

## Sammelbesprechung

### Über bisherige Klassifikation der Boden- oder Massen- bewegungen und deren Verwertung

Von Vincenz Pollack

Aus einer Reihe von heute augenscheinlichen z. T. auch fühlbaren Tatsachen, von natürlichen Aufschlüssen oder künstlichen sowie Vorkommnissen (Beben und damit verbundenen Erscheinungen) ist auf die Bewegungen im Umfange der bekannten Erdkruste nebst ihrer (hypothetischen) Unterlage geschlossen worden und hat die Gebirgsbildungslehre die in der Kruste entstandenen Formen, also die Wirkungen der obwaltenden aber unbekanntem Kräfte  $\pm$  befriedigend zu erklären versucht, wobei — insbesondere immer mehr in der letzteren Zeit — an Stelle von verschiedenen z. T. weit herangeholten Hypothesen über die eigentlichen Ursachen — auch die Schwerkraft trat, d. h. jene Kraft vor allen, der die Bewegungserscheinungen an der Erdoberfläche, also die Oberflächendynamik, zuzuschreiben ist, wodurch naturgemäß eine Brücke zwischen den üblichen tektonischen und atektonischen Bewegungen geschlagen erscheint. Die Erkenntnis mancher Vorgänge bei letzterer, so nicht zuletzt, daß aus der zentripetalen Anziehung unter gewissen einfachen Bedingungen, darunter das Auftreten des geringsten Widerstandes seitlich (tangentiell) zur Erdoberfläche, ja entgegengesetzt lotrecht aufwärts wirkend sich in Auftrieb umsetzt, hat es erleichtert, auch die großen Gebirgsbildungserscheinungen als Schwerkraftswirkungen zu deuten. Etwas weniger Verwandtschaft mit den Oberflächenbewegungen zeigen die Magma-bewegungen, obschon auch da vielfache Anklänge und Übergänge in Erscheinung treten. Die Gründe für das Entstehen sowie für das Aufdringen des unter der Erdkruste angenommenen Magmas gegen die Erdoberfläche sind nicht bekannt, dafür aber mehrere Theorien aufgestellt worden, wobei naturgemäß auf bekannte Erscheinungen am Schmelzfluß, an Gas-, Heißwasser- und Lavabewegungen angeknüpft wurde. Störungen in der Erdkruste könnten ermöglichen die unter großen Druck stehenden Massen sich zu verflüssigen, etwa wie überhitztes unter Druck liegendes  $H_2O$ , explosiv bei Druckminderung an der Ausweichstelle verdampft. Physikalische oder chemische Temperatur-Steigerung mögen das Magma veranlassen, zentrifugal die Hülle »aufzuschmelzen« (Aufschmelzhypothese). Daß Druckerscheinungen, Differenzierungen in der Erde, z. B. Sinken von Schollen auftriebartige Auspressungen und Einpressungen von Magma erwirken kann, mag verschiedenen Vorgängen entsprechen; dann erscheint auch folgerichtig

angenommen, daß bei größeren Effusiv-Massen, ähnlich dem Einbrechen von Salz-, Gips- usw. Auslaugungen Hangendbrüche, Senkungen (Trichterneigungen) an Schloten, zufolge Massendefekten unter Vulkanen, eintreten, bei denen Schollen ein- oder untersinken bzw. schmelzen («Aufstimmung»). Auch wird es nicht zu unwahrscheinlich, daß Entgasung beim Erstarren durch aufschäumendes Gas und durch Dampf ein Auftreiben bedingen. Angestellte Proberechnungen geben die Sicherheit, daß gewaltige Gas- und Dampfmengen selbst bei geringen Gesteinsmengen durch Aufschmelzen frei werden und großen Druck nach außen bewirken können. Namhafte Aufwölbungen von Schichten durch aufdringendes Magma, Hebung durch aufquellendes Magma wurde beobachtet z. B. am Puy Chapine (Auvergne), wo eine Granitscholle emporgetragen erscheint, also Auftriebserscheinungen sich äußerten, ähnlich jenen bei den reinen oder gewöhnlichen Oberflächen-Bewegungen oder -Gleitungen.

Während nun die aus den  $\pm$  deutlich erhaltenen Naturabbildungen entsprungene Geotektonik, abgesehen von den noch nicht zweifelsfrei gewordenen Ursachen und einigen  $\pm$  bekämpften Auffassungen über Einzelheiten, bereits eine gewisse Gesamtübersicht der Formen und Vergleichsvorkommnisse bietet, hat die Oberflächendynamik zwar einige  $\pm$  engere und weitere Zusammenfassungen erfahren, aber die Beziehungen und die Übergänge zur Tektonik selbst und verwandten Erscheinungen wurden noch wenig gepflegt, obwohl aus einer solchen Untersuchung weitere Einblicke in die Zusammenhänge des Erdgeschehens zu erwarten sind. Zwar wird es noch weiterer Studien, Versuche sowie Vergleiche verschiedener Weise bedürfen, um eine befriedigende Zusammenfassung des zu verarbeitenden sehr großen z. T. sogar noch ungeklärten Gesamtmaterials aufstellen zu können. Immerhin sind aber mehrfach die Umriss der vorerst in Angriff zu nehmenden Aufgaben zu skizzieren, wie sie bisher sich darstellen. Jede umfassendere Klassifizierung der reichhaltigen, immer wieder abweichenden einschlägigen Ereignisse erscheint gewissermaßen künstlich. Übergänge zeigen die Charakteristik jedes Naturgeschehens, doch werden Zusammenhänge oft erst dann offenbar, wenn einzelne Faktoren getrennt untersucht sind. Aber auch natürliche Einteilungen können Grenzen vortäuschen, die, genau genommen, nicht existieren, und deshalb dürfen auch offenbare sowie etwa versteckte Mängel nicht von einer Zusammenstellung abschrecken. Um ein Urteil über die bisherigen Arbeiten der Oberflächendynamik zu gewinnen, wird es erforderlich, auf mehrere derselben näher einzugehen. Vorher sind aber noch einige Begriffe zu erläutern sowie nachher einige nötige aber fehlende in kurzem anzuschließen.

. Bewegung. Orts- oder Lageänderungen im Raume mit der Zeit werden als Bewegung bezeichnet und ist in ihr auch der Sonderfall der Beibehaltung des Ortes der Ruhe inbegriffen<sup>1)</sup>. Ein Maß für die Bewegung ist die Raum-

<sup>1)</sup> A. Winkelmann, Handb. d. Phys. 2. Aufl. 1908, Grundbegriffe von F. Auerbach, S. 27 ff. — Naturgemäß wären auf unserer Erde auch relative und absolute Bewegungen unterscheidbar: Die erstere ist die Bewegung (eines Körpers) auf der ruhend gedachten Erde; die absolute die relative Bewegung zur Sonne; vorläufig wird, um das Bild nicht noch verwickelter zu gestalten, darauf keine Rücksicht genommen.

strecke bezogen auf die Zeitstrecke. Die Geschwindigkeit ist ein mit einem Zahlenwert einer Längeneinheit verbundener Vektor, dessen Richtung im Raume bestimmt erscheint. Es sind stationäre, zyklische und verborgene Bewegungen anzuführen. Eine nach Größe und Richtung an einem bestimmten Raumort und gleich so an allen anderen mit der Zeit unveränderliche Bewegung, wo also die Zeit explizite keinen Einfluß nimmt, ist eine stationäre Bewegung, die gewissermaßen zwischen Ruhe und Bewegung steht. Die Bewegung kann aber nicht nur fortdauernd oder beständig, sondern auch ruckweise stattfinden (z. B. chronische und akute Bewegungen Passarges). Bei der zyklischen Bewegung kehrt jedes Teilchen nach einiger Zeit wieder an den Ausgangsort zurück. Streng zyklische Bewegungen sind nicht wahrnehmbar. Kleine Schwingungen und Drehungen gehören hierher, wo die Bahnen der Teilchen in engen Rahmen auftreten. Dann lassen sich noch mannigfache weitere Bewegungen unterscheiden, z. B. stetig gleitende und unstetige rollende Flüssigkeitsbewegung; außer offenen Wegen (z. B. Spalten in der Erdkruste), in welchen sich  $\pm$  feste bis flüchtige Stoffe bewegen können, ist noch die Art der Bewegung durch Diffusion in der geologischen Dynamik anzuführen. Diese und noch einige andere  $\pm$  allgemeine und auch z. T. ins einzelne gehenden sowie übersichtlichen Erklärungen genügen aber durchaus nicht, die außerordentliche Fülle bisher bekannter (oder wahrscheinlicher) mannigfachster Massen- oder Bodenbewegungen vom kleinsten bis zum größten unter einer Reihe von inneren und äußeren Einflüssen sowie Entstehungsweisen usw. zu beschreiben und zu erklären<sup>2)</sup>.

<sup>2)</sup> Bisher besteht keine, möglichst alle Bodenbewegungen umfassende Übersicht, welche, um nur ein Beispiel als Zweck flüchtig anzudeuten, vielfach in der Lage wäre, Aufschluß und Vergleich über nicht oder weniger oder gar unbekannt oder geläufige Vorkommnisse zu geben, wodurch unrichtige Anschauungen ganz oder mindest größtenteils zu vermeiden wären. Während weiters z. B. in jedem mehr ins einzelne gehenden Lehrbuch der Geologie oder neuest in Spezialwerken die inneren (endogenen) Bewegungen der Erde  $\pm$  behandelt erscheinen, ist dies bezüglich der Oberflächendynamik weniger der Fall, wo zudem noch manche Fragen ebenfalls der Klärung harren, wenn auch verschiedene  $\pm$  glückliche Versuche vorliegen, gewisse Gruppen in ein System zu fassen, wobei aber andere nicht weniger bedeutsame Bewegungen nicht oder kaum berücksichtigt erscheinen. Dabei war wahrscheinlich die lange sozusagen stillschweigende Trennung zwischen endogenen und exogenen Erscheinungen eine Art Hemmnis aller Massenbewegungen von einem gemeinsamen Standpunkt aus um so mehr zu betrachten, als doch beide sowohl nach Ursache als Anlaß ineinander übergehen können, wenn nicht gar, wie A. Sachs (Geolog. Rundsch. 1922) anregt, (mindestens meist) selbst endogene Vorgänge auf exogene rückführbar und dadurch eine gewisse Vereinheitlichung um so mehr erreicht würde, als ja selbst von vielfacher Seite überhaupt die »Schwerkraft« nicht bloß für die Oberflächendynamik, sondern auch für die Geodynamik angesehen wird und ja zentripetale Bewegungen in aufwärtsstrebende (zentrifugale) Hebungen oder »Elevationen« umgesetzt werden können, wie jeder tiefergreifende Böschungsabriß im kleinen zeigen kann. Nach A. Sachs' (a. a. O. S. 345) Erläuterungen sind nämlich die »endogenen« Kräfte (Erdbeben, Gebirgsbildung, Dynamometamorphose, Hebungen und Senkungen) auf exogene Ursachen zurückzuführen. Sind im allgemeinen bei den Oberflächenbewegungen als innere Ursachen Äußerungen der Schwerkraft mit gewissen Zusätzen (z. B. vorgebildete Innenflächen, Klüftungen,

Je mehr ins einzelne gegangen wurde und noch wird, um so mehr häuften und häufen sich dann notwendige Ausdrücke, denen dann auch  $\pm$  ein bestimmter Begriff unterlegt wird; nur einige seien genannt: Teilbewegung (im großen Bertrand, im Kleingefüge Sander), Differenzialbewegung, in verschiedener Bedeutung z. B. als sprungweise Änderungen; Kristallisationsbewegung, Abbindebewegung u. a. Naturgemäß werden schon bei einer bloßen Zusammenstellung und Vorführung der Bewegungen alle in Betracht kommenden Verhältnisse zu berücksichtigen sein, schon der anzustrebenden Vollständigkeit halber, doch wird bei der großen Mannigfaltigkeit und dem großen Umfang kaum ein passendes übersichtliches Schema auch mit vielen Unterteilungen, die schließlich nur verwirren, zu finden sein.

