

Smn 151–4

Tauber A. F.

Bergzerreißung in der Tafelberglandschaft des Deli Orman (Ostbulgarien)

Von

A. F. Tauber

(Mit 11 Textfiguren)

Aus den Sitzungsberichten der Akademie der Wissenschaften in Wien
Mathem.-naturw. Klasse, Abteilung I, 151. Bd., 1. bis 6. Heft, 1942

Wien 1942

Hölder-Pichler-Tempsky, Wien und Leipzig
Kommissionsverleger der Akademie der Wissenschaften in Wien

Staatsdruckerei Wien.

Bergzerreißung in der Tafelberglandschaft des Deli Orman (Ostbulgarien)

Von

A. F. Tauber

(Mit 11 Textfiguren)

(Vorgelegt in der Sitzung am 22. Jänner 1942)

Von der Donau im Norden bis an die Ketten des Balkan im Süden und die Gestade des Schwarzen Meeres im Osten dehnt sich in unendlicher Weite die Zeugenberglandschaft des Deli Orman, wuchtig in der Einfachheit der Linienführung seiner waagrechten Schichtmassen, heroisch in der Wildheit seiner erosiven Zertalung. Schneller gleitet der schweifende Blick empor zu den kahlen Plateaurändern, denn keine Vegetation fesselt das

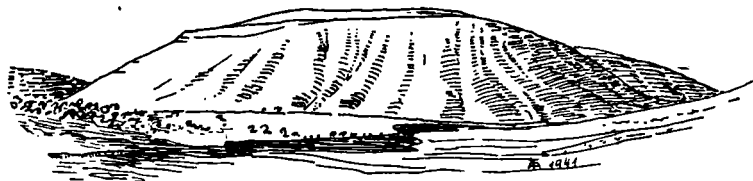


Fig. 1. Kuchenförmige Tafelberge bei Šeitanzik im oberen Provadiatal. Weißer, hornsteinführender Kreidekalk über festen, kretazeischen Sandsteinen. Keine Neigung zur Bergzerreißung.

Auge. Wohl schmücken stellenweise kleine Tabakpflanzungen, Obst- und Weingärten die tieferen Hänge und Getreide reift in weiten Talböden, doch die trockenen Hochflächen sind kahl und die nackten Abhänge der Berge zerrissen von tiefen Schluchten. Nichts von der Lieblichkeit mitteleuropäischer Tafelberglandschaften — etwa der sächsischen Schweiz, der rauhen Alb oder der sächsisch-böhmischen Sandsteintafel — haftet diesen Schichtklötzen an.

Klar erkennt das Auge die Bauweise, schlicht wie die Reliefgestaltung ist die geologische Geschichte des Deli Orman. Ebene oder flachgewellte Schichttafeln von Kalken, Sandsteinen, Sanden und Mergeln der Kreidezeit lagern hier auf einer unter ihnen begrabenen alten Masse (Rumänisch-Bulgarische Tiefebene) und sind in einem semiariden Klima zerschnitten worden.

Die Übersichtlichkeit und Unverhülltheit des geologischen Baues gestattet es, sekundäre Veränderungen desselben sofort mit Sicherheit zu erkennen und nach Ursache und Wirkung zu untersuchen. Es ist reizvoll und hier auch durchaus aussichtsreich, die mechanischen Grundlagen der Bergzerreibungen und Bergstürze zu studieren, weil die gegebenen einfachen Verhältnisse

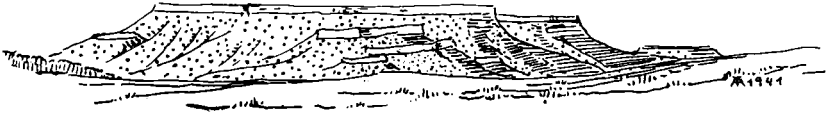


Fig. 2. Tafelberge mit konkav gewölbten Hängen bei Kaspician. Kreidekalk (weiß) über mergeligen und sandig-mergeligen Schichten (punktiert). In der Mitte und links gestaffelte Bergstürze.

eine größere Annäherung von mechanischer Theorie und tatsächlichem Verhalten als sonst erwarten lassen.

