

## Zusammenfassung

Geodätische Messungen ergaben Hinweise auf einen Talschub an einer aus Grauwacken, Schluff- und Tonschiefer aufgebauten Talflanke im Thüringischen Schiefergebirge. Sein Volumen beträgt ca. 15 Mio m<sup>3</sup>, die Verformungsgeschwindigkeiten liegen bei einigen mm pro Jahr. Die langjährigen Verformungsmessungen u. a. mittels Bohrlochextensometern lassen in Übereinstimmung mit den morphologischen Gegebenheiten eine Dreigliederung des Talzuschubes erkennen. Der untere Abschnitt ist durch die Entwicklung eines progressiven Bruches gekennzeichnet. Seine Verformung hat offenbar die Bewegung der oberen Abschnitte ausgelöst, die in der Hauptsache auf vorgegebenen Gleitflächen abläuft.

## Summary

### *Slope deformation in a valley in the Thuringian slate mountains*

By geodetic measurements reference was achieved to the deformation of a valley flank built up from gray wackes, silt and clay slate in the Thuringian slate mountains. It has a volume of about 15 million cubic metres, the deformation rates are about several millimetres annually. The longterm deformation measurements, among other things by means of bore-hole extensometers, show, that in accordance with the morphologically given facts there is a subdivision of the deformed area into three parts. The lower part is characterized by the development of a progressive fracture. Its deformation obviously released the motion of the upper parts which mainly occurs on the given sliding planes.

## Резюме

### *Поступление рыхлого материала в долину в Тюрингском сланцевом горном массиве*

Результаты геодезистских измерений показали, что рыхлый материал поступает в долину в Тюрингском сланцевом горном массиве на склоне долины, сложенной из граувакков, а также из илистого и глинистого сланца. Его объём достигает примерно 15 миллионов кубических метров. Скорость деформации составляет несколько миллиметров в год. Долголетние измерения деформации позволяют определить тройное расчленение поступления рыхлого материала в долину в соответствии с морфологическими условиями. Для нижнего отдела характерно развитие прогрессивного излома. Очевидно, его деформация, которая в основном происходит на заданных поверхностях скольжения, вызвала движение верхних отделов.

# Ein Talzuschub im Thüringischen Schiefergebirge

*Mit 3 Abbildungen im Text*

## *Autoren:*

Dr. ERHARD DITTRICH  
JÜRGEN FRIEDRICH LÜTHKE  
VEB Geologische Forschung und Erkundung  
Freiberg  
Betriebsteil Jena  
6900 Jena  
Saalbahnhofstraße 25

---

Hall. Jb. f. Geowiss. Bd. 7  
Seite 67...72  
VEB H. Haack Gotha 1982

1.

## Vorbemerkung

Das Vorhandensein ausgedehnter fossiler bis rezenter Massenbewegungen an Festgesteinshängen in Thüringen war bisher hauptsächlich von der Muschelkalksteilstufe bekannt. In den letzten 15 Jahren sind Hangverformungen auch aus anderen geologischen Baueinheiten genauer bekannt geworden. Die Erkenntnis wuchs nur langsam und schrittweise, so wie sich aus den beispielgebenden Gebieten mit alpiner geologischer und morphologischer Formung die Informationen über Gleitung, Bergzerreißung, Talzusub und ähnliche gravitative Prozesse verdichteten (AMPFERER 1939, STINI 1941, ZARUBA und MENCL 1969, ZISCHINSKY 1969). Heute darf als gesichert gelten, daß die genannten Prozesse auch in Mittelgebirgen auftreten können und bei ingenieurgeologischen Studien nicht mehr außer acht gelassen werden dürfen. Im Zusammenhang mit der ingenieurgeologischen Erkundung hydrotechnischer Anlagen sind in den letzten Jahren in Thüringen mehrere Fälle untersucht worden, die in dieser Größe und geotechnischen Bedeutung nach dem damaligen Kenntnisstand nicht erwartet werden konnten. Einer davon wird im Folgenden vorgestellt.

2.