Ursache und Anlaß. Nicht selten finden sich in der Literatur, ferner in geologischen und verwandten Gutachten usw. Angaben über Bewegungen, mehr oder weniger gestützt auf Annahmen, Sichtbeobachtungen (oft bloß aus der Ferne), allgemeinen geologischen Verhältnissen eines Gebietes, dann selbst Schätzungen sowie Messungen, darunter solche mit systematischen Fehlern oder nicht genügender Schärfe, wo genauere Verfahren unbedingt nötig, wie z. B. bei Verschiebungen von sogenannten »Festpunkten«, dann bei Hebungen, Senkungen u. dgl.; viele Gleitungen, Rutschungen, Stürze, Schwimmstoff- u. a. Erscheinungen werden schablonenhaft beurteilt, ohne in das eigentliche, verursachende physikalische Verhältnis des betreffenden Materials etwa durch eine gebotene genaueste mechanische Schlamm- oder Sedimentär-Analyse tiefer begründend einzudringen usw. Hierzu kommt dann auch mitunter die ungenaue Verquickung von Ursache und Anlaß bzw. die mangelnde Trennung beider, die von besonderer Wichtigkeit nach verschiedener Richtung werden kann. Weiterer abschließender Erkenntnis steht dann etwa noch der Umstand entgegen, ob es sich um wirkliche oder nur scheinbare, ob um tiefer begründete oder bloß ganz oberflächliche Bewegungen, allfällig vereint, handelt.

Was vorerst die beiden Begriffe Ursache und Anlaß betrifft, so scheinen manche Sprachen (so z. B. die schwedische) keine Trennung zu kennen, in der deutschen Sprache ist sie aber deutlich vorhanden. Nach deutschen Wörterbüchern (z. B. Sander-Wülfing) bezeichnet schon im gewöhnlichen Tagesgebrauch »Ursache« den inneren Grund, warum etwas ist oder geschieht, im Gegensatz zum äußeren Anlaß oder Anstoß, wodurch etwas in Gang kommt, was mit »Anlaß« oder »Veranlassung« (auch als Impuls, mittelbare oder entfernte

---

physikalische Materialbeschaffenheit u. dgl.) als sicher erkannt, so ist bei den »Endogen-« (Tiefen-) Bewegungen eine derartige Sicherheit nicht gegeben, da selbst die größten Wahrscheinlichkeiten nur hypothetisch anzunehmen sind, wie z. B. die Verbindung von aktivem oder passivem Magmatismus und Vulkanismus mit der Gebirgsbildung (Zusammenschub, Lozinski [Geol. Rdsch. 1918], Leith [Structural Geology, London 1914]). Die gemeinsame Ursache von Rindenbruch und Magmaaustreten ist in der Magmadifferenzierung und damit zusammenhängenden Magmabewegungen zu »vermuten; weiter aber läßt sich nichts darüber sagen und gelangen wir zu der Schwelle, an welcher Spekulationen zum Thema Sal-Sima beginnen« (Lozinski).

Ursache u. a.) bezeichnet wird; auf Boden- oder Massenbewegungen bezogen sind somit die im bewegten Teil enthaltenen inneren Gründe als Ursache (oder auch nächste, erste oder unmittelbare Ursache<sup>3)</sup> und die außerhalb stehenden als Veranlassung (oder entfernte Ursache, auch Auslösung, letzter Anstoß, auslösende Eingriffe, vorbereitende Ursache u. dgl.) anzusehen. Damit sollen aber scheinbar innere Gründe nicht als Ursachen betrachtet werden, wo ihnen nur die Rolle des von außen hinzutretenden Impulses zukommt, z. B. zusätzliches Tag-, neues Quell- oder Grundwasser tritt entweder als lastvergrößernd oder reibungsvermindernd auf, ohne daß ihm deshalb die Bezeichnung Ursache zukommen würde; die innere Beschaffenheit des betreffenden Materials, Schichtung, Absonderung, sonstige Klüftung usw. sind (abgesehen natürlich von der immer vorhandenen Schwerkraft) die wirklichen inneren Ursachen beispielsweise für eine eingetretene bleibende Ortsveränderung. Es tritt eben die Wirkung der Veranlassung hervor. Eine von außerhalb des bewegten Teiles kommende, Bewegung erzeugende Tatsache ist eben mehr oder weniger von inneren Folgen begleitet. Die wesentliche Unterscheidung zwischen beiden bildet zugleich ihr Vorkommen; jeder Boden- oder Wasserbewegung entspricht ein innerer Grund, eine Ursache, während eine oder mehrere unmittelbare Veranlassungen nicht unbedingt notwendig oder augenscheinlich sind, sich oftmals auch schwer sicher nachweisen lassen und oft nur sehr kleine oder unmerkliche mittelbare Anlässe summiert auftraten, welche schließlich eine mehr oder weniger verborgene oder sichtbar werdende Wirkung erzielen. Bekannte Tatsachen ließen sich anführen: Der Erdboden gerät in Erztitterung, in Schwankungen: Ursache innere Elastizität des Bodens; Veranlassung vielleicht fraglich: Fern- oder Nachwirkung einer fallenden oder stürzenden Masse, Explosion, Auslösung einer Spannung (tektonisch oder Rißbildung zufolge Frostspannung im Baltikum). Oder jahrtausendlang und darüber steht ein naturgutgeböschter oder ein etwas steilerer Berg- oder Talhang »felsfest« ruhig, bis ein mehr oder weniger großer Teil kaum merklich bis plötzlich zu Tale führt, ohne daß zwingende unmittelbare Gründe und ein Anlaß ersichtlich sind. Verwitterung, Böschung, fortschreitende Talbildung usw. sind für die benachbarten Hänge die gleichen und doch bleiben sie unbewegt stehen. Die entfernte Veranlassung des Herabkommens kann die Summierung verschiedener unendlich kleiner Aktionen durch große Zeiträume sein, die jedoch

---

3) Doch sind statt Ursache und Anlaß  $\pm$  deutliche oder verschleierte, offene und versteckte ähnliche Ausdrücke sowie Umschreibungen im Gebrauch, so z. B. vorbereitende Ursache (Stiny), auslösende Ursache (O. Meißner), maßgebende, anregende, primäre Ursache, Hauptursache, untergeordnete Ursache, letzte Ursache, Auslösung der vorbereiteten oder vorbereitenden Bewegung, erosiv oder tektonisch (Heim), unsicheres Gleichgewicht, ungünstige Nebenumstände, Verwitterung usw. Bei ober- und unterirdischen sowie Unterwasser-Herstellung, wo Ein- und Angriffe, Unterhöhlungen, Überlastung der Tragfähigkeit oder Elastizität, Änderung in der H<sub>2</sub>O-Führung, in der Lagerung, Beschaffenheit der Massen gegen den Ursprungsbestand vorkommen, werden Anlässe (und Ursachen)  $\pm$  deutlicher und in kürzerer Zeit, als bei natürlichen Bewegungen zum Ausdruck gelangen, soweit Massenverlagerungen in Betracht stehen.

als unmittelbare Anlässe keine sofort ersichtliche Rolle spielen. Ähnliches ließe sich aber auch für sehr wenig geneigte Flachhänge auf weiten Erstreckungen (Siebenbürgen, Hessen, Norwegen, Schweden) in gewissen tonigen oder schlamm-sandigen und sandschlammigen Materialien anführen. Sichtbare äußere Anlässe sind daher nicht unbedingt ausgesprochen erforderlich, sondern, wie bereits erwähnt, haben sich langsam allmählich in der Verborgenheit oder in schwer zu erhebender Art vorbereitet, gleich wie manche innere Gründe: manchmal reißt die letzte Faser des Zusammenhanges und die Masse setzt sich in Bewegung rascherer Art.<sup>4)</sup>

Bei den Unterwasserbewegungen, wo die Beobachtungen sehr erschwert oder unmöglich sind oder nur mittelbar zustande kommen, treten noch weitere Umstände hinzu.

Mit vollkommenem Erfolg auf äußere Anlässe und innere Ursachen von Bewegungserscheinungen bei manchen vergangenen bis gegenwärtigen Vorkommnissen einzugehen, erscheint teilweise noch nicht einwandfrei möglich. Ist wohl vieles mit Sicherheit festzustellen, so läßt doch anderes verschiedene Möglichkeiten, Erklärungen, Theorien oder Hypothesen zu. — Wie öfter mehr als eine innere Ursache, so können auch mehrere unmittelbare oder mittelbare Anlässe für ganze oder Teilbewegungen in Betracht kommen. Beider Einwirkungen lassen sich nicht immer vollkommen getrennt behandeln, da meist nur die Gesamtwirkung vorliegt. Immerhin kann es sich unter Umständen um Haupt- und Nebenursachen und -anlässen handeln.

In einer etwas anderen Fassung hat N. Ph. Tendelos (Leiden) die Bestimmung von Ursache, Bedingungen usw. verallgemeinert durchgeführt<sup>5)</sup>. Ursächliche Forschung bedeutet das Suchen der »Erklärung« einer Erscheinung oder die Rückführung der Erscheinung zu jenem Naturgesetz, welchem allein sie sich unterordnen läßt. Die Gesamtmenge der Energie ist als unveränderlich anzusehen, doch ändert sich unablässig die Verteilung oder Form der zusammensetzenden kleineren Energiemengen oder beides. Ursache wird die Energie in ihrer ursprünglichen Verteilung und Form, Wirkung die Energie in neuer Verteilung und Form genannt, somit sind beide gleich. Jede Wirkung ist von der Erfüllung gewisser Bedingungen abhängig. Blieben die Umstände immer gleich, so könnte auch Verteilung und Form der Energie keiner Änderung verfallen. Verteilung und Form der Energie wird von einer qualitativ und quantitativ bestimmten

---

4) Beim gründlich vor und nach dem Eintritt genau in allen Einzelheiten unmittelbar im 80 m hohen, lotrechten, mit Lichtbildaufnahmen gekennzeichneten Anbruchgebiet des Bergsturzes im großen Tobel nächst Langen am Arlberg vom 9. Juli 1892 (Jahrbuch der Geolog. Reichsanstalt, Wien 1893) nach vielen trockenen schönen Sommertagen erscheint vom Verfasser S. 667 angeführt: »Eine eigentliche äußere Veranlassung ist also hier, will man nicht die Summierung der ununterbrochen fortdauernden Verwitterungs- und Erosionserscheinungen als solche annehmen — wie in so vielen Fällen nicht eingetreten, die Schwere hat einfach ihre Wirkung getan.« (Vgl. auch des Verfassers: Beiträge zur Kenntnis der Bodenbewegungen. Ebenda 1882).

5) Die Naturwissenschaften. I. 1913, S. 153 ff.

Konstellation, das heißt Zusammentreffen von Umständen oder erfüllten Bedingungen beherrscht. Den Bedingungen einer Wirkung wird unter verschiedenen Formen und Namen begegnet: manche »äußere Ursache«, die auslösenden Anstöße, Reize verschiedener Art, Gründe einer Handlung sind die letzte für eine bestimmte Wirkung noch zu erfüllende Bedingung. Jede Wirkung unterliegt sonach dem Nachweis von Wirkung, Ursache und Konstellation der für die Wirkung zu erfüllenden Bedingungen. Vorwiegend wird eine Bedingung als Ursache bezeichnet, und zwar die am letzten erfüllte oder am meisten vertretende oder eine zufällig ins Auge fallende. Als Konstellation ist das Zusammentreffen aller für eine bestimmte Wirkung zu erfüllenden Bedingungen anzusehen. Der energetische Wert der Ursache kann in verschiedenen Fällen, folglich auch der Wirkungen untereinander gleich, die Form der Wirkungen ungleich erscheinen. War die Energieform der Ursache in allen Fällen dieselbe, so müssen die Bedingungen andere gewesen sein. Der Nachweis der Wirkung, Ursache und Bedingungen in einer konkreten Erscheinung gibt die Erklärung derselben, doch ist die Unterscheidung und Bestimmung der Wirkung, Ursache und konstellierenden Bedingungen häufig schwierig, ja manchmal zurzeit unmöglich. Was als Reiz, Motiv und Anlaß angedeutet wird, ist Bedingung einer bestimmten Wirkung und daß ein Reiz nicht die Ursache einer Erscheinung sein kann, folgt aus seinem geringeren energetischen Wert.

Passarge gebraucht (in seiner Landschaftskunde) für Ursache und Anlaß mehr oder weniger öfter »Haupt-« und »Nebenkräfte« oder läßt auch keine eigentliche Trennung eintreten.