Keine alten Strukturen weisen hier den Bergstürzen Maße, Form und Weg und dies ist ein grundlegender Gegensatz zu den Bergzerreibungen der Faltengebirge.

Nicht alle Gebiete der bulgarischen Kreidetafel zeigen Neigung zur Bergzerreibung. Dort, wo feste Gesteine die plateau-

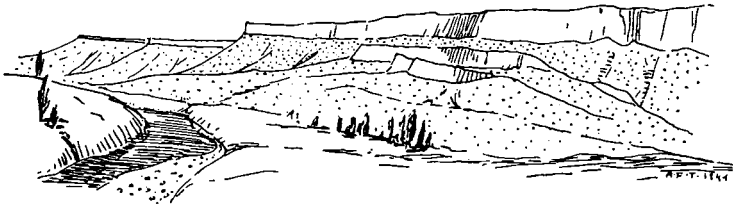


Fig. 3. Tafelberge mit konkav gewölbten Hängen bei Provadia. Weiße Hornsteinkalke der Kreide (weiß) über sandigen und mergeligen Schichten (punktiert), gestaffelte Gleitung im Mittelgrund.

bildenden Schichten unterlagern, tritt Bergzerreibung nicht auf. Die Hänge sind dann meist leicht konvex gewölbt, die Bergform dadurch mehr oder minder kuchenartig. Ein Beispiel solcher Verhältnisse gibt Fig. 1. Hier im oberen Provadiatal werden hornsteinführende Kalke von festen Sandsteinen unterlagert.

Anders liegen die Festigkeitsverhältnisse in den Landschaften um Kaspician und Provadia. Hier liegen mächtige Kalktafeln auf meist sandig-tonigen oder mergeligen Sedimenten. Die Berghänge sind meist konkav eingewölbt, dem Druck der Kalkmassen weichen die mehr oder minder plastischen Liegendschichten

gerne aus und verursachen so die Bergstürze (Fig. 2, 3, 4), die vielfach gestaffelt sind und dann in interessanter Weise eine zum Teil steile Aufrichtung der Gleitmassen zeigen, wie dies am schönsten in einer eindrucksvollen Staffelgleitung in einem südlichen Seitental des Suleiman dère, etwa 10 km nördlich von Kozludža, zu sehen ist (Fig. 4, 5).

Im folgenden wird nun versucht, die mechanischen Grundlagen dieser interessanten Staffelgleitungen zu entwickeln.

Die Kalkmassen der Plateaux drücken auf die nachgiebigen Schichten des Liegenden wie ein Bauwerk auf seinen Baugrund. Freilich handelt es sich um kein starres, biegefestes „Gebäude“,

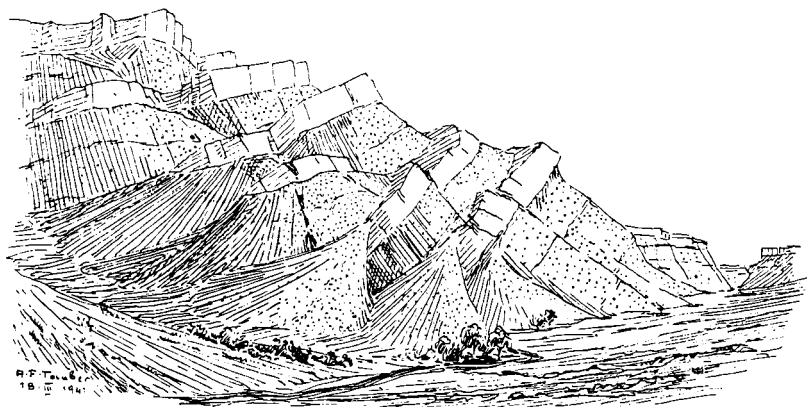


Fig. 4. Staffelgleitung in einem südlichen Zufluß des Suleiman dère, etwa 10 km nördlich von Kozludža. Weiße, zum Teil oolithische Kalke über mergeligen und sandig-mergeligen Schichten mit dünnen Sandsteinzwischenlagen. Aufrichtung der Schichten in der Gleitmasse.

sondern um ein „schlaffes“ (im Sinne von Kögler-Scheidig), denn die Zerteilung der Kalkmassen durch Klüfte und Risse verhindert ebenso wie die geringe Zugbeanspruchbarkeit der Gesteine ein starres Verhalten.

