

Insgesamt konnten 18 Fälle dieser Art im Bereich von Molasse, Flysch und Klippenzone festgestellt werden.

Wie sich bereits bei der Besprechung der sogenannten „Inneren Ursachen“ deutlich zeigte, gehen die meisten Rutschungen auf Standfestigkeitsvermindierungen zurück, die vom Bodenwasser oder Grundwasser bewirkt werden und nach folgendem Schema ablaufen:

- Bindige Bodenarten: Wasserzutritt – Gewichtserhöhung – Erhöhung des Porenwasserdruckes – Konsistenzänderung – Absinken der Scherfestigkeit.
- Nicht bindige Bodenarten: Wasserzutritt – Gewichtserhöhung – Erhöhung des Porenwasserdruckes – Feinteilumlagerung – Auflockerung – Absinken der inneren Reibung.

Da alle, also auch die zumindest zeitweise standfesten Lockergesteine ständig einen gewissen Wassergehalt aufweisen, sind für das Auftreten von Bodenbewegungen zusätzliche, überdurchschnittliche Wasserzutritte verantwortlich. Es ist daher durchaus folgerichtig, daß bei über 90 % aller Rutschungen extreme Witterungsereignisse wie Unwetter, Starkregenfälle, Schneeschmelze, Langzeitniederschläge als auslösende Ereignisse festgestellt wurden. Das Eindringen der Oberflächenwasser erfolgte dabei in verschiedenen Formen und auf verschiedenen Wegen, z.B. durch großflächiges Einsickern in Geländebereiche ohne schützenden Bewuchs, konzentrierte Versickerung infolge spezieller Geländeformung oder künstliche Aufgrabungen, Zufluß in durchlässigen Bodenschichten u. a. m.

Von der betroffenen Bevölkerung wurden in 584 Fällen Stark- bzw. Langzeitniederschläge und bei 192 Rutschungen mit der Schneeschmelze zusammenfallende Regenfälle verantwortlich gemacht. 51 mal waren nach Meinung der Leute richtige Unwetter und 53 mal allein die Untergrundvernässung im Zuge der Schneeschmelze das auslösende Moment. Menschliche Eingriffe konnten, obwohl sie sehr oft die Hauptursachen für das Auftreten von Rutschungen bildeten, nur in wenigen Fällen auch als auslösendes Moment erkannt werden. Am häufigsten waren es Hangfußanschnitte, die im Zuge von Straßen- und Wegebauten und bei der Errichtung von Hochbauten sofort zum Abrutschen kleinerer Böschungsbereiche führten. Materialabbau bzw. Sprengungen konnten nur bei je 1 Rutschung einwandfrei als auslösende Ereignisse klassifiziert werden.

5.7.4. Vegetation, Neigung und Exposition der von Bewegungen betroffenen Hanggebiete

Der weitaus größte Teil der Rutschungen, über 790 Fälle, ereignete sich in Wiesen und Weideland, nur ca. 120 Rutschungen griffen in Waldgebiet ein. Äcker und Wirtschaftsflächen wurden in ca. 20 Fällen erfaßt. Für diese Aufteilung sind wohl vor allem 2 Gründe maßgebend: Äcker und Wirtschaftsflächen sind meist flacher geneigt und daher nicht so stark rutschgefährdet. In bewaldeten Hängen erfährt die Verwitterungsbodenbedecke durch den Bewuchs in der Regel eine merkliche Festigung.

Messungen der Hangneigung haben in 418 Fällen Werte zwischen 15° und 30° und bei 448 Rutschungen Werte zwischen 30° und 50° ergeben.

Neigungen unter 15° waren bei ca. 30 und solche über 50° nur bei 10 Bewegungen gegeben. Berechnet man aus den gemessenen Werten für die einzelnen geologischen Zonen die durchschnittlichen Neigungen, so ergibt sich das in Tabelle 12 festgehaltene Bild.

Aus diesen Werten ist deutlich zu erkennen, daß die Lockerböden in Molasse, Inneralpinem Tertiär, Flysch- und Klippenzone deutlich rutschwilliger sind als die der Zentralzone und der Kalkalpen.

Betrachtet man allein die bei Rutschungen im anstehenden Gebirge gemessenen Hangneigungen, so än-

Tabelle 12.
Durchschnittliche Neigung der Rutschhänge.

Zone	Anzahl der Messungen	Durchschnittliche Neigung
Molasse und Inneralpinem Tertiär	131	27°
Flysch- und Klippenzone	528	29°
Zentralzone	48	35°
Kalkalpen	165	37°

dern sich wohl die Durchschnittswerte je Zone geringfügig, die Reihenfolge bleibt jedoch die gleiche.

Die nach den festgestellten Hangexpositionen für alle Rutschungen gezeichneten Richtungsrosen (Abb. 29a) zeigen eine deutliche Dominanz der N- und S-Lage. Sieht man von Wettereinflüssen ab, so dürfte für die größere Rutschanfälligkeit der gegen N oder S abfallenden Hanggebiete auch der Gebirgsbau bzw. der Verlauf der Gebirgszüge verantwortlich sein. Da Rutschungen sehr oft den Schichtflächen bzw. Schichtfugen der Gesteine folgen, werden in Gebirgszügen, die – wie z. B. Flysch, Klippenzone und Kalkalpen – generell E-W streichen und damit ein bevorzugtes Einfallen der Gesteinsschichten gegen S und N aufweisen, diese Hänge besonders häufig von Rutschungen heimgesucht.

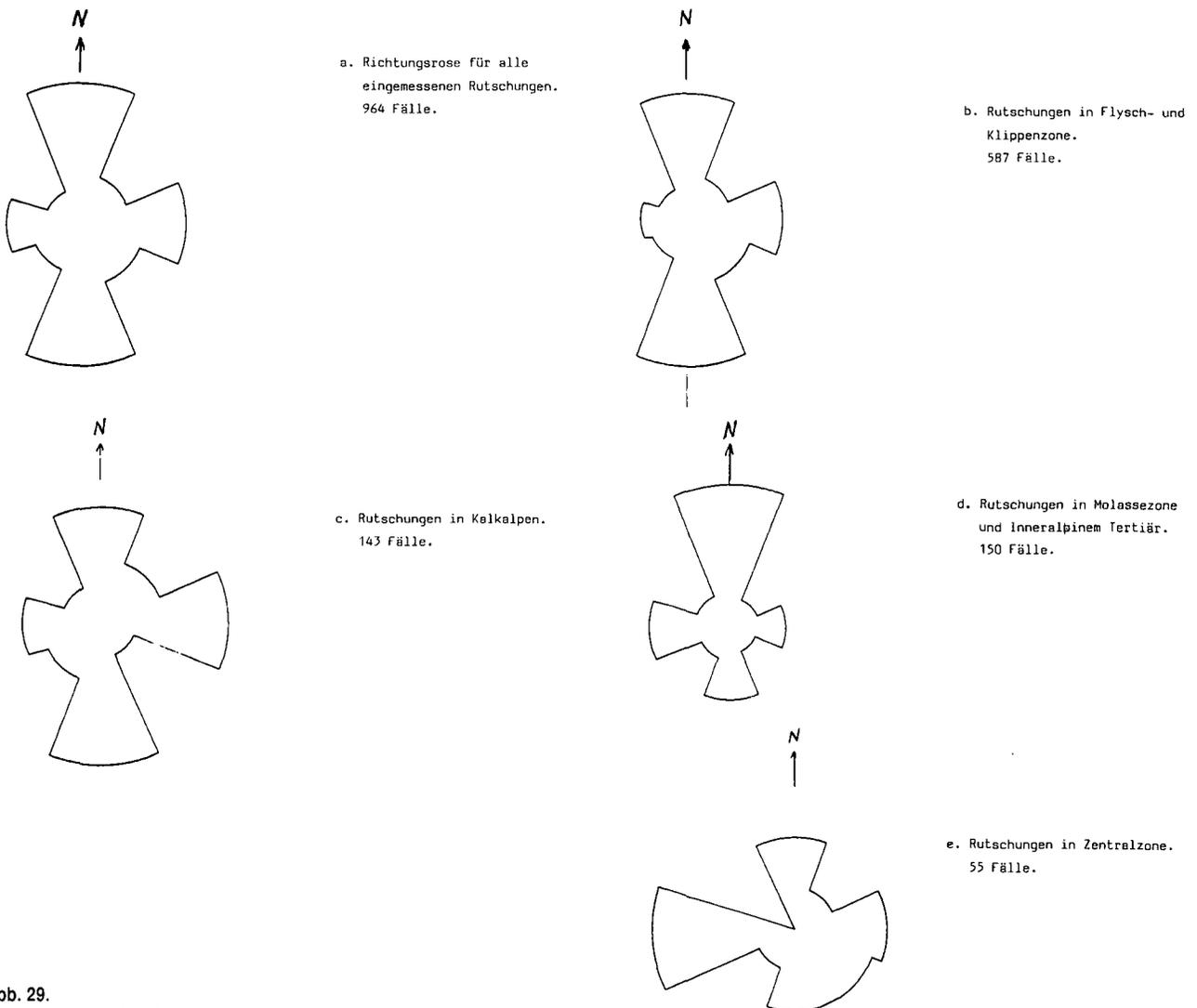


Abb. 29.
Richtungsrosen der Hangexposition.

Das deutliche Überwiegen der Nord-Exposition in Molassezone und Inneralpinem Tertiär (Abb. 29b) ist wohl auf die große Anzahl der Rutschungen in der steileren Abdachung zum Donautal im Bereich Strengberg – Stephanshart zurückzuführen.

5.7.5. Ausdehnung und Form der Rutschungen; Bewegungsweiten, Sprunghöhe und Mächtigkeit der bewegten Bodenschichten

Die Ausdehnung der einzelnen Rutschungen konnte durch die in fast allen Fällen deutlich ausgeprägten bergseitigen, bogenförmigen Begrenzungsrisse meist gut abgeschätzt werden.

Tab. 13 zeigt deutlich, daß kleinflächige Rutschungen bei weitem überwiegen, sich aber auch etliche ausgesprochen große, ausgedehnte Bewegungen ereignet haben.

Tabelle 13.
Flächenmäßige Ausdehnung der untersuchten Rutschungen.

Ausdehnung der erfaßten Hangflächen	Anzahl der Fälle
< 500 m ²	266
500– 3.000 m ²	301
3.000– 6.000 m ²	78
6.000–10.000 m ²	37
> 10.000 m ²	62

Die größten Rutschungen erreichten, nach geologischen Zonen geordnet, folgende Ausmaße:

Geologische Zone	Ungefähre Ausdehnung der größten Rutschungen
Flyschzone	40.000 m ²
Kalkalpen und Klippenzone	70.000 m ²
Molassezone	125.000 m ²
Zentralzone	über 300.000 m ²

Natürlich weisen diese Rutschungen keine einheitlichen sondern vielfach zusammengesetzte Gleitflächen auf. Gleichermäßen waren auch die Mächtigkeiten der bewegten Schichtkomplexe starken Schwankungen unterworfen.

Gliedert man die Rutschungen, die Flächen von über 50.000 m² erfaßten, nach dem Datum ihres Auftretens (Tab. 14), so fällt auf, daß sich 5, also mehr als die Hälfte, in den Jahren 1965 und 1966 ereigneten.

Bei vielen der kleineren Rutschungen (50–300 m²) waren Hanganschnitte, z.B. bei Wegebauten, die maß-

Tabelle 14.
Auftrittsdatum der flächenmäßig größten Rutschungen.

Gemeinde	Geologische Zone	Jahr	Größe in m ²
Semmering	Zentralzone	1959	62.500
Kleinzell	Kalkalpen	1965	60.000
Otterthal	Zentralzone	1965	100.000
Kirchschlag (Bucklige Welt)	Zentralzone	1965	360.000
Reinsberg	Klippenzone	1966	60.000
Ruprechtshofen	Molasse	1966	100.000
Zelking – Matzleinsdorf	Molasse	1977	60.000
Ardagger	Molasse	1978	125.000
Ybbsitz	Klippenzone	1979	70.000

gebende Ursache. Meist reichten die Bewegungen auf Grund der geringen Anschnittshöhen nicht allzu weit hangaufwärts. Nur in Fällen, in denen hangparallele Trennflächen (Schichtflächen, Klüfte etc.) die Funktion der Gleitflächen übernahmen, entwickelten sich höher hinaufreichende Anrisse.

Die Umgrenzung der Rutschungen, ihre Form, zeigt nur bei den kleineren Anbrüchen eine gewisse Gleichmäßigkeit (bogenförmige Abrißzone und eher geradlinige seitliche Begrenzung). Das Verhältnis Länge : Breite und damit natürlich auch der Radius des Abrißkreises schwanken dabei in weiten Grenzen.

Die Formen ausgedehnter Rutschbereiche lassen sich kaum klassifizieren, da sie weitgehend durch die Morphologie des Geländes und z. T. auch durch den Untergrundaufbau bestimmt wurden.

Das Verhältnis der Länge : Breite war bei 496 Rutschungen größer und bei 318 kleiner als 1, d. h. also, schmälere, höher den Hang hinaufreichende Formen überwiegen. Bei über 600 Rutschungen wurden Breiten zwischen 10 und 50 m festgestellt. In 193 Fällen wurden Werte zwischen 50 und 100 gemessen. Die Längen der Rutschmulden blieben bei ca. 450 Bewegungen unter 50 m. Ausmaße zwischen 50 und 200 m wurden ca. 250 mal beobachtet.

Wie bereits kurz bemerkt, konnte bei fast allen Rutschungen bergseitig ein deutlich ausgebildeter bogenförmiger Begrenzungsriß festgestellt werden. Die Ab-



Abb. 30.
Böschungsrutschung im Jahre 1988 in der Gemeinde Wallsee-Sindelburg (Molasse).



Abb. 31.
Böschungsrutschung in der Flyschzone nahe Breitenfurt, 1965.



Abb. 32.
Rutschung im Schlier nahe Wallsee, 1983.



Abb. 33.
Böschungsrutschung im Gemeindegebiet von Bad Schönau, Zentralzone, 1965.

senkung (Sprunghöhe) der entlang dieses Risses bewegten Erdscholle schwankte zwischen Dezimetern (Bild 30 und 31) und mehreren Metern. In den meisten Fällen lag sie zwischen 0,5 und 5,0 m (Bild 32 und 33).

Bei etlichen Rutschungen war nur diese Absenkung entlang des Begrenzungsrisses gepaart mit einer entsprechenden Aufschübung im Fußbereich, jedoch

kaum eine horizontale Bewegung festzustellen. Der erfaßte Erdkörper hat sich also nur entlang einer kreisförmigen Gleitfläche um eine hangparallele Achse gedreht (Rotationsrutschung).

Bei Rutschungen auf zusammengesetzten Gleitflächen war die horizontale (hangparallele) Verschiebung der Erdmassen (Bewegungsweite) an der Öffnung der

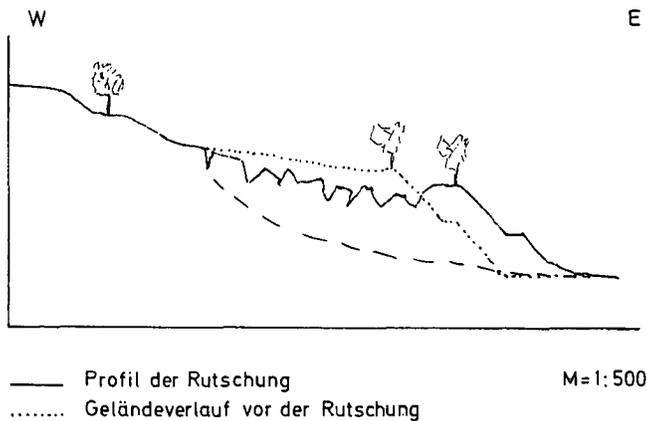


Abb. 34.
 Rutschung in Weißenkirchen in der Wachau, 1955, Zerlegung des bewegten Erdkörpers.

Begrenzungsrisse, an der Zerlegung des bewegten Erdkörpers (Abb. 34 und 35) und z. T. auch an einem talseitigen Austreten der Rutschmassen aus der Rutschmulde zu erkennen.

Im allgemeinen waren die Schubweiten gering und lagen unter 2 m bzw. zwischen 2 m und 6 m. Durch Aufstauungen in der Rutschmulde, Verformung und Aufwölbung der Schichten unterschätzt man allerdings leicht die tatsächliche Bewegungsweite im oberen Teil der Rutschung.

Zu einer völligen oder zumindest weitgehenden Entleerung der Rutschmulde ist es nur ganz selten gekommen, wobei fast immer ein murenartiges Ausfließen der abgerutschten, aufgelockerten und völlig vernähten Erdmassen daran beteiligt war.

Die Mächtigkeit der bewegten Erdschichten konnte infolge des Fehlens geeigneter Aufschlüsse nur selten exakt bestimmt werden. Bei den Fällen, bei denen eine Messung oder zumindest eine halbwegs verlässliche Abschätzung möglich war, ergab sich das in Tabelle 15 festgehaltene Bild.

Allgemein läßt sich auf Grund der örtlichen Beobachtungen sagen, daß Rutschungen, die in anstehendes Gebirge eingreifen, häufig einer kreisförmigen Gleitfläche folgen und in der Regel mächtigere Bodenschichten erfassen. Bei Rutschungen in geschütteten Bö-

Tabelle 15.
 Durchschnittliche Mächtigkeiten der bewegten Erdschichten.

Mächtigkeit der bewegten Erdschicht	Anzahl der Fälle
1,0–3,0	220
3,0–6,0	76
>6,0	30

sungen aus nichtbindigen Lockermassen, z. B. an Wegen und Straßen, erzeugen die Bewegungen wohl ebenfalls oft kreisförmige, in den meisten Fällen aber sehr schwach gekrümmte, wenig tief eingreifende Flächen.

Besonders geringe Mächtigkeit findet man bei Rutschungen, die die vorwiegend nichtbindigen Lockerböden über witterungsbeständigeren Gesteinen (z. B. Kalk, Sandsteine, verschiedene Gneise etc.) erfassen (Abb. 36 und 37).

5.7.6. Verursachte Schäden; wichtigste Sanierungsmaßnahmen

Bei vielen Rutschungen kam es trotz der geringen Bewegungsweiten unterhalb der beschriebenen Begrenzungsrisse zur Ausbildung weiterer Risse und Bodensenkungen und damit zu einer staffelförmigen Zerteilung der Rutschkörper. Im Mittelstück bildeten sich häufig stärkere Geländevertiefungen (Staukuppen, Mulden) und im Fußbereich wulstförmige Aufschiebungen aus (Abb. 38).

Erreichten Öffnungsweiten der Risse, Höhen der Abbruchstaffeln und Geländevertiefungen größere Ausmaße, so konnten die betroffenen Grundstücke, auch wenn es sich um Wiesen- oder Weideland handelte, ohne Sanierung nicht mehr genutzt werden.

Bei über 550 Rutschungen wurden Wege (Güterwege, Wirtschaftswege, Forstwege etc.) und in einigen Fällen auch Straßen in Mitleidenschaft gezogen. Von der Verschüttung durch abgleitende Hangmassen über Absenkungen infolge talseitiger Bodenbewegungen bis zur völligen Zerstörung konnten alle Schadensformen beobachtet werden. Bei etlichen Rutschungen war, wie bereits in Abschnitt 5.7.3. aufgezeigt, sicher der Wegebau ursächlich am Auftreten der Bewegung beteiligt.



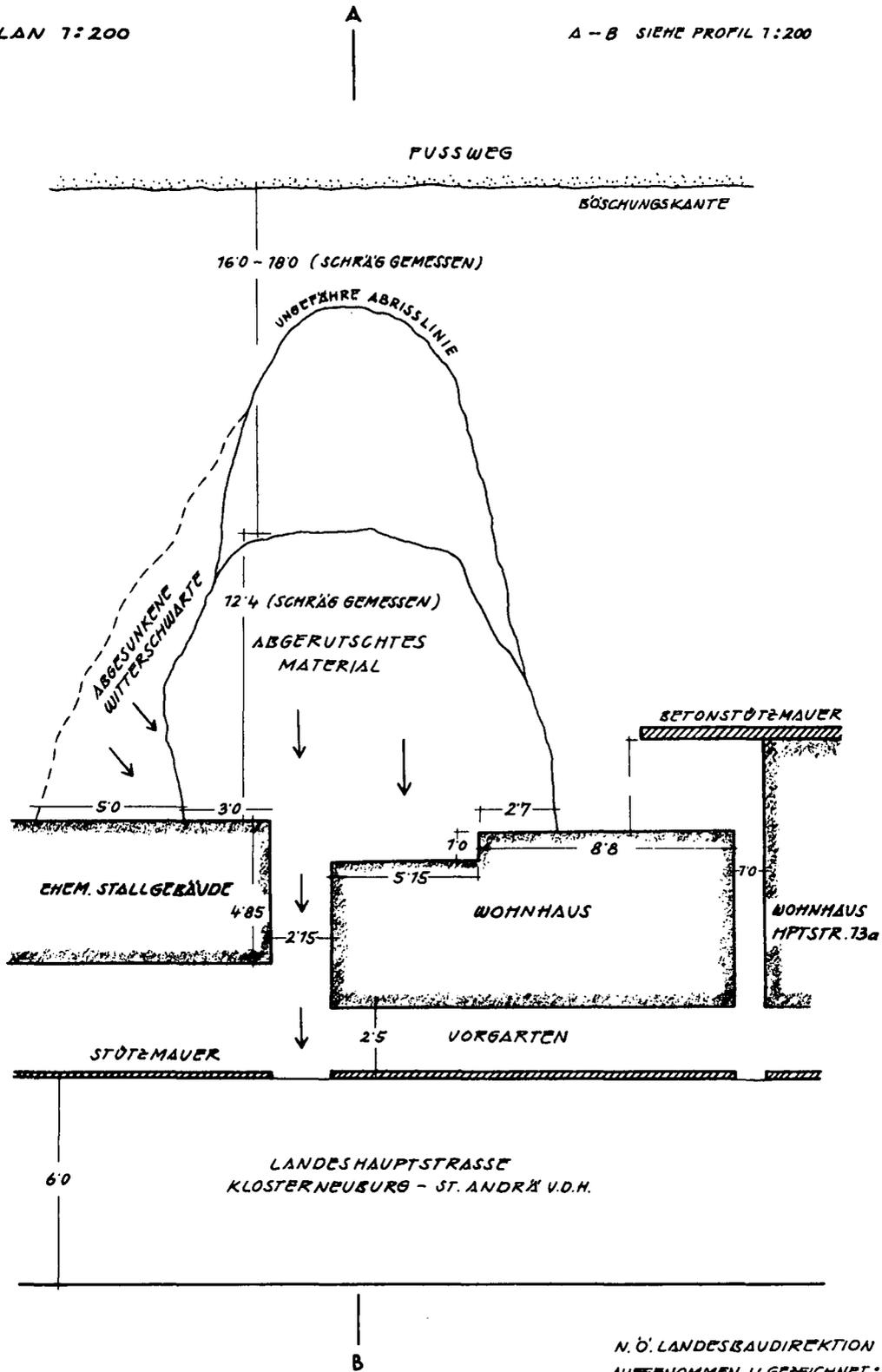
Abb. 35.
 Rutschung in Weißenkirchen in der Wachau, 1955, Zerlegung des bewegten Erdkörpers.