Die große Mannigfaltigkeit und Zahl nicht zu erschöpfender Ursachen, Anlässe, Wirkungen, Art und Geschwindigkeit der Bewegungen, nach verschiedenen Phasen oder Epochen, nach Raum und Zeit, nach Aggregaten, der reichlichen Möglichkeiten der Verbindungen und Übergänge einzelner bis mehrerer usw. lassen es von vornherein wohl vergeblich erscheinen, alle einschlägigen Vorkommnisse ältester bis neuer Zeit nach einzelnen oder selbst nach mehreren Argumenten in eine allseits voll befriedigende Ordnung zu bringen, was bereits angedeutet wurde. Dies mag denn auch mindest die Mitursache gewesen sein, daß, soweit der Verfasser in langem Studium orientiert, alle hierher zu zählenden Einteilungsversuche in der Regel  $\pm$  abgegrenzte Gebiete oder Geschehnisse umfassen, wie aus dem jetzt Vorzuführenden hervorgehen wird. Es ist und war naheliegend vor allem, wenigstens zur Gewinnung einer ersten Übersicht die Massenbewegungen oder eigentlich -Verlagerungen etwa nach den gedachten Hauptursachen zu unterteilen: 1. Rein tektonische und vulkanische (Gebirgsbildungsdruck- und Zug- sowie Magma-) Bewegungen, welche hauptsächlich Großbewegungen noch weiter teilbar, doch wird naturgemäß  $\pm$  nicht nur die mittelbare zentripetale und umgesetzte Schwerkraft, sondern die unmittelbare (terrestrische) Schwerkraft auch mit- oder gegenwirken; 2. Rein dynamische bloß von der unmittelbaren gewöhnlichen Schwerkraft abhängige Oberflächenbewegungen, meist relativ geringeren Umfanges, seien sie auch unmerklich klein bis verborgen oder nach Menschenmaß vielleicht gewaltig groß, worüber noch

Erfahrungen und Nachweise fehlen (Kleinbewegungen, Oberflächendynamik); somit werden schließlich, wie bereits angedeutet 3. beide Bewegungsvorgänge auch verbunden erscheinen können, d. h. praktisch wird 1 mit 2 wohl immer verknüpft sein, wie es z. B. in den unterirdischen Aufschlüssen des rheinischen Schiefergebirges erwiesen ist. Doch werden nicht allzuseiten, wie neuere Feststellungen ergeben, tatsächliche und denkbar naheliegende Beispiele die Schwierigkeit einer Einreihung darlegen. Die tektonischen Vorgänge sind epirogenetisch sowie erogenetisch. Erstere schufen nach heutiger Auffassung durch längere Zeiten  $\pm$  gleichmäßig und gleichsinnig die Meere und Festländer, letztere in gewissen mehr episodischen Phasen erstere unterbrechend im wesentlichen durch Faltungen die Gebirge; doch können beide Vorgänge sich verbinden oder selbe gegenseitig unterbrechen, wie es z. B. und z. T. im Sonderfall der »Salztektonik« oder anderer Ausweichungen hervortritt, wodurch sich eine weitere Gruppe anschließt. Die hauptsächlich aus den endogenen Kräften und Spannungen hervorgehenden Bewegungsformen sind als solche ohne und mit Schollenbildung gekennzeichnet, wobei die Richtung bzw. ob Zusammenschub oder Auseinanderzerrung zur Wirksamkeit kommt, von Bedeutung wird.

Was nun die Gruppe der oben unter 2 mit Kleinbewegungen bezeichneten rein dynamischen Vorgänge mehr an der Oberfläche oder wenigstens gewöhnlich nicht in große Tiefen reichenden durch Schwerkraftskomponenten bewirkten betrifft — in tiefen Bergbauten, Bohrungen kommen auch große Tiefen hier in Betracht — so liegen diesbezüglich, wie kurz gestreift, eine Reihe von Klassifikationsversuchen vor. Bevor jedoch auf dieselben näher eingetreten wird, seien, um schon hier die Schwierigkeit einer allseits befriedigenden Einreihung vorzuführen, aus der bekannten beträchtlichen Reihe zweifelhafter Fälle oder Übergänge einige nachstehende Beispiele kurz erörtert.

Das Deckengebirge über einem Salzstock sei allmählich durch eine linienartige Fließwassererosion bis auf eine gewisse Tiefe abgetragen: nunmehr beginnt das Salz nebst seinen  $\pm$  plastischen Einschlüssen nach dieser schwachen (immer mehr entlasteten) Stelle langsam unter dem seitlichen Überdruck abzuwandern und allgemach dort emporzusteigen. Eine durch Zerrung entstandene tektonische (vulkanisch oder sonstige) Spalte kann die Einkerbung allfällig noch besser ersetzen, das Salz oder der Weichkörper steigt auf, setzt sich mit der Deckgebirgslast, die etwa auch an anderer Stelle das tragfähige feste Liegende des Salzes erreicht, ins Gleichgewicht, wodurch der zufolge der bloßen Schwere bewirkte Auftrieb der nachgebenden Masse nach der freien Seite  $\pm$  zur Ruhe kommt; nachfolgende (beliebige) Erschütterungen können wieder den Auftrieb beleben. — Starke Entlastungen mögen gewiß das Aufsteigen oder Wiedererheben stark zusammengedrückter elastischer Schichten, besonders wenn sie auch seitlich noch stark verspannt sind, zudem vielleicht noch erdkugelartig aufgewölbt waren und von größerer Erstreckung sind, bedingen, so daß z. B. das ehemalige abschmelzende Eis der baltischen und kanadischen Schilder und anderweitig das Auftreiben als eine elastische Rückkehr in eine frühere Lage — mindest z. T. — ohne eigentliche isostatische Wirkung erscheint. Die Aufhäufung

großer Sedimentmassen kann ähnlich Verdichtungsbewegungen mit Setzungen oder Senkungen, elastische Durchbiegungen durch bloße Schwere bedingen. Auch manche scheinbar isostatische Bewegungen, die einen Massendruckausgleich erstreben, können hauptsächlich auf exogenen Einwirkungen oder nicht isostatischen Gründen (z. B. Entlastung elastischer Erdrindenteile) beruhen. Einige hierher gehörige Beispiele aus dem Jura sind später unter: »Erosive Abgleitungen oder tektonische Schiebungen?« S. 311 gestreift.

Nunmehr auf Gruppe 2 greifend sei angeführt: Heim, der schon 1882 mit seiner Einteilung der »Bergstürze« im denkbar weitesten Sinne hervortrat, hat neuestens hervorgehoben, daß jeder Fall seine Besonderheiten hat, ein Individuum für sich ist und hat durch eine Reihe beschreibend beigefügter Bezeichnungen oder Zwischenteilungen dem Mangel abzuhelpen getrachtet. So z. B. langsam fließender Bergsturzschuttstrom, langsame Felsrutschungen (Absenkungen), langsam kriechender Felstrümmerstrom, dessen Bewegung stark von der Durchnässung abhängt, ein Gemisch, das nach Art eines kriechenden Schuttstromes sich bewegt; dann tektonische und erosive oder Verwitterungs-Rutschungen u. a. m.

Jahrzehnte lang ist das genannte Baltzer-Heimsche Schema der »Bergstürze« im Gebrauch, auch für Bewegungen, wo es gar nicht paßt und wo ja Heim selbst mittlerweile abgewinkt hat, und was ja nicht zu wundern ist, da ja im seitherigen Zeitverlauf neue Vorkommnisse eingetreten und Erkenntnisse gereift, so daß es demzufolge und vielleicht seiner wie Almagià andeutet etwas zu engen Starrheit, von den benützenden Nachfolgern auch für manche Bewegungen verwendet erscheint, wo die Benutzer dasjenige, was sie im Vorder Satze annehmen, in einem Nachsatze  $\pm$  zurücknehmen oder verbessern mußten, was noch aus dem Nachfolgenden hervorgehen wird.

Wollte der Verfasser vor Jahrzehnten nur die zunächst der Oberfläche unseres Planeten stattfindenden durch die unmittelbaren Wirkungen der Schwerkraft bedingten Bewegungen<sup>6)</sup> in einigen wesentlichen Zügen darstellen — die damals gemeinhin mit dem Sammelnamen Rutschungen bezeichneten kleineren Verschiebungen im oberflächlichen Gelände —, so erweiterte sich seither im Verlaufe der Zeit wesentlich die Aufgabe mit fortschreitender Erkenntnis, wachsender Literatur u. a. sozusagen von selbst, als nunmehr z. B. auch tiefer liegende tektonische, thermische, elastische usw. Ursachen verschiedentlich in Betracht zu ziehen sind und daher jene damalige Beschränkung eigentlich überholt erscheint. Die Fälle sind heute bereits ziemlich häufig, wo z. B. gerechtfertigte Zweifel auftreten, ob es sich nicht bei einer Schollenabtrennung oder Bergschlagerscheinung oder einer bestimmten einseitigen (»gerichteten«) Druckerscheinung im Stollenbau usw. um ganz andere Bedingungen handelt als bisher vielfach angenommen erscheint. So erwähnt auch Heim<sup>7)</sup> einer »besonderen Art von Felsschlipfen« im Jura, wo größere zusammenhängende Schichtfetzen, deren Fuß untergraben

<sup>6)</sup> Jahrb. d. Geol. R. A. Wien 1882, S. 565—588; ferner Allg. Bauzeitung 1886: 1. Rutschung, 2. Sturz (auch Fall), 3. (Schlamm-) Strom.

<sup>7)</sup> Geol. d. Schweiz, I. Bd, 1919.

und deren tonige Unterlage durchnäßt ist, abgleiten ohne völlig auseinanderzufallen, wo bei vielen zweifelhaft, ob es sich um tektonische Überschiebungsklappen oder Verwitterungsbewegung »Erosive Ableitungen« handelt. Weitere Beispiele werden später und in anderem Zusammenhang Platz finden.

Das praktische und wohl auch schon lange vorhandene Bedürfnis nach einer umfassenden und übersichtlichen kennzeichnenden, wenn auch nicht streng systematischen Darstellung oder wenigstens Aufzählung tunlichst aller mindest bisher bekannten Massenbewegungen wird kaum in Frage zu stellen sein. Von älteren Bewegungen liegen nur die  $\pm$  vorhandenen Spuren oder Ergebnisse, deutliche bis verschwindende Reste vor, aus denen die Ereignisse der Bewegungen selbst zu konstruieren sind. Manche Fragen sind mehr minder anscheinend geklärt, andere offen. Tatsachen wechseln mit Annahmen, mit Theorien und Hypothesen, welche letztere häufig zu Erklärungen herangezogen werden, neueren Erkenntnissen gegenüber aber sich nicht aufrechterhalten lassen oder mit der Zeit sich ändern. Eine etwa versuchte Abgrenzung einer Reihe von Begriffen, die z. T. schon eingebürgert — mit »Rutschfläche«<sup>8)</sup> wird ein Beispiel berührt — stößt auf Hindernisse; auch die Wahl der Benennungen der Formen der Bewegungen möchte auf Schwierigkeiten stoßen: So wären — wie W. Meinardus bei Beschreibung der Bodenformen von Spitzbergen gestreift hat — etwa zu wählende Ausdrücke, welche mit der Vorstellung eines Bewegungsvorganges zusammenhängen oder eine bestimmte Ansicht über die Entstehung der Erscheinung verbundene Worte ausdrücken, eigentlich nicht recht geeignet, eine »angemessene objektive Bezeichnung« zu geben. Dann erscheint es aber schon in Anbetracht der großen Fülle hierher zu zählender Vorkommnisse von vorneherein unvermeidlich unter einer Bezeichnung mehrere ähnliche zu umfassen und sie nur etwa in Einzelheiten oder Beispielen u. a. m. zu gliedern. Die Schwierigkeiten der Unterteilung zeigen sich auch darin, daß die Vorgänge mit inneren Verhältnissen des Bewegungskörpers zuweilen nicht zutreffend in Verbindung gebracht erscheinen. So wurde z. B., um nur ein Beispiel zu erwähnen, der Begriff Felssturz mit dem Abbrechen von Schichten quer zur Schichtung in Verbindung gebracht, obschon einestils ein Stürzen nicht notwendigerweise mit einem Abbrechen quer zur Schichtung, sondern auch Schicht auf Schicht oder sonstwie stattfinden kann und überdies in gestörten, stark gefalteten und zerbrochenen Gebieten alle möglichen Flächen beteiligt sein können und die Bewegung auch beim Querabbrechen bis zur kaum merkbaren sinken kann, wie denn überhaupt wohl jede der Bewegungen  $\pm$  zwischen kaum merklich bis heftig ja katastrophal schwanken kann.