Über die Druckverteilung unter solchen schlaffen Lasten wissen wir durch systematische Druckmeßdosenmessungen gut Bescheid. Bekanntlich erfolgt eine Summierung der Drucke gegen die zentralen Teile des belasteten Untergrundes, so daß die Flächen gleichen Druckes, z. B. unter einer Lastplatte von kreisförmigem Grundriß, schüsselförmig, weiterhin halbkugel- und schließlich birnenförmig den tragenden Grund durchschneiden (Fig. 6):

Diese Art der Druckverteilung im Untergrund der schlaffen Kalklastplatte ist von grundlegender Bedeutung für die Entstehung und Ausbildung der Gleitflächen.

Wenn durch irgendwelche Einflüsse (Erweichung durch Regenwasser usw.) die Plastizität der Liegendschichten der Kalk erhöht wird, erfolgt ein Ausweichen dieser Schichten, wobei jedes dabei bewegte Teilchen das Bestreben hat, auf dem kürzesten Wege in den Bereich kleinerer Drucke zu gelangen. Die kürzesten Wege zur Erreichung der Zonen geringerer Drucke aber liegen immer senkrecht zu den Isobarenflächen.

Die Bewegungen der einzelnen Teilchen erfolgen daher senkrecht zu den Isobarenflächen und gehen also entlang von gekrümmten Bahnen vor sich. Dies

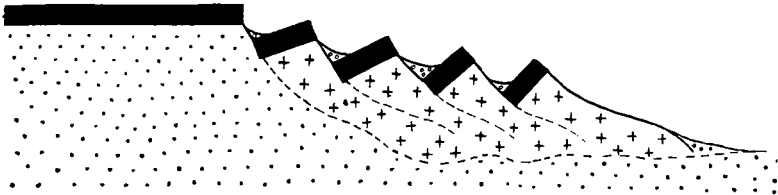


Fig. 5. Schematisches Profil durch die Staffelgleitung in Fig. 4. Schwarz = Kalk, punktiert = Mergel und sandige Mergel, Kreuze = Bergsturzmasse, Ringe = Hangschutt. Aufrichtung der Schichten in der Gleitmasse.

läßt sich auch experimentell beweisen (Fig. 7). Im einzelnen stellen diese Bahnen Scharen von konkav gewölbten Flächen dar, entlang welchen schließlich nicht mehr nur das einzelne Korn, sondern auch größere Partien verschoben werden. So erfolgt die Ausbildung von Gleitflächen mit konkaver Krümmung (Fig. 6).

Auf Fig. 6 sind einige der unzähligen möglichen Gleitbahnen eingezeichnet. Welche von ihnen wird gewählt werden? Zweifellos die, bei deren Benutzung bei größtem Massentransport und größter Absenkung die kleinsten Widerstände zu überwinden sind. Aus diesem Grunde fallen z. B. die theoretisch möglichen Gleitbahnen I und V weg; I, weil sie nur geringe Massen wenig absenkt, V, weil sie zwar große Massen absenkt, aber anderseits eine gewaltige Gesteinsmasse entlang der gekrümmten Gleitbahn gegen den Widerstand der Schwerkraft aus dem Untergrund heben müßte. Die Gleitbahnen III und IV, von welchen die letztere eine nur geringe tote Last zu heben hat, stellen sich als günstigste Lösungen dar.