GREIFENSTEIN

HANGRUTSCHUNG

LAGEPLAN 1:200

A - B SIEHE PROFIL 1:200



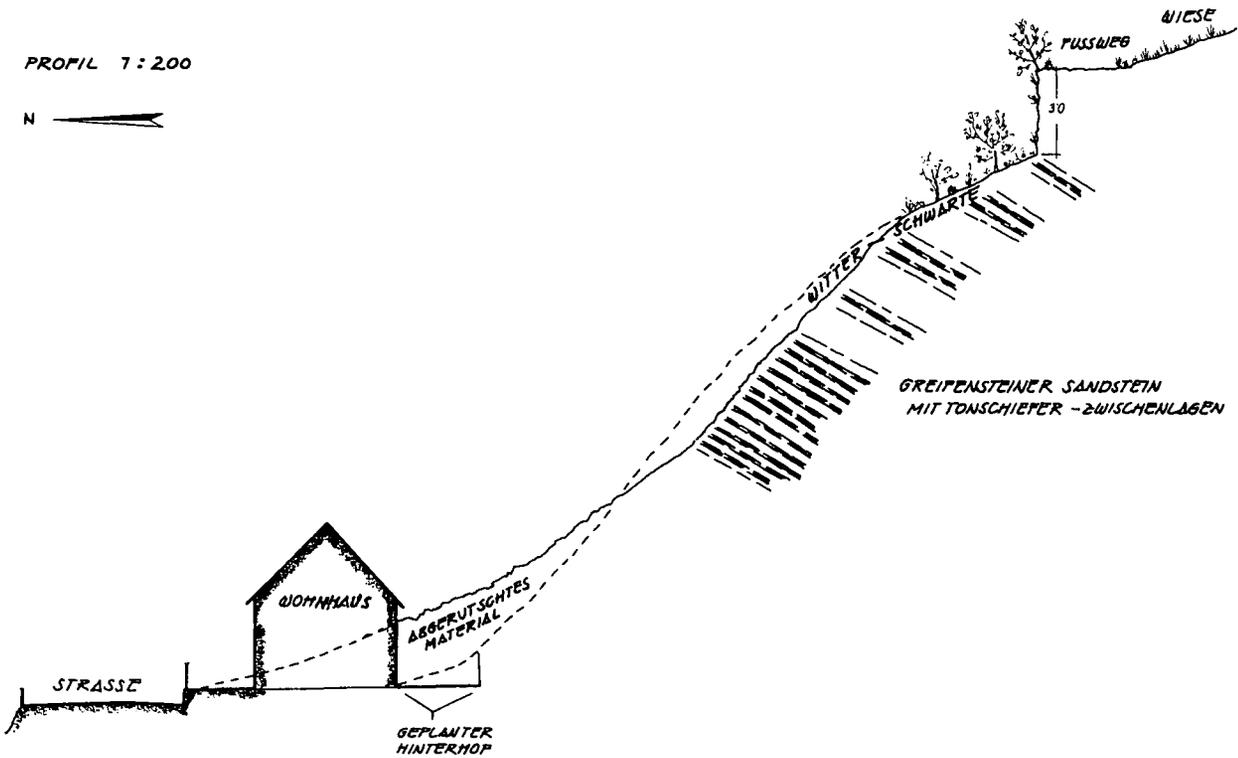
N. Ö. LANDESBAUDIREKTION
AUFGENOMMEN U. GEZEICHNET
APRIL 1960
J. Huber

Abb. 36.
Hangrutschung Greifenstein, Flyschzone, 1960 (Lageplan).
Originalmaßstab 1 : 200, verkleinert auf 88 %.

GREIFENSTEIN

HANGRUTSCHUNG

PROFIL 1:200



N.Ö. LANDESBAUDIREKTION
AUFGENOMMEN U. GEZEICHNET
APRIL 1960

Abb. 37.
Hangrutschung Greifenstein, Flyschzone, 1960 (Profil).
Originalmaßstab 1 : 200, verkleinert auf 76 %.

Schäden an Hochbauten traten bei 123 Rutschungen auf. In den meisten Fällen handelte es sich um Ribbildungen und Verstellungen im Mauerwerk, die durch Bodensetzung oder seitlichen Schub bewirkt wurden. Bei etlichen Gebäuden waren diese Schäden so beachtlich, daß eine akute Bedrohung der Bewohner bzw. Benutzer gegeben war. Gänzlich oder zumindest teilweise zum Einsturz gebracht wurden 22 Wohn- und Wirtschaftsgebäude.

Menschen wurden, so weit bekannt, durch das Abgehen von Rutschungen glücklicherweise nicht verletzt. Der Grund dafür ist wohl die Tatsache, daß sich die meisten Bodenrutschungen doch, wenn auch mitunter nur kurzfristig, vorher ankündigen.

Da der größte Teil der Rutschungen, wie schon gesagt, durch erhöhten Wasserzutritt in das anstehende Lockergestein ausgelöst wurde, muß jede auch auf lange Sicht effektive Sanierung Maßnahmen enthalten, die



Abb. 38.
Typischer Rutschhang südwestlich von Kasten bei Lunz/See, 1983.

eine gründliche Entwässerung des Hanggeländes bewirken und außerdem verhindern, daß es in Zukunft wiederum zu einer unzulässigen Vernässung des Bodens kommt. Bei fast allen Schadensfällen wurden daher Dränagen in die vernähten Bodenschichten eingebaut, und sehr oft auch durch Gräben und Mulden der Abfluß der Niederschlagswässer korrigiert. Da die Gleitflächen, deren Austrocknung besonders wichtig war, oft sehr tief verliefen, mußten die Dränagen z. T. 6 bis 8 m unter Gelände verlegt werden. Die Herstellung von Entwässerungstollen oder Entwässerungsbohrungen war nur in wenigen Fällen erforderlich.

Während bei vielen Rutschungen im Wiesen- oder Waldgelände zusätzlich zu den Entwässerungsmaßnahmen nur Erdarbeiten zur Glättung der Hangflächen und Verschließung der Bodenrisse notwendig waren, mußten bei Schäden an Wegen, Straßen und Hochbauten sehr oft auch bauliche Maßnahmen zur Stabilisierung der labilen Hangbereiche und zum Schutz der Objekte durchgeführt werden. Sehr häufig wurden Steinschichtungen oder Steinkeile als Stützkörper im Hangbereich eingebaut. War eine Verwendung von Naturstein unwirtschaftlich oder aus technischen Gründen unzumutbar, wurden Raumgitter-Stützmauern oder Betonstützmauern eingebaut. Bei großen Rutschungen, die Straßen oder Hochbauten bedrohten, wurden natürlich auch alle anderen bewährten Sicherungsmaßnahmen, wie z. B. Gegengewichtsschüttungen, Pfahlwände, Ankerwände u. a. m. eingesetzt.

Von den durch Rutschungen stark beschädigten bis zerstörten Hochbauten wurde ein großer Teil völlig abgetragen und in standsicheren Gebieten neu errichtet. Derartige Umsiedlungen erfolgten in mehr als 30 Fällen und betrafen sowohl Einzelhäuser wie auch ganze Bauernhöfe.

Bei den meisten Sanierungen wurden die baulichen Maßnahmen durch rasche, den örtlichen Bedingungen angepaßte Bepflanzungen vervollständigt.

5.7.7. Beispiele

In den folgenden Zeilen sollen die bisherigen Ausführungen durch die genauere Beschreibung einiger Rutschungen ergänzt werden.

5.7.7.1. Erdbeben bei Kirchschlag i.d. Buckligen Welt

Nach dem Auftreten schwacher Bodenrisse im Frühjahr 1965 kam es am 1. VI. 1965 auf dem von der Ortschaft Lembach gegen Südosten in das Rabnitztal abfallenden Hanggelände zu einer ausgedehnten Rutschung. Auf einer Fläche von über 350.000 m² geriet die über Grobgneisen ausgebildete, aus Gesteinsgrus, Sand und tonig-schluffigen Bodenarten zusammengesetzte Lockerbodendecke in Bewegung und rutschte 1 bis 3 m, stellenweise sogar 5 bis 6 m gegen SE ab. In der westlichen Hälfte weist das erfaßte Gelände eine Neigung von 10° bis 15° auf. Der östlich anschließende, teilweise bewaldete Hang zum Rabnitztal verflacht mit ca. 25°.

Die Begehung des Geländes zeigte, daß es sich nicht um eine einheitliche, geschlossene Rutschung, sondern um mehrere unterschiedlich tief eingreifende, einander berührende oder besser gesagt, ineinander übergehende Rutschungen auf verschiedenen Gleitflächen handelte, die allerdings über weite Strecken von einem fast durchgehenden Bodenriß begrenzt wurden (Abb. 39).

Dieser Riß verlief auf der Südseite quer durch ein 1834 erbautes landwirtschaftliches Anwesen (Abb. 40). Das Wohnhaus und ein Teil des angebauten Stallgebäudes wurden von den Rutschmassen mitgenommen und um rund 1 m gegen Südosten verschoben. Gleichzeitig mit der horizontalen Bewegung kam es zu einer Bodensenkung zwischen 0,5 und 1,0 m und damit zu einer weitgehenden Zerstörung der beiden Objekte (Abb. 41 und 42).

Während im steileren, zum Teil bewaldeten Hangbereich östlich des Anwesens das Gelände von zahlreichen Rissen und Absenkungen zerteilt wurde (Abb. 43), waren im westlichen, landwirtschaftlich genutzten flachen Teil des Rutschgebietes außer am Begrenzungstriß kaum stärkere Geländevertiefungen zu bemerken (Abb. 39).

Nach den Sprunghöhen und dem Verlauf der Risse zu schließen, schwankte die Mächtigkeit der bewegten Bodenschichten zwischen 3 und 6 m. Direkte Anhaltspunkte lieferte ein Schachtbrunnen östlich unterhalb des Anwesens, der in 4 m Tiefe unter Terrain abgerissen wurde und der westlich oberhalb des Hauses be-



Abb. 39.
Rutschung Lembach; Begrenzungstriß in der westlichen Hälfte des Rutschgebietes; 1965.

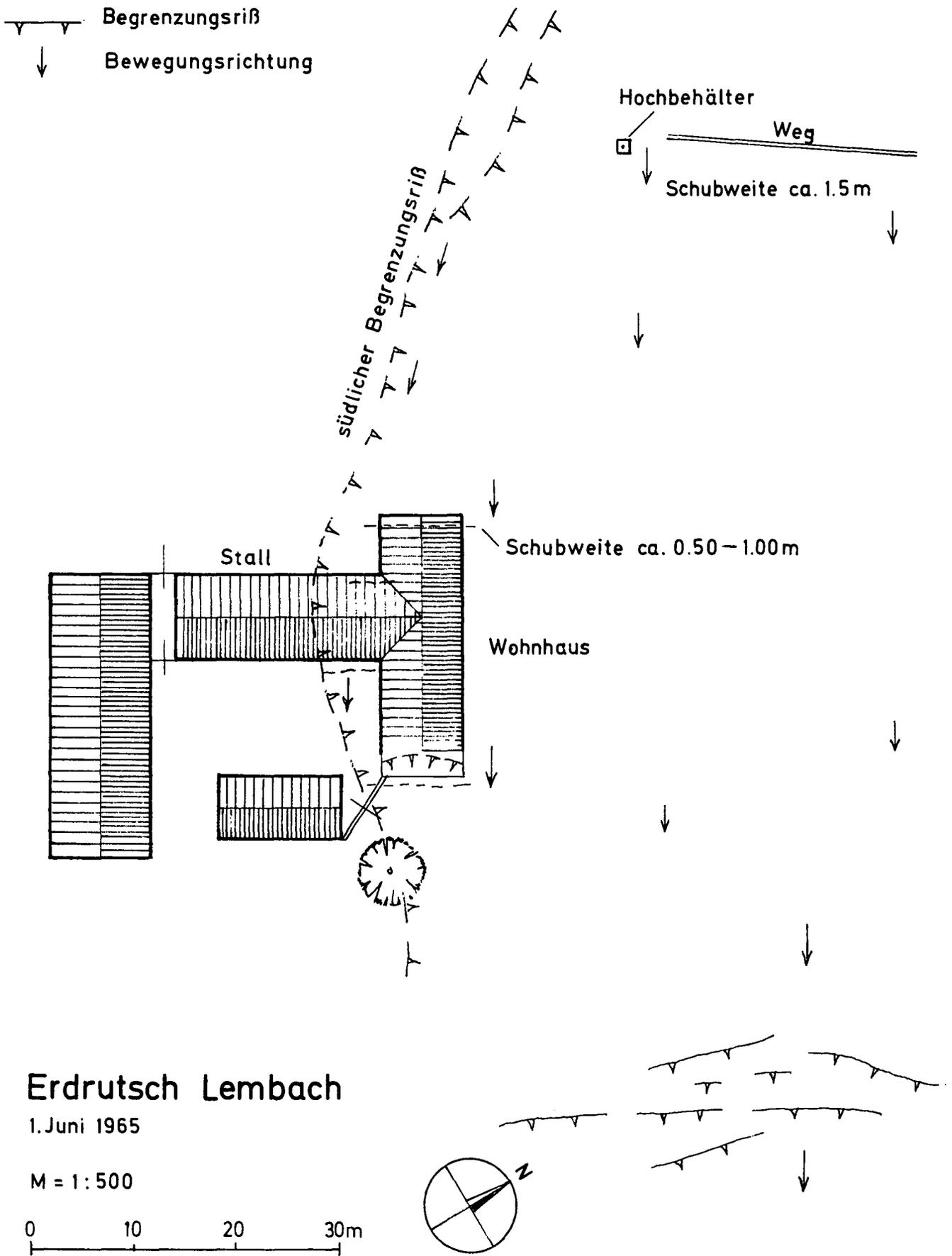


Abb. 40.
Rutschung Lembach (Lageplan).
Originalmaßstab 1 : 500.



Abb. 41.
Rutschung Lembach, Blick auf die eingestürzte Ost-
seite des Wohnhauses.

Abb. 42.
Rutschung Lembach, Blick von Osten auf das betrof-
fene Gehöft.

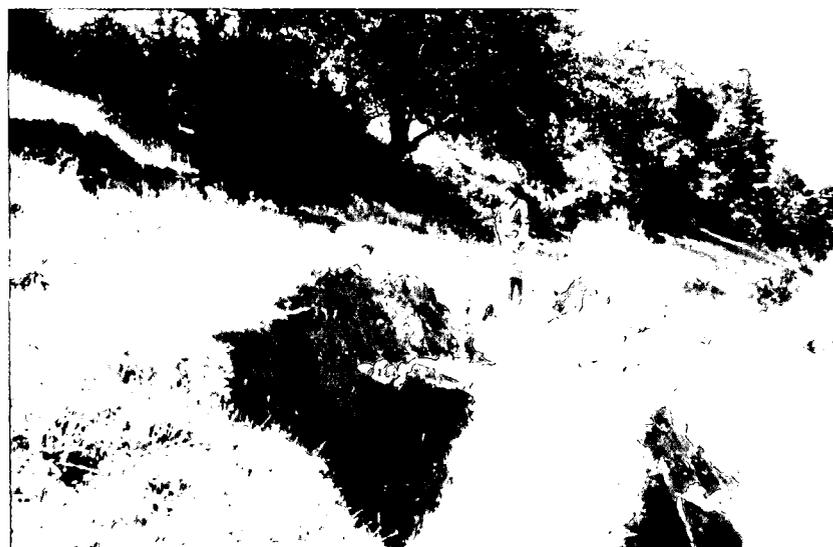


Abb. 43.
Rutschung Lembach, Risse und Absenkungen im
steileren Hanggelände.

findliche ca. 2 m tief gegründete Hochbehälter, den die Rutschmassen einfach mitnahmen, ohne ihn zu beschädigen.

Ausgelöst wurde die Rutschung ganz eindeutig durch die starken Niederschläge in den ersten Monaten des Jahres 1965. Die Ursache war das Absinken der Scherfestigkeit in den schluffig, tonigen Bodenlagen durch den übermäßigen Wasserzutritt.

Seitens des Hofbesitzers wurde berichtet, daß das Gelände bereits im Jahre 1915 von einer großen Rutschung heimgesucht worden war. Damals verlief der südliche Begrenzungsriff jedoch etwas weiter nördlich, so daß das Anwesen nicht in Mitleidenschaft gezogen wurde.

Die Tatsache, daß in diesem Gebiet in der relativ kurzen Zeit von 50 Jahren bereits zum zweitenmal ausge-

dehnte Bodenbewegungen auftraten, zeigte deutlich, daß ohne gründliche Entwässerung und Niederschlagswasserableitung die Gefahr weiterer Rutschungen nicht auszuschließen war. Da eine entsprechende Dränagierung infolge der Größe des Gebietes und der Tiefenlage der Gleitflächen bedeutende finanzielle Aufwendungen erfordert hätte, wurde eine Aussiedlung des Anwesens in ein nahegelegenes, nicht rutschgefährdetes Gebiet als sinnvoller erachtet.

5.7.7.2. Erdbeben Fischerhof, Gemeinde Pyhra

Eine ähnliche Katastrophe wie in Lembach ereignete sich in der Nacht vom 11. auf den 12. Juni 1965 beim Fischerhof in der südöstlich von St. Pölten gelegenen Ortschaft Baumgarten. Nach ersten kleineren Rißbildungen im Mauerwerk des Wohnhauses im April 1965, die von den Bewohnern nicht weiter beachtet wurden, kam es im Juni plötzlich zu stärkeren Bodenbewegungen, die Stallgebäude, Scheune, den südlichen Teil des Wohnhauses und auch das etwas abseits gelegene Wohnstöckl erfaßten. Im Mauerwerk der Gebäude traten zahlreiche Risse auf, Fenster und Türen wurden schiefgestellt (Abb. 44). In einem Zimmer des Wohnhauses wurde der Holzfußboden durch die Verschiebung, Verdrückung der Mauern so eingespannt, daß er sich in Zimmermitte um ca. 70 cm aufwölbte (Abb. 45).

Von der Bewegung war, wie die Untersuchungen zeigten, nur die über Gesteinen der Flyschzone ausgebildete schluffig-tonige, mit sandigen Lagen versetzte Verwitterungsbodendecke erfaßt worden. Die Bewegungsweite dürfte kaum mehr als 0,5 bis 0,8 m betra-



Abb. 45.
Rutschung Fischerhof, Aufwölbung des Fußbodens.



Abb. 44.
Rutschung Fischerhof, 1965, zerstörtes Wohngebäude.

gen haben. Die Absetzung entlang des deutlich ausgebildeten Begrenzungsrisses wurde mit 0,15 m gemessen. In einigen händisch von der örtlichen Feuerwehr oberhalb des Fischerhofes hergestellten ca. 3 m tiefen Schurfschlitzten konnte die Lockerbodendecke nicht durchstoßen werden. Es ist anzunehmen, daß sich die Gleitbahn auf oder nahe über dem anstehenden Gebirge in einer Tiefe von etwa 4 bis 5 m ausgebildet hat.

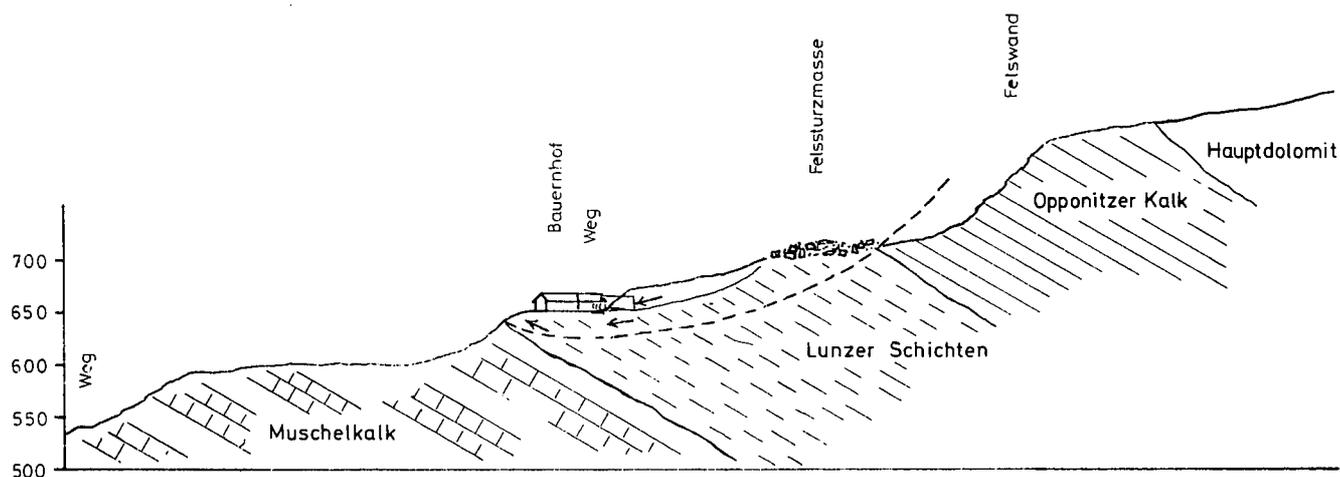
Für die Auslösung der Rutschung war auch in diesem Fall eindeutig die überstarke Vernässung der Lockerbodendecke durch die ergiebigen Frühjahrsniederschläge des Jahres 1965 verantwortlich.

5.7.7.3. Erdbeben Kleinzell

Das vom sogenannten Salzergraben in der Gemeinde Kleinzell gegen SW zur Kleinzeller Gemeindealpe (Kote 1005 m) ansteigende Hanggelände wird von Muschelkalken, Lunzer Schichten, Opponitzer Schichten und Hauptdolomit der Reisalpen Decke aufgebaut (Abb. 46). Die Gesteine fallen mittelsteil gegen S ein. Im Bereich des Muschelkalkes und der Opponitzer Schichten sind deutlich steilere Hangstufen ausgebildet. Im Gebiet der Lunzer Schichten ist das Gelände flach und teilweise leicht wellig verformt. Unterhalb der Wandstufe der Opponitzer Schichten liegt auf den Lunzer Schichten, deutlich erkennbar, der Schuttkegel eines alten Felssturzes. Am nördlichen Rand der Lun-

NE

SW



Erdrutsch Kleinzell

M = 1 : 5.000

Abb. 46.

Rutschung Kleinzell, 1965, vereinfachtes Geländeprofil.
Originalmaßstab 1 : 5000, verkleinert auf 70 %.

zer Schichten, direkt oberhalb der von Muschelkalken aufgebauten Hangstufe, wurde im vorigen Jahrhundert ein Bauernhof errichtet, der aus einem NW-SE-gestreckten Wohnhaus und einem bergseits im rechten Winkel dazu angebauten Wirtschaftsgebäude besteht. Das Wirtschaftsgebäude ist über eine Durchfahrt direkt mit einem in den Berghang eingebauten Keller verbunden.

Am 23. IV. 1965 bemerkte der gerade mit dem Ausmalen der Küche beschäftigte Malermeister feine Rißbildungen (Haarrisse) in der Mauer, die, so oft er sie auch mit Farbe überstrich, immer wieder sichtbar wurden. Am 24. IV. wurden die Risse immer breiter und zahlreicher, und man merkte deutlich, daß sich das Wohnhaus vor allem im Bereich des angebauten Wirtschaftsgebäudes immer stärker verformte. Bei der genauen Untersuchung der Gebäude zeigte sich, daß ein vom Hang ausgehender Schub über Keller und Wirtschaftsgebäude direkt auf das Wohnhaus übertragen

wurde. Wie stark dieser Schub vor allem im Dachbereich war, ließ der Versuch erkennen, durch das Herausschneiden eines ca. 1 m langen Stückes aus dem durchgehenden Tragbalken der Dachkonstruktion über der Durchfahrt, den Druck auf das Wohnhaus zu vermindern. Bereits nach wenigen Stunden berührten sich die Schnittenden der Balken wieder.