## Geologische Situation

An dem zu betrachtenden Talhang bilden Grauwacken und Tonschiefer des Oberkulm (Dinant) den Untergrund. Die Abfolge der Schichten im einzelnen und ihre Lagerung ist den Abbildungen 1 und 2 zu entnehmen. Die Tonschiefer sind meist schluffig gebändert, in Abständen von mehreren dm...1 m ablösend gebankt. Sie sind gut geschiefert (cm-Abstände) bei NE-...NNE-Streichen und steilem NW-Fallen der Schieferungsflächen. Die meist in 2 Scharen auftretenden Querklüfte haben Abstände von dm...m. Die mittel- bis grobkörnigen Grauwacken sind deutlich gebankt, in mehreren dm...1 m Abstand. Es treten weiter eine z. T. undeutliche Schieferungsklüftung sowie weit-

ständige Querklüfte auf. Der Fels ist mit 2...3 m lehmig-steinigem Hangschutt bedeckt.

Der Hang wurde in 2 Phasen durch Bohrungen und bergmännische Auffahrungen untersucht. Ferner standen weitere künstliche Aufschlüsse zur Verfügung. Geodätische Beobachtungen gaben erste Hinweise auf eine in Gang befindliche, merkliche Verformung des Hanges. Im Verein mit speziellen geologisch-morphologischen Untersuchungen und direkten Messungen in Bohrungen ergibt sich nunmehr ein geschlossenes, widerspruchsfreies Bild der Hangverformung.

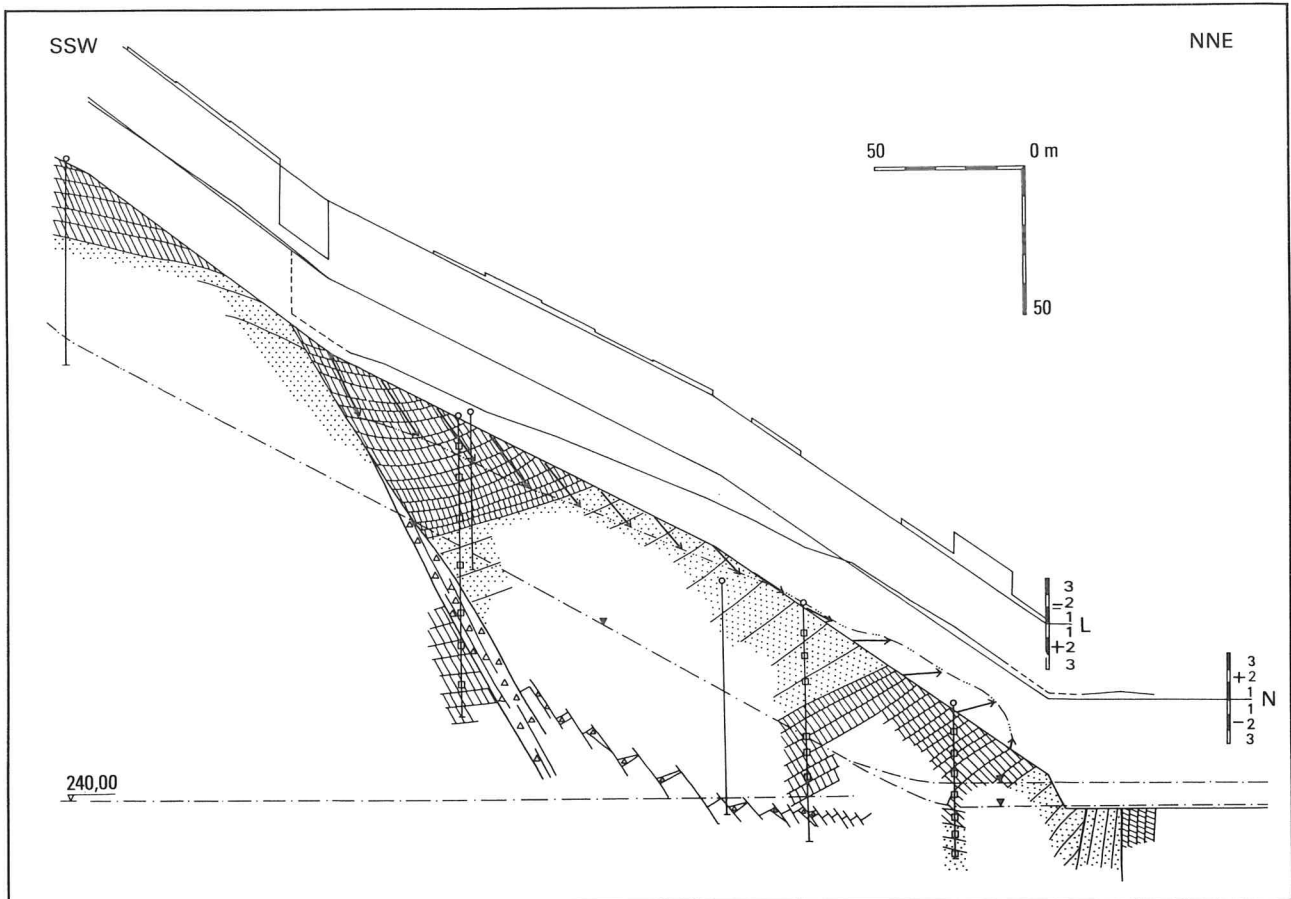
3.