Entlang solchen geeigneten Flächen bereiten sich die Gleitungen vor. Die Kalkmassen bekommen Risse, welche meist

dem Rand der Plateaubabstürze mehr oder minder parallel laufen (Fig. 8, 9) und sich unter dem lösenden Einflusse des Regenwassers und der Frostwirkung erweitern und mit Schutt füllen. Entlang den Spalten saugt sich Wasser in die sandig-tonigen Schichten, welche erweicht plastisch werden und bewegt Scherrisse und Fiederklüfte zeigen. Diese Klüfte lassen meist schon in ihrer Anordnung die entstehende Gleitfläche erkennen. Verruschelungen und Verknitterungen der untersten Tonschichten im gleitenden Teile gesellen sich bald hinzu (Fig. 8). Das Profil der Fig. 8 stammt von einem nur sehr kleinen, in Vorbereitung befindlichen Bergsturz in der Nähe von Kaspičan, welcher aber mit besonderer

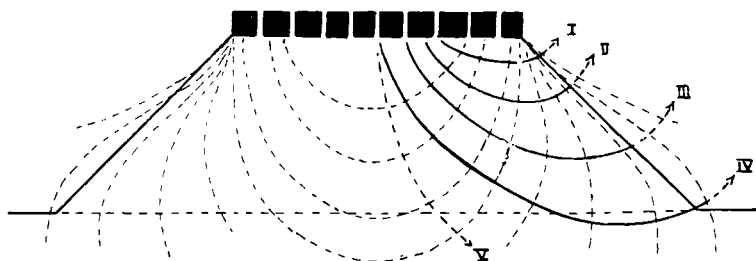


Fig. 6. Schematisches Profil durch einen Tafelberg: Druckverteilung unter der schlaffen Last der Kalkmasse in den mergeligen Liegendschichten. Dünngestrichelt = Schnitte der Isobarenflächen. I bis V einige der unzähligen möglichen Gleitbahnen, welche senkrecht zu den Isobaren verlaufen.

Klarheit die Zerreißung des Gefüges entlang der Gleitfläche erkennen läßt.

Ist die Gleitung durch diese Schwächung oder Zerreißung des Schichtverbandes vorbereitet, so ist das Abgehen der Massen nur noch eine Frage der Zeit. Die Gleitung erfolgt entlang den in Fig. 6 bezeichneten konvax gekrümmten Flächen. Durch Bewegung entlang einer gekrümmten Fläche muß aber eine Drehung zustande kommen, so daß die ursprünglich waagrechten Schichten der Gleitmasse eine gekippte Lage erhalten (Fig. 10). Die Gleitung setzt sich fort, bis zwischen den Gewichten der absinkenden und andererseits aufgepreßten Massen, der kinetischen Energie der rutschenden Massen und dem Reibungswiderstand Gleichgewicht herrscht. Der Reibungswiderstand wird dadurch vergrößert, daß die theoretische Form der Gleitfläche nicht ganz eingehalten, sondern vom Ungestüm der stürzenden Massen, besonders in ihrem unteren Teile, gerader gestaltet wird, als ursprünglich angelegt. Das Trägheitsgesetz,

welchem die gleitenden Massen unterliegen, erklärt diese Erscheinung (vgl. Rutschflächen, Fig. 5).

Wenn von der in gekippter Lage befindlichen Gleitmasse neuerlich Teile abreißen und gleiten, so geschieht dies entlang von Gleitflächen, welche ebenfalls in ihrer Gestalt von der Druckverteilung in der Bergsturzmasse bestimmt werden. Fig. 10 entwickelt das Druckverteilungsbild in den gekippten Schichten der Gleitmasse und aus ihnen die neuen möglichen Rutschflächen R_2 . Nach erfolgter Rutschung nach R_2 wird die neue Gleit-

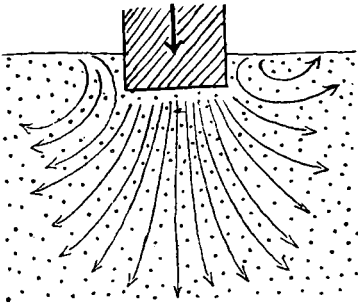


Fig. 7.