Durch den Druck des in Bewegung geratenen Hanges wurde das gesamte Anwesen im Laufe des 24. April geringfügig gegen N verschoben und das Wohnhaus in S-N-Richtung so zusammengedrückt, daß sich einige der von der südlichen Außenwand bis zur Mittelmauer durchgehenden Lattenböden deutlich aufwölbten (Abb. 47 und 48).

Da der Schub im Dachbereich größer war, kam es auch zu einer deutlich sichtbaren Schiefstellung des Wohnhauses.

Nachdem man die Dachträger weiter ausgeschnitten und auch die Betondecke der Durchfahrt zerschlagen

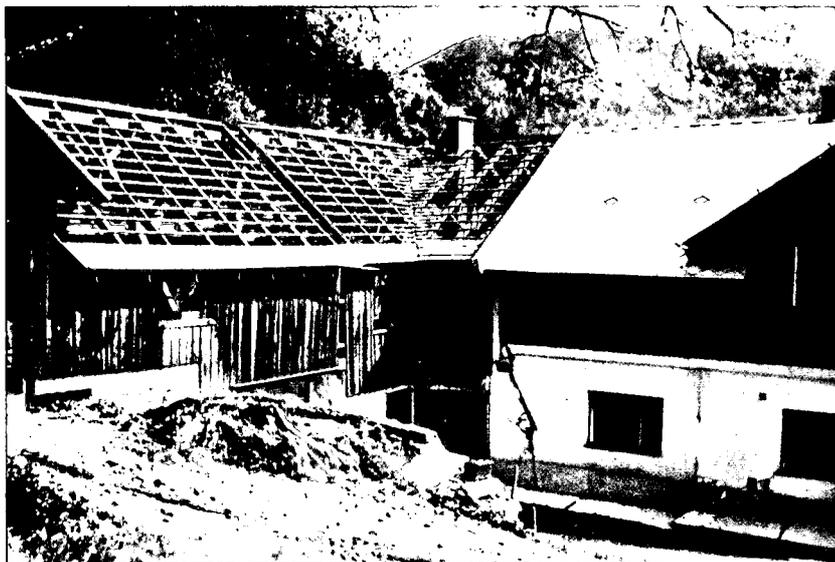


Abb. 47.

Rutschung Kleinzell, Ansicht des Hofes von Westen.



Abb. 48.
Rutschung Kleinzell, Aufwölbung des Fußbodens in einem Zimmer des Wohnhauses.

hatte, ließ der Druck rasch nach und es konnte ein Einsturz der Gebäude verhindert werden.

Bei der Begehung des Geländes zeigten sich im Hang oberhalb des Kellers einige Bodenrisse, jedoch keine stärkeren höhenmäßigen Verstellungen. Nur im Obstgarten, direkt westlich des Hofes, war an sternförmig auseinanderlaufenden Rissen in der Rasendecke eine Aufwölbung des Bodens um schätzungsweise 0,5 bis 1,0 m zu erkennen. In der näheren Umgebung des Anwesens war an zwei Stellen die über den Lunzer Schichten ausgebildete Verwitterungsbodendecke abgeschlossen.

Es handelte sich um sandig schluffige Tone, in die Mergelblättchen und vereinzelt auch kleinere Gesteins-trümmer eingestreut waren. Die Tiefenlage der anstehenden Lunzer Schiefertone konnte nicht festgestellt werden.

Nach den Gelände- und Gebäudeschäden und der geologischen Situation ist anzunehmen, daß die Bodenmassen auf einer tiefer in den anstehenden Lunzer Schiefertönen verlaufenden Gleitfläche abrutschten und sich an den Muschelkalken aufstauten. Hätte es dieses Widerlager nicht gegeben, so wäre der nahe der Hangkante gelegene Hof wohl weiter abgeschoben worden und hätte sich der Boden im Obstgarten kaum so stark aufgewölbt.

Innerhalb der Rutschscholle ist es sicher noch zu weiteren Verschiebungen entlang von Sekundärgleitflächen gekommen, wodurch auch die relativ große Schubbewegung im oberflächennahen Bereich verständlich wird.

TRAISEN, WIESERBERG
HANGRUTSCHUNG 1959

Lageplan 1:1000

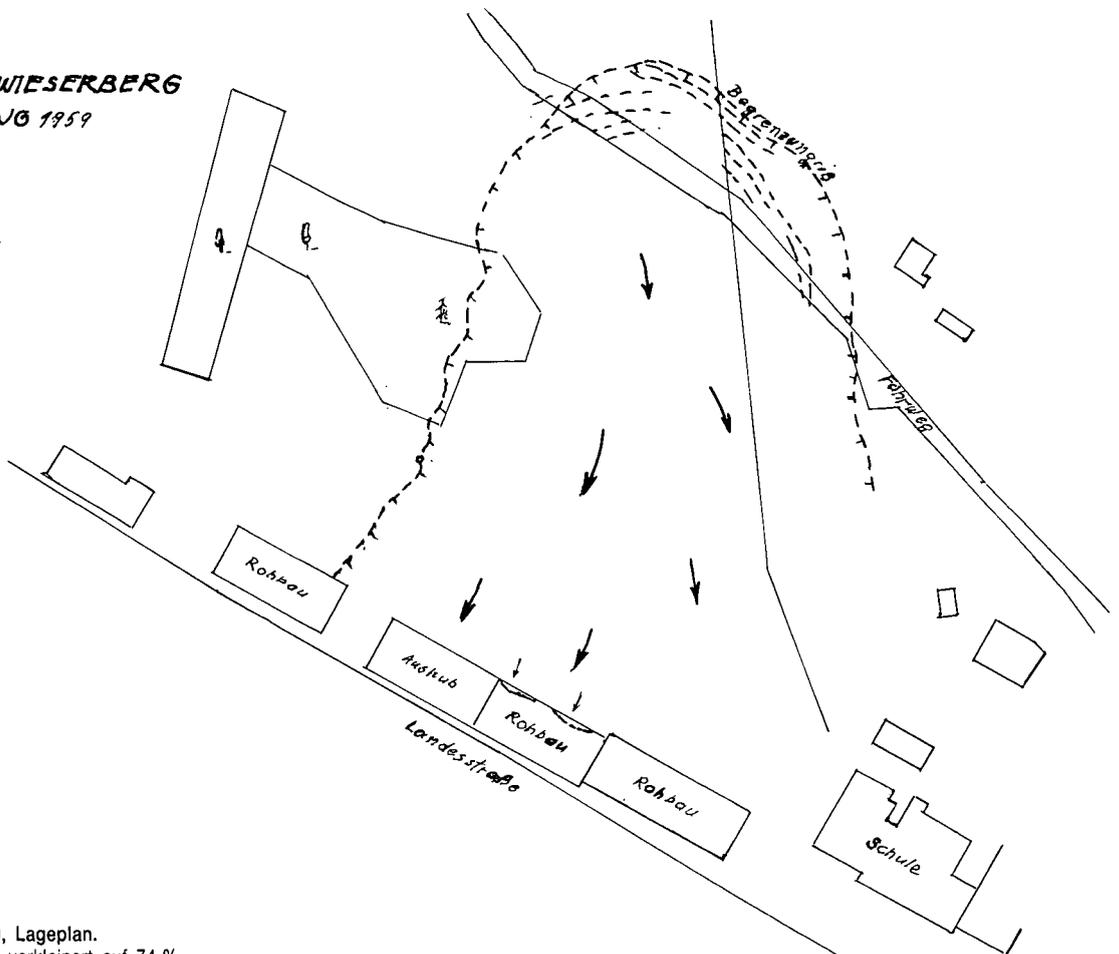
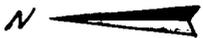


Abb. 49.
Rutschung Traisen, 1959, Lageplan.
Originalmaßstab 1:1000, verkleinert auf 74 %.

Ausgelöst wurde auch diese Rutschung durch die starken Regenfälle im April 1965, wobei die Niederschlagswässer wohl im Bereich der Bergsturzhalde gute Eindringungsmöglichkeiten vorfanden. Auch bei diesem Katastrophenfall wurde, da man bei einer den finanziellen Möglichkeiten angepaßten Sanierung keine Garantie für die Sicherheit des Anwesens hätte geben können, die Aussiedlung der Wirtschaft empfohlen.

5.7.7.4. Erdbeben Traisen

Ende Juli 1959 wurde im Ortsgebiet von Traisen, östlich der Landesstraße 5205, am Fuße des vom sogenannten Wieserberg abfallenden Hanggeländes mit den Aushubarbeiten für 4 Wohngebäude begonnen. Insgesamt wurden im Zuge der Abgrabung des Hangfußes und des Kelleraushubes ca. 5000 bis 6000 m³ Material ausgehoben und abgeführt.

Am 15. Okt. 1959 kam plötzlich, nachdem bei 3 Gebäuden bereits das Kellergeschoß aufgebaut war, der angeschnittene Hangfuß in Bewegung und schob sich etwas gegen die Bauplätze vor. Ein deutlich verfolgbare Begrenzungsanriß bildete sich höher im Hanggelände aus (Abb. 49). Er erreichte eine Sprunghöhe von 1 m und eine Öffnungsweite von ca. 0,6 m.

Am 26. Dez. 1965 erfolgte ein weiterer Schub, der Sprunghöhe und Bewegungsweite deutlich vergrößerte. An dem bereits fertiggestellten Kellermauerwerk, vor allem des Objektes 2, bewirkten die Bewegungen Verdrückungen der bergseitigen Fundamente und Außenmauern in einer Größenordnung von ±10 cm.

Wie die örtlichen Erhebungen zeigten, wird das mit 20° bis 25° gegen Osten ansteigende Hanggelände von grauen bis schwarzen Mergelschiefern, roten bis grünlichen Schiefertönen und dazwischen geschalteten schwachen Sandsteinlagen aufgebaut. Die der Klippenzone zuzuordnenden Gesteine fallen flach bergwärts ein. Über dem anstehenden Gebirge ist eine tonig-schluffige, mit Sandsteinbrocken durchsetzte, zwischen 3 und 5 m mächtige Verwitterungsbodendecke ausgebildet. Nur diese Lockerbodenschichte wurde von der Bewegung erfaßt.

Auf Grund des Ablaufes der Ereignisse wurden als Ursache der Rutschung und als auslösendes Moment allein die Bauarbeiten angesehen und man war verwundert, daß die doch eher geringfügige Abgrabung im Fußbereich das Abrutschen eines Hangstückes von über 10.000 m² Fläche auslösen konnte. Bei der Befragung der Bevölkerung stellte sich jedoch in der Folge heraus, daß bereits 10 bis 14 Tage vor Beginn der Bauarbeiten kleine Bewegungen mit schwachen Rißbildungen im Hanggelände stattgefunden hatten.

Die Überprüfung der Wettersituation zeigte, daß dieses erste Abrutschen wohl durch die starken Niederschläge am 20. Juli 1959 (120 mm) verursacht worden war. Zu Beginn der Bauarbeiten befand sich der Hang daher bereits in einem eher labilen Gleichgewicht (Grenzgleichgewicht), und es genügte schon der relativ geringe Anschnitt, um die Bewegungen wieder aufleben zu lassen.

Durch Austrocknung der Lockerbodendecke mittels umfangreicher Dränagierungen und Regulierung der

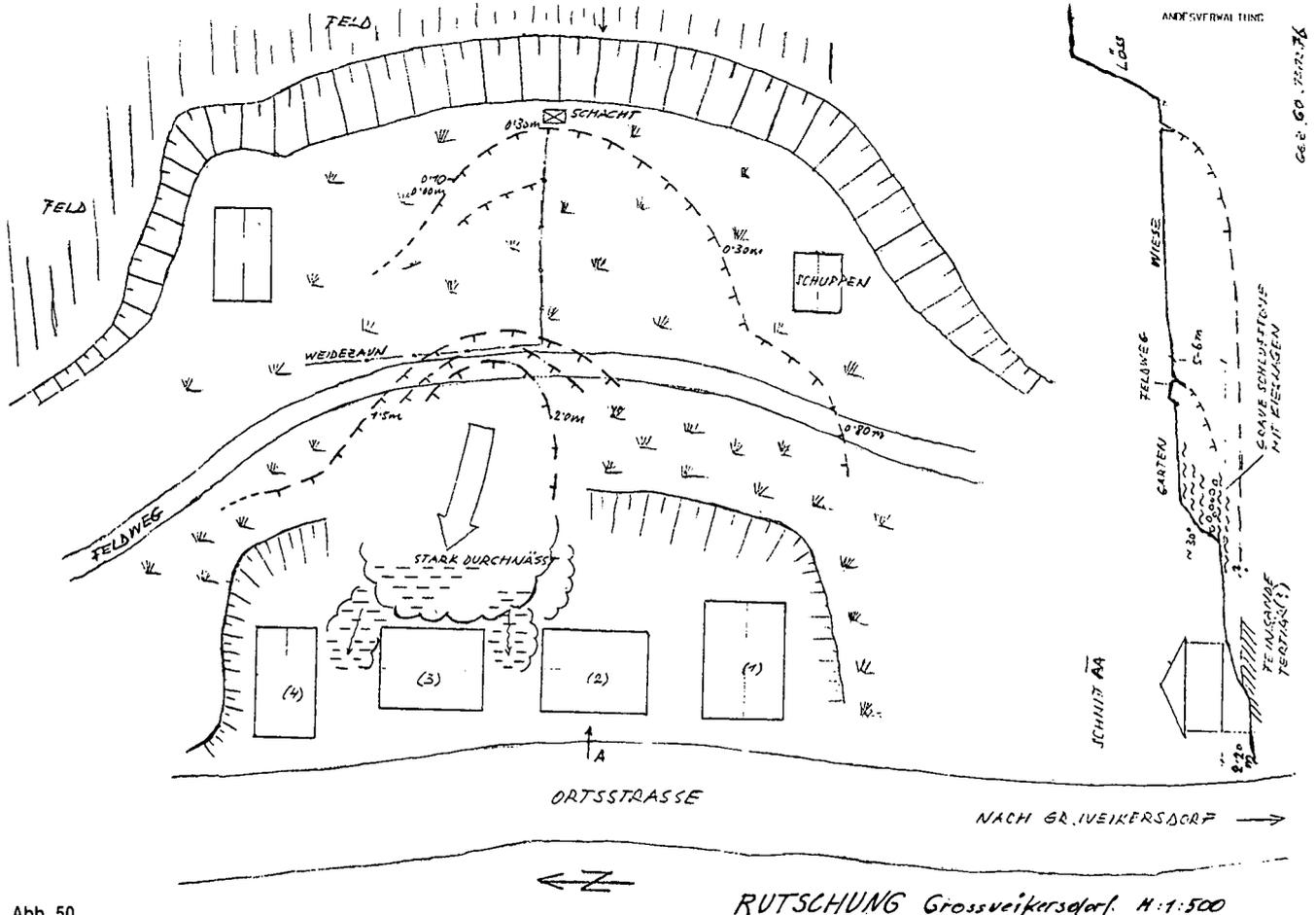


Abb. 50.
Rutschung Großweikersdorf, 1976, Lageplan.
Originalmaßstab 1 : 500, verkleinert auf 61 %.

Abflußwege der Niederschlagswässer wurde in der Folge die Standsicherheit des Hanggeländes so verbessert, daß seither keine weiteren Bewegungen mehr auftraten.

5.7.7.5. Erdrutsch Gemeinde Großweikersdorf

In der Marktgemeinde Großweikersdorf wurde in den siebziger Jahren ein ursprünglich landwirtschaftlich genutztes Hanggebiet entlang der Landesstraße 1261 in Bauland umgewidmet und in der Folge die Errichtung von 4 Einfamilienhäusern genehmigt. Die Tiefe des beim Bau der Objekte notwendigen Anschnittes des ungefähr mit 15° bis 20° gegen die Straße abfallenden Hanggeländes betrug zwischen 15 und 20 m. Nach einer Regenperiode zwischen 12. und 17. November 1976 (39,4 mm Tagesniederschlag am 14. XI.) geriet der Hang auf einer Länge von etwa 100 m (parallel zur Straße gemessen) in Bewegung und schob sich etwas gegen die bereits im Rohbau fertiggestellten Einfamilienhäuser vor. Der deutlich verfolgbare Begrenzungsriss verlief ca. 50 bis 60 m bergseits der Häuser nahe dem Fuße einer 5 bis 6 m hohen Lößböschung (Abb. 50 und 51).

Etwa in halber Höhe war in der nördlichen Hälfte der Rutschung eine zweite Abrißzone ausgebildet. Von den abgerutschten und im Fußbereich breiig ausgeflosse-

nen Erdmassen wurden vor allem Haus 3 und teilweise auch die Objekte 2 und 4 bergseits bis in Höhe der Erdgeschoßfenster verschüttet, erlitten aber darüber hinaus keine weiteren Schäden.

Wie die geologischen Untersuchungen ergaben, wird das Gelände von Schluffen und schluffig-sandigen Tonen aufgebaut, die auf tertiären Sanden und Tonmergeln aufruhren und weiter bergwärts eine mächtige Löß- bis Lößlehmlage tragen.

In die Schluff-Tonschichten sind stärker sandige Schichten und auch ein schwacher Sand-Kieshorizont eingeschaltet. Die Bewegung dürfte im talseitigen Bereich in einer grauen Schluff-Ton-Lage erfolgt sein, die von dem überlagernden Sand-Kieshorizont bewässert wurde.

Schon nach den ersten Untersuchungen war klar, daß von einer Sanierung und Sicherung der Böschung vor allem umfangreiche Entwässerungsmaßnahmen notwendig sind. Infolge finanzieller Schwierigkeiten verzögerte sich jedoch die Inangriffnahme entsprechender Arbeiten und es kam, wie zu erwarten, in der Nacht vom 14. auf den 15. II. 1977 zu neuerlichen Bewegungen.

In der nördlichen Hälfte der kleineren Abrißzone rutschte hierbei eine etwa 30 m lange, 10 m tiefe und 5 bis 6 m mächtige Bodenscholle auf das Haus 4 ab, scherte es von seinen Fundamenten ab und drückte



Abb. 51.
Rutschung Großweikersdorf, Blick in den Abrißbereich.



Abb. 52.
Rutschung Großweikersdorf, Rückseite des Hauses Nr. 4.

die Gebäuderückwand ein, wodurch es in der Folge auch zum Einsturz der Kellerdecke kam (Abb. 52).

Die horizontale Verschiebung betrug zwar nur wenige Zentimeter, genügte aber, um den Mauerwerksverband teilweise zu zerstören.

Im südlichen Abschnitt kam es ebenfalls zu meßbaren Verschiebungen größerer Erdschollen, wodurch die Bedrohung der Häuser 1 und 2 wesentlich erhöht wurde. Sprunghöhe und Öffnungsweite des Begrenzungsrisses nahmen merkbar zu. Diesmal blieb die Rutschung über einen Zeitraum von einigen Wochen aktiv und zeigte immer wieder kleine Nachbewegungen. Erst im April 1977 konnte man wieder von einem Stillstand sprechen.

Die in den folgenden Monaten durchgeführte Sanierung enthielt, wie vorgesehen, eine umfangreiche Entwässerung des Hanggebietes, wobei infolge der Lage der wasserwegigen Sand-Kieshorizonte 7 bis 8 m tiefe Dränagen verlegt werden mußten. Ergänzt durch die Verschließung der Risse, Bepflanzung und einige kleinere bauliche Maßnahmen, hat die Sanierung bis heute weitere Bewegungen verhindert.

Wenn auch die starken Niederschläge im November 1976 die Rutschung auslösten, ist als Ursache eindeutig der Hanganschnitt im Zuge der Errichtung der Einfamilienhäuser anzusehen. Derartige Eingriffe in den Untergrund dürfen eben nur im Zusammenhang mit entsprechenden Sicherungsmaßnahmen erfolgen.

5.7.7.6. Erdbeben bei Senftenberg

Eine hinsichtlich ihrer Entstehung etwas ungewöhnliche Rutschung ereignete sich im Mai 1982 im Gebiet der Marktgemeinde Senftenberg.

Ein altes, ebenerdiges, auf einer schmalen Terrasse wenige Meter über der Krems erbautes Wohnhaus (Abb. 53) wurde in den Jahren 1970 bis 1972 renoviert

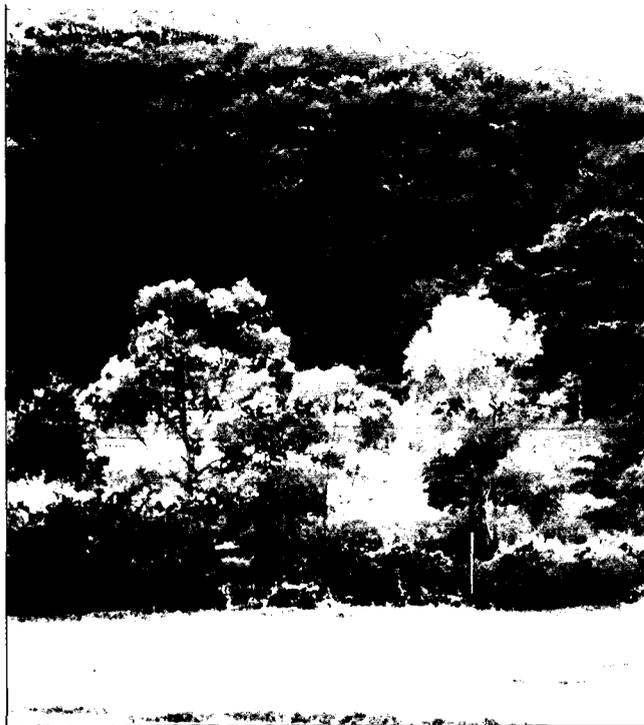


Abb. 53.
Rutschung Senftenberg, Anwesen mit wiederaufgebauter Garage.

und 1974 mit einer hangseitigen Stützmauer gesichert. Nördlich anschließend an das Haus errichtete der Besitzer später noch eine Garage, deren Rückwand er auf die Stützmauer aufsetzte. Beim Bau der Stützmauer war der Hangfuß zwecks Verbreiterung der Terrasse tiefer angeschnitten worden, so daß im Gelände eine 6 bis 7 m hohe, steile Böschung (60° bis 70°) entstand.

Etwa 30 bis 35 m bergseits dieser Böschung beginnt, durch einen Weg begrenzt, Waldgebiet, das im unteren Bereich leicht eingemuldet ist, dann aber steil mit 45° bis 50° gegen SW ansteigt (Abb. 54).

Aufgebaut wird der südliche Hang des Kremstales in diesem Abschnitt von Amphiboliten und darüber liegenden Gföhler Gneisen des Moldanubikums, die im Bereich der Steilstufe von einer dünnen Hangschuttdecke, im tieferen, flacheren Hangteil jedoch von einer mächtigen, lehmig-steinigen Hangschutt- und Verwitterungsbodendecke überlagert werden.

Nach einem starken Unwetter am 28. V. 1982 kam es zu einem außergewöhnlich starken Oberflächenwasserabfluß. Die Wässer schossen über den Steilhang herab, rissen dabei die Hangschuttdecke über weite Strecken auf, bewirkten im unteren flacheren Abschnitt durch Unterspülung das Umstürzen etlicher alter Bäume und flossen dann am Wohnhaus vorbei in die Krems ab.

Am 31. V. um ca. 14 Uhr, also 3 Tage später, geriet plötzlich die steile Böschung hinter der Garage in einer Breite von ca. 10 bis 12 m in Bewegung, rutschte auf die Gebäuderückwand ab und drückte diese so weit um, daß auch das Dach niederbrach. Die in diesem Abschnitt ca. 1 m über Terrassenniveau reichende Stützmauer hielt dem Druck der Erdmassen stand und erlitt keine Schäden. Gleichzeitig mit dem Niedergehen des etwa 8 m bergwärts reichenden Erdkeiles flossen aus dem Böschungsanriß große Wassermengen aus und verwandelten den abgerutschten Verwitterungsboden in einen lehmig-steinigen Brei, der sich durch die Garage über den gesamten Vorplatz ausbreitete. Das Ausfließen von Wasser dauerte noch einige Tage an.