Soweit dem Verfasser bisher bekannt wurde, ist Wesentliches — meist nur über Teilgebiete — des Stoffes nachstehend zusammengestellt.

K. E. A. v. Hoff<sup>9)</sup> hat infolge einer Preisfrage der kgl. Gesellschaft der

<sup>8)</sup> Jahrb. d. G. Bünd. Anst. Wien, 1925. S. 46—57.

<sup>9)</sup> Geschichte der durch Überlieferung nachgewiesenen natürlichen Veränderungen der Erdoberfläche. 5 Bände 1822 bis 1841, Gotha; die beiden letzten Bände sind nach dem Tode Hoff's (1837) von Berghaus herausgegeben und enthalten eine Chronik der Erdbeben und Vulkanausbrüche. Der 3. Band enthält viele Zusätze zum 1. und 2. Band.

Wissenschaften (und wegen der plötzlichen Erscheinung einer Insel in der Havel) in ziemlich umfassender Weise solche Veränderungen der Erdoberfläche behandelt, welche geschichtlich überliefert wurden und hat Ansichten, Schlußfolgen und Hypothesen, die keine geschichtliche Grundlage haben, ausgeschlossen. Die Anordnung der einzelnen Tatsachen beruht auf Erscheinungen, deren nähere oder entferntere Ursachen nicht immer kenntlich sind. Was sich der sinnlichen Wahrnehmung darstellt, ist zu betrachten und nach der Art, wie es sich darstellt, aneinander zu reihen; die Ursachen gaben nicht den Grund zur Anordnung: deshalb wurde zuerst Land und Meer betrachtet, dann Veränderungen in ihren Größenverhältnissen. Hiernach kam jeder der Hauptbestandteile in seinen Eigentümlichkeiten zur Sprache sowie die Veränderungen an seiner Oberfläche. Beim trockenen Lande wurden Ströme, Flüsse und übrige Landwässer, alles nur auf die Gestalt bezogen, betrachtet. Sonach ergab sich folgende systematische Übersicht<sup>10)</sup>.

I. (Buch). Veränderungen im Verhältnis zwischen Land und Meer.

A. Verdrängen des Landes durch das Meer oder Vergrößerung der Meerfläche.

1. an einzelnen Küstenteilen.
2. In großen Räumen, durch Zerstörung ganzer Länder und Bildung neuer Meere.

B. Verdrängung des Meeres durch neues Land.

C. Frage: Ob überhaupt eine allgemeine Erhöhung oder Erniedrigung des Seespiegels wahrgenommen wird.

II. (Buch). Änderungen am festen Teil der Erdoberfläche.

A. Ohne Rücksicht, ob derselbe trockener oder Meeresboden ist.

1. Erhebung des Bodens von innen heraus.
2. Einsinkung des Bodens in das Innere.
3. Verrückungen auf dem Boden (wie z. B. bei Erdbeben).

B. Veränderungen auf dem trockenen Lande.

2. Erniedrigung erhabener Bodenteile durch mechanische Zerstörung mittels atmosphärischer Niederschläge; dahin gehören z. B. die allmähliche und die plötzliche Minderung der Höhen, das Abbrechen von Felsen, die Bergfälle usw.
2. Erhöhung des niedrigen Bodens, allmähliche, durch mechanische Wirkungen.
3. Eine den beiden vorhergehenden Abschnitten zugleich angehörende Erscheinung, die Wirkungen des Flugsandes.

Im II. Band bzw. II. Buch (1824) erfolgte eine Ergänzung: Chemische Wirkungen.

Indem plötzliche Zerreißen des Bodens (durch Hitze und Trockenheit, Abbrechen von Material, welche Bergfälle, Bergschlipfe usw. bilden, Erd-

<sup>10)</sup> Ebenda S. 11 ff.

fälle durch mechanische Wirkung) ausgeschlossen werden, wird die Erhebung von Innen heraus, Berge und Inseln bildend, einem unvollkommenen Erdbeben oder vulkanischen Ausbrüche verglichen.

C. Veränderungen am trockenen Lande durch Flüsse und Landseen.

1. Entstehen und Verschwinden der Flüsse und Quellen, Laufänderungen.
2. Veränderungen, welche an Landseen wahrgenommen werden.
3. Änderungen an den Schnee- und Eisbergen, Gletschern u. dgl.

Im III. Bd. (Buch) (1834) erfolgte eine weitere Ergänzung: Die übrigen das trockene Land und Inseln treffenden Veränderungen: allmähliches und plötzliches Niedrigerwerden und Erhöhen (Bergfälle, Bergschliffe, Erdfälle mit sehr vielen Beispielen sowie Zusätzen zu den beiden ersten Teilen (S. 253—486). Vieles gehört in das Reich der Sage oder ist heute  $\pm$  anders aufgeklärt. Die Erscheinungen werden oben unter B nach den chemischen Wirkungen anzuordnen sein.

III. Veränderungen in der Meeresbeschaffenheit.

A. Die Bewegung des Meeres. Strömungen.

B. Innere Beschaffenheit.

Obschon nun viele der vorstehenden bloß oberflächlichen »Veränderungen« ob und unter Wasser zu den Bodenbewegungen zu zählen sind, werden doch manche von diesen in einer solchen Gruppierung nur schwer oder fast gar nicht kennzeichnend genug unterzubringen sein, werden z. T. auch gar nicht erwähnt. Auch das Eindringen in das Wesen der Bewegung, in Ursache und Veranlassung usw. ist in der Übersicht weder durchgeführt noch beabsichtigt. Sind auch viele wichtige Oberflächenbewegungen in zahlreichen wertvollen Beispielen erwähnt, so fehlen doch andere gänzlich. —

Vor allem haben die katastrophalen Massenabbrüche (als Bergstürze bezeichnet) den Impuls zu einer Anordnung gegeben. A. Baltzer hält zwar bereits die Einteilung der Gruppe der sogenannten Bergstürze<sup>11)</sup> kaum für möglich, da schon die Abgrenzung des diesbezüglichen Begriffs schwierig und die Erscheinungsweise mannigfaltig sei. Er fühlte aber dennoch das Bedürfnis, eine Übersicht zu schaffen, und definierte Bergstürze als rasche Lageveränderungen größerer Massen an der Außenseite der Gehänge; somit sind eine große Reihe von Erscheinungen, die er auch z. T. aufzählt, ausgeschlossen (z. B. Senkungen, Abbröcklungen, Einstürze, Ufer, Pingen, Lösungen, Krater, Gebirgsinneres). Nicht verwertet ist die primäre oder sekundäre Entstehung. Im letzteren Fall kommt ein altes Ablagerungsgebiet aufs neue in Bewegung. Baltzer kannte damals dafür merkwürdigerweise, trotz der Häufigkeit in vielen und großen Landstrichen, nur ein (zudem nicht ganz sicheres) Beispiel: Den Sonnenbergsturz bei

<sup>11)</sup> A. Baltzer. Über Bergstürze. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Palaeontologie, Jg. 1880, II. Bd., S. 197 ff. und Über Bergstürze in den Alpen (mit 8 Abb.). Zürich 1875.

C. Schmidt auch im Jahrbuch des schweiz. Alpen-Clubs, X, 1875.

Arth.<sup>12)</sup> Unter Berücksichtigung der Größe des Ablagerungsgebietes und der abgelagerten Massen des Materials und der Richtung des Sammelkanals (Sturzbahn) zu der Schichtung und der Struktur des Gebirges wird folgende Aufstellung gemacht:

Übersicht der Bergstürze

Abmessungen und abgelagerte Massen groß	}	Bergsturz im engeren Sinne. Die Bewegung ging über Schichtenköpfe hinab. (Berg Conto bei Plurs 1618.)					
		Berggrutsch. Die Bewegung ging vorwiegend über Schicht- oder Kluftflächen hinab. (Goldau 1806.)					
Abmessungen und abgelagerte Massen von mittlerem und kleinerem Betrag	}	Die Erscheinung ist einfach	}	Material vorwiegend fest	}	über Schichtenköpfe hinab: Felssturz (Felsberg bei Chur)	
						vorwiegend über Schicht- oder Kluftflächen hinab: Erdschlupf	
						Sturzbahn zusammengesetzt	
						Material vorwiegend schlammig	Schlammstrom (Wäggis 1795)
							Material schon am Ursprung stark gemischt aus Blöcken, Erde und Schlamm; (gemischte Stürze und Rutsche)
Rutsch (Böttstein im Kanton Aargau)							
Sturzbahn zusammengesetzt (Bilten im Kanton St. Glarus 1868)							
Sie ist zusammengesetzt z. B. aus Felssturz oder Rutsch mit sekundär und entfernt von der Ursprungsstelle erzeugtem Schlammstrom. (Vitznau 1879.)							

Die Veranlassungen (Ursachen Baltzers) sind bei dieser Übersicht wenig oder nicht berücksichtigt.

Heim<sup>13)</sup> stellte eine ähnliche Übersicht bei der großen Gruppe der damals (1882) so bezeichneten »Bergstürze« auf, das sind, »an einer Stelle auf einmal

<sup>12)</sup> Neues Jahrb. f. M., G. & P. Jg. 1875, S. 15; im Eisenbahn-, Kanal- und Straßenbau sind die Fälle, daß alte Gleitflächen oder Bruchflächen wieder als neue Rutschflächen wirksam werden, häufig. (Vgl. d. Verf. Arbeit: Jahrb. d. Geol. R. A. Wien 1882. Obschon bereits damals der Verf. S. 584, Note, die Einteilungsgrundlage in Fels und Nichtfels bei Baltzer und Heim, oder Fels und Schutt als ausreichend ersah, bürgerte sich doch diese allzugrobe Trennung in Fachkreisen ein).

<sup>13)</sup> Über Bergstürze. Zürich 1882, S. 22. Die Aufstellung erfolgte ähnlich wie jene Baltzers aus einer nicht großen Zahl von typischen und größeren Beispielen in den Alpen, nach Art der Bewegung und nach der Natur des Materials, d. h. nur nach Fels und Schutt, wobei also eigentlich gewisse Materialien, die wohl nicht in die „Schutt“-Kategorie passen, vernachlässigt erscheinen und begründete derart 4 Grundabteilungen: Fels- und Schutt-Rutsche, Fels- und Schuttstürze; für das, was er darin nicht unterbringen konnte, schuf er dann noch

in talwärts gerichtete Bewegung gelangte größere Massen« (vgl. Definition Baltzer vorher). Er leitet die Erörterungen ein mit (a. a. O. S. 4): »Die Erdrinde besteht im allgemeinen aus festen Gesteinen, welche mit einer sehr unregelmäßigen, oft unterbrochenen Schicht von lockeren Materialien, von Schutt bedeckt sind. In einigen Fällen bewegt sich nur der Schutt, in andern ein Teil des Felsens (»anstehenden« »gewachsenen« Felsens). Danach zerfallen die Bergstürze in 2 große Hauptgruppen: A. die Schuttbewegungen und B. die Felsbewegungen. Daß bei den letzteren oft auch Schutt mitgehen muß, versteht sich von selbst. In beiden Fällen kann die Bewegung während der Abtrennung und im Bewegungskanal eine gleitende oder eine unregelmäßig rollende und stürzende sein.« Nach der Beschreibung von »A. Schuttbewegungen (Schuttbrüche)«; I. Gleitende Schuttbewegung: Rutschung (»Schuttrutschung«, »Erdrutsch«, »Erdschlipf«), II. Rollende oder stürzende Schuttbewegung: Schuttsturz; B. Die Felsbewegungen (Felsbrüche); III. Gleitende Felsbewegung: Felschlipf (Felsrutschung, Bergrutsch bei großen Abmessungen); IV. Rollende oder stürzende Felsbewegung: Felssturz (Felsfall, Bergfall) usw. wird nachfolgende Gliederung aufgestellt:

Bergstürze (éboulements, Bergbrüche)	{	Schuttbewegungen (Schuttbrüche)	{	I. Schuttrutschungen II. Schuttstürze <sup>14)</sup>
		Felsbewegungen (Felsbrüche)	{	III. Felschlipfe IV. Felsstürze <sup>14)</sup>
		V. Gemischte und zusammengesetzte		
		VI. Besondere (Quetschschlammströme per schiacciamente usw., Seeufer, Erdfälle)		

wobei also als erste Einteilungsgrundlage die Art und Beschaffenheit des Materials und sodann die Art und Form der abtrennenden Bewegung (ob gleitend oder rollend) benützt erscheint. Die Art des Materiales wird in »lose Schutt-«, dann später in »lose Erdmassen« und noch später (1911) »alluvialen Ursprungs oder älter« — wo der Begriff Schutt nicht mehr allen Nichtfels umfassen kann — und im Gegensatz hierzu in »Fels« geteilt.