## Verformungsbild






Den unteren Abschnitt des Hanges zeigt Abbildung 1. Aus Nivellement und Längenmessung wurden ebene Vektoren der Bewegung der einzelnen Meßpunkte berechnet. Sie sind in Abbildung 1 an der Hangoberfläche angetragen. Aus der Verbindung ihrer Endpunkte ergibt sich die Verformungslinie des Hanges: im mittleren Drittel Senkung, im unteren Drittel Ausbauchung. Die Meßwerte sind langjährig beobachtet und liegen signifikant außerhalb der Fehlergrenzen. Der Betrag der Senkung wurde zwischen 2 und 6 mm pro Jahr ermittelt, schwankend mit den jährlichen Niederschlagssummen.

Im oberen Teil des Schnittes (Abbildung 1) streichen die Tonschiefer etwa N...S, also spitzwinklig zur Schnittlinie, und fallen mit ca. 22° nach E ein. Sie werden von Grauwacken unterlagert. Nördlich schneidet eine Verwerfung mit 120°/60° NE diese Scholle ab. Die Verwerfung ist in Form einer mächtigen Ruschelzone ausgebildet. Die nördliche Scholle ist gegenüber der südlichen um 100 m abgesenkt. In der nördlich der Verwerfung gelegenen Scholle fallen die Schichten bei hangparallelem Streichen (90°...100°) mit 30°...40° nach S, also bergwärts ein.

Das Feld der Senkung ist in Abbildung 1 deutlich durch die erwähnte Verwerfung begrenzt. Die atektonische, schwerkraftbedingte rezente Hangdeformation benutzt die tektonisch angelegte Störung als Gleitfläche. Dabei handelt es sich weniger um eine Fläche, als vielmehr um eine



-  Tonschiefer
-  Grauwacke
-  Ruschelzone
-  Verwerfung

-  Bohrung
-  Extensometer-Anker
-  Bergwasserspiegel
-  Verformungsvektor
-  Verformungslinie

- L Streckenmessung
  - + Längung
  - Kürzung
- N Nivellement
  - + Hebung
  - Senkung

Abbildung 1  
Schnitt im unteren Hangbereich

mehrere Meter breite Scherzone aus Gesteinstrümmern und lehmig-steinigem Gesteinszersatz oder -zerreibsel, in der sich die Bewegung auf Teilgleitflächen oder durch plastische Verformung abspielt bzw. abspielt hat. Nördlich hebt sich die Bruchzone von der Verwerfung ab. Sie ist nunmehr nicht mehr durch das Gebirgsgefüge vorgezeichnet. Die Gleitung wird allerdings für den Gleitvorgang günstig gestellte Gebirgstrennflächen benutzen. Es dürfte eine komplexe Scherzone entstanden sein, in der es auch zur Bildung von Myloniten einschließlich lettig-bindigem Zerreibsel gekommen sein kann. Nach den Bohrergebnissen hat der

eigentliche Scherbruch am Hangfuß noch nicht stattgefunden. Es ergibt sich also der in den Abbildungen 1 und 2 dargestellte Verlauf der Scherzone. Die Verbandsfestigkeit in dem über der Scherzone liegenden Gebirgskörper ist infolge von internen differentiellen Verformungen nach den Ergebnissen der Bohrungen deutlich geringer als in dem darunter liegenden unverformten Gebirge.