Auf Grund der Untersuchung des Waldgebietes und der Rutschmulde und vor allem des genauen Berichtes der Bewohner, läßt sich der Ablauf des Schadenfalles folgendermaßen rekonstruieren:

Zu Beginn des Unwetters flossen Niederschlagswässer, ohne wesentliche Schäden anzurichten, zur Krems ab. Nach dem immer stärkeren Aufreißen der Hangschuttdecke und vor allem nach dem Umsturz etlicher Bäume drang jedoch ein beachtlicher Teil der Wässer in die steinige Hangschuttdecke ein und füllte deren Hohlräume, immer weiter talwärts greifend, auf (Abb. 54).

Die jeweils einige Kubikmeter großen, durch die umgestürzten Bäume entstandenen Löcher im Waldboden fungierten dabei, da sie voll mit Wasser gefüllt waren, als kleine Druckbehälter.

Da die Verwitterungsbodendecke weiter talwärts, wie in der Rutschmulde zu erkennen war, wesentlich stärker verlehmt und damit auch entsprechend weniger durchlässig ist, baute sich im Hangbereich oberhalb des Hauses ein enormer hydrostatischer Druck (hydrostatischer Seitendruck – R. NEUMANN, 1964) auf, der einen Gefügezusammenbruch des locker gelagerten Bodens und nach 3 Tagen den Nachbruch des Böschungsteiles oberhalb der Garage bewirkte.

Erst nach dem Abrutschen und Ausfließen der Bodenmassen konnte auch das restliche im Hang zurückgehaltene Niederschlagswasser ungehindert ausfließen.

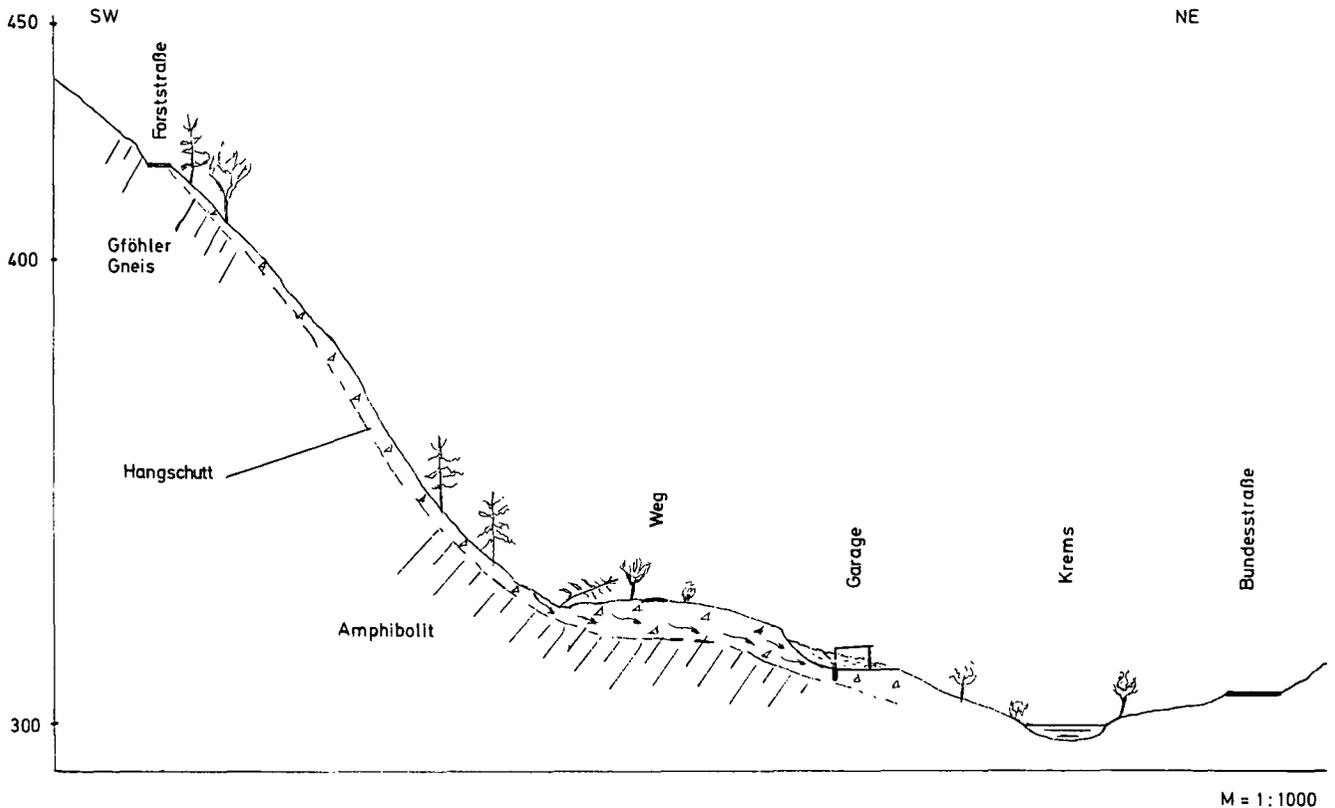


Abb. 54.
Rutschung Senftenberg, 1982, Hangprofil.
Originalmaßstab 1 : 1000, verkleinert auf 61 %.

M = 1 : 1000

5.8. Kriechen

Hang- und Schuttkriechen sind eine in allen bergigen, hügeligen Gebieten Niederösterreichs häufig auftretende Bewegungsform. Fast alle Schutthalden, ob in den Kalkalpen oder in der Böhmisches Masse, sind in einem langsamen Talwärtswandern begriffen. Ebenso zeigen die meisten Verwitterungsbodendecken, vor allem wenn sie einen gewissen Anteil an bindigen Bodenarten enthalten, diese Tendenz. Besonders häufig ist das sogenannte Hangkriechen in Flysch und Klippenzone anzutreffen.

Da die Bewegungen sehr langsam vor sich gehen – cm je Jahr –, sind Schäden, die sie an Gebäuden, Straßen oder Wegen verursachen, für den Augenblick betrachtet, meist gering und ihre wahre Ursache wird kaum erkannt. Größere und dann auch eindeutig zuzuordnende Schäden treten in der Regel erst dann auf, wenn die langsamen Kriechbewegungen, wie bereits in Abschnitt 2 aufgezeigt, z.B. durch starke Wasserzufuhr plötzlich in ein Rutschen oder ein murenartiges Fließen übergehen. Im Archiv des Geologischen Dienstes scheinen aus diesem Grunde nur 4 Fälle auf, die eindeutig der Bewegungsform „Kriechen“ zuzuordnen sind.

Von den 3 Massenbewegungen, die als Hangkriechen einzustufen waren, verursachte eine Schäden an einem Güterweg und eine zweite Rißbildungen in einem Wirtschaftsgebäude. Bei allen 3 Fällen wurde nur die leicht bindige, von tonig-schluffigen Bodenarten dominierte Verwitterungsbodendecke erfaßt.

Ein im Raum Puchberg am Schneeberg untersuchtes Massenkriechen erfaßte die über Werfener Schichten auf einem mit 40° gegen Nordosten abfallenden Hang ausgebildete Schuttdecke. An dem den Hang quer-

den Weg war es zu Verdrückungen der Fahrbahn und kleineren Nachbrüchen aus der bergseitigen Böschung gekommen. Solche Schäden treten bei Straßen und vor allem natürlich bei Wegen in steileren Hanggebieten häufig auf, und es wäre daher richtig, wenn man auch dieser weniger spektakulären Form von Massenbewegungen bereits beim Bau von Verkehrswegen mehr Aufmerksamkeit schenken würde.

5.9. Fließen

5.9.1. Schichtfließen, Setzungsfließen

Zu Fließerscheinungen kommt es in Niederösterreich recht häufig in den ausgedehnten Lößgebieten des Alpenvorlandes und Weinviertels. Die Festigkeit und auch die große Porosität des echten Lösses beruhen vor allem auf einer leichten Bindung, Verkittung der krümelig abgelagerten Staubkörner (Kohäsion) und der Kalkauskleidung der zahlreichen Wurzelröhrchen (SCHEIDIG, A., 1934).

Die häufigsten Ursachen für den Verlust von Struktur und Festigkeit sind Belastung, vor allem dynamische Belastung, Vernässung, Erosion und Subrosion. Ständige dynamische Belastung zerstört in kurzer Zeit die Verkittung in den oberen Bodenschichten und bewirkt damit die Umwandlung des Lösses in einen kaum gebundenen, wesentlich dichteren Staubboden. Intensive Vernässung führt durch Lösung und Druck ebenfalls zu einem Gefügezusammenbruch und aus dem ehemals standfesten Löß wird ein schlammiger Staubboden. Fließendem Wasser kann der Löß am wenigsten Widerstand entgegengesetzt. Der Verband der Körner wird



Abb. 55.
Lößschlucht bei Engelmansbrunn.

rasch zerstört, Boden und Wasser bilden eine Suspension, die talwärts abfließt.

Gute Beispiele für diese Anfälligkeit des Lösses gegen Erosion sind die vielen tiefen, oft wild verzweigten Schluchten und Gräben in den Lößgebieten (Abb. 55) und die immer wieder nach Unwettern und Starkregenfällen auftretenden Bodenausschwemmungen aus Lößhängen. Vor allem die Weinbauterrassen werden, da sie keine ausreichend schützende Pflanzendecke besitzen, oft davon betroffen.

Eine weitere Erscheinung, die ebenfalls in diese Gruppe der Massenbewegung zu stellen ist, sind die Verbrüche von künstlichen Hohlräumen, also Kellern, in den Lößgebieten. Da der Löß leicht zu bearbeiten und dennoch standfest ist und Hohlräume infolge seiner großen Porosität ein gutes Klima aufweisen, wurden von der Bevölkerung in Lößhänge unzählige Keller – Weinkeller, Vorratskeller, Fluchtkeller etc. – eingebaut. Meist handelt es sich um langgestreckte, nicht zu breite Hohlräume, die oft im Eingangsbereich mit einem Ziegelgewölbe versehen sind, im übrigen aber keine Einbauten aufweisen. Untersuchungen haben gezeigt, daß die trotz der guten Standfestigkeit des Lösses immer wieder vorkommenden Verbrüche und Einstürze in den meisten Fällen von den Menschen selbst durch un-

überlegte Änderungen der Nutzung und Bewirtschaftung des Geländes herbeigeführt wurden. Sehr oft hat man z. B. im Zuge von Modernisierung und Ausbau landwirtschaftlicher Betriebe ehemals wenig genützte Fahrwege auf flachen Lößhängen in Straßen mit Lastverkehr umfunktioniert. Dabei schlitze man die ehemals unverletzte Lößdecke über den im Hangfuß eingebauten Kellern zwecks Einbau von Wasserleitung und Kanal über weite Strecken auf und verfüllte die tiefen Künetten mit Sand-Kiesmaterial. Die Fahrbahndecken wurden meist zu schwach dimensioniert, so daß Belastungen und Erschütterungen und natürlich die Bauarbeiten selbst in kurzer Zeit das Gefüge der oberen Lößschichten zerstörten.

Über die tiefen, durchlässigen Künetten drangen in der Folge Oberflächenwässer, besonders natürlich nach Unwettern, Starkniederschlägen etc., ohne Verzögerung in tiefere Horizonte ein und schufen sich von dort neue Abflußwege im Lößkörper (Subrosion). Trafen diese neu gebildeten Abflußbahnen auf einen bestehenden Hohlraum, so wurde dieser in das System eingebunden und es kam in kurzer Zeit zu Materialausschwemmungen aus Decken und Wänden und in der Folge häufig zu Verbrüchen. In einigen Fällen lösten diese Verbrüche Senkungen und Setzungen aus, die an



Abb. 56.
Senkungstrichter im Löß nach Kellereinsturz, Gemeinde Stillfried a.d. March, 1979.

darüber liegenden Straßen, Wegen, Wohn- und Wirtschaftsgebäuden beachtliche Schäden verursachten (Abb. 56). Zur Sanierung und Absicherung der betroffenen Objekte waren in allen Fällen neben diversen baulichen Arbeiten vor allem Maßnahmen für eine unschädliche Ableitung zukünftiger Niederschlagswässer erforderlich.

In einer Gemeinde im Weinviertel traten in einem um 1900 errichteten, seit einiger Zeit als Altersheim genutzten Haus im Juni 1958 plötzlich starke Mauerrisse in der nordöstlichen Gebäudeecke auf. Eine Untersuchung des Untergrundes ergab, daß auch hier das Gefüge des unter den Gebäudefundamenten anstehenden Lösses durch fließendes Wasser zerstört und eine wesentliche Verdichtung des Bodens bewirkt worden war. Die hierdurch ihrer Auflage beraubten Fundamente gingen nach und verursachten die Rißbildungen im Mauerwerk.

Die zerstörenden Wässer stammten in diesem Falle allerdings aus der über einen längeren Zeitraum defekten Wasserleitung des Heimes.

Von den im Laufe der vergangenen 3 Jahrzehnte beobachteten Fließerscheinungen in feinkörnigen Bodenarten in Niederösterreich ereigneten sich 12 in Löß, während nur 3 leicht bindige Schluffböden in den Verwitterungsbodendecken über tonig-mergeligem Gestein betrafen. Auch in diesen Fällen waren jedoch lockeres Gefüge, geringe Scherfestigkeit und ein übermäßiger Wasserzudrang im Zuge von Unwettern oder Starkregenfällen Ursache und auslösendes Moment.

5.9.2. Erdfließen, Schlammströme

Sehr häufig treten Verflüssigungserscheinungen bei Böden mit feinsandig-schluffiger Grundmasse, wie be-

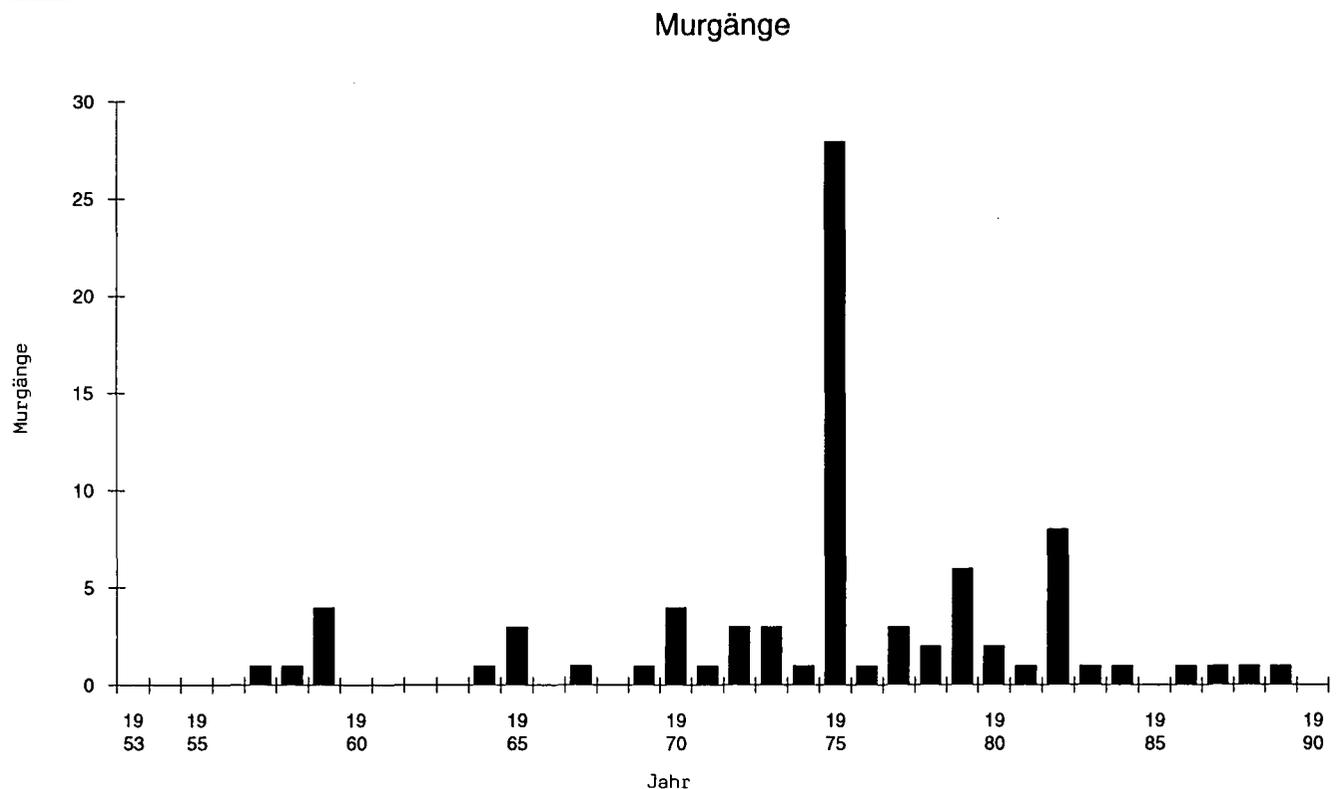
reits in Abschnitt 2 erwähnt, als letzte Phase von Rutschungen auf. Auch hier bewirkt ein übergroßer Wasserzutritt die Ausbildung einer Suspension, die aus dem Rutschkuchen ausbricht und abfließt. Da bei den bearbeiteten Fällen immer der Zusammenhang mit einer vorhergegangenen Rutschung klar zu erkennen war, sind sie bei dieser Gruppe von Massenbewegungen eingeordnet.

5.9.3. Muren, Murgänge, Murbrüche (Murenartiges Fließen, Schuttgang)

Murgänge unterscheiden sich vom Schichtfließen vor allem durch die Korngröße der bewegten Massen. Murgänge treten in locker gelagerten, nichtbindigen Schuttmassen auf, die neben einem unterschiedlich hohen Feinkornanteil (0,02 bis 2,0 mm) große Mengen an Gesteinsstücken (2 bis 60 mm) und Gesteinstrümmern (>60 mm) enthalten. In der Natur sind das z. B. Hangschuttlagen, Schutt- und Blockhalden, steinige, nichtbindige Verwitterungsbodendecken, Sand- und Kiesablagerungen, stark aufgewitterte Festgesteinshorizonte und mitunter auch künstliche Anschüttungen aus nichtbindigem Material.

Verursacht werden Muren durch einen überdurchschnittlich starken, plötzlichen Wasserzufluß in den Lockergesteinskörper. Die eindringenden Wassermassen lockern, zerstören das Gefüge und bewirken die Bildung einer Suspension, der auftretende Strömungsdruck löst den Abgang des Wasser-Feststoffgemisches aus. Das Verhältnis Wasser : Feststoff wird allgemein mit ca. 1 : 1 angenommen. Die Bewegungsenergie und die hohe Rohwichte des Murbreies ermöglichen die Mitnahme, den Transport größerer Gesteinstrümmern. Die Geschwindigkeit, mit der Muren zu Tal fließen,

Tabelle 16.
Anzahl der Murgänge je Jahr (1953–1990).



kann m/h bis m/sec. betragen. Sie nimmt mit dem Wasserverlust, den die Mure auf ihrem Weg erleidet, ab. Überschreitet die innere Reibung des durch Wasserverlust immer weniger breiigen Gemisches einen bestimmten Grenzwert, so kommt die Mure zum Stillstand.

Da ein besonders großer, rascher Wasserzufluß in einen Schuttkörper die Voraussetzung für das Auftreten einer Mure darstellt, sind in der Regel mit Schutt erfüllte Bäche, Gräben, Schluchten und Rinnen, die bei Starkniederschlägen weite Hangbereiche entwässern, die bevorzugten Entstehungsgebiete.

Aber auch in flacheren, sanfter geformten Hangmulden kann es zur Ausbildung von Muren kommen, wenn ihnen große Mengen von Niederschlagswässern zufließen oder unterirdische Wasserzuleitungen erfolgen.

Von den bearbeiteten Massenbewegungen wurden nach den genannten Kriterien 79 in die Gruppe Muren eingeordnet.

Da, wie schon mehrmals bemerkt, bei vielen Massenbewegungen mehrere Bewegungsformen beteiligt sind, also beispielsweise Kriechen → Rutschen → murenartiges Fließen, konnte die Zuteilung nur nach dem augenscheinlich dominierenden Vorgang erfolgen und ist daher bis zu einem gewissen Grad subjektiv.

In Tabelle 16 ist die Aufteilung der Schadensereignisse auf die einzelnen Jahre im Zeitraum 1953 bis 1990 dargestellt. Es ist deutlich zu erkennen, daß wie bei den Rutschungen die meisten Schadensereignisse im Jahre 1975 auftraten.

Ordnet man die Fälle im Jahre 1975 nach Monat und Tag (Tab. 17), so sieht man, daß 20 der 28 Murgänge am 2. und 3. Juli 1975 auftraten und daher eindeutig durch die laut Aufzeichnungen der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik vom 28. Juni bis 2. Juli

Tabelle 17.
Murgänge des Jahres 1975.

Monat	Tag	Gemeinde
Juli	1.	Frankenfels
	2.	Kirchberg/Pielach
		Ertl
		Kilb
		Waidhofen/Ybbs
3.	Thomasberg	
	Thomasberg	
	St. Peter/Au	
	Oberndorf/Melk	
	Hollenstein/Ybbs	
	Lunz/See	
	Scheibbs	
	Scheibbs	
	Ybbsitz	
	Ybbsitz	
Ybbsitz		
Randegg		
St. Anton/Jessnitz		
St. Georgen/Leys		
Feistritz/Wechsel		
5.	Neustadt/Donau	
	Ardagger	
	Ybbsitz	
	Ybbsitz	
Gresten-Land		
August	7.	Frankenfels
	17.	Frankenfels

Tabelle 18.
Murgänge in den verschiedenen geologischen Zonen Niederösterreichs.

Geologische Zone	Anzahl der erfaßten Murgänge
Böhmische Masse	6
Molasse, Inneralpines Tertiär	3
Flysch- und Klippenzone	19
Kalkalpen	41
Zentralzone	10

1975 niedergegangenen Starkniederschläge verursacht wurden.

Die in Tab. 18 vorgenommene Aufteilung der Murgänge auf die verschiedenen geologischen Zonen Niederösterreichs zeigt, daß die Kalkalpen am weitesten häufigsten von diesen Massenbewegungen heimgesucht wurden.

Dieses klare Übergewicht mit mehr als 50 % der Fälle ist wohl vor allem auf die steilere Geländeformung und die ausgedehnteren Schuttablagerungen in den Hanggebieten der Kalkalpen zurückzuführen. Am häufigsten (15 Fälle) bildeten sich die Murgänge im Bereich des Hauptdolomites aus. Kalke und Mergel der Opponitzer und Kössener Schichten und des Neokoms sowie Sandsteine und Tonschiefer der Lunzer Schichten sind jeweils mit 5 bzw. 6 Fällen vertreten. Das Überwiegen des Hauptdolomites ist verständlich, wenn man die Neigung des Gesteins zur Ausbildung grusiger Deckschichten bedenkt.

In der Flysch- und Klippenzone dominieren Sandsteine, Mergel und Kalkmergel, während in der Zentralzone vor allem Bereiche betroffen waren, in denen Glimmerschiefer und Phyllite anstehen.

Von den 6 in der Böhmischen Masse registrierten Murgängen erfolgten 4 im Gebiet des Weinsberger Granites (Granitgrus).

Die meisten von den Muren erfaßten Schuttablagerungen verdanken ihre Mächtigkeit einem langsamen Schutttzuwandern (Schuttkriechen, Abschwemmung etc.) aus höheren Hangbereichen. Bei einigen Fällen, und zwar in Flyschzone und Kalkalpen, war es jedoch nur der autochthone Verwitterungshorizont über anstehenden Mergeln und Kalkmergeln, der mit Niederschlagswässern den Murbrei bildete.