In früheren Zeiten, wo die Gesteinslehre und Geologie (damals »Geognosie«) noch weniger in einzelne Gesteinseigenschaften eindrang, zudem auch offenbar noch weniger Bedürfnisse für eine Unterscheidung von loserem und festerem Material in der Geologie vorlagen, welche aber im technischen Bauwesen über und unter der Erde schon seit sehr lange, schon zufolge der verschiedenen Gewinnungsverhältnisse, dringendst herrschten und dort auch stets, fast ohne geologische Beziehungen, Befriedigung heischte, fand eine Trennung nach den

eine oder 2 andere Gruppen, wie sie hier oben gegeben. Wo die Erscheinungen in weniger bestimmten und vielleicht mehr verschiedenen sowie manchmal mit selteneren oder weniger bekannten Typen außerhalb der Alpen auftritt (vgl. Almagià, Studii geografici I. S. 231), war eine Einreihung bei dem allzu starren System sehr erschwert, worauf der Verfasser bereits 1882 hinwies. G. Braun schaltete eine dritte Bewegungsart ein, das Langsamgleiten.

<sup>14)</sup> Stürzen hängt nicht bloß vom Abbruch quer zur Schichtung (Schieferung) oder den Schichtköpfen ab. Auch auf Schichtflächen usw. können Stürze beginnen.

Festigkeits- und verwandten Verhältnissen in der Geologie noch nicht statt (wie denn auch heute noch manche technische Errungenschaften, Aufschlüsse usw. manchenorts verloren gehen). Unter anderem erklärt z. B. noch F. Hauer<sup>15)</sup>: »Unter dem Namen »Gebirgsart« oder »Felsart« versteht man in der Wissenschaft durchaus nicht allein feste steinige Massen, sondern was immer in größeren Mengen selbständig in der Erdrinde auftritt. Ein lockerer Sand, ein weicher Ton sind ebensowohl Gebirgsarten, wie der feste Kalkstein oder der noch härtere Granit.« C. Lyell erwähnt auch noch in seinen »Elementen der Geologie«: »Daß unter Felsarten selbst der Torf einbegriffen ist.« So wurde denn auch noch im Jahre 1876 der mit Pulver zu sprengende und mit Brecheisen und Spitzkrampen zu bearbeitende tertiäre Steinmergel bei Lasnitz seitens des geologischen Sachverständigen K. F. Peters als »Nichtfels« erklärt, obschon der anwesende Ingenieur K. Scheidenberger naturgemäß die gegenteilige jahrhundertalte Auffassung vertreten mußte<sup>16)</sup>. Früher und seither haben viele Fachleute die Materialunterscheidung in »löse« und »fest« — E. Reyer z. B. unterscheidet Bewegungen in losen Massen und im Festen — in Fels und Nichtfels bei einschlägigen oder ähnlichen Fragen weiter einspruchslos um so mehr benützt, als geradezu in der Gebirgsbildungsfrage die Aggregat- und Festigkeitszustände eine wichtige Rolle spielen.

Was die Beschaffenheit des Gesteins in betreff der gewählten Einteilung Heims betrifft, so sind allerdings in der Natur viele allmähliche Übergänge vorhanden, die eine scharfe oder richtige Klassifikation eines Vorganges häufig erschweren oder einen Gesamtvorgang in Unterabteilungen zu trennen verlangen. Innerhalb gewisser praktischer Grenzen wird aber doch Sicherheit für die Einordnung zu gewinnen sein. In zweifelhaften Fällen werden erläuternde Beschreibungen oder Umschreibungen die Sachlage kennzeichnen können. Bedenklich erschiene wohl auch die Teilung nach Form und Art der Bewegung, wo auch wieder vorwaltend die Grenzfälle die Unsicherheit in die Bezeichnung bringen, ganz abgesehen von der jeweiligen persönlichen Auffassung, die hier weiteren Grenzen entspricht, als im vorhergehenden Fall. Was z. B. der eine noch als rasch bezeichnet, kann dem andern noch als langsam vorkommen, der eine bezeichnet einen Vorgang noch als »Gleiten«, der andere als »Fließen« oder »Strömen« u. dgl. m., der eine bezeichnet eine Bewegung noch als »Rutsch«, der andere die gleiche schon als »Sturz«; bei beiden konnten bedrohte Menschen sich, allfällig ihre bewegliche Habe retten: Das Reißen des Eodens und der Häuser war zu sehen, zu hören; das Vergrößern, Klaffen der Scherrisse, das treppenartige Absinken der oben abgetrennten Scholle, das Auftreiben der Wülste und Stauchungen usw. Das von unserem wohl berufensten Alpengeologen Albert Heim (1982) aufgestellte »Bergsturz-Einteilungsschema« hat in Ermanglung einer besseren Übersicht und weil die Morphologie des Geländes erst im Entstehen war, wohl die meiste Benützung gefunden, wenn damit auch

<sup>15)</sup> Geologie von Österreich, 1875, S. 21.

<sup>16)</sup> Fels oder Nichtfels? Zeitschrift d. Österr. Ing.- u. Arch.-Vereins 1877 und Verhandlungen der Geol. R. A. Wien 1876, No. 5.

vielfach für viele Erscheinungen unter Beibehaltung der aufgestellten Erklärungen ein nicht ganz natürlicher Zwang ausgeübt erscheint oder aber durch Aufgeben oder Nichteinhaltung der Definitionen sich andere als die gewählten Bezeichnungen als wünschenswert oder nötig erwiesen oder daß mit vielen Erscheinungen damit ausgekommen wurde, daß die Klassen der »gemischten«, »zusammengesetzten« und »besonderen« Bewegungen einen weiten Spielraum gewähren und wobei aber häufig Verkläuserungen von den Benutzern gebraucht erscheinen oder Doppelbezeichnungen, so z. B. der »Bergsturz« bei X war eigentlich eine sehr langsame Terrainbewegung<sup>17)</sup>. So hat denn auch, wie bereits angedeutet, Heim ähnlich wie sein Vorgänger Baltzer vielfach das Schema verlassen bzw. manche einzelnen Ereignisse individualisiert, worauf a. a. O. noch etwas eingegangen wird. Hier sei nur noch beigefügt, daß Heim anläßlich der Herausgabe eines Rundschreibens nebst Instruktion an Ingenieure, Topographen, Geologen usw. im Jahre 1911 seitens der schweizerischen geologischen Kommission behufs Sammlung von Notizen über Terrainbewegungen und kartographische Eintragungen in die Siegfriedblätter zur Unterscheidung empfahl:

1. Schuttrutschung (grün): gleitende Bewegung von Schuttboden; derselbe kann alluvialen Ursprunges oder älter sein. Hier und bei den folgenden Bewegungen ist bereits Schutt wohl im weitesten Sinne als lose Massen, Sande, Tone usw. gemeint.
2. Schuttsturz (blau): stürzende Bewegung von Schuttboden.
3. Ufereinbruch (sepia): Schuttrutschung unter Seefläche mit Abreißgebiet am Ufer; hier sind wohl auch jene Bewegungen einbegriffen, die unter dem H<sub>2</sub>O-spiegel sich ergeben, auch bloße Senkungen an Ufern.

<sup>17)</sup> Es ließen sich hier eine große Menge alter und neuer einschlägiger Beispiele zitieren, doch sollen nur aus der von J. Oberholzer stammenden »Monographie einiger prähistorischen Bergstürze in den Glarner Alpen, 1900« Stichproben herausgehoben werden. 1. »Da am Nordhang des Glärnisch die Schichten bergwärts fallen, so müssen wir den Bergsturz Hochwald—Glarus—Netstal (insgesamt 770 Mill. m<sup>3</sup>) nach Heims Definition (1882) unter die echten Felsstürze einreihen«; er ereignete sich vor dem Ende der Eiszeit, es lagen Moränen im Tal, die z. T. aufgeschürft wurden; ihm ging in einer vom Ende der Diluvialzeit noch weit entfernten eisfreien Periode ein großer Sturz am Vorderglärnisch voraus. 2. Der Bergsturz aus der Degen-Weggiskette (aus der Nische Wildheufliche Blanken) betraf die steil talwärts geneigten Schichten, darunter Mergelschiefer, die von noch steilerem Hang schiefer durchschnitten waren; »der Bergsturz ist nach der Art der trennenden Bewegung ein Felsschliff« vermutlich durch den andrängenden Lötsch veranlaßt. Die gleitende Bewegung mußte am unteren Rande der Ausbruchsnische in eine stürzende und schließlich in eine fließende übergehen. Der Rauminhalt des postglazialen Ereignisses übersteigt 600 Mill. m<sup>3</sup>; die Barre hat den Klönsee aufgestaut. Bereits 1593/94 sind am Vorderglärnisch Felsstürze erfolgt. 3. Der Bergsturz von Glärnisch-Guppen aus bergeneinfallenden Schichten mit primärer Terrassierung von 700 bis 800 Mill. m<sup>3</sup> zeigt Mozänen unter und über dem Trämmerkegel, auch in der Ausbruchsnische. Der postglaziale Bergsturz am Rautispitz ist auf steiler (fast eine einzige Schrättkalkschichtfläche) abgeglitten (Felsschliff) (120 Mill. m<sup>3</sup>). Der Sturz von Platten ist ebenfalls ein Felsschliff und ist nach der Eiszeit erfolgt, jünger als der Abgang vom Rautispitz (Obersee, Haslensee Aufstauung).

4. Felsrutschung (violett): gleitende Felsbewegung Schicht auf Schicht.
5. Felssturz (rot): stürzende Felsbewegung<sup>18)</sup>, unabhängig von der Lage der Schichten, also nicht wie früher quer zur selben. In vielfach gefalteten, gefältelten, regelmäßig und unregelmäßig gesondertem oder weichem brechenden Gestein u. dgl. wird die teilweise oder gänzliche Abtrennung selbst bei kleinen Massen kaum einheitlich sein, die Bruchfläche kann  $\pm$  verschiedenen Verlauf nehmen, wie der Verfasser (1882)<sup>19)</sup> in Beispielen gegeben.
6. Zusammengesetzter Bergsturz, besser wäre zusammengesetzte Bewegung (gemischt von 1882 entfiel) (Farben entsprechend den Teilen): Es kann z. B. ein Felssturz nachher Anlaß zu einem Schuttrutsch geben (Ende Dezember 1879 brach vom Vitznauerstock von der steilen nach W gehöhrten Kalkwand ein Stück ab und stürzte (Felssturz) auf eine sumpfige, tonreiche Schuttmasse, selbige im untern Teil in Rutschung bringend (Schuttrutsch); die alte, weiche Masse mit einem Teil der eingesenkten Blöcke stürzte über eine Steilfläche in die Schluchtrinne des Baches, gab also einen kleinen Schuttsturz und das gestaute Bachwasser förderte den Brei als Mure in den See.
7. Besondere Bergstürze (orange): Bewegungen, die sich nicht in obige Klassen bringen lassen (1882 sind hier Quetschschlammströme usw., Seeufer, Erdfälle angeführt, die sich ohne Bedenken abtrennen lassen, auch nicht Kennzeichen von »Bergstürzen« tragen müssen).
8. Muhrgänge (besser Muren<sup>20)</sup> (sienna gebrannt): nur größere. Die größeren Gehängenachbrüche sind unter 1, 2, 4 oder 5 anzuführen (somit scheinen unter 8. Muren die Ablagerungsmassen gemeint). — Für die zeichnerische Darstellung in Farben sind 8 Skizzen gegeben: 1. Bewegung in Vorbereitung (Rißlinien oben voll und unten punktiert oder kombiniert); 2. vollendete Bewegung, Abrißflächenteil voll, glatt angelegt; 3. Abrißklüfte; 4. scherende (seitliche) Randkluft (strichpunktiert); 5. Stauwülste (gestrichelt); 6. Abrißnische ähnlich wie 2 glatt angelegt; 7. Ablagerung (ganze Fläche punktiert, Umriß gestrichelt). — Die Instruktion verlangt: Über jede Terrainbewegung soll auf einem Bogen mit vorgedrucktem Titelkopf (Einlagbogen) möglichst vollständig alles notiert werden, was

<sup>18)</sup> P. D. Buck. Stürzende, gleitende und fließende Gesteinsbewegungen in der Schweiz. Jahresbericht d. Stiftsschule Maria-Einsiedeln Studienjahr 1920/21. Seite 12 ff. —

<sup>19)</sup> Jahrb. der Geol. Reichs-Anstalt Wien 1882; weiters: Technisch-geologisches über den Durchstich von Wasserscheiden im Panama- (Strukturbrüche) und Donau-Oderkanal. Zeitschr. d. Ö. Ing.- u. Arch.-V. 1918.