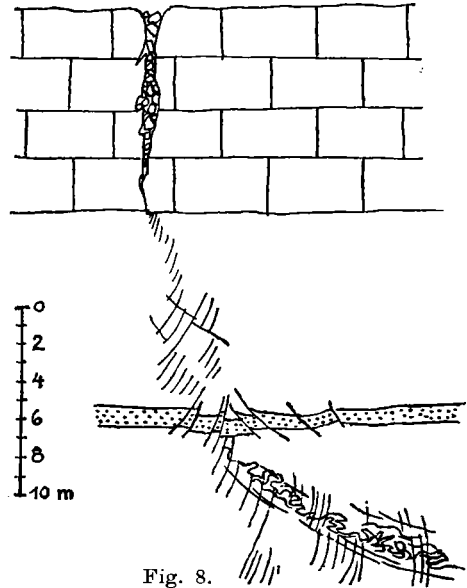


Fig. 8.

Fig. 7. Experiment: ein Stempel (schraffiert) von 10 cm Durchmesser wird in Sand gedrückt. Die Bewegungsrichtung der Sandkörner ist durch Pfeile angegeben: sie erfolgt senkrecht zu den Isobaren (vgl. Fig. 6!) — Strichzeichnung nach Photo „Bewegungen im Sande unter Belastung“ in Kögler-Scheidig, „Baugrund und Bauwerk“, Berlin 1939, S. 80.

Fig. 8. In Entstehung begriffene Gleitfläche an einem Tafelberg bei Kaspicaan. Ziegelzeichnung = Kalk, weiß = Mergel, punktiert = Sandstein: Scher- und Fiederklüfte, Ruschelungen und Knitterungen im Mergel.

masse — weil bereits von einem gekippten Schichtblock stammend — noch stärker gekippt sein.

Auf diese Weise — durch wiederholte Zerreißung der Rutschmassen — entstehen gestaffelte Gleitmassensysteme mit zunehmender Schiefstellung der Schichten.

Das zeitliche Verhältnis der Bildung der einzelnen Staffeln ist ein wechselndes. Oftmals mag die Staffelleitung die Bildung eines zeitlich einheitlichen Gleitvorganges sein. Gelegentlich sieht man aber auch aus dem Zerstörungsgrad der bloßgelegten Schichten sowie an der Ausbildung und dem Alter des vegetativen Bewuchses der Gleitflächen, daß die tieferen, stärker gekippten Staffeln jünger sein müssen. Doch ist auch der Fall denkbar, daß die tiefsten Staffeln zuerst entstanden und diese sozusagen auf dem Rücken größerer Gleitmassen mitbefördert wurden, also die höheren Staffeln jüngerer Entstehung sind (die Bezeichnungen R_1 und R_2 in Fig. 10 wären dann zu vertauschen). Für diesen Fall konnte ich bisher keine Beispiele entdecken.

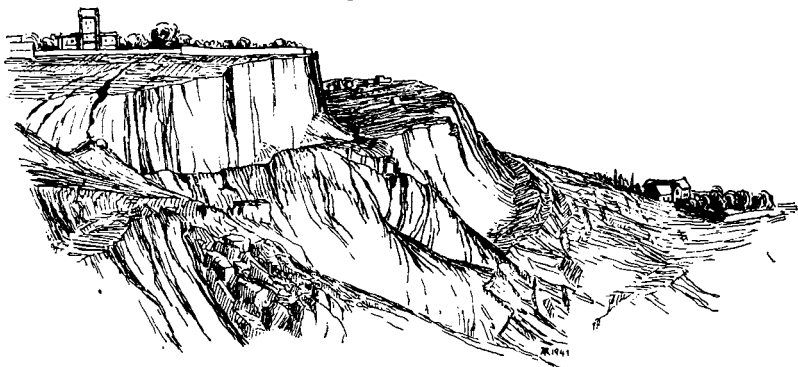


Fig. 9. Große Staffelleitung mit zunehmender Kippung der Gleitmassen am Kliff von Odessa am 5. November 1897. Links neue Ablösungsspalten. ~~Neogene~~ ^{L=?} Mergel mit geringen Sandzwischenlagen. — Gezeichnet nach einem Photo von Sinzow (1897).