Eine ähnlich wie bei den Rutschungen versuchte Auswertung der bei den Murgängen erhobenen Daten bringt, kurz zusammengefaßt, folgende Ergebnisse:

- 1) Die ausschlaggebenden geologischen Voraussetzungen und inneren Ursachen waren praktisch in allen Fällen eine lockere Lagerung, ein lockerer Verband der Schuttmassen und ein rascher, überdurchschnittlich starker Wasserzuwandrang.
- 2) Als natürliche äußere Ursache konnte bei 2 Murgängen Gerinneerosion erkannt werden. Anschnitte und Aufschüttungen im Straßen- und Wegebau haben nachweisbar zur Entstehung von 10 Murgängen beigetragen.
- 3) Auslösende Ereignisse waren, laut Aussage der Bevölkerung, bei 64 Muren Starkregenfälle und 15 mal Unwetter. Nur bei 5 Abgängen wurde auch die Schneeschmelze als wesentlicher Faktor gewertet.
- 4) Als Bewegungsbahn fungierte bei den meisten Muren das anstehende Gebirge, wobei in etlichen Fällen talwärtsfallende Schichtflächen vorlagen.

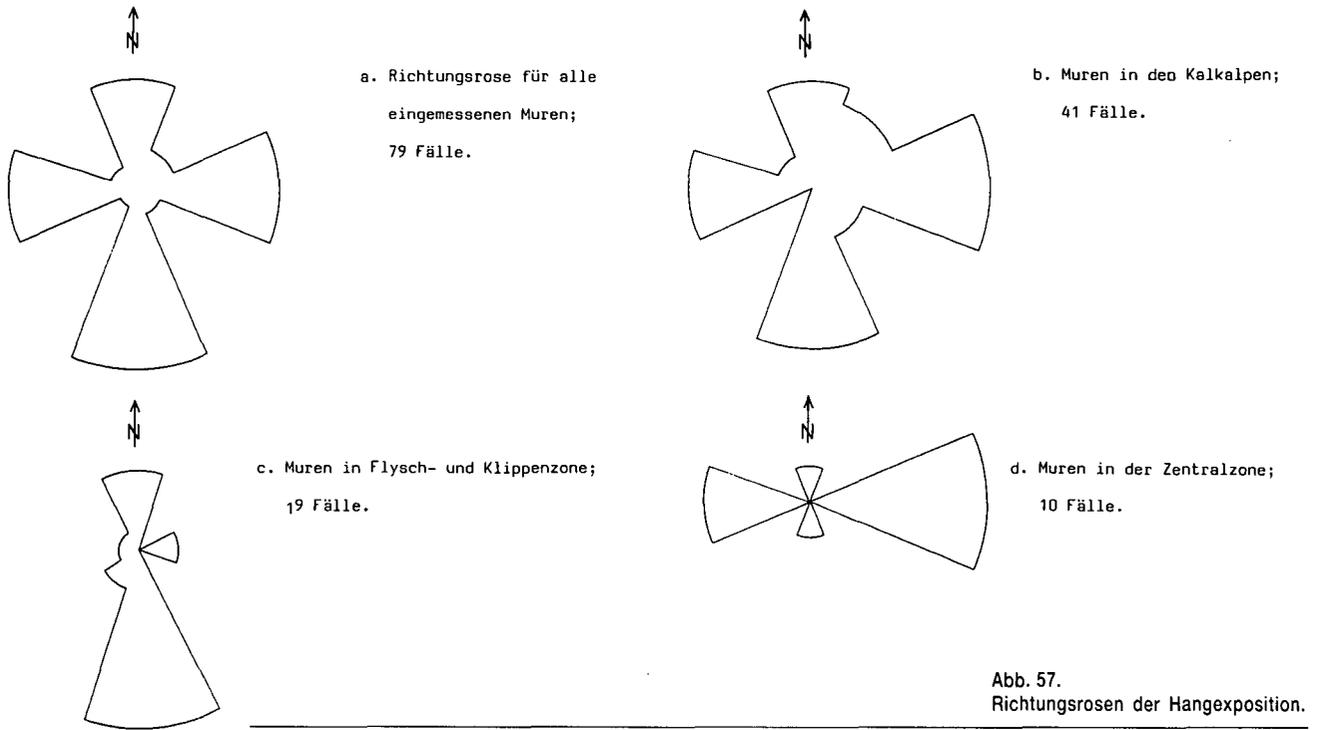


Abb. 57.
Richtungsrosen der Hangexposition.

Nur bei wenigen Abgängen erfolgte das Abfließen auf Einlagerungen, Unstetigkeitsflächen in den Schuttkörpern.

- 5) 57 Muren erfaßten Wiesengelände oder Weideland, 20 ereigneten sich in Waldgebieten oder teilweise bewaldetem Terrain.
- 6) Die Zusammenstellung der gemessenen Hangneigungen ergibt ein ähnliches Bild wie bei den Rutschungen.
In Kalkalpen und Zentralzone liegt der Durchschnittswert zwischen 36° und 37° . In Flysch- und Klippenzone wurden flachere Hänge mit einer durchschnittlichen Neigung von $\pm 30^\circ$ erfaßt.
- 7) Die in Abb. 57 für die bearbeiteten Murgänge dargestellten Richtungsrosen lassen im Gegensatz zu den Richtungsrosen der Rutschungen keine dominierende Richtung erkennen. Der Grund hierfür ist wohl die Tatsache, daß Murgänge Gräben und Muldenzonen bevorzugen, deren Verlauf vor allem vom örtlichen Untergrunderbau bestimmt wird.
- 8) Das Verhältnis Länge : Breite liegt, wie zu erwarten, in 73 % der Fälle über 1 (Durchschnitt 1,92). Besonders in den Kalkalpen zeigen die Werte, daß Murgänge, wie bereits gesagt, wesentlich mehr als etwa Rutschungen Gräben und Muldenzonen folgen.
Die in 59 Fällen bestimmte flächenmäßige Ausdehnung der Murgänge ist in Tabelle 19 aufgelistet.

Tabelle 19.
Durchschnittliche Größe der Murbrüche.

Ungefähre Ausdehnung des erfaßten Bereiches [m ²]	Anzahl der Fälle
< 500	29
500– 2.000	19
2.000–10.000	8
>10.000	3

Alle drei Muren, die Flächen über 10.000 m² erfaßten, ereigneten sich in den Kalkalpen und zwar bei Waidhofen/Ybbs (1987), Gaming (1965) und Lunz/See (1965).

- 9) Die Bewegungsweite betrug in den meisten Fällen zwischen 5 m und 10 m. Nur bei einigen Abgängen flossen die Schuttmassen 50 bis 100 m weit talwärts.
- 10) Die Mächtigkeit der bewegten Schuttmassen konnte nur selten exakt festgestellt werden. Am häufigsten wurden Mächtigkeiten zwischen 1 und 5 m gemessen.
- 11) Sieht man von Geländeformungen und den unvermeidlichen Schäden an Wald und Flur ab, so richteten Murgänge vor allem an Wegen und Straßen beachtliche Zerstörungen an. In mehr als 40 Fällen wurden Wege verschüttet, abgesenkt oder überhaupt weggerissen.
Wohn- und Wirtschaftsgebäude waren wohl bei etlichen Murgängen bedroht, tatsächlich beschädigt wurden jedoch nur 9 Objekte. Zwei davon allerdings so schwer, daß sie teilweise einstürzten.
Stimmt die Annahme, daß es sich bei den vom Geologischen Dienst aufgenommenen Murgängen nur um ca. 20 %–30 % der im Zeitraum von 1953 bis 1990 tatsächlich in Niederösterreich aufgetretenen Fälle handelt, so muß man damit rechnen, daß vor allem die Schäden an Straßen und Wegen wesentlich umfangreicher waren, ihre Sanierung jedoch meistens vom Straßenerhalter in Eigenregie vorgenommen wurde.
- 12) Die wichtigste Sanierungsmaßnahme war auch bei Muren, neben der Abräumung der Schuttmassen eine gründliche Entwässerung der betroffenen Gebiete. Allerdings mußte dabei ganz besonders auf eine unschädliche Ableitung der Niederschlagswässer aus höheren Hangbereichen Bedacht genommen werden. Kleine Verbauungen aus Naturstein wurden in ca. 40 Fällen als notwendig erachtet. Umfangreiche bauliche Maßnahmen (Ge-

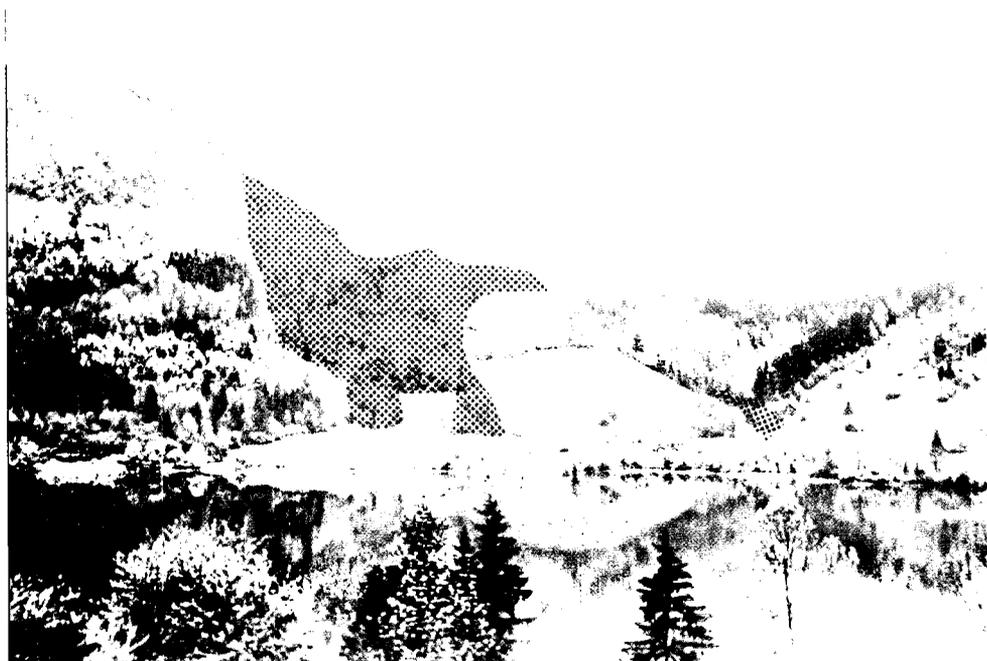


Abb. 58.
Murgang (gerastert) Lunz am See,
1965.
Blick über den See gegen N auf den
Steinbauernberg.

rinneausbau, Geschiebesperren, Pflasterungen etc.) waren nur bei ganz wenigen Abgängen erforderlich.

5.9.3.1. Beispiele

Der größte vom Geologischen Dienst in Niederösterreich untersuchte Murgang ereignete sich 1965 im Gebiet der Gemeinde Lunz am See.

Nördlich des Lunzer Untersees erstreckt sich in WSW-ENE-Richtung ein Band von senkrecht stehenden Opponitzer Kalken und Mergeln, das die Südflanke und den Grat des sogenannten Steinbauernberges bildet. Etwa in Höhe des Ostendes des Sees wird der zur Sulzbach-Decke gehörende Gesteinszug durch eine annähernd N-S-verlaufende Störung unterbrochen und um ca. 300 m gegen N verstellt. An die durch diese Verschiebung entstandene N-S-laufende Felswand schließen im Osten Lunzer Schichten an. Infolge der geringen Verwitterungsbeständigkeit der tonigen Anteile der Lunzer Schichten hat sich östlich der Störung im Hang eine gegen SSE abfallende Mulde ausgebildet, die mit tonig-schluffigen Verwitterungsprodukten der Lunzer Schichten, Gesteinsschutt von den begrenzenden Opponitzer Kalken und, etwas weiter östlich, auch mit eiszeitlichen Ablagerungen erfüllt ist. Unmittelbar nördlich des NE-Endes des Lunzer Untersees sind, laut Mitteilung von A. RUTTNER, noch die Reste einer postglazialen Mure erhalten. Entlang der Felswand entstand eine steile Schutthalde, die, wie die Mulde, weitgehend bewaldet war.

Während der überdurchschnittlich starken Regenfälle im Frühjahr 1965 geriet diese Schutthalde in der Nacht vom 31. V. auf 1. VI. in Bewegung und rutschte gegen Osten in die Hangmulde hinein. Durch das Abgleiten wurden die Schuttmassen so aufgelockert, daß sie mit den gespeicherten und den ständig neu zufließenden Niederschlagswässern eine Suspension bildeten und als Mure talwärts abfließen (Abb. 58).

Wesentlich für diese Entwicklung war neben dem überdurchschnittlich starken Wasserzufluß sicher die wasserstauende Wirkung des tonig-schluffigen Verwit-

terungshorizontes der Lunzer Schichten. Durch sie wurde ein zeitgerechtes Abfließen der Niederschlagswässer verhindert, so daß sich die für die Murenbildung notwendigen Mengen im Schuttkörper ansammeln konnten.

Ein Teil des Murenbreis floß entlang der Felswand gegen Süden ab, nahm Wald und Buschwerk mit, ver-



Abb. 59.
Murgang Lunz am See, Überschüttung des Rechbergweges durch die Mure.



Abb. 60.
Murgang Lunz am See, Überschüttung des Rechbergweges durch die Mure.

schüttete auf eine längere Strecke 4 bis 6 m hoch den sogenannten Rechbergweg (Abb. 59 und 60) und blieb erst, in zwei Zungen aufgespalten, im Hangfußbereich einige Zehnermeter nördlich der Landesstraße 6176 liegen.

Ein zweiter Arm der Mure folgte einem etwas weiter östlich im Hang eingeschnittenen Graben, durchbrach den Rechbergweg und kam erst nach Eintritt in den Hauptgraben (Mayrgraben), etwas unterhalb des Hauses Ruttner, zum Stillstand (Abb. 61).



Abb. 61.
Murgang Lunz am See, Ende des östlichen Astes der Mure nahe dem Haus Ruttner.

Zwischen den beiden Murästen schoben sich die abfließenden und abrutschenden Schuttmassen oberhalb des Rechbergweges zu einem ca. 10 bis 15 m hohen Wall auf, der den Abfluß der Niederschlagswässer behinderte, so daß infolge des Andauerns der Regenfälle ein kleiner „Stausee“ entstand.

Die allerdings erst einige Zeit später gemachte Aufnahme (Abb. 62) – der Rechbergweg ist bereits wieder provisorisch hergestellt – gibt einen guten Einblick in das Abtragsgebiet des Murganges.

Nahezu parallel zu der durch Rutschung und Murgang freigelegten steilen Felswand hat sich in der Mulde ein Aufschiebungswall gebildet, der hier die östliche Begrenzung markiert.

Der zweite bereits erwähnte Wall ist seitlich oberhalb des neu ausgeschobenen Rechbergweges zu erkennen.

Der Murbrei war meist ein mittelbraunes Gemisch aus schluffig-sandigem Lockerboden, Gesteinsschutt und Holztrümmern verschiedenster Größe. Generell war der Anteil an grobem Gesteinsschutt im westlichen, wandnahen Bereich der Mure größer, während im östlichen Ast der tonig-schluffige Verwitterungsboden der Lunzer Schichten etwas überwog. Selbst Tage nach dem Abklingen der Bewegungen wiesen vor allem diese feinkörnigen Partien des Murgutes noch immer eine breiige Konsistenz auf (Abb. 63).

Die ersten provisorischen Sanierungsmaßnahmen, die bald nach dem Abgang der Massen vorgenommen wurden, bestanden in der Herstellung einfacher Entwässerungsgräben zur Ableitung der Wässer aus dem Murbereich. Noch im Jahre 1965 und im Frühjahr 1966 wurden dann von der forsttechnischen Abteilung der Wildbach- und Lawinerverbauung umfangreiche Maßnahmen zur Sanierung und Sicherung des Gebietes vorgenommen. Nach einer gründlichen Entwässerung des Abtraggebietes durch Herstellung eines mit Holzsperrn versehenen Grabens, einer Abräumung des zerstörten Holzbestandes und der Einebnung des unteren Walles, wurde im Hauptgraben nahe dem Hause Ruttner eine Konsolidierungssperre eingebaut.

Trotz der Größe des Murganges, trotz der enormen Kubatur der in Bewegung geratenen Schuttmassen blieben die Auswirkungen für die Bevölkerung doch in einem verkraftbaren Rahmen. Neben der beachtlichen



Abb. 62.
Murgang Lunz am See, Blick in das Abtragsgebiet der Mure.

Geländeverformung und der großflächigen Zerstörung des Waldes, war es vor allem die Unterbrechung des Rechbergweges, die, da er die einzige Zufahrt zu 5 Gehöften darstellt, Schwierigkeiten mit sich brachte und rasche Gegenmaßnahmen erforderte. Zu der befürchteten – und man möchte fast sagen zu erwartenden – Zerstörung von Wohn- und Wirtschaftsgebäuden durch die Murmassen ist es jedoch glücklicherweise nicht gekommen. Dennoch waren die Ereignisse, wie die folgende kurze Zusammenfassung der Augenzeugenberichte zeigen soll, voll echter Dramatik:

Nachdem am 28. V. 1965 Rißbildungen in der Schutthalde als erste Anzeichen der Bewegung entdeckt worden waren, beobachteten die Bewohner der Anwesen am Hangfuß laufend den Berg und registrierten mit wachsender Beunruhigung das weiterhin nasse, unfreundliche Wetter. Erst in der Nacht vom 31. V. auf den 1. VI. – es war eine kalte, regnerische Nacht – begannen die Bewegungen von neuem. Laute, schußartige Geräusche signalisierten das Abreißen der Wurzeln der auf der Schutthalde stehenden Bäume. Langsam war auch in der Finsternis ein Absinken der Böschung zu erkennen, und bald mischten sich neue Geräusche, hervorgerufen durch das Umstürzen und Zerbrechen der Bäume, in das nächtliche Konzert. Deutlich erkennbar geriet nun das Gelände entlang der Felswand in Bewegung und schob sich mit größerer Geschwindigkeit talwärts. Im linken Seitengraben des Mayrgrabens,



Abb. 63.
Murgang Lunz am See, Murbrei im Bereich des östlichen Murarmes.

in dem zuerst nur lehmiges Wasser abgeflossen war, wälzte sich nunmehr der östliche Murarm mit einem Tempo von einigen Metern je Stunde talwärts und zerstörte die Brücke des Rechbergweges. Da der Graben direkt auf das Haus Ruttner zuläuft, schien es nur mehr eine Frage von Stunden, bis die Mure das Haus erreichen und zerstören würde, und man begann daher mitten in der Nacht, im Regen, mit der Räumung des wertvollsten Inventars.

Eine Erleichterung ergab sich erst, als in den Morgenstunden der Murbrei langsamer wurde und beim Eintritt in den relativ flachen Hauptgraben nicht seine bisherige Bewegungsrichtung beibehielt, sondern sich, dem Hauptgraben folgend, am Haus vorbeischiebte. Auch die Bewohner der anderen Häuser konnten Hoffnung schöpfen, da der Kogel zwischen den beiden Murarmen dem enormen Druck standhielt und der westliche Murstrom ebenfalls langsam zum Stillstand kam. Dennoch war die Gefahr keineswegs völlig gebannt. Durch die Aufstauung der Niederschlagswässer im Hanggelände oberhalb des Rechbergweges mußte man noch immer befürchten, daß es zu einer neuerlichen starken Wasserzufuhr und damit zu einem Weiterwandern der Schuttmassen kommen könnte. Erst als die ersten Wasserableitungen Erfolg zeigten, durften die Menschen langsam aufatmen und hoffen, daß das schreckliche Naturereignis beendet sei.

*

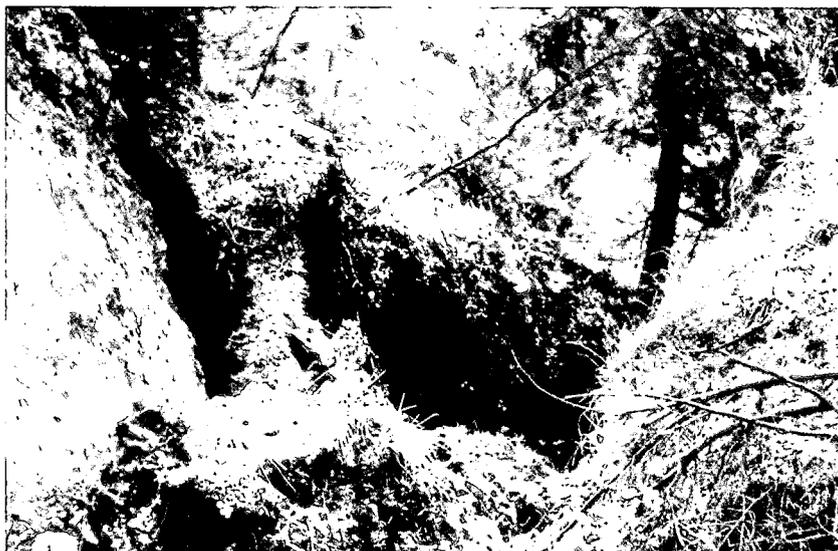


Abb. 64.
Schutttrutschung Kirchberg am Wechsel, 1965, Absinken und Aufreißen des Schuttkörpers entlang der Felswand.

Ein ganz ähnlicher Katastrophenfall ereignete sich ebenfalls im Juni 1965 nördlich des Steinmauerberges am Nordhang des Oistales. Ein auf Lunzer Schichten aufruhender Schuttkeil entlang einer N-S-gestreckten Hauptdolomitwand rutschte infolge der überstarken Vernässung gegen Osten auf die Lunzer Schichten, vermischte sich mit den Niederschlagswässern zu einem Murbrei und floß entlang der Wand gegen Süden ab. Die Länge der erfaßten Schutthalde betrug ca. 300 bis 400 m, ihre Breite rund 70 m. Die am Hangfuß vorbeiführende Landeshauptstraße wurde von dem 6 bis

10 m mächtigen Schuttstrom erfaßt, 2 bis 3 m talwärts verschoben und völlig zerstört.

Eine weitere hinsichtlich der geologischen Voraussetzungen und der Ursachen ähnliche Massenbewegung wurde vom Geologischen Dienst im Gemeindegebiet von Kirchberg am Wechsel aufgenommen.