<sup>20)</sup> »Gänge« wird vielleicht besser für den Vorgang: Murgang, Lawinengang usw. oder für die Bezeichnung der Örtlichkeit des Abgehens benutzt. Stiny (Die Muren, Innsbruck 1910) wünscht nicht, daß die Ablagerungen eines Murganges als Mure schlechtweg bezeichnet werden, für weniger verfehlt hält er es, den Bachlauf oder die Geländefurche so zu bezeichnen, mit Recht will er vielmehr mit Mure den Begriff des »Beweglichen« dieser Verfrachtung ausdrücken.

sich auf dieselbe bezieht, und zwar: 1. Genaue Bezeichnung der Örtlichkeit mit Angabe der Nr. des Siegfriedblattes. 2. Datum und Verlauf der Erscheinung bei vorhistorischen: geologisches Alter. 3. Geologischer Charakter (Material und Lagerung des Bewegten und Stehengebliebenen, Charakter der Trennungsfläche usw.). 4. Abmessungen der bewegten Masse. 5. Ursache und Veranlassung. 6. Folgen aller Art: Stauseen, Wasser- und Schlammgüsse, Arbeiten zur Befestigung oder Rekonstruktion, Schaden usw. 8. Allfällige weitere Mitteilungen. 9. Literatur. — »Es würde sich, wenn man die sämtlichen Erscheinungen dieser Art kontrollieren, das Beobachtete zusammenstellen und kartographisch eintragen würde, ein wahrhaft großartiges Bild von der Beweglichkeit der Erdoberfläche ergeben.« Derartiges wäre für Geologie, Geographie, Topographie und die technischen Wissenschaften wertvoll<sup>21)</sup>. Im genannten Bureau der schweizerischen geologischen Kommission ist das Material bloß bis 1910 geordnet vorhanden; an späterem scheint es — ähnlich wie zufolge des ähnlichen Aufrufes von G. Braun — an Zahl und Vollständigkeit zu fehlen. In neuester Zeit, wo die physikalische Bedeutung der losen Masse in den Vordergrund tritt, sind physikalische Untersuchungen unerläßlich<sup>22)</sup>, sollen die wahren Ursachen gefunden werden.

E. Reyer (»Bewegungen in losen Massen«, »Bewegungen im Festen«) und später A. Penck unterschieden: Massenbewegungen (ursprünglich nur durch Schwere) und Massentransporte, wo also ein Verfrachtmittel die Bewegung mit- oder weiterbesorgte (wo also z. B. H<sub>2</sub>O im Überschuß die Bewegung mit sich brachte). Neuerlich erscheinen die Massenbewegungen an der Erdoberfläche durch Penck in 3 Gruppen gebracht: Bewegung loser Massen, Bergstürze und Abspülung. — Günther<sup>23)</sup> unterschied bei den raschen Bewegungen: 1. Bergstürze, 2. Uferrutschungen, 3. Erdfälle, 4. Murbrüche.

Eine Einteilung genetischen Charakters wurde von Stoppani<sup>24)</sup>, welcher die frane von den scoscendimenti nur durch ihre formidableren Umfänge (Abmessungen) unterschied, vorgeschlagen. Die letzteren teilte er dann in 4 Unterabteilungen: 1. (Scoscendimento) Rutschung durch Aufweichung der unteren Schichten, wenn längs eines lehmigen, aufgeweichten, rutschigen Bodens eine Masse rutscht (2. Fall Heims). 2. (Scosc.) Rutschung durch Erosion der unteren Schichten, wenn Oberflächen- oder Grund-H<sub>2</sub>O untere Schichten zernagen, wegspülen, so daß die oberliegende Masse der Stütze beraubt wird (4. Fall Heim). 3. (Scosc.) durch Quetschung der Schichten (spez. Rutsche Heims). 4. (Scosc.) Rutschung wegen Inkohärenz, Mangel an Zusammenhang, oder Rollen abgelöster, zusammenhangloser Materialien, die gelegentlich an Gewicht zugenommen haben oder irgendwie aus ihrer ursprünglichen Gleichgewichtslage gebracht wurden (1. und 3. Kl. Heims).

<sup>21)</sup> Coaz hat seine Lawinenstatistik kartographisch gegeben.

<sup>22)</sup> Vgl. Terzaghis Erdbaumechanik. 1925. — Vz. P. Abhandl. f. prakt. Geol. 1925.

<sup>23)</sup> Handbuch d. Geophysik, 2. Aufl., Stuttgart 1898, I, S. 885 ff.

<sup>24)</sup> Stoppani — Corso di Geologia, 3. Aufl. a cura di A. Mallarda. I. Milano 1900, S. 155—61.

Nach geographischen Gesichtspunkten bzw. der Neigung sich  $\pm$  zu wiederholen, beruht Pantanellis<sup>25)</sup> Unterscheidung: 1. (le frane momentanee) einmalige Rutschungen, bei welchen die einmal talwärts bewegten Materialien rasch eine Gleichgewichtslage einnehmen, so daß sie nicht mehr anderen Bewegungen anheimfallen. 2. periodische Rutsche in  $\pm$  großen Zeiträumen am selben Ort sich wiederholend. 3. (le frane continue), die andauernden, eigentlich immerwährenden Rutschungen aus besonderen topographischen Bedingungen oder Art der Stoffe, die keine bleibende Lagerung erreichen, sondern in  $\pm$  sichtlicher Bewegung bleiben, sich öfter wiederholen, hauptsächlich zufolge starker andauernder Niederschläge und der Landschaft einen immerwährenden instabilen Charakter verleihen.

R. Tronser<sup>26)</sup>, Göttinger u. v. a. haben kurze Aufzählungen von hierher gehörigen Ereignissen gegeben. Erscheinungen, die stoßweise Veränderungen in der Gestalt der Erdoberfläche zeigen, bespricht P. Girardin<sup>27)</sup>. Er betrachtet in einem Sonderfall die stoßweise meist überraschende Veränderung: I. Gletscherlawinen, II. Anfüllung und Entleerung bzw. Austrocknung der Hochseen (zwischen 2000—2500 m häufig im Gebiet der Haute Maurienne), III. Schuttfracht durch Schneeflecken, IV. Schuttfracht durch Lawinen, die häufig 10 bis 30 m<sup>3</sup> große Blöcke ablagern, welche häufig als »erratisch durch Gletscher verfrachtet« angesehen wurden, V. Umgestaltung der Lawinenrinnen, Zerstörung des Waldes in deren Nachbarschaft und dadurch bewirkte Herabdrückung der Waldgrenze, VI. Bergstürze, VII. Ausbruch von Stauseen. Es sei nicht richtig, nur den langsam und gleichmäßig wirkenden erdgestaltenden Einflüssen Aufmerksamkeit zuzuwenden, sondern es sei auch den »phenomènes actuels« mindest für die Hochregion Beachtung zu schenken.

Der Geograph Robert Almagià<sup>28)</sup> hat in einem großen ausführlichen Werk unter sorgfältiger Sammlung einschlägigen Schrifttums bis ins Altertum in vielen Bildern und 2 großen Karten 1:500000 des Appennins der »franosen« Grundflächen dargestellt. »Frana« äquivalent scoscendimento (nach Almagià u. a.) wird in Italien für alle Erd- und Felsrutsche, alle Schutt- oder Felsstürze und für fast alle ähnlichen Erscheinungen (aber ohne die Erdfälle) gebraucht, wofür im Deutschen ein so umfassender Begriff höchstens etwa unter Massen- oder

<sup>25)</sup> Pantanelli, Gli scoscendimenti montani, »Natura ed Arti« 1896—97, I, S. 483—87.

<sup>26)</sup> Die Veränderungen der Erdoberfl. Peterm. Mitt. 1906. 38.

<sup>27)</sup> Les phénomènes actuels et les modifications du modelé dans la Haut Maurienne. La G. 1905. T. XII.

<sup>28)</sup> Studi geografici sulle frane in Italia I. Soc. Geogr. Ital. Memorie I. & II. Roma 1907, 1910. Bergstürze u. verw. Ersch. i. d. italien. Halbinsel. Geogr. Zeitschr. v. Hettner 1910. Neuere Untersuchungen und offene Fragen über die Morph. d. Zentralappennin. Geogr. Zeitschr. 1912. — Almagià meint, daß Heims allzustarre Teilung zu sehr der Vereinfachung zustrebt. — Anlässlich der Seeuferkatastrophe von Tavergnola (Lago d'Iseo) hat F. Salmojrighi (1907) für die Seeufer 4 Typen aufgestellt: 1. rasche, 2. langsame Bewegungen präquaternärer Felsen, 3. rasche und 4. langsame quaternärer Böden (terreni) (vgl. Verh. d. Geol. R. A. Wien 1908).

Bodenbewegungen, der noch weiter greift, verwendbar erscheint. Auf der italienischen Halbinsel einschließlich Sizilien erscheinen zahlreiche und weite Regionen damit und nicht nur im Tertiär, wo neben den normalen Vorgängen der linearen Erosion und flächenhaften Denudation noch weitere Vorgänge sehr häufig sind. In der Basilicata sind nahe  $\frac{3}{4}$  der Gemeindehauptorte von Franen beschädigt oder bedroht. Die Klassifikation von Heims Bergstürzen im weiteren Sinne paßt nach Almagià schlecht auf Italien, wo einige in den Alpen »unbekannte oder seltenere Typen« auftreten; eine Zwischenstufe (Gleitbewegung) hat G. Braun unterschieden. Almagià definiert unter Anlehnung an Penck unter Frana den Vorgang, bei welchem sich bedeutende fest oder lose zusammenhängende Massen der Hänge vom festen Boden ablösen und mit  $\pm$  Geschwindigkeit hangabwärts gehen. Der Geograph berücksichtigt: 1. den Vorgang, 2. die Gesamtwirkung, Änderung in der Oberfläche, Schaffung kennzeichnender Bodenformen. Die katastrophale Form ist manchenorts sehr selten und viele Änderungen sind nur in langen Zwischenräumen erkennbar; an anderen Orten sind sie, besonders zur Regenzeit, sehr häufig und bleibend. Der Ort oder Beginn des Loslösens ist meist durch ein Sinken des Bodens oben gekennzeichnet. (F. per cedimento, Absinkungsfrane.) Almagià hat nachfolgendes Übersichtsschema (S. 322) für Frane und verwandte Erscheinungen aufgestellt. In der letzten Tafelreihe wurde die davon abgeleitete Klassifikation von G. Braun<sup>29)</sup> angefügt, wobei »Frana« beschränkt erscheint, was aber Almagià nicht gutheißt. Im Heft 2, Juli-September 1924 von Matériaux pour l'étude des calamités Genève (Les Éboulements en Italie) hat Almagià einen Auszug gebracht.

Der Typus I (Lame) ist nur eine relativ  $\pm$  beschleunigte und intensive sichtbar werdende Form (rasch und langsam) der sog. Abspülung (Denudation)<sup>30)</sup> und findet besonders an undurchlässigen Hängen in Tonen, Schiefer-tonen, Lehmen usw. oder auch  $\pm$  gebundenem Schutt statt, ohne sich an etwa vorhandene Flächen zu binden. Es sind ausgebreitete, aber oberflächliche, immer nur gerade die obere Erdhülle interessierende Abtragungen von Materialien, die gewöhnlich das H<sub>2</sub>O zufolge  $\pm$  Durchtränkung, Abwaschung zum Abfließen bringt<sup>31)</sup>. Deshalb ereignen sie sich am häufigsten in nasser Jahreszeit und stärker nach heftigen Regengüssen und während der Schneeschmelze. In weiten Gebieten kommen sie alljährlich in den Regenmonaten vor: z. B. in der Basilicata an den Hängen des rechten Ufers des Basento oberhalb Potenza, an den westlichen Hängen von der Serra Aloja, an deren Fuß die Fiumara von Picerno (Sele) dahinfließt, sowie den südlichen Abhängen der Alpe di Latronico; solche und viele andere Stellen können mit Singer<sup>32)</sup> als fließende Hänge bezeichnet werden. Die ständige

<sup>29)</sup> Über Bodenbewegungen. Sonderabdruck aus dem XI. Jahresbericht der Geograph. Gesellsch. zu Greifswald 1908, S. 5 ff.