Diese eben beschriebene Form der kippenden Staffelleitung tritt überall ein, wo relativ homogene Schichten die feststehende und die gleitende Masse aufbauen, wenn die notwendige Reliefenergie vorhanden ist. Eine belastende Kalkmasse, wie sie in den bisher besprochenen Fällen und Abbildungen vorhanden ist, erleichtert zwar die Vorstellung, ist aber zur Ausbildung solcher Gleitungen nicht notwendig, denn die belastende Tafel kann durch dem weiteren Untergrund gleichartige Gesteine ersetzt werden. Ein sehr schönes Beispiel einer solchen kippenden Staffelleitung in homogenem Material gaben uns die 1897 erfolgten Rutschungen der Kliffe bei Odessa (Fig. 9), welche die bis 70 m mächtigen Lößmassen, welche pontischem Kalkstein aufliegen, 30 bis 50 m abgleiten ließen. Ähnliche Erscheinungen in kleinerem Maßstabe habe ich an den Geschiebemergelkliffen der Ostsee gesehen.

Diese beschriebenen Formen der Gleitung stellen den einfachsten Fall der Bergzerreißung und des Berggrutsches überhaupt dar, da sich diese Vorgänge in und mit verhältnismäßig gleichartigem Material abspielen. Es kommt hinzu, daß das Gestein der Gleitmasse in den besprochenen Fllen einigermaßen plastisch ist, so daß die Gleitmasse eher einer bruchlosen Deformation unterliegt als einer Zerbrechung. Die Tendenz zu einer Deformation bei einer Gleitung ist nämlich meist gegeben.

Die Ursache der plastischen oder rupturellen Deformation der Gleitmasse liegt in der Gestalt der Gleitflächen. Nur auf einer völlig ebenen oder genau kreiszylindrischen oder kugelflchigen Gleitfläche wird keine Verformung der Gleit-

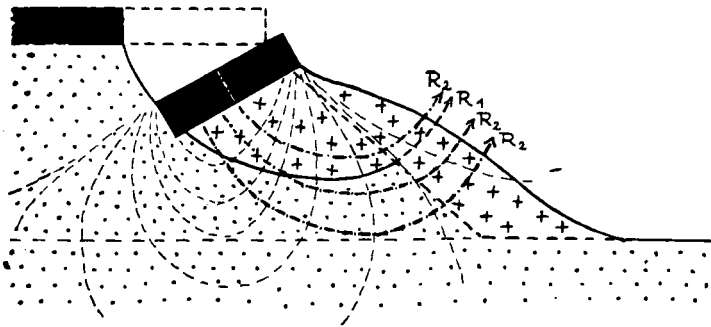


Fig. 10. Druckverteilung und mögliche neuanzulegende Gleitflächen (R_2) in und unter der Bergsturzmasse, welche entlang R_1 abgeglitten ist. Schwarz = Kalk, Punkte = Mergel, Kreuze = Bergsturzmasse, dünn gestrichelt = Isobaren.

masse erzwungen (Fig. 11 A). Diese Fälle sind aber wohl nirgends in der Natur verwirklicht. Die Gleitflächen sind im primitiven Fall parabolisch konkav gekrummt (Fig. 11 B), können aber in kompliziert struierten Gebieten alle nur denkbaren Formen annehmen (z. B. Fig. 11 C). Der Gleitmasse, welcher eine Eigen-gestalt zukommt, wird dann durch ihr eigenes Gewicht eine Abbildung der Gleitfläche aufgezwungen, wodurch es zu gesetzmäßigen Scherzerreiungen und in deren Gefolge zur Staffelung der Gleitmasse kommen muß, wie solche in Fig 11 B und C zu sehen sind. Daneben treten Zugrisse durch Biegebeanspruchung auf, welche mehr oder minder senkrecht zur Unterfläche der Gleitmasse verlaufend, diese durchsetzen. Diese Zugrisse sind in Fig. 11 der Deutlichkeit halber weggelassen.

Die Staffelzerlegung durch Scherzerreiung einer solchen Gleitmasse finden wir z. B. sehr schön in dem von Ampferer (1936) beschriebenen Bergsturz der Salum Mhder bei Zrs verwirklicht.