Am 17. VII. 1965 sackte hier der am Fuße einer E-W-verlaufenden Felswand ausgebildete Schuttkeil 3 bis

KG. SONNTAGBERG

MURGANI IM GEBIET
DER ROTTE WÜHR

LAGEPLAN 1:1000

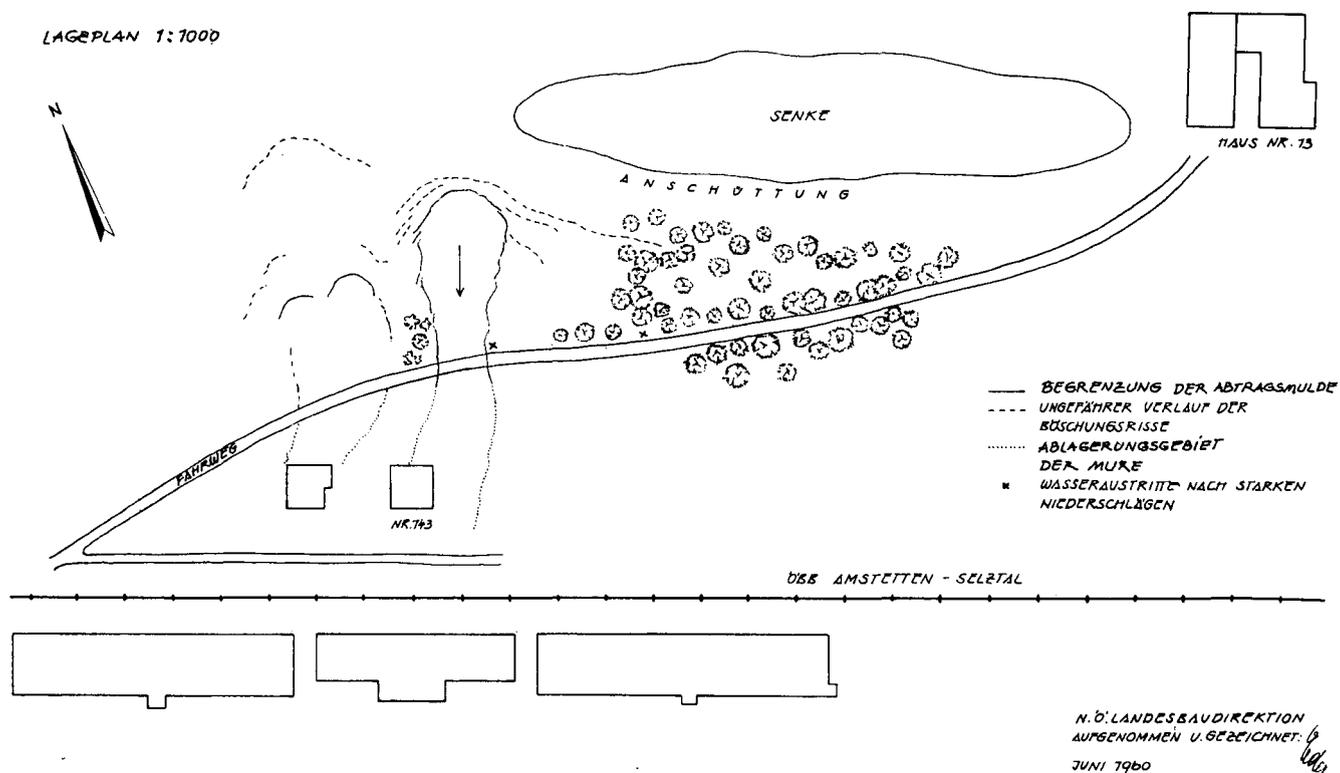


Abb. 65.
Murgang am Südhang des Sonntagberges, 1959, Lageskizze.
Originalmaßstab 1:1000, verkleinert auf 64 %.

4 m ab und schob sich, dem Hanggefälle folgend, um einige Meter gegen SW vor. Durch diese Bewegungen entstanden im Schuttkörper zahlreiche Risse und Spalten, die Öffnungsweiten von 0,5 bis 2 m und Tiefen bis zu 20 m erreichten (Abb. 64).

Nach dem Absacken und Abrutschen des Schuttkörpers kam es jedoch in diesem Fall zu keinem murenartigen Abfließen. Nur ein geringer Teil aus dem Fußbereich floß und rutschte weiter ab, verlegte einen kleinen Graben und verschüttete einen Weg. Die Hauptmasse des Schuttes blieb hingegen unter der Felswand liegen. Der Grund für dieses Verhalten ist wohl die bessere Wasserwegigkeit der Verwitterungszone der unter dem Schuttkörper anstehenden quarzitischer-serizitischen Gesteine. Die zudringenden Niederschlagswässer flossen rascher als in den beiden vorher beschriebenen Fällen wieder aus dem Schutt aus, so daß sich die für die Bildung eines Murbreies notwendigen Wassermassen nicht ansammeln konnten.

*

Zur Ausbildung eines Murganges (Schuttganges) anderer Art kam es im Sommer 1959 im Gebiet der Gemeinde Sonntagberg. Der mit ca. 30° gegen Süden abfallende Hang des Sonntagberges wird im Bereich der Ortschaft Böhlerwerk von Mergeln, Kalkmergeln und

Sandsteinen der Flyschzonen aufgebaut. Über den anstehenden Gesteinen, die mit ca. 27° fast hangparallel gegen SW einfallen, ist eine im Durchschnitt 2,5 m bis 3,0 m mächtige Verwitterungsbodendecke ausgebildet, die aus einer schluffig-sandigen Grundmasse besteht, in die größere Sandstein- und Mergelbrocken und zahlreiche kleinere Mergelblättchen eingelagert sind.

Nach starken Regenfällen geriet diese Verwitterungsbodendecke am 20. August 1959 um 15⁴⁵ plötzlich an zwei Stellen oberhalb des Zufahrtsweges zum Haus Nr. 13 in Bewegung und floß als Murbrei talwärts ab. Während die Schuttmassen aus der westlichen ca. 400 m² großen Abtragsmulde bereits nach wenigen Metern steckenblieben, wälzte sich der östliche Murarm über 30 m weit talwärts und verschüttete dabei teilweise die Rückfront eines neugebauten Einfamilienhauses bis in Höhe des ausgebauten Dachgeschosses (Abb. 65).

Weder der Fahrweg oberhalb der Häuser noch das Einfamilienhaus erlitten dabei ernsthafte Schäden (Abb. 66 und 67).

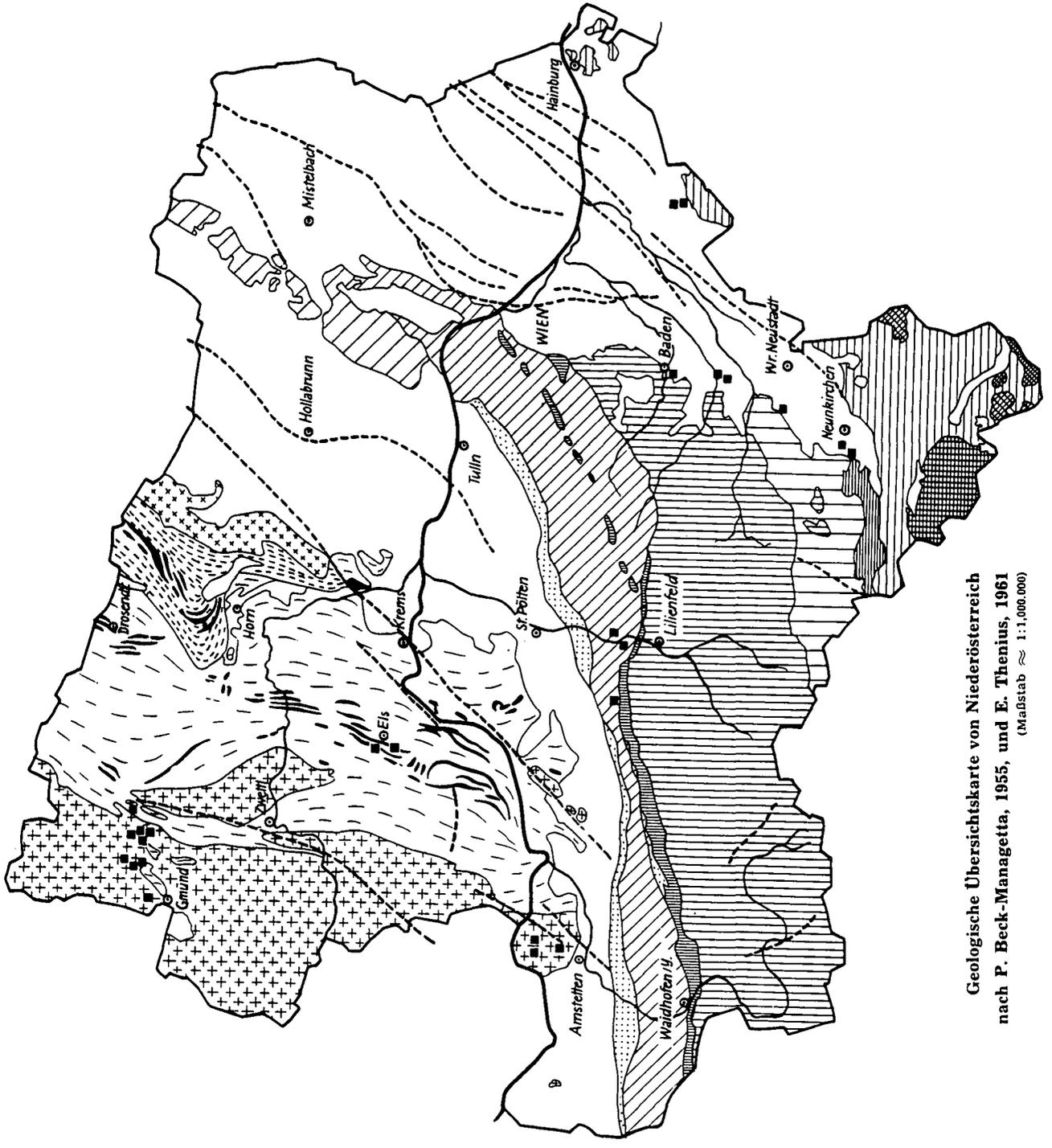
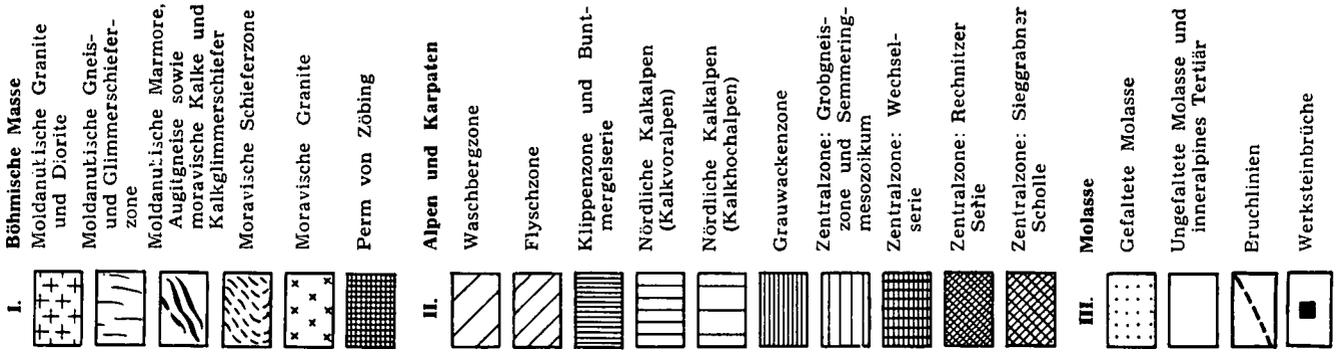
Die Auslösung der beiden Muren erfolgte eindeutig durch die Starkniederschläge am 20. VIII. 1959. Allerdings spielte in diesem Fall wohl auch die durch künstliche Anschüttungen in früheren Jahrzehnten seitlich oberhalb im Hanggebiet geschaffene Mulde eine wesentliche Rolle (Abb. 65).



Abb. 66.
Murgang Sonntagberg; östlicher Murarm und Haus 143 nach Abräumung des größten Teiles der abgeflossenen Schuttmassen.



Abb. 67.
Murgang Sonntagberg; Einblick vom Hang in die Abtragsmulde des östlichen Murarmes.



Geologische Übersichtskarte von Niederösterreich
 nach P. Beck-Mannagetta, 1955, und E. Thenius, 1961
 (Maßstab ≈ 1:1.000.000)

Abb. 68.
 Geologische Übersichtskarte von Niederösterreich.
 nach P. BECK-MANNAGETTA (1955) und E. THENIUS (1961).

Laut Berichten der Bevölkerung wird diese Mulde, da sie keinen oberflächlichen Abfluß hat, nach starken Regenfällen immer wieder zu einem kleinen See, dessen Wasser in der Folge langsam durch den wasserwegigen Verwitterungsboden absickert. Durch den Fahrweg wurden an 2 Stellen Sickerwege freigelegt, aus denen, wie die Wegbenützer versicherten, so lange die Mulde gefüllt ist, immer Wasser austritt. Folgen nun zu einem Zeitpunkt, an dem bereits längere Zeit Wasser aus der Mulde in den Verwitterungshorizont eindringt, weitere starke Regenfälle, so kann, da das Wasser nicht mehr in der Lage ist, rasch genug abzufließen, der Strömungsdruck so groß werden, daß das Gefüge des Verwitterungsbodens zusammenbricht und sich eine Suspension Verwitterungsschutt – Wasser bildet.

Die Stauschicht für die Niederschlagswässer und auch die Bewegungsbahn für den abgehenden Murbrei stellen die fast hangparallel einfallenden Schichtflächen der anstehenden Flyschmergel dar.

Als wichtigste Sanierungsmaßnahme wurde bei diesem Schadensfall natürlich neben Verschließung der Bodenrisse und Wiederbepflanzung des Geländes eine Entwässerung der Hangmulde verlangt.

6. Massenbewegungen und Wetter

Aus den bisherigen Ausführungen geht wohl deutlich hervor, daß das jeweils herrschende Wetter, speziell natürlich die Niederschläge, für das Auftreten von Massenbewegungen fast immer von entscheidender oder zumindest von mitentscheidender Bedeutung sind.

Sowohl die sogenannten „inneren Ursachen“ wie auch die Auslösung sind weitestgehend Folgen einer überdurchschnittlichen Durchfeuchtung bis Vernässung der obersten Bodenschichten in den Hangbereichen. Besonders deutlich ist der Zusammenhang zwischen

Niederschlag und Massenbewegung bei Unwettern oder Starkregen zu erkennen, da hier die Bewegungen meist kurzfristig (1 bis 3 Tage) auf das Wetterereignis folgen.

Ebenfalls gut erfaßbar sind die Auswirkungen starker Tauperioden. Die vorhandene Schneedecke schmilzt rasch ab und bewirkt eine intensive Bodenvernässung.

Weniger klar und daher auch sehr oft nicht erkannt ist der Zusammenhang zwischen länger andauernden, schwächeren Niederschlägen und Massenbewegungen. Die im Hinblick auf die Standfestigkeit von Hangflächen zulässige Vernässung kann in diesen Fällen plötzlich ohne sichtbare äußere Anzeichen überschritten werden, so daß die Bodenbewegungen praktisch ohne Vorwarnung auftreten.

Außergewöhnliche Verhältnisse ergeben sich in sogenannten „nassen Jahren“. Das Aufnahmepotential des Bodens wird durch starke oder andauernde Niederschläge verbraucht, so daß bei nachfolgenden Regenfällen die Aufnahmekapazität rasch überschritten ist und es damit immer wieder zu neuen Massenbewegungen kommt. Als typisch nasse Jahre sind die Katastrophenjahre 1965 und 1966 einzustufen. Die Wassersättigung des Bodens erfolgte in Niederösterreich im März und April 1965 und die Starkregenfälle ab 20. April bewirkten daher bereits zahlreiche Hochwässer und Massenbewegungen, denen in den Folgemonaten zahlreiche weitere, verteilt auf fast ganz Niederösterreich, folgten. 1966 traten die meisten Bodenbewegungen, vor allem Rutschungen, in den Monaten März, Juni, Juli und August auf. Insgesamt mußten 1965/1966 54 Massenbewegungen untersucht und aufgenommen werden.

Wie aus Tabelle 1 zu ersehen ist, wurden 1975, obwohl es sich hier nicht um ein nasses Jahr handelt, mit 249 Fällen jedoch wesentlich mehr Massenbewegungen registriert. Der Hauptgrund für diese Differenz liegt

Tabelle 20.
Massenbewegungen im Jahr 1975.

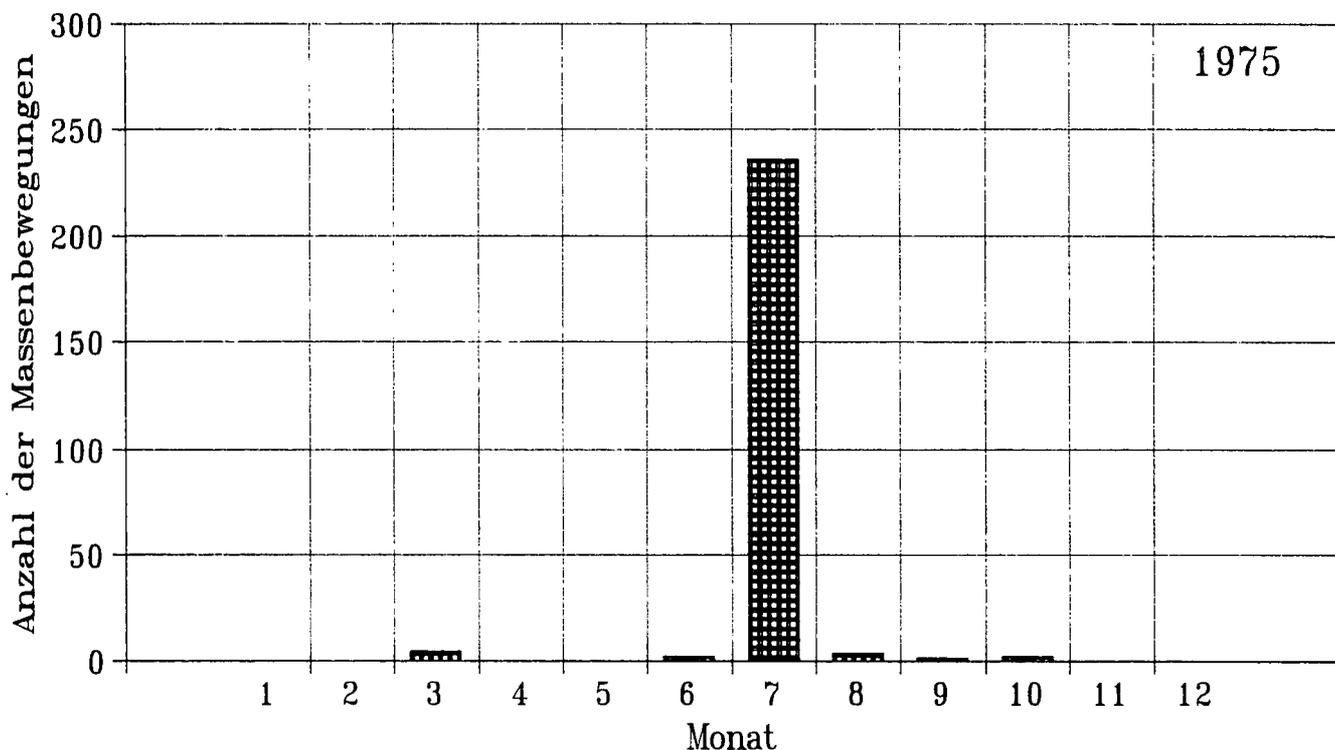
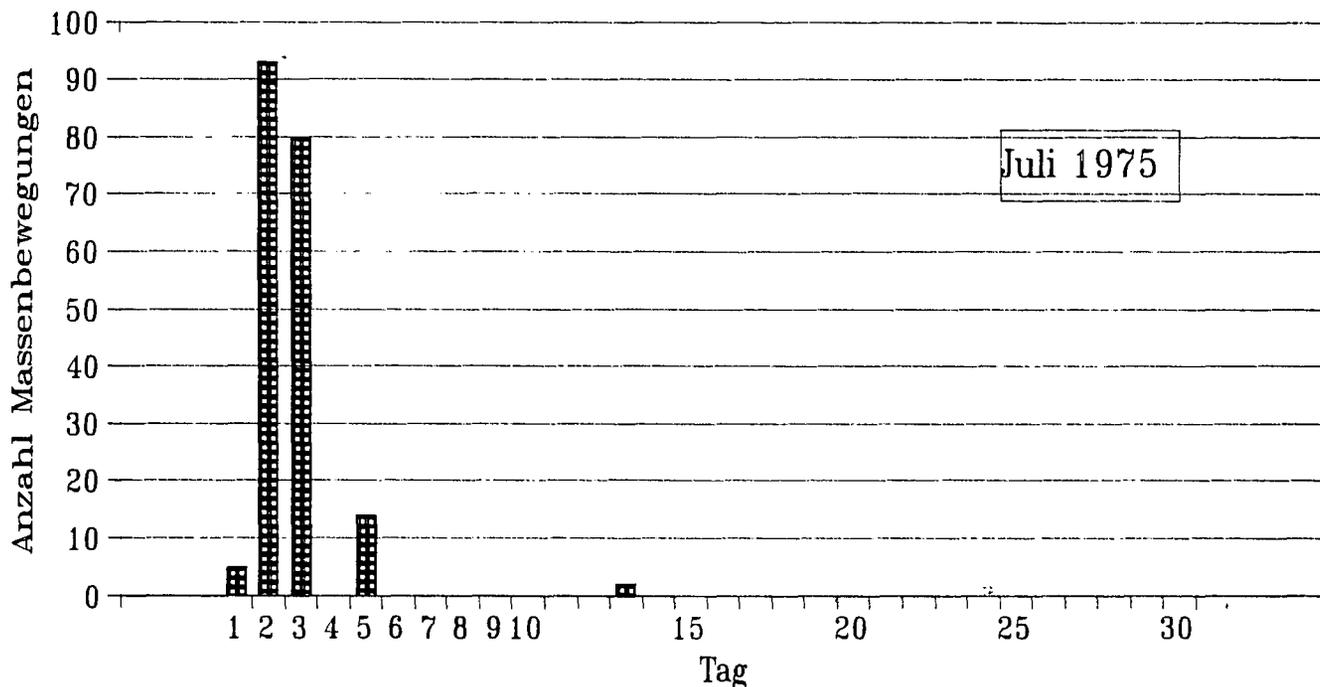


Tabelle 21.
Massenbewegungen im Juli 1975.



sicher in der schon mehrmals erwähnten Tatsache, daß der Geologische Dienst erst 1966 mit der Untersuchung aller gemeldeten Schadensfälle beauftragt wurde. Auf Grund der Wettersituation und der Katastrophenereignisse in ganz Österreich ist aber mit Sicherheit anzunehmen, daß die Anzahl der in Niederösterreich 1965/1966 tatsächlich aufgetretenen Massenbewegungen um vieles größer war.

Der wesentlichste Unterschied zwischen 1965/1966 und 1975 liegt also nicht in der Anzahl sondern im Auslösungsmodus und in der Form der Massenbewegungen. Während 1965/1966, wie bereits ausgeführt, ab April 65 fast alle stärkeren Niederschläge immer wieder neue Bewegungen in Gang brachten, waren der größte Teil der Massenbewegungen 1975, nämlich 236 von den insgesamt 249, die Folge eines einzigen Starkregens (Niederschlagssumme über 200 mm) vom 28. Juni bis 2. Juli 1975. Alle 236 Bewegungen traten im Juli und zwar größtenteils zwischen 2. und 6. auf (Tab. 20 und 21).

Hinsichtlich der Form zeigten vor allem die Untersuchungen bei Rutschungen, daß die Niederschläge im Juni und Juli 1975 vorwiegend flächenmäßig enger begrenzte, auf die oberen Bodenschichten beschränkte Bewegungen auslösten, während 1965/1966 viele der Rutschungen ausgedehnte Hangbereiche umfaßten und wesentlich tiefer in den Lockerboden eingriffen. Die Ursache hierfür ist die Tatsache, daß die Bodenvernäsung 1975 insgesamt doch wesentlich geringer war, daher die Hanggebiete nicht so weitreichend wie 1965/1966 erfaßt wurden und die Niederschlagswässer auch weniger tief in den Untergrund einsickerten.

Sowohl 1965/1966 wie auch 1975 verteilten sich die Massenbewegungen praktisch auf ganz Niederösterreich, wobei in beiden Fällen der Bereich der Böhmisches Masse am wenigsten in Mitleidenschaft gezogen wurde.