<sup>30)</sup> Vgl. Penck, Morph. d. Erdoberfl. I, S. 231 ff.; E. Brückner, Die feste Erdrinde und ihre Formen. 1898, S. 198 ff.

<sup>31)</sup> Die sommerliche starke Hitze trocknet und spaltet die entblößten tonigen Gesteine und bedingt dann das Durchtränken bei Niederschlägen.

<sup>32)</sup> Zeitschr. d. Österr. Ing. & A. V. 1902, S. 102 ff.

## Typen der Frane und verwandter Erscheinungen nach R. Almagià

		Vorkommen besonders	Entsprechende Formen der normalen Zerstörungsprozesse (Demolitionsprozesse)	Korrespondierende Kategorien von Braun*)	
Einfache Typen	I. Lame (Abspülung) oberflächlich beständig	schnelle (rapide) [mit steilem Ab- hang], (beschleunigte, katastro- phale) langsame (lente) [mit sanftem Ab- hang] im gewachsenen Fels (Ton, Scherbenton, Mergel, Ton- schiefer mit Einschaltungen oder Glimmerschiefer) im Schutt harter Fels auf tonhältiger Unter- lage (letto argilloso) toniges Material auf harter Unter- lage α. Abrollen von steilen bis lot- rechten Flächen β. Stürze, Abbrüche, an den Steil- hängen von Flüssen und Bächen, wo hartes Gestein über tonigem liegt, welches vom Flusse erodiert wird.	im eoziänen Flysch im tonigen, mergeligen Pliozän im sandigen und marinen Miozän	Abwaschung oder Abspülung, Wegspülung; Calanchi, (scrima) Racheln	Schlipf, Schlamm- strom Schlipf, Gekriech (besser Kriechen!)
	II. Absinkungsfrane (Frane per cedimento) nicht mehr oberflächlich, sondern schon tiefer greifend keine vorhandene Fläche; (bis mehrere Meter stark; sprungweise vorkommend in I.)		Frana (im ortsfesten Fels)	Frana im Schutt	Frana Schuttrutsch, Frana
	III. Gleitungsfrane (Frane per scivolamento) Gleitfläche, Schichtfläche vorhanden		Felsrutsch	Schuttrutsch	Felsrutsch Fels- oder Schuttrutsch
	IV. Felsstürze (Frane per rotolio)		im Kalk u. Dolomit	(Fels- oder Schuttabrollung), Bewegungen zerteilter u. isolierter Massen (Abbrüche)	Fels- oder Schuttsturz Abbrüche
Gemischte Typen	gemischte Frane (am häufigsten vorkommender Fall ist II und IV [β]) Zusammengesetzte Typen entstehen aus der Verbindung der Vorgänge Erosion und Abtragung (Demolizione)	im eoziänen Flysch im sandigen Fels, plioziänen Sand, vulkanisch. Tuffen	Frane miste	gemischte Frane	
		forre, treppenförmige Abtragung und Erosion von wechselnden Ton- und Sandsteinschichten balze, ähnlich wie vor. (einzelne festere Schichten)			

\*) Anmerkung siehe folgende Seite.

Abtragungsbewegung mindest während nasser Zeit, ihre Oberflächigkeit, sowie die Tatsache, daß in der Anfangszone keine Nische oder Höhlung, gewöhnlich auch keine bestimmte Abreißlinie erscheint, sind die vornehmsten Merkmale für diesen Abspülungstyp (Lama), wie er besonders in Toskana aber auch andernorts bezeichnet erscheint und können diese Lama ein sehr mannigfaches Aussehen aufweisen, entsprechend der Bodenböschung und der Wasserdurchtränkung. Bei geringer Abdachung kann die Bewegung außerordentlich langsam, fast unmerkbar sein, eine Form der Abtragung, die schon dem Kriechen stark ähnlich; z. B. an den Hängen der Serra Aloja, wo im Sommer, wenn alles starr und das Gras die Bodenrisse bedeckt, der eilig Reisende einen sich selbstbewegenden Boden zu seinen Füßen nicht bemerkt und der Mangel an Bäumen und Gebäuden in einem viele Quadratkilometer weiten Raum auffällig ist. Eine aufmerksame Untersuchung gibt dann die Erkenntnis von Senkungen und Verschiebungen im Straßenplane usw. Gegensätzlich erscheinen andere Gegenden: wo die Böschung steiler und das H<sub>2</sub>O die oberen Schichten reichlich durchtränkt,

Anmerkung zur vorhergehenden Seite:

Braun, der einen großen Teil der oberflächlichen und exogenen Bewegungen nach Heimischen Grundlagen und 2 weiter geteilten Argumenten vergrößerte, klassifizierte und auch Einzelbegriffe festlegte, ferner »Bodenbewegung« nur auf Oberflächenvorgänge anwendete, unterschied bereits früher bei den rascheren und oberflächlichen Massenbewegungen: 1. Gleit-(langsam)-, 2. Rutsch(raschere)-, 3. Sturz- und 4. sackende Bewegung; bewegt wird: 1. weiches plastisches Material, und zwar gleitend (als Gekriech, Schlipf, Schlammstrom) oder rutschend (als Frane); 2. Schutt (als Schuttgekriech-, -rutsch-, -sturz); 3. Fels (als Felsrutsch-, sturz- und -abbruch). Sackende Bewegungen oder Erdfälle sind bei allen Bodenarten möglich. (In der Schweiz werden unter „sackenden“ Bewegungen auch Rutschvorgänge z. T. auch tektonisch bezeichnet). Supan (Physische Erdkunde) prägte die Bezeichnung „Bodenversetzung“, behandelt periodische und unperiodische punktweise, lineare und flächenhafte Destruktion und stellte die umstaltenden Vorgänge der Verwitterung, Denudation, Erosion, (Zerstörung, Abfuhr, Neubildung: Eluvium, Alluvium), sowie die wirkenden Kräfte (Agentien, Anlässe) bestehend in Fließwasser, Sturz- und Sprudelwasser, Spülwasser, Brandungswasser, Eisfluß, Wind in den bezüglichen Vorgängen der Bodenversetzung, Flußerosion, linear oder seitlich Evorsion (Geinitz), Flächenspülung (Passarge, Valz), Schichtflut (Penek nach dem engl. sheet flood), Abrasion (Richthofen), Exaration (Walther), Deflation (Walther) in zwei Schemas (a. a. O. S. 467—468) dar. Das auch unter der Pflanzendecke usw. wirkende Kriechen fand noch keine Aufnahme unter den sehr langsamen, unmerklichen Abtragungsfaktoren. Ampferer unterschied »lebende« und »abgestorbene« Schutthalden, ob fortwachsend oder nicht. Hettner (G. Z. 1912) will weniger das Alter als die Art des Vorganges und des Gesteins berücksichtigen. Da in neuerer und neuester Zeit dem Formenschatz, der Entstehung und Altersbestimmung unter Berücksichtigung der Pflanzendecke der Schuttbildungen analysierende Behandlung bis fast 2400 Höhenmeter zu Teil wurde, ergaben sich verschiedene Einteilungen\*), sowie Bezeichnungen.

\*) Vgl. Bargmann, Der jüngste Schutt der Nordkalkalpen usw. Ver. f. Erdk., Leipzig, Bd. II, Teil III, 1894. — P. Girardin, Etudes de cônes de déjections (Ann. d. Géogr. XIX, 1910). — L. Horwitz, Contribution à l'étude, des cônes de déjections etc. Soc. Vaudoise d. S. N. 1911. — M. Gortani, Falde di detrito e coni di deiezione nella valle del Tagliamento. Riv. Geogr. Ital. 1912. — L. Koegel, Schuttkegel aus den Ammergauerbergen. Geog. Ges. München XIV, 1920. — Koegel, Schuttmantel. Zeitschr. d. D. u. Ö. Alp. V. f. 1924.

kann die Rutschbewegung etwa den Charakter von Schlammströmen annehmen, in welchem Falle auch im Sommer die Oberfläche kahl, nackt, wellenförmig, wie plötzlich erstarrte Lava wird. Reyer<sup>33)</sup> hat sie aus den Kreiden des toskanischen Vorlandes beschrieben und sind sie häufig in den Becken des Sangro, Trigno, Biferno usw.

Den II. Typ »Frane per cedimento« (Absinkungsfrane) trennt nur ein Stufenunterschied von I ab und findet er in den gleichen (tonigen) Gesteinen statt, sowie das H<sub>2</sub>O immer der Hauptimpuls ist, indem es die Stoffe durchfeuchtet, deren Gewicht vermehrt »und sie somit aus der ursprünglichen Gleichgewichtslage rückt und zum Herabsinken bringt«. Doch ist die Bewegung nicht mehr bloß ganz oberflächlich, sondern greift bis mehrere Meter oder Zehnermeter tief, die sich aus der umgebenden, vorläufig fest gebliebenen Masse abtrennt und herabsinkt, um sich unterhalb in einer Art verflachtem Kegel abzulagern. Deshalb unterscheidet sich gewöhnlich das Abrißgebiet bestehend aus steilen Rändern der stehengebliebenen Masse (Nische) und das Ablagergebiet oder -zunge, wo das Material durch allmähliche Feinbewegungen ± zur Ruhe gelangt. »Es fehlt aber an einem wohlbestimmten Rutschungsbett: die unteren von der Frana bloßgelegten Schichten können ebenso gut später abschlipfen, wenn wieder die Anlässe, welche die erste Bewegung auslösten, zusammentreffen«, was oft eintritt, weshalb Periodizität ein Merkmal dieses Typs. An Hängen, wo gewöhnlich die Lame beständig vorkommen, können »sprungweise Frane II. Typs stattfinden, wenn ein bestimmter Impuls an irgendeiner Stelle des Abhanges eine gewaltige Scholle längs einer Linie zerreißt«. Braun hat diesen Typ mit der Bezeichnung Frana in engerem Sinne belegt. Pollack (1882) als Rutschungen ohne ausgesprochene Rutschflächen (a. a. O. S. 566 bis 575) bezeichnet; vgl. auch Pollack, Jahrb. d. Geol. B. Anst. 1925, S. 45 bis 57. Die nächste Type III ist an vorhandene Flächen, besonders Schichtflächen, nach Almagià geknüpft.

2 Kategorien können hier unterschieden werden: im gewachsenen Fels (Ton, Scherbenton, Schuppenton, Mergel, Tonschiefer, mit Einschaltung von Sand, Sand- oder Kalkstein in feinen Schichten, wie im Nordapennin, den Abruzzen, in der westlichen Basilicata usw., oder Glimmerschiefer, wie die paläozoischen Filladen in Kalabrien) oder im lockeren Schutt; Beispiele letzterer können in Kalabrien, in der oft mehrere Zehnte von Metern dicke Verwitterungskrusten des unterliegenden Granits beobachtet werden; in der Alpenzone, auch im Glazial-(Moränen-)Schutt. Dieser 2. Typ ist der häufigste: Hauptschauplätze sind die Bildungen des Flysch (Eozän), z. B. der Subapennin von Ämilia (besonders zwischen Trebbia und Sillaro), die Täler des Pescara, Sangro, Trigno, Biferno, Fortòre, Ofanto usw., das obere Voltornotal und ein großer Strich der Basilicata (Täler des Sele, Noce, Sinni, Agri und Basento).