Der Bergwasserspiegel ist in Abbildung 1 angegeben. Seine Schwankungen sind im Verhältnis zum Querschnitt des Hanges nur von geringer Bedeutung. Die Schwankungen des freien Wasserspiegels sind im Hangfuß voll nachweisbar –

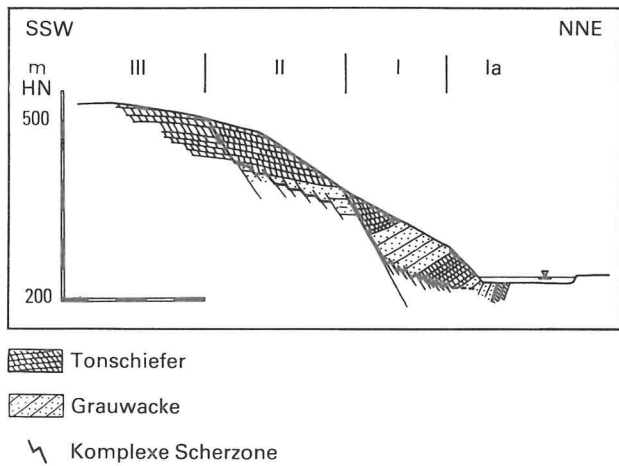


Abbildung 2  
Übersichtsschnitt

ein Beweis für die hohe Durchlässigkeit des Gebirges infolge schubbedingter Auflockerung.

Die Vektoren der Verformung passen sich dem Verlauf der aus den geologischen Befunden abgeleiteten Scherzone an (Abbildung 1). Die direkte Verformungsmessung wird mit Hilfe von Bohrloch-Extensometern durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Messungen bestätigen die oben gegebene Darstellung. Insgesamt ergibt sich für den unteren Hang das Bild eines progressiven Bruches.

An zwei Proben von tonig-schluffigem Feinmylonit vorgenommene Laborprüfungen erbrachten nach verschiedenen Verfahren scheinbare Reibungswinkel von  $31...33^\circ$  bei  $0,157$  bis  $0,437 \text{ kp/cm}^2$  scheinbarer Kohäsion und scheinbare Gleitwinkel von  $30^\circ$  bei  $0,150$  bis  $0,171 \text{ kp/cm}^2$  scheinbarer Gleitkohäsion. Eine von W. FÖRSTER, Freiberg, durchgeführte Rückrechnung nach der in Abbildung 1 angegebenen Scherzone ergab für die angenommene Sicherheit  $\eta = 1,0$  und  $c = 0$  einen mittleren Scherreibungswinkel von  $30^\circ$ . Der Einfluß verschieden angenommener Bergwasserspiegel auf die Standsicherheit erwies sich als gering.

Eine kartenmäßige Darstellung der geodätischen Ergebnisse läßt deutlich eine Gliederung des Hanges in 3 Schollen erkennen, die mit den morphologischen Beobachtungen gut übereinstimmt (Abbildung 3). Scholle I ist gekennzeichnet durch die Ausbildung eines progressiven Bruches auf einer dem Kreiszyylinder angenäherten Fläche (Abbildung 2 und 3). Diese Primärverfor-