Da die Gewährung einer finanziellen Beihilfe gemäß Katastrophenhilfe-Gesetz nur für sogenannte Naturka-

tastrophen und nicht für Schadensfälle, die durch menschliche Eingriffe ausgelöst wurden, möglich war, mußte ab 1966 bei der Aufnahme besonderer Wert auf die Erfassung des auslösenden Momentes gelegt werden. Bei der Befragung der Betroffenen und der Vertreter der jeweiligen Gemeinden zeigte sich allerdings, daß man außergewöhnliche Wetterereignisse, also z.B. Unwetter, einige Tage dauernde starke Niederschläge oder plötzliche Tauwettereinbrüche meist sehr wohl als auslösende Ursachen erkannte und daher relativ genau registrierte, länger dauernde Niederschlagsperioden mit geringeren, weniger auffallenden Tagessummen oder langsame Tauperioden hingegen sehr oft nicht beachtete und auch nicht mit den Katastrophenfällen in Verbindung brachte.

Eine Aufteilung der auslösenden Niederschlagsereignisse, wie sie auf Grund dieser Befragungen in Tabelle 22 vorgenommen wurde, enthält daher, trotz gewisser Korrekturen auf Grund offizieller Wetterdaten, einen größeren Unsicherheitsfaktor und darf wohl nur als Hinweis gewertet werden. Für eine exakte, einwandfreie Feststellung der verschiedenen verantwortlichen Niederschlagsereignisse, sowie die Erfassung ihres Wirkungsgrades ist unbedingt eine genaue Analyse der jeweiligen Witterungsereignisse und die Verknüpfung dieser Daten mit den Ergebnissen der Schadensmeldungen notwendig.

Es ist beabsichtigt, diese Untersuchung in nächster Zeit mit der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik durchzuführen.

Trotz der geschilderten Mängel zeigt Tabelle 22 doch sehr deutlich, daß starke, Stunden bis wenige Tage dauernde Regenfälle wohl am häufigsten Massenbewegungen auslösen. Auch das Zusammenfallen von Schneeschmelze und Niederschlägen verursacht oft einen Wasserzufluß, dem viele der locker gelagerten Verwitterungsböden nicht gewachsen sind.

Tabelle 22.
Auslösende Niederschlagsereignisse für verschiedene Massenbewegungen.

Art der Massenbewegung	Auslösendes Moment			Anzahl der Fälle
	Starkregen, Unwetter	Schneeschmelze	Schneeschmelze, Regen	
Fels- und Bergstürze	6	4	–	10
Felsgleitungen	10	4	—	14
Rutschungen	635	53	192	880
Bodenfließen	3	—	5	8
Murgänge	73	2	3	78
Summe	727	63	200	990

Die am Beispiel der Jahre 1965/66 geschilderten Fälle von Massenbewegungen auf Grund einer über längere Zeiträume anhaltenden hohen Bodenvernässung zeichnen sich in Tabelle 22 nicht ab.

In Tabelle 23 wurde versucht, die Jahreszeiten zu erfassen, in denen die meisten Massenbewegungen auftraten.

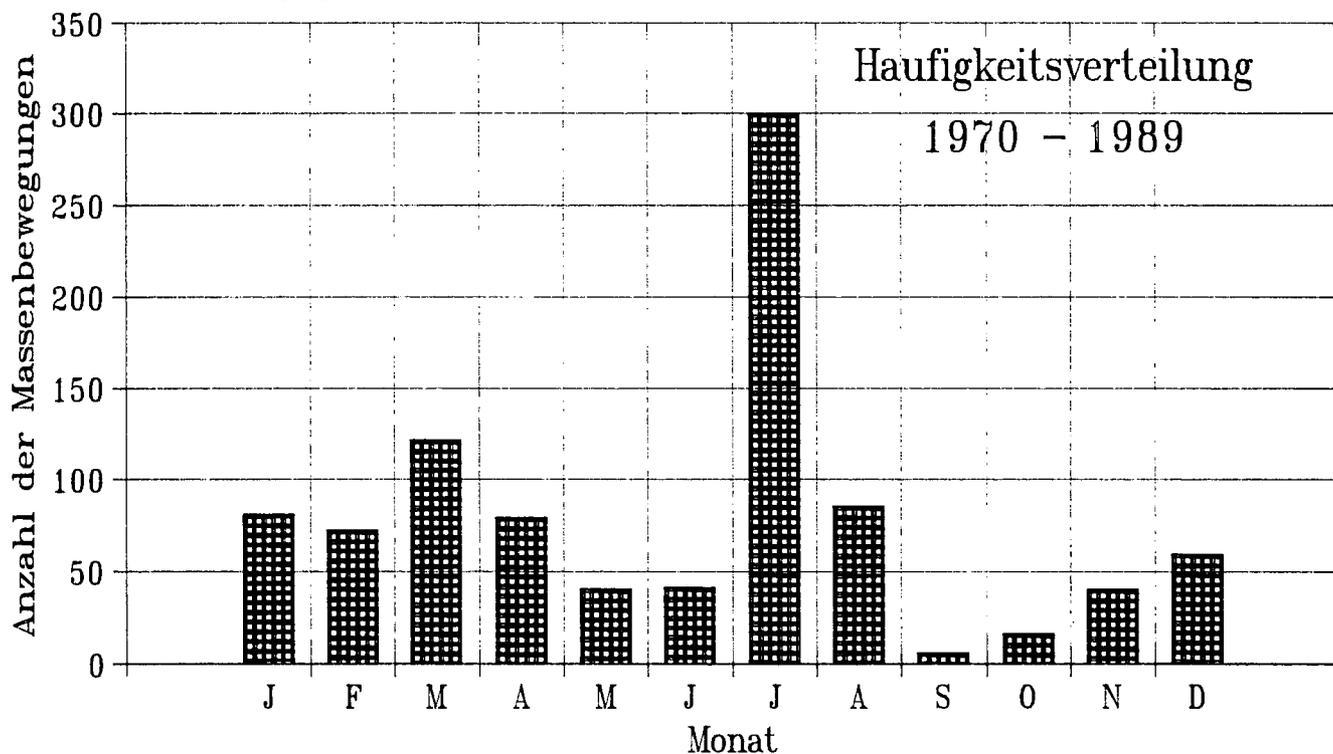
Um das Bild nicht durch die geringere Meldedichte in den fünfziger und sechziger Jahren zu verfälschen, wurden nur die Daten aus dem Zeitraum 1970 bis inklusive 1989 eingesetzt. Die Tabelle zeigt deutlich, daß die Perioden März – April und Juli – August am meisten betroffen sind. In der Übergangszeit Winter – Frühjahr ist zweifellos das schon mehrmals erwähnte Zusammenfallen von Schneeschmelze und Regen die Ursache. Für die Massenbewegungen im Sommer sind die in dieser Jahreszeit häufiger auftretenden Starkregenperioden und Unwetter verantwortlich.

Neben den Niederschlägen sind des öfteren auch die jeweils herrschenden Temperaturen am Auftreten von

Massenbewegungen beteiligt. Am deutlichsten zeigt sich ihr Einfluß bei Steinschlägen und Blockabstürzen. Die Verwitterung, die für diese Vorgänge verantwortlich ist, wird in unseren Breiten am stärksten von der sogenannten Frostsprengung vorangetrieben. Winter, in denen starker Frost auftritt und besonders viele Frostdurchgänge stattfinden, führen zu starken Auflockerungen in der Gesteinsrinde und in der Folge zu entsprechend vielen Abstürzen von Gesteinstrümmern aus Felswänden und Felsstufen.

Auch für Rutschungen können die herrschenden Temperaturen mitunter von Bedeutung sein. Während eines Tauwettereinbruches bleiben z.B. tiefere Bodenschichten oft gefroren. Das Eindringen der Schmelzwässer beschränkt sich daher auf eine relativ dünne oberste Bodenschicht, wodurch der Vernässungseffekt wesentlich verstärkt wird. Da außerdem die Oberfläche des noch gefrorenen, tieferen Bodens eine wirksame Unstetigkeitsfläche (Gleitfläche) darstellt, kann es unter solchen Verhältnissen bereits bei relativ mäßigen Schmelzwassermengen zu Rutschungen kommen.

Tabelle 23.
Anzahl der Massenbewegungen je Jahreszeit.



7. Diskussion der Ergebnisse

Hinsichtlich der Anzahl der in NÖ zwischen Juni 1953 und Jänner 1991 tatsächlich aufgetretenen Massenbewegungen lassen sich, wie bereits in Abschnitt 5.1. ausgeführt, infolge der unterschiedlichen Meldehäufigkeit keine exakten Aussagen machen. Auf Grund langjähriger Beobachtungen kann man jedoch annehmen, daß sich neben den vielen gemeldeten und daher bearbeiteten Rutschungen in diesem Zeitraum auch unzählige Steinschläge und Blockabstürze, sowohl aus natürlichen wie auch aus vom Menschen künstlich geschaffenen Felswänden ereignet haben. Ebenfalls als häufig und weit verbreitet sind die langsamen Massenbewegungen, wie Hang- und Schuttkriechen, einzustufen. Und letztlich ist sicher auch die Zahl der Mur- und Schuttgänge wesentlich größer als die Summe der vom Geologischen Dienst in den verschiedenen Zonen registrierten Fälle.

Alle übrigen Arten von Massenbewegungen traten eindeutig seltener auf und zeigten eine deutliche gebietsmäßige Beschränkung.

Trotz der Unsicherheit bezüglich der Zahl der Massenbewegungen lassen die bearbeiteten Fälle z.T. sehr deutlich den bestimmenden Einfluß des Untergrundes, des geologischen Aufbaues, erkennen. So ist z.B. das gehäufte Auftreten von Rutschungen in Flysch- und Klippenzone eindeutig auf die meist geringe Festigkeit und Vernässungsempfindlichkeit der schluffig-tonigen Verwitterungsböden zurückzuführen, die sich mit größerer Mächtigkeit fast überall über den tonig-mergeligen Gesteinszügen dieser geologischen Einheiten gebildet haben. Auch die Felsgleitungen bevorzugen deutlich bestimmte Gesteinsarten und zwar Mergel und Kalkmergel in den Kalkalpen und stark verschieferte Gesteinsarten, wie z.B. Glimmerschiefer, Schiefergneise u.ä.m. in der Böhmisches Masse. Fließerscheinungen (Bodenfließen) suchen besonders Lößböden heim und sind daher häufig am Rande der Böhmisches Masse und im Alpenvorland anzutreffen. Steinschläge, Blockabstürze und Felsstürze setzen das Vorhandensein freiliegender Felswände oder Felshänge voraus und treten daher am öftesten in den Kalkalpen und in Talstrecken der Böhmisches Masse auf.

Von den in Abschnitt 2 angeführten wichtigsten geologischen Voraussetzungen für das Auftreten von Massenbewegungen sind wohl die Auflockerung des Verbandes bei Festgesteinen und die fehlende Bindung bzw. Verfestigung bei Lockergesteinen am wirksamsten. Auch das Vorhandensein hangauswärtsfallender potentieller Bewegungsbahnen stellt oft einen wesentlichen Faktor für das Auftreten von Bewegungen, speziell von Felsstürzen, Felsgleitungen und Rutschungen dar.

Bei den sogenannten „inneren Ursachen“ dominieren ganz eindeutig die physikalischen Wirkungen des Wassers (Grundwasser, Oberflächenwasser), wie Gewichtserhöhung, Auftrieb, Gefügauflockerung, Verminderung der Scherfestigkeit, Kluftwasserdruck, Strömungsdruck etc. Bei Steinschlägen, Blockabstürzen und Höhlennachbrüchen ist das in die Spalten und Fugen der Gesteine eindringende Wasser auf dem Umweg über Frost und Frostsprengung ein wesentlicher Faktor. Lösungserscheinungen sind hingegen seltener maßgebend am Auftreten von Massenbewegungen beteiligt.

Bei den „äußeren Ursachen“ stehen die verschiedenen menschlichen Eingriffe, und zwar vor allem im Zuge von Straßen- und Wegebauten, im Vordergrund. Bei mehr als 30 % der untersuchten Fälle war der Zusammenhang klar erkennbar, bei fast noch einmal so vielen wahrscheinlich. Besonders bei den im Straßen- und Wegebau unvermeidbaren Hangfußanschnitten sollte man daher in Zukunft noch genauere und umfangreichere Voruntersuchungen vornehmen und sich bei der Baudurchführung wesentlich intensiver mit der Entwässerung der angeschnittenen Gesteinsschichten und besonders auch mit der Ableitung der Niederschlagswässer aus dem höher gelegenen Hanggelände befassen.

Viele Rutschungen und Felsgleitungen wären zu vermeiden gewesen, wenn man den Hangwässern bessere Austritts- und Abflußwege (Dränagen, Steinschichtungen etc.) geschaffen und ein übermäßiges Zufließen und Einsickern von Niederschlagswässern aus höheren Hangbereichen durch geeignete Ableitungen (Gräben, Hangmulden etc.) verhindert hätte. Besonders letztere Maßnahme ist wichtig, wenn man bedenkt, daß bei den meisten Rutschungen und Felsgleitungen das Wasser nicht nur die wesentlichste „innere Ursache“ darstellt, sondern bei überdurchschnittlichem Zufluß auch als „auslösendes Moment“ fungiert.

Sieht man von Steinschlägen, Blockabstürzen und Nachbrüchen in Höhlen, bei denen vor allem häufiger Frost-Tau-Wechsel (Frostsprengung) natürliche Ursache und auslösendes Moment bildete, ab, so waren bei den meisten Massenbewegungen übermäßig lang anhaltender oder überdurchschnittlich starker, plötzlicher Wasserzutritt in das Gebirge der auslösende Faktor. Menschliche Eingriffe im Zuge von Baumaßnahmen waren hingegen überraschender Weise nur sehr selten ($\pm 4\%$) für die Auslösung verantwortlich. Selbst bei etlichen, eindeutig unzulässigen Hanganschnitten, erfolgten die Nachbrüche nicht während oder sofort nach den Bauarbeiten, sondern erst Wochen oder Monate später, im Gefolge eines Unwetters, eines Starkregens oder der Schneeschmelze.

Bei den durch Massenbewegungen angerichteten Schäden handelt es sich, betrachtet man vor allem Felsstürze, Felsgleitungen, Rutschungen und Murgänge, in erster Linie um Reißbildungen, Verstellungen und Verformungen in den betroffenen Hanggebieten und damit um die Zerstörung land- und forstwirtschaftlicher Kulturen. Sehr häufig wurden Wege und Straßen in Mitleidenschaft gezogen, während es zur Beschädigung oder Zerstörung von Gebäuden glücklicherweise seltener kam.

Viele Schäden an Gebäuden werden allerdings, da sie sich ganz langsam, kaum merkbar einstellen, nicht auf Massenbewegungen zurückgeführt, sondern als sogenannte Alterungsschäden betrachtet. Tatsächlich führen aber langsame Massenbewegungen wie Hang- und Schuttkriechen im Laufe der Zeit doch zu so starken Verschiebungen und Senkungen im Untergrund, daß sehr häufig Hochbauten und mitunter auch Verkehrswege merkbare Verformungen und Reißbildungen erleiden. Der schlechte bauliche Zustand etlicher alter im Hanggelände errichteter Bauernhöfe ist daher nicht nur auf mangelhafte Bauweise, sondern oft auch auf ein langsames Talwärtsschieben des Untergrundes zurückzuführen.

Wie die Untersuchungen ganz deutlich gezeigt haben, sind bei den meisten Massenbewegungen, sieht man von Steinschlägen, Blockabstürzen und Niederbrüchen in Höhlen ab, Grund- und Niederschlagswasser Ursache und gleichzeitig auch auslösendes Moment. Maßnahmen zur Entwässerung, Austrocknung des Untergrundes, stellen daher fast immer die wichtigste zentrale Aufgabe der Sanierung von Massenbewegungen dar. In vielen Fällen sind jedoch zusätzlich Festigungs- und Stützmaßnahmen zur Sicherung der bedrohten Hangbereiche, wie sie z.B. H. BRANDL (1987) umfassend beschrieben hat, erforderlich.

Bei der Sanierung der in NÖ aufgetretenen Rutschungen, Gleitungen, Murgänge etc. wurden daher vor allem umfangreiche und z.T. tief in den Untergrund eingreifende Dränagierungen und entsprechende Niederschlagswasserableitungen durchgeführt.

Zur Abstützung des Geländes wurden in erster Linie Steinschichtungen, Stützmauern und Raumgitter-Stützmauern eingesetzt. Bei einigen größeren gebäude- oder straßenbedrohenden Hangbewegungen war jedoch auch die Herstellung von Entwässerungsbohrungen und Entwässerungstollen und der Bau von Pfahlwänden, Brunnenwänden, Ankerwänden, Konsolidierungssperren u.ä.m. erforderlich.

Bei Felsgleitungen, Fels- und Bergstürzen wurden vorwiegend Nagelungen, Ankerungen, Plombierungen, verankerte Betongurte, Spritzbetonsicherungen etc. eingesetzt. Bei Steinschlägen und Blockabstürzen war, neben Abräumung und Nagelung, vor allem die Anbringung von Steinschlag-Gittern die häufigst eingesetzte Sicherungsmethode.

Die oft gewünschte und verlangte Voraussage hinsichtlich der Standsicherheit eines Hanggeländes bzw. der Gefährdung durch Massenbewegungen (Rutschungen, Muren, Felsgleitungen etc.) sollte man besser in drei Fragen unterteilen:

- 1) Ist in dem betreffenden Hangbereich mit dem Auftreten von Massenbewegungen zu rechnen?
- 2) Wenn ja, was sind die Ursachen der Bewegungsbereitschaft, wodurch können Bewegungen ausgelöst werden?
- 3) Wann könnten sich diese Bewegungen ereignen?

Die Fragen 1 und 2 lassen sich mit gewissen Einschränkungen sicher in vielen Fällen befriedigend beantworten, so man genaue und umfangreiche geotechnische Untersuchungen durchführt. Eine Voraussage bezüglich der Größe natürlicher auslösender Faktoren, also etwa der Stärke, Dauer und Intensität von Niederschlägen, wird allerdings nur schwer möglich sein.

Da, wie schon ausgeführt, über 90 % der Massenbewegungen durch außergewöhnliche Wetterereignisse ausgelöst werden, läßt sich die Frage 3 sicher nicht zufriedenstellend beantworten. Das bedeutet, man wird sich in der Regel damit begnügen müssen, festzustellen, dieser Hang ist rutschgefährdet, neigt zur Ausbildung von Mur- oder Schuttgängen, bzw. es ist mit dem Auftreten von Felsgleitungen, Felsstürzen etc. zu rechnen, wenn gewisse Wetterereignisse eintreten. Selbst Angaben über die theoretische Häufigkeit des Auftretens derartiger Wetterereignisse, wie etwa bei Hochwässern, sind derzeit, zumindest in unserem Raum, infolge des Fehlens ausreichender Daten kaum möglich.

J. STINI hat bereits vor Jahrzehnten Vorschläge hinsichtlich einer laufenden und einheitlichen Erfassung von Massenbewegungen (Form und Ursachen,

Häufigkeit des Auftretens usw.) gemacht und auch etliche Untersuchungen und Erhebungen in dieser Richtung durchgeführt. Seit den Sechzigerjahren werden im Rahmen der Arbeitsgemeinschaft „Interprävent“ von zahlreichen Wissenschaftlern die im alpinen Raum immer wieder auftretenden Naturkatastrophen (Lawinen, Hochwässer, Massenbewegungen) bearbeitet (GRUBINGER, 1972).

In jüngerer Zeit hat sich nunmehr die Geologische Bundesanstalt in verstärktem Maße mit diesen Fragen befaßt und unter anderem mit der Erarbeitung von Karten der geologisch-geotechnischen Risikofaktoren begonnen. Finden alle diese Arbeiten eine entsprechende Unterstützung, so könnten in absehbarer Zeit Unterlagen vorliegen, die eine volle Berücksichtigung der Massenbewegungen als Risikofaktoren bei allen zukünftigen Raumplanungen in unserem Land ermöglichen.

Dank

Seit der Gründung des Geologischen Dienstes der Baudirektion im Amt der Niederösterreichischen Landesregierung im Jahre 1953 gehört die Untersuchung aufgetretener Massenbewegungen und die Ausarbeitung von Vorschlägen zur Sicherung und Sanierung der Schadensstellen zu den wichtigsten Aufgaben dieser Abteilung. Nach 36 Jahren erschien es nunmehr sinnvoll, die Erfahrungen und Erkenntnisse, die bei der Aufnahme und Begutachtung von über 1000 Massenbewegungen gesammelt werden konnten, zusammenzufassen und auszuwerten und die Ergebnisse einem weiteren Kreis fachlich Interessierter zugänglich zu machen.

Zur Erfassung der Daten wurden sämtliche im Baugrunderkaster des Geologischen Dienstes eingeordneten, von den nachstehend angeführten Mitarbeitern des Geologischen Dienstes und Fremdgutachtern erstellten Gutachten, Beschreibungen, Erhebungs- und Untersuchungsberichte etc. durchgesehen und ausgewertet.

Mitarbeiter des Geologischen Dienstes:

H. SCHWENK (1953–1989), P. GOTTSCHLING (1967–), H. FOBER (1976–1979), H. HINTEREGGER (1979–), M. BERTAGNOLI (1988–), H. STEININGER (1989–).

Fremdgutachter

P. BECK-MANNAGETTA (Wien), H. BRANDL (Wien), E. CLAR (Wien), W. EPPENSTEINER (Wien), O.K. FRÖHLICH (Wien), A. FUCHS (Innsbruck), W. HAZIVAR (Wien), H. HÄUSLER (Linz), F. MATTL (Wien), W. MÜLLER (Krems), F. PACHER (Salzburg), G. PÜCHL (Wien), G. RIEDMÜLLER (Graz), J. SCHADLER (Linz), W.J. SCHMIDT (Wien), P. STEINHAUSER (Wien), J. STINI (Wien), W. TETTINEK (Wien), A. TOLLMANN (Wien), L. TOTH (Eichgraben), Ch. VEDER (Graz), E.H. WEISS (Wien), A. WINTER (Wien).

Die meisten Gutachten außeramtlicher Sachverständiger wurden nach 1945 im Auftrag des Amtes der N.Ö. Landesregierung erstellt. Nur einige der von Prof. J. STINI verfaßten Gutachten stammen aus der Zeit vor 1945.

Dem Amt der N.Ö. Landesregierung sei an dieser Stelle für die Genehmigung der Bearbeitung und Veröffentlichung der dem Amte gehörigen Daten gedankt. Für die freundliche Hilfe und Unterstützung bei der Bearbeitung der umfangreichen Unterlagen möchte ich meinen Kollegen vom Geologischen Dienst herzlich danken. Besonders Dr. P. GOTTSCHLING hat die Arbeiten durch viele fachliche Hinweise, die Beschaffung von Unterlagen und Bildmaterial wesentlich gefördert.

Dr. M. ESTERLUS, dessen präzise Bearbeitung der Gutachten für die Geodatenbank die Auswertung wesentlich erleichtert und beschleunigt hat, und Ing. M. PERNERSTORFER, der mir bei der Aufsuche der Unterlagen behilflich war, sei ebenfalls bestens gedankt.

Besonderer Dank gebührt auch meinen Kollegen von der Bundesversuchsanstalt und Forschungsanstalt Arsenal Dr. P. HACKER, Dr. R. SPENGLINGWIMMER und Mag. F. SALZER für die statistische Bearbeitung der Daten und die laufende Unterstützung und Herrn Dir. Dr. A. RUTNER für die Durchsicht und Korrektur des Berichtes über Murgänge in N.Ö.