III. »Frane per scivolamento« (Gleiten) wird für jene Bewegungen beschränkt, „bei denen ein wohl bestimmtes Rutschungsbett, oder eine Gleitfläche

<sup>33)</sup> Reyer, Aus Toskana, Wien 1884, S. 67 ff. — Theoret. Geol. 1888, S. 41 ff. — G. Braun. Zur Morph. d. Volterrano in: Zeitschr. f. Erdk. Berlin 1909 S. 771 ff.

vorhanden ist, d. h. wo die obere Schicht auf einer gewöhnlich von Sickerwasser lubrifizierten Unterlage schlittert. Die Zerreißung der gleitenden Scholle erfolgt längs einer oder mehrerer Klaffen, welche die Oberfläche durchkreuzen; die Wirkung des Frostes, der, wie bekannt, jene Klaffer veranlaßt (?), ist also eine der bedeutendsten Ursachen — sollte wohl heißen Anlässe — solcher Franen (etwas anders »cause provocatrici«)<sup>34</sup>. Die Unterlage, das Rutschbett, ist am häufigsten undurchlässig, wie Ton usw.; die obere schlitternde Schicht kann Sandstein sein, wie im Eozän des Subapennins, oder Sand, wie im Pliozän, wo gelber Sand auf blauem Ton lagert. Am Südfuß des B. Majella erfolgt das periodische und langsame Gleiten dicker Lager kalkigen Schutts auf toniger Unterlage: auf einem dieser Lager liegt Tarnta Peligna, welches im letzten Jahrhundert mehrfach zerstört wurde. — Auch entgegengesetzte Lagerung erscheint möglich, d. h. eine obere tonige Gesteinslage schlittert über eine aus härterem Gestein (wie Kalk- oder Sandstein): häufig im Zentralapennin, wo die tonigen Formationen des unteren Eozäns auf mesozoischem Kalk (sog. scalia usw.) liegen. Am großartigsten im Nordapennin, in den Becken des Taro, Secchia und Panaro, im Sdapennin in den Tälern des Sele, Noce usw. Die schlitternde Scholle ist oft von ungeheurer Dicke, in welchem Falle sie manchmal mit der ganzen Decke von Bäumen, Wald, auch Gebäuden abgeht, ohne daß sie zu sehr zerrüttet werden. So im Cilento (ein Provinzteil von Salerno zwischen den Buchten von Salerno und Policastro), wo Dorf Laurito mit lbaumwldern langsam über eine sehr tiefe Unterlage wandert.

IV. Die »Frane per rotolio« (Felsstürze) lassen sich unterteilen in

α) Stürze an steilen oder lotrechten Wänden hoher Berge aus hartem, aber vom Frost zerbrochenem und zerklüftetem Gestein (Dolomit, Kalk). »Der Frost ist hier also die Hauptursache, indem er die Hsion in der oberflächlichen, ursprünglich festen Masse vermindert.« Solche Bewegungen erfolgen gewöhnlich im Frühjahr, wenn das bindende Eis schmilzt und die gelösten Trümmer an den Steilhängen abrollen. Hierher gehören die leicht verwitternden dolomitischen Gesteine (Trias), die wenig auf der Halbinsel vorkommen: am 22. Dezember 1899 trat bei Amalfi in der Halbinsel von Sorrento ein Bergsturz an der Steilküste des dolomitischen Kalksteins ein<sup>34</sup>). Die kalkartigen Wände der Gran Sassogruppe, dann die Alpi Apuani, geben einschlägige Ereignisse. Am großartigsten erscheint der ungeheure (prähistorische) Felssturz des B. Genziana (Abruzzen), der durch Sperrung des oberen Sagittario (Nebenfluß des Aterno-Pescara) den See von Scanno erzeugte.

β) (frane per crollo) Stürze an Steilhängen längs der Flüsse und Bäche, wo hartes Gestein, wie Sandstein, vulkanische Tuffe usw. ber tonigem Gestein, welches vom Flusse erodiert, untergraben wird; die obere sttzlos gewordene Masse stürzt dann allmählich und stückweise ab, was in der Pliozän-Zone des Pr-Apennin häufig, wo gelber Sand über blauem Ton liegt. In der Gegend des Bolsena-Sees, wo über denselben Tönen vulkanische Tuffe liegen, an

<sup>34</sup>) De Lorenzo, Geologia e geogr. fisica della Italia meridionali, Bari 1904, S. 72ff.

den Steilhängen des Hügels von Orvieto, in der Pliozänzone des adriatischen Sub-Apennin, in der Südbasilicata (Bradannotal) erscheinen sie, IV  $\beta$  war ursprünglich als Typ V als letzter einfacher Fall als »Rutschung durch Zusammenbruch« abgetrennt in Anlehnung an Stoppani's »Abbrüche infolge der Erosion des Unterbodens«, wo also die Stütze genommen wird. Demnach wäre die »Erosion« der Hauptfaktor, also eigentlich der Anlaß als Klassifikationsgrund aufgestellt, was nicht nötig erscheint. Als Beispiele sind Stellen angeführt, wo der genannte gelbe Sand auf blauem Ton im Pliozän von Toscana, Basilicata usw. in Bewegung gerät.

Alle vorgeführten Typen unterscheiden sich also »nach den äußeren Erscheinungen, wie auch z. T. nach den Ursachen«<sup>35)</sup>. Die Verbreitung ist an die geologischen Verhältnisse gebunden, die Übergänge der Typen sind naturgemäß häufig, auch sind die Unterschiede in den einzelnen Arten nicht scharf, vielmehr gibt es in der Entwicklung jeder Frana einen gewissen Zyklus und Braun hat den Lebenszyklus des Typs II gut behandelt<sup>36)</sup>.

Auf die häufigen gemischten Frana soll nicht eingegangen werden. — Als Ergebnisse der verbundenen  $\pm$  beschleunigten Wirkung der Erosion und Denudation erscheinen verwickelte Erscheinungen, z. B. die Forre des oberen Valdarno, »welche vielleicht ihre Entstehung einer Zusammenwirkung der die ‚Calanchi‘ erzeugenden Prozesse, mit denjenigen, die die Frane IV  $\beta$  bedingen, verdanken.« Auch sind die Calanchi, die anderwärts als Racheln, Rocheln usw. bezeichnet erscheinen, auch an die »Bad Lands« erinnern,  $\pm$  parallel oder auseinanderstrebende tiefe Runsen umfassen, die bei weiterer Zerkerbung in gewissen Materialien zu den Erdpyramiden oder -pyramiden führen können, im Trontotale, den Tälern des Piomba und Saline, im Hochtale des Alento, im tyrrhenischen Abfalle, in der Zone östlich des Bolsenosees usw. verbreitet. »Sicher scheint nur, daß die Calanchi eine fast ausschließlich für das tonige Pliozän eigentümliche Erscheinung sind und scheint auch, daß sie desto typischer, um so reiner die Tone sind (?); weiter sind für ihre Entstehung besondere hypsometrische Bedingungen nötig.« Die besondere Steilheit der Erdpyramiden in den Moränen erscheint noch nicht genügend erforscht: die häufigen Decksteine derselben, aber auch sonstige Decken aus Rasen, Wurzelwerk, verhärtete Schichten usw. sind aber, wenn sie auch der Abspülung etwas entgegenwirken, keineswegs Bedingung ihrer Bildung, doch wird hier nicht weiter darauf eingegangen, ebensowenig auf ähnliche Formen in festen Kalken, Graniten oder in Schottern usw.

»Wo hingegen den Tonen Sand- oder Sandsteinschichten eingeschaltet sind, findet eine Zusammenwirkung der Abtrags- und Erosionsprozesse statt. Die vertikale Erosion kleiner Wasserläufe schneidet ziemlich rasch tiefe Schluchten ein, die ursprünglich sehr eng sind: auf ihren Wänden beginnt aber bald die Abspülung der Tone durch Regen oder Quellen, die äußeren Ränder der widerstandsfähigeren Sandsteinbänke bleiben dann stützlos und stürzen ab; die

35) Hinzuzufügen wäre: sowie **Anlässen!**

36) Beiträge z. Morph. usw. S. 43 ff.

Schluchten werden also immer breiter und von unten nach oben treppenförmig ausgestaltet. Es entstehen die Forre.« Auch die »Balze« von Volterra und ähnliche Formen, welche häufig in der adriatischen Subapenninzone die sanften Hänge tertiärer Hügel unterbrechen, werden von im Grund nicht sehr verschiedenen, aber vielleicht etwas verwickelteren Vorgängen gebildet. Die Balze erscheinen auch im Ofantotal, den Hügeln von Andretta und Cairano, sowie von Offida im Trontotal, vom Pisticci in der Basilicata usw. (»Ripe«).

Eine Einteilung einiger Massenbewegungen lieferte auch Ernest Howe<sup>37)</sup> und zwar: 1. Bewegung lockerer Massen (Detritus). a) Kriechen [Schutt- oder Erdkriechen; soil (or earth) creeps], b) Bodenrutschungen (earth slides or soil slips, langsame Erd- oder Schuttbewegungen), c) Schlammströme (mud flows), d) Böschungsabsatzungen (talus slumps), e) Submarine Gleitbewegungen am Rande des Kontinentalschelfs oder an Deltas (submarine slides usw.). 2. Bewegungen fester Massen (solid rock, guter Fels). a) Felsrutschungen (rock slides; large masses of rock rataling backward on axes parallel to strike of slope down which movements takes place), b) Steinschläge, Abbrüche, echte Bergstürze. 3. Bewegungen von Detritus und festem Fels (Bergstürze oder Rutschungen; Block-, Stein- oder Schuttströme). 4. Verschiedenes; weitere Rutschungen, Pingenbildung und Sackungen. Im Englischen ergibt sich die Schwierigkeit einer scharfen Unterscheidung zwischen »Felschlupf« und »-sturz«, da slide und slip langsame Bewegungen ausdrückt. Es werden innere und äußere Ursachen unterschieden. — F. F. Hahn hat (1912) die subaquatischen Gleitungen unterteilt (fossile und rezente Gleitung, Kriechen, Fließen. — Sölch<sup>38)</sup> trennt die Massenbewegungen nach Fels- und Bodenbewegungen, je nachdem sie festes Gestein oder lockeren Boden betreffen, sowie er überhaupt das Wort Boden »lieber auf das lose Gestein beschränkt wissen« möchte: „„der feste »gesunde« Fels (mit großer Kohäsion) setzt sich erst dann in Bewegung, wenn Spaltenverwitterung oder Krustenerschütterungen die Kohäsion aufheben (Fels- oder Bergstürze) oder Wasserdurchtränkung sie beseitigt (Felsrutsche; aber auch, wenn die Reibung dadurch so stark abgemindert wird, daß sich seine Unterlage mit Wasser, das er selbst durchläßt, vollsaugt und glitschig wird (Felsglitsch oder Bergschlipf)““. Verschieden nach Art und gegenseitigem Verlauf der Ablösungsflächen, die mit den Flächen geringster Kohäsion zusammenfallen<sup>39)</sup>, sind die Formen im Wurzelgebiet (der Felsbewegungen). Sölch hebt auch die »rascheren« Bewegungen hervor.

Oberste-Brink<sup>40)</sup> hat in seiner Einteilung (natürliche und künstliche Bodenbewegungen) einer großen Gruppe des Stoffes auch tektonische Bewegungen

37) Landslides in the San Juan Mountains, Colorado, including a consideration of their causes and their classification. Washington 1909, U. S. Geol. Surv. Prof. Pap. No. 67. — Ref v. F. Machatschek. Über Ursachen und Einteilung einiger Massenbewegungen. Peterm. Mitt. 1912, II, S. 150.

38) Die Formung der Landoberfl. Hdb. Kende 1914, S. 144 ff.

39) Vgl. Vz. Pollack, Jahrb. d. Geol. R. A. Wien 1882.

40) Über natürliche Bodenbewegung. Vortrag auf der X. Hauptvers. d. deutsch. Markscheiderevereins. Mitt. aus d. Markscheidewesen, Jg. 1914.

als bedingend einbezogen. Er behandelt Bodenbewegung infolge: 1. Böschungsbildung (langsame Böschungsbildung und Erdrutsche). 2. Überlagerung durch schwerere Massen. 3. Wechselnden Grundwasserstandes. 4. Schrumpfung und Ausdehnung. 5. Auslaugung und Ausspülung (Trichter, Senkungen). 6. Langsamer tektonischer Bewegung. 7. Erdbeben. Bei der langsamen Bewegung sind erwähnt: durch bloße Temperaturänderung, Oberflächenteile durch Niederschläge, lockernde Wirkung durch Tiere und Pflanzen, Hakenwerfen, Schweißbildung, Innenwanderung an Rutschflächen, darunter terrassenförmige Absinkungen mit kleinen Überschiebungen, Faltungen, Stauchungen und Durchknetungen. Bei den Erdrutschen sind Bergsturz und -schliff, Murgang u. dgl. angereiht. Bei 2. erscheinen die Pressungen und Faltungen durch (diluv.) Eis, Überlagerung von Tonen durch Schotter u. dgl., durch Basalte (Vogelsberg: Lauterbach-