Geht die Gleitmasse über Flächen wechselnder Form, so muß infolge wechselnder Zug- und Druckbeanspruchungen eine völlige Zerlegung und Zersplitterung der Gleitmasse stattfinden,

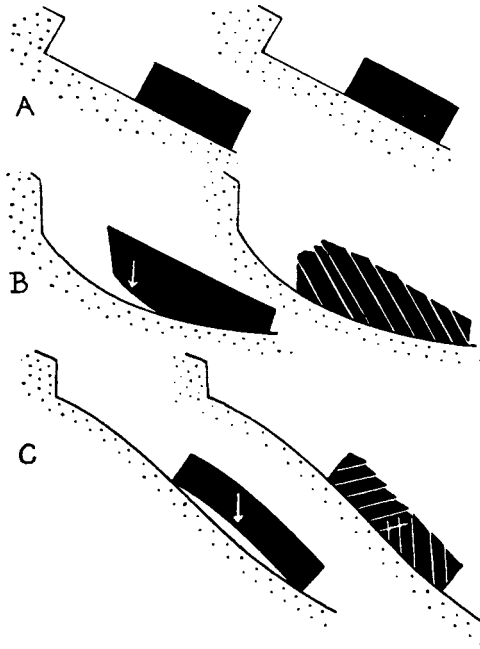


Fig. 11.

Einfluß der Gleitfläche auf die Gleitmasse. A) Ebene, kreiszylindrische oder kugelflchige Gleitbahn erzeugt keine Deformation der Erdrutschmasse. B) Parabolische Gleitfläche und Scherzerreiung der Gleitmasse. C) Abwechslungsreichere Gestaltung der Gleitfläche mit Scherzerreiung der Bergsturzmasse in mehreren Richtungen, welche zu einer völligen Zertrümmerung der Gleitmasse führen kann.

welche nur noch Trümmerhaufen als Endprodukt liefert. Diesen Fall finden wir natürlich dort am häufigsten, wo harte und spröde Gesteine und infolge struktureller Vorzeichnung komplizierte Rutschflächen vorliegen, z. B. in den Alpen.

In den reich struierten Faltengebirgen finden primitive Gleitungen wie im Deli Orman überhaupt nicht statt. Hier

gestalten Baustoffinhomogenitaten (Gleithorizonte: Partnachschichten, Raiblerschichten, Kossenerschichten usw.) und tektonische Vorzeichnung die Bergsturze individueller und abwechslungsreicher als in der einfachen, aber in ihrer Einfachheit nicht minder großartigen Landschaft des Deli Orman.

Schrifttum.

- Ampferer O., Beispiele von jungen Gleitungen aus Vorarlberg. Verwendung von Gleitungen fur das Karproblem. Jahrb. Geol. Bundesanst. 1936.
- Uber einige Formen der Bergzerreißung. Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. in Wien, Math.-naturw. Kl., Abt. I, Bd. 148, H. 1 u. 2, Wien 1939.
- Zum weiteren Ausbau der Lehre von den Bergzerreiungen. Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. in Wien, math.-naturw. Kl., Abt. I, Bd. 149, H. 1 u. 2, Wien 1940.
- Standbilder der Bergzerreißung. Natur und Volk 1940, H. 7.
- Bergzerreiungen im Inntalraume. Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. in Wien, math.-naturw. Kl., Abt. I, Bd. 150, H. 3 bis 6, Wien 1941.
- Kaestner A., Die Erdrutsche von Odessa. Zeitschr. f. prakt. Geologie, Bd. 7, Berlin 1899.
- Kockel C. W., Die Grundzuge des Baues von Bulgarien. Zeitschr. der Deutschen geol. Ges., Bd. 79, 1927.
- Zur Stratigraphie und Tektonik Bulgariens. Geol. Rundschau, Bd. XVIII 1927 (mit Beitr. von F. Kossmat).
- Kogler F. und Scheidig A., Baugrund und Bauwerk. Berlin 1939 (Verlag Ernst & Sohn).
-