Ein Bedürfnis ist es mir auch, meinem Freund Prof. Dr. W. EPPENSTEINER für die vielen fachlichen Ratschläge und Hinweise, die ich in langen Fachgesprächen erhalten habe, und für die Hilfe bei der Beschaffung der z.T. schwer greifbaren Literatur herzlich zu danken.

Wesentlichen Anteil an meiner Arbeit haben, auch wenn sie diese Welt leider schon vor längerer Zeit verließen, Prof. J. STINI und Sektionschef Dr. MATTL. Während vieler gemeinsamer Exkursionen in N.Ö. haben sie mein Wissen und meine Anschauungen über Massenbewegungen ganz wesentlich beeinflusst.

Nachweis der Lichtbilder

- 1) V. EDER: Abb. 10, 11, 12, 13, 14, 24, 43, 59, 60, 61, 66, 67.
- 2) P. GOTTSCHLING: Abb. 3, 4, 19, 32, 38, 51, 52, 56.
- 3) H. GMEINER: Abb. 47, 48
- 4) Österr. Donaukraftwerke AG: Abb. 7.
- 5) H. SCHWENK: Abb. 5, 6, 8, 9, 17, 18, 20, 21, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 33, 35, 39, 41, 42, 44, 45, 53, 55, 58, 62, 63, 64.

Literatur

- AMPFERER, O.: Über einige Formen der Bergzerreißung. – Sitzungsber. Akad. Wiss., math.-naturw. Kl., **148**, Wien 1939.
- ALKER, A., HAAS, H. & HOMANN, O.: Hangbewegungen in der Steiermark. – Mitt. Mus. f. Bergbau, Geologie u. Technik am Landesmuseum „Joanneum“, **30**, Graz 1969.
- AMT DER KÄRNTNER LANDESREGIERUNG: Hochwässer in Kärnten, Dokumentation 1969.
- ANDIEL, A.: Hangrutschungen im Gebiet der Gemeinden Strengberg und Waidhofen/Ybbs. – Unveröff. Arbeit am Geograph. Inst. d. Univ. Wien 1984.
- AULITZKY, H.: Möglichkeiten und Grenzen der Vorbeugung vor Unwetterkatastrophen. – Österr. Wasserwirtschaft Jg. 24, H. 1/2, Wien 1972.
- AULITZKY, A., BAUER, F. et al.: Hochwasser – Muren – Lawinen. – BMLF Schriftenreihe „Wasserwirtschaft“ Heft 2, Wien 1973.
- BACKOFEN, K.: Klassifikation der Rutschungen. – Geol. u. Bauw., **23/3**, Wien 1957.
- BENDEL, L.: Ingenieurgeologie Bd. 2. – Wien (Springer) 1948.
- BENDER, F. (Hrsg.): Angewandte Geowissenschaften Bd. III. – Stuttgart (F. Enke) 1984.
- BENESCH, F.: Gewalten der Berge. Gefahren und Naturkatastrophen im Hochgebirge. – Erfurt (Gebr. Richter Verlagsanstalt) 1943.
- BOROWICKA, H.: Bodenkunde im Straßenbau unter besonderer Berücksichtigung von Hangrutschungen. – Forschungsges. f. d. Straßenwesen, Bericht über die Hauptversammlung, Wien 1965.
- BRANDL, H.: Böschungssicherungen und Sanierung von Rutschungen. – Straße u. Autobahn, **5** und **6**, Bonn (Kirschbaum Vlg.) 1976a.
- BRANDL, H.: Die Sicherung von hohen Anschnitten in rutschgefährdeten Verwitterungsböden. – Konferenzbericht der 6. Europ. Konferenz f. Bodenmechanik u. Grundbau, Wien 1976b.
- BRANDL, H.: Stabilitätsuntersuchungen und Brückensicherungen in Rutschgebieten. – Internat. Konferenz: „Grundbauprobleme bei Verkehrsbauten“. Tschechoslow. wissenschaftl.-techn. Ges. Brünn 1979.
- BRANDL, H.: Erd- und Kriechdrucktheorie für Rutschhänge. – 6. Donau-Europ. Konferenz f. Bodenmechanik u. Grundbau, Varna Sept. 1980a.
- BRANDL, H.: 6. Donau-Europ. Konferenz für Bodenmechanik und Grundbau, Generalbericht. – Varna, Sept. 1980b.
- BRANDL, H.: Sicherung von Felsböschungen und Fundierung in diesen. – Rock Mechanics, Suppl. **12**, 125–145, 1982.
- BRANDL, H.: Konstruktive Hangsicherungen. – In: Grundbau Taschenbuch, 3. Aufl., Teil 3, S. 317, Berlin (W. Ernst und Sohn) 1987.
- BRIX, F.: Erläuterungen zur geol. Karte der Stadt Wien 1 : 50.000. – In: Naturgeschichte Wiens, III, 1–32, Wien (Jugend und Volk) 1972.
- BROSCH, F.J. & RIEDMÜLLER, G.: Dünne, tonige Trennflächenbelege als Ursache von Böschungsbewegungen in grobklastischen Sedimenten. – Felsbau Jg. 6, 2, Mai 1988.
- BUNZA, G.: Klassifizierung alpiner Massenbewegungen als Beitrag zur Wildbachkunde. – Interprävent, Innsbruck 1975 Bd. 1, S. 9.
- CAVERS, D.S.: Simple Methods to Analyze Buckling of Rock Slopes. – Rock Mechanics, **14/2**, 1981.
- EISERLE, G., HEITFELD, K.H., LEMPP, Ch. & SCHETELIG, K.: Auflockerung und Verwitterung in der Ingenieurgeologie. – In: K.H. HEITFELD: Ingenieurgeologische Probleme im Grenzbe- reich zwischen Locker- und Festgesteinen, S. 2, (Springer) 1985.
- ESTERLUS, M.: Forschungsvorhaben NC 16, Projektstufe I, 1986, Auswertung und Katalogisierung von Geodaten N.Ö. – Unveröff. Bericht, Wien März 1987.
- ESTERLUS, M.: Forschungsvorhaben NC 16, Projektstufe II, 1986/87, Auswertung und Katalogisierung von Geodaten N.Ö. – Unveröff. Bericht, Wien April 1988.
- ESTERLUS, M.: Forschungsvorhaben NC 16, Projektstufe III, 1988/89, Auswertung und Katalogisierung von Geodaten N.Ö. – Unveröff. Bericht, Wien März 1989.
- ESTERLUS, M.: Forschungsvorhaben NC 16, Projektstufe IV, 1989/90, Auswertung und Katalogisierung von Geodaten N.Ö. – Unveröff. Bericht, Wien April 1990.
- FAUPL, P. & SCHNABEL, W.: Ein Breccienvorkommen bei Scheibbs (N.Ö.). Zur Kenntnis paläogener Grobklastika aus der Buntmergelerde. – Jb. Geol. B.-A., Bd. **130/2**, Wien 1987.
- FRITSCH, E. & PRODINGER, W.: Stabilization of landslides by means of permanently effective drains. – ISL – International symposium on landslides, New Delhi, 7.–11. April 1980.
- GATTINGER, T.: Geologisch-tektonisch bedingte Typen von Massenbewegungen. – Interprävent, Innsbruck 1975, Bd. 2, S. 61.
- GORHAN, H.: Untersuchungen über die Festigkeitseigenschaften des Lösses an Beispielen in Österreich. – Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., Bd. **18**, 1967, S. 401, Wien 1968.
- GRUBINGER, H.: Ziele und Ergebnisse des Symposiums „Interprävent 1971“. – Österr. Wasserwirtschaft Jg. 24, H. 1/2, 1972.
- GUDEHUS, G., GOLDSCHNEIDER, M. & LIPPOMANN, R.: Ingenieurgeologische und bodenmechanische Untersuchungen an Kriechhängen. – In: K.H. HEITFELD: Ingenieurgeologische Probleme im Grenzbereich zwischen Locker- und Festgesteinen, S. 316, (Springer) 1985.
- GUNDERMANN, E.: Fortststraßenbau im Hochgebirge und die Gefahr der Entstehung von Massenverlagerungen. – Interprävent, Bad Ischl 1980, Bd. 3, S. 265.
- HAEFELI, R.: Zum progressiven Bruch in Schnee, Boden, Fels und Eis. – Felsmechanik und Ingenieurgeologie, Vol. **V/1**, (Springer) 1967.
- HÄFNER, F., FEIN, W. & HELD, U.: Massenbewegungen im Saar-Nahe-Gebiet unter Berücksichtigung des Verwitterungsverhaltens der Pelite. – In: K.H. HEITFELD: Ingenieurgeologische Probleme im Grenzbereich zwischen Locker- und Festgesteinen, S. 296, (Springer) 1985.
- HAUSWIRTH, E.K., LAHODYNSKY, R. & SCHEIDEGGER, A.E.: Erd-rutsch am Satzberg in Wien-Hütteldorf. – Unsere Heimat, Jg. **53**, H. 3, 1982.
- HEIM, A.: Bergsturz und Menschenleben. – Zürich (Fetz & Wasmuth Verlag A.G.) 1932.
- HERZOG, U.: Katastrophale Hangbewegungen in Kärnten 1975, geologische Analyse mit Ausblick. – Interprävent, Innsbruck 1975, Bd. 2, S. 229.

- HOLZER, K.: Rutschhangsanierung in der Steiermark. – Österr. Wasserwirtschaft, Jg. **32**, H. 1/2, 1980.
- VAN HUSEN, D.: Massenbewegungen und Lockergesteinsanhäufungen in Abhängigkeit der würmeiszeitlichen Gletscherentwicklung am Beispiel des Trauntales (O.Ö.). – Interprävent, Bad Ischl 1980, Bd. **1**, S. 149.
- JAHNEL, Chr. & KÖSTER, M.: Ursachen und Sanierung der Rutschung oberhalb des Volksbankneubaus in Bacharach. – Felsbau, Jg. **7/1**, Feber 1989.
- KANY, M. & HAMMER, H.: Statistische Untersuchungen von Rutschungen im Nordbayrischen Deckgebirge. – In: K.H. HEITFELD: Ingenieurgeologische Probleme im Grenzbereich zwischen Locker- und Festgesteinen, S. 256, (Springer) 1985.
- KARRENBERG, H. & QUITZOW, H.W.: Über Hohlraumbildungen und Einstürze in Lößböden als Folge unterirdischer Materialwegführung. – Geol. Jahrbuch Bd. **71**, 631–642, Hannover März 1956.
- KEIL, K.: Ingenieurgeologie und Geotechnik. – Halle (W. Knapp) 1951.
- KEIL, K.: Materielle Festigkeitsgrundlage der Geotechnik. – TIS **3/78**, 150–159.
- KIENBERGER, H.: Annahme und Wirklichkeit bei der Standsicherheitsbetrachtung von Böschungen. – Felsbau Jg. **2**, H. 2, Mai 1984.
- KLENGEL, K.J. & PAŠEK, J.: Zur Terminologie von Hangbewegungen. – Zeitschrift für angewandte Geologie, Bd. **20**, H. 3, 1974.
- KLENGEL, K.J. & WAGENBRETH, O.: Ingenieurgeologie für Bauingenieure. – Wiesbaden – Berlin (Bauverlag Ges.m.b.H.) 1982.
- KRAUTER, E.: Möglichkeiten der Klassifizierung und Sanierung von Rutschungen. – Forschungsges. f.d. Straßenwesen (BRD), Schriftreihe der Arbeitsgruppe „Erd- und Grundbau“, H. **3**, 1980.
- KRAUTER, E.: Phänomenologie natürlicher Böschungen (Hänge) und ihrer Massenbewegungen. – Grundbau-Taschenbuch Teil 3, 3. Aufl., Berlin (W. Ernst & Sohn) 1987.
- KRAUTER, E., PLATEN, H., QUEISSER, A. & STEINGÖTTER, K.: Hangstabilitäten im Mainzer Becken. – In: K.H. HEITFELD: Ingenieurgeologische Probleme im Grenzbereich zwischen Locker- und Festgesteinen, S. 280, (Springer) 1985.
- KRONFELLNER-KRAUS, G.: Die Wildbacherosion im allgemeinen und der Talzuschub im besonderen. – Sonderdruck aus „100 Jahre Forstliche Bundesversuchsanstalt“, Wien 1974.
- LANSER, O.: Felsstürze und Hangbewegungen in der Sicht des Bauingenieurs. – Felsmechanik und Ingenieurgeologie, Vol. **V/1**, (Springer) 1967.
- LAUFFER, H., NEUHAUSER, E. & SCHÖBER, W.: Der Auftrieb als Ursache von Hangbewegungen bei der Füllung des Gepsatschspeichers. – Österr. Ingenieur Zeitschrift, Jg. **14**, H. 4, April 1971.
- LOOS, W.: Kleine Baugrundlehre. – H. GRASSHOFF (Hrsg.), Köln (R. Müller) 1955.
- MOSER, M.: Zur Analyse von Hangbewegungen in schwachbindigen bis rolligen Lockergesteinen im alpinen Raum anlässlich von Starkniederschlägen. – Interprävent, Bad Ischl 1980, Bd. **1**, S. 121.
- MOSER, M. & GLEIMAC, S.: Geotechnische Untersuchungen zum Massenkriechen in Fels am Beispiel des Talzuschubes Gradenbach (Kärnten). – Verh. Geol. B.-A., **1982/3**, 209–241, Wien 1983.
- MÜLLER, L.: Die Sicherung des linken Landpfeilers am Kraftwerk Sarobi (Afghanistan) gegen den Talzuschub des Gebirges. – Geol. u. Bauw., Jg. **21**, H. 4, Wien 1955.
- MÜLLER, L.: Über die Entstehung oberflächenparalleler Klüfte, Versuch einer geomechanischen Erklärung. – Geol. u. Bauw., Jg. **27**, H. 3–4, 1962.
- MÜLLER, L.: Die Standfestigkeit von Felsböschungen als spezielle geomechanische Aufgabe. – Felsmechanik und Ingenieurgeologie, Vol. **I/1**, 1963a.
- MÜLLER, L.: Der Felsbau, Bd. **1**, Teil 1 Felsbau über Tage. – Stuttgart (F. Enke) 1963b.
- MÜLLER, L.: Ursachen und Abläufe von Boden- und Felsbewegungen. – Intreprävent, Innsbruck 1975, Bd. **2**, S. 53.
- MÜLLER, L.: Der Felsbau, Bd. **3**, Tunnelbau. – Stuttgart (F. Enke) 1978.
- NAGL, H.: Zur Rekonstruktion der pleistozänen Vereisung im alpinen Ybbstal. – Mitt. geol. Ges. Wien, **63**, 185–202, 1970.
- NEMČOK, A., PAŠEK, J. & RYBAŘ, J.: Classification of landslides and other mass movements. – Rock Mechanics, Vol. **4/2**, 1972.
- NEUMANN, R.: Geologie für Bauingenieure. – Berlin – München (W. Ernst & Sohn) 1964.
- NUSSBAUM, F.: Dreißig Jahre Beobachtungen über Erdrutsche, Fels- und Bergstürze in der Schweiz. – Revue pour l'étude des calamités Genève, **16**, 1956/57.
- PETZNY, H.: Über die Stabilität von Felshängen. – Felsmechanik und Ingenieurgeologie, Suppl. **III**, (Springer) 1967.
- PIRKL, H. R.: Massenbewegungen und Grundwasserschutz in den alpinen Tälern – Schnittpunkte der Ökosystemforschung. – Mitt. österr. Geol. Ges., **83**, Wien 1991.
- POISEL, R. & EPPENSTEINER, W.: Gang- und Gehwerk einer Massenbewegung. – Felsbau, Jg. **6**, Nr. 4, 1988, Jg. **7**, Nr. 1, 1989.
- PRINZ, H.: Abriß der Ingenieurgeologie. – Stuttgart (F. Enke) 1982.
- PUTSCHER, S., BACHMANN, G. & KADO, H.: Zur Methodik der Dokumentation von Hangbewegungen. – Zeitschrift f. angewandte Geologie, **24/1**, 1978.
- REDLICH, K., TERZAGHI, K. & KAMPE, R.: Ingenieurgeologie. – Wien (Springer) 1929.
- REUTER, F., KLENGEL, J. & PAŠEK, J.: Ingenieurgeologie. – Frankfurt/M. (H. Deutsch) 1980.
- RICHTER, D.: Ingenieur- und Hydrogeologie. – Berlin (W. d. Gruyter) 1989.
- RUTTNER, A.: Querfaltungen im Gebiet des oberen Ybbs- und Erlauftales. – Jb. Geol. B.-A., **3** und **4**, Wien 1948.
- RUTTNER, A.: Das Fenster von Urmannsau und seine tektonische Stellung. – Verh. Geol. B.-A., **1** und **2**, Wien 1963.
- RYBAŘ, J., PAŠEK, J. & ŘEPOKA, L.: Dokumentation der systematischen Untersuchung der Rutschungsgebiete in der Tschechoslowakei. – Engineering Geology I (1), Amsterdam 1965.
- SCHEIBLAUER, J.: Modellversuche zur Klärung des Spannungszustandes in steilen Böschungen. – Felsmechanik und Ingenieurgeologie, Vol. **I/1**, 1963.
- SCHEIDIG, A.: Der Löß und seine geotechnischen Eigenschaften. – Dresden (Verlag Th. Steinkopf) 1934.
- SCHNABEL, W.: Zur Geologie des Kalkalpennordrandes in der Umgebung von Waidhofen/Ybbs, N. Ö. – Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., **19**, Wien 1970.
- SCHNABEL, W.: Geologie der Flyschzone einschließlich der Klippenzone. – Arbeitstagung Geol. B.-A., 1979, Bl. 71, Ybbsitz, Wien 1979.
- SCHNEIDER, G.: Naturkatastrophen. – Stuttgart (Enke) 1980.
- SCHULTZE, E.: Standsicherheit der Grundbauwerke. – In: Grundbautaschenbuch Bd. **1**, S. 107, Berlin (W. Ernst & Sohn) 1955.
- SCHULTZE, E.: Standsicherheit von Böschungen. – In: Grundbautaschenbuch 3. Aufl., Teil 2, S. 257, Berlin (W. Ernst & Sohn) 1982.
- SCHWENK, H.: Die Rutschung am Sportplatz bei Weißenkirchen. – Geol. u. Bauw., Jg. **23**, H. 4, 1958.
- SCHWINGENSCHLÖGL, R.: Geologische Probleme und deren Lösungsmethoden im Straßenbau. – Straßenbau und Technik, 1986.
- SKEMPTON, A.W. & HUTCHINSON, J.: Stability and embankment foundations. – 7. Int. Kongreß f. Bodenmechanik u. Grundbau, Mexiko 1969.

- STINY, J.: Die Muren. – Innsbruck (Verlag der Wagner'schen Univ. Buchhandlung) 1910.
- STINY, J.: Technische Geologie. – Stuttgart (F. Enke) 1922.
- STINY, J.: Rutschungen, Gebirgsdruck, Bergbauschäden und Baugrundbelastung. – Zeitschr. d. Internat. Erdölunion, Jg. **XXXVI**, Nr. IV, 1928.
- STINY, J.: Faltungen und Überschiebungen durch Gleitung (Rutschung größten Maßstabes). – Zentrabl. f. Mineral. etc., Jg. **1929**, Abtlg. B, Nr. 4.
- STINY, J.: Zur Kenntnis und Abwehr der Rutschungen. – Geol. u. Bauw., Jg. **1**, H. 4, 1929.
- STINY, J.: Die geologischen Grundlagen der Verbauung der Geschiebeherde in Gewässern. – Wien (Springer) 1931a.
- STINY, J.: Grundsätzliches über den Baugrund. – Geol. u. Bauw., Jg. **2**, H. 4, 1931b.
- STINY, J.: Zur örtlichen Verteilung von Rutschungsanbrüchen auf Steinhängen. – Geol. u. Bauw., Jg. **3**, H. 3, 1931c.
- STINY, J.: Ein Felschliff an der Vintschgauer Bundesstraße. – Geol. u. Bauw., Jg. **4**, H. 1, 1932a.
- STINY, J.: Schäden durch Naturgewalten in Österreich während des Jahres 1931. – Geol. u. Bauw., Jg. **4**, H. 1, 1932b.
- STINY, J.: Geologie und Bauen im Hochgebirge. – Geol. u. Bauw., Jg. **6**, H. 1/2, 1934.
- STINY, J.: Zur Kenntnis der Rutschflächen. – Geol. u. Bauw., Jg. **7**, H. 4, 1935.
- STINY, J.: Über die Regelmäßigkeit der Wiederkehr von Rutschungen, Bergstürzen und Hochwasserschäden in Österreich. – Geol. u. Bauw., Jg. **10**, H. 1/2, 1938a.
- STINY, J.: Die Rutschgefährlichkeit des Baugeländes und seine Untersuchung. – Geol. u. Bauw., Jg. **10**, H. 4, 1938b.
- STINY, J.: Unsere Täler wachsen zu. – Geol. u. Bauw., Jg. **13**, H. 3, 1941.
- STINY, J.: Abbrüche von Felskeilen. – Geol. u. Bauw., Jg. **13**, H. 4, 1942a.
- STINY, J.: Nochmals der „Talzuschub“. – Geol. u. Bauw., Jg. **14**, H. 1, 1942b.
- STINY, J.: Tunnelbaugeologie. – Wien (Springer) 1950.
- STINY, J.: Neuere Ansichten über Bodenbewegungen und ihre Beherrschung durch den Ingenieur. – Geol. u. Bauw., Jg. **19**, H. 1, 1952a.
- STINY, J.: Talzuschub und Wildbachverbauung. – Geol. u. Bauw., Jg. **19**, H. 2, 1952b.
- STINY, J.: Ein Talzuschub im Burgenland. – Geol. u. Bauw., Jg. **19**, H. 2, 1952c.
- TERZAGHI, K.: Erdbaumechanik auf bodenphysikalischer Grundlage. – Leipzig – Wien (F. Deuticke) 1925.
- THENIUS, E.: Niederösterreich. – Verh. Geol. B.-A., Bundesländerserie, 2. Aufl., Wien 1974.
- TOLLMANN, A.: Geologie der Kalkvoralpen im Ötischerland als Beispiel alpiner Deckentektonik. – Mitt. geol. Ges. Wien, **58**, Wien 1965.
- TOLLMANN, A.: Die Bruchtektonik Österreichs im Satellitenbild. – N. Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abh. Bd. **153**, Stuttgart Jänner 1977.
- TOLLMANN, A.: Geologie von Österreich. Bd. 2 und 3. – Wien (F. Deuticke) 1985, 1986.
- VEDER, Chr.: Rutschungen und ihre Sanierung. – Mit Beiträgen von F. HILBERT, Wien – New York (Springer) 1979.
- ZÁRUBA, Q. & MENCL, V.: Ingenieurgeologie. – Berlin (Akademie-Verlag) 1961.
- ZÁRUBA, Q. & MENCL, V.: Landslides and their control. – Amsterdam (Elsevier scientific publishing company) 1982.
- ZETINIGG, H.: Bemerkungen zur Gewinnung von Trink- und Nutzwasser aus Rutschhängen. – Mitt. Abt. Geol. Paläont. Bergb. Landesmus. Joanneum, H. **35**, Graz 1975.
- ZISCHINSKY, U.: Bewegungsbilder instabiler Talflanken. – Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., **17**, Wien 1967.
- ZISCHINSKY, U.: Über Sackungen. – Rock Mechanics, Vol. **1**, N. 1, Wien 1969.

Manuskript bei der Schriftleitung eingelangt am 15. Oktober 1991.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt](#)

Jahr/Year: 1992

Band/Volume: [135](#)

Autor(en)/Author(s): Schwenk Harald, Spendlingwimmer Robert, Salzer F.

Artikel/Article: [Massenbewegungen in Niederösterreich 1953-1990 597-660](#)