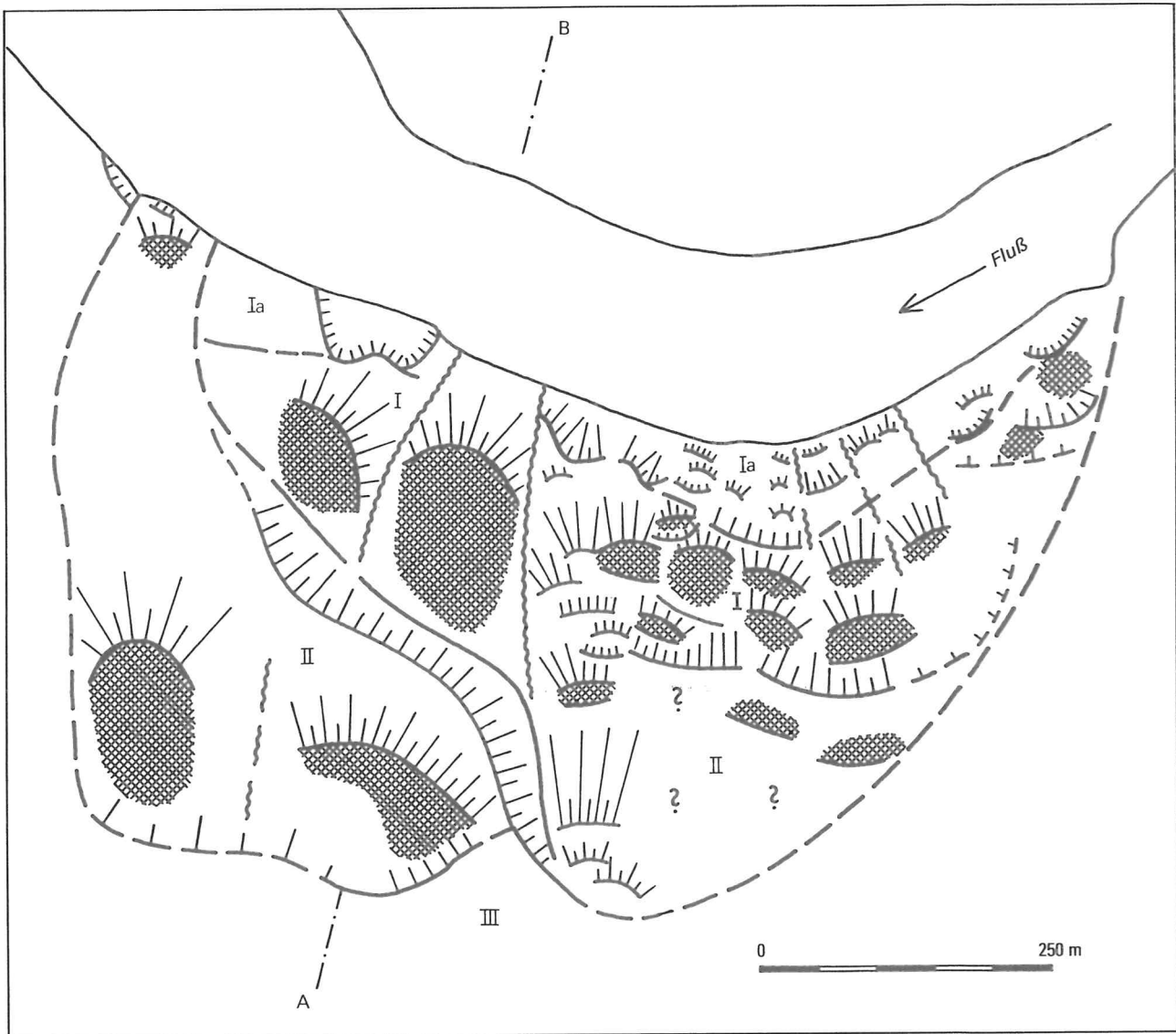
mung ist auslösendes Moment für die Bewegung von Scholle II. Sie erfolgt im W auf durch die Schichtung vorgegebenen Gleitflächen, im E wohl mehr auf zylindrischen Bahnen. Die Scholle II grenzt – zum Teil an Verwerfungen – an die unbewegte Scholle III. Durch die beschriebenen Gleitungen wurde der Fuß des Hanges gegen den Fluß vorgeschoben und versteilt. Die fortschreitende Seitenerosion hatte zur Folge, daß an der Stirn der Rutschmasse bevorzugt die Übersteilung ausgleichende Kleinrutschungen auftraten, die auch heute noch anhalten (Scholle Ia).

Der beschriebene Talzusub hat im Grundriß eine talparallele Länge von  $700...900 \text{ m}$  und eine hangseitige Breite von  $400...500 \text{ m}$ . Das Volumen beträgt, je nach dem angenommenen Tiefgang, zwischen  $12$  und  $19 \text{ Mio m}^3$ . Es wurde die Auflagerung von Rutschmassen auf einer frühweichselzeitlichen Terrasse beobachtet. Aus einer Rückrechnung mit Hilfe der Höhe der Steilstufe an der genannten Verwerfung und dem jetzigen Senkungsbetrag ergibt sich ein Zeitraum von  $5000$  Jahren, der seit Beginn der Rutschung vergangen sein könnte. Auf jeden Falle müssen die Bewegungen im geologischen Zeitmaß gesehen werden.

#### 4. Methodische Schlußfolgerungen

Es ist Aufgabe der ingenieurgeologischen Erkundung, Massenverlagerungen der beschriebenen Art rechtzeitig zu erkennen. Der einwandfreie Nachweis und der für technische Projekte notwendige Erkenntnisgrad sind nicht immer leicht zu erreichen. Nach unseren Erfahrungen sind die folgenden Erkundungsverfahren einzusetzen:

1. Geologische Kartierung.  
Nur sie bildet eine sichere Grundlage für alle weiteren Entscheidungen und ist räumlich genügend weit auszudehnen.
2. Tektonische und gefügekundliche Spezialuntersuchungen.
3. Morphologische Kartierung unter verstärkter Einbeziehung der Quartärgeologie.
4. Ergänzung von 1. bis 3. durch Luftbildauswertung.



- Stirnböschung
- Verebnung
- Abrißböschung
- Zungengrenze
- Schollengrenze
- Schnitttrichtung (siehe Abb. 1 und 2)
- I Schollenbezeichnung

Abbildung 3  
Ingenieurgeologische Karte des Talzschubes

5. Erkundung durch Bohrungen. Sie sind in der Regel durch ingenieur- und hydrogeologische Testarbeiten sowie durch geophysikalische Bohrlochmessungen zu ergänzen. Ihrer Aussage sind meist enge Grenzen gesetzt.

6. Bergmännische Untersuchungen.

Schürfe, Schächte, Stollen. Nur sie sind in vielen Fällen in der Lage, endgültige Klarheit zu verschaffen. Trotz hoher Kosten muß der Geologe auf ihren Einsatz bestehen, wenn Rutschkörper in den Wirkungsbereich technischer Anlagen einbezogen werden müssen.

7. Geophysikalische Oberflächenverfahren.

Ihr Einsatz ist von Fall zu Fall oft recht unterschiedlich zu bewerten.

8. Laborarbeiten können naturgemäß nur an

Details des meist recht komplexen Problems angesetzt werden. Geomechanische Großversuche in situ werden nur in Einzelfällen eine Berechtigung haben. Die Ermittlung repräsentativer stofflicher Eingangsdaten für Berechnungen ist damit bei der in Rede stehenden Art von Massenverlagerungen nicht immer gesichert.

9. Messung der Verformung durch geodätische, geomechanische und geophysikalische Methoden.  
Sie sind so frühzeitig wie möglich zu veranlassen, wenn eine technische Beeinflussung der Rutschmassen zu erwarten ist. Es ist davon auszugehen, daß morphologisch-geologisch eindeutig erkennbare „fossile“ Rutschmassen in kriechender Bewegung sind (Größenordnung Millimeter pro Jahr).
10. Berechnungsmodelle und Berechnungen stellen den Abschluß der Erkundung dar. Trotz hohen Erkundungsaufwandes können die geomechanischen Kennwerte und die geometrischen Annahmen unzureichend bleiben. Eine Verbesserung ist bei Vorliegen von Meßergebnissen nach 9. zu erzielen.

In Fällen wie dem geschilderten wird es für den Ingenieurgeologen immer ratsam und zu verantworten sein, von einer irgendwie gearteten Nutzung oder Beeinflussung des deformierten Hanges abzuraten. Fläche und Tiefgang des Phänomens sowie seine Komplexität setzen in der Regel quantitativ bewertbaren menschlichen Gegenwirkungen enge Grenzen. Andererseits können schon kleinste anthropogene Veränderungen (z. B. Einschnitte) zur Aktivierung der scheinbar ruhenden Masse führen. Als Alternative bietet sich nur die Anpassung der technischen Einrichtung an die Hangdeformation bei laufender Beobachtung an.

## Literatur

AMPFERER, O.:

Über einige Formen der Bergzerreißung. — In: Sitzber. Akad. d. Wiss., math.-nat. Kl. — Wien. — (1939), 148, S. 1...14.

KLENGEL, K. J., und J. PAŠEK:

Zur Terminologie von Hangbewegungen. — In: Zeitschr. angew. Geol. — Berlin. — 20 (1974), S. 128...132.

STINI, J.:

Unsere Täler wachsen zu. — In: Geol. u. Bauwesen. — Wien. — 13 (1941), S. 71...79.

ZARUBA, Q., und V. MENGL:

Landslides and their Control. — Prague: Elsevier-Akademia 1969.

ZISCHINKKY, U.:

Über Sackungen. — In: Rock Mechanics. Wien; New York. — 1 (1969), S. 30...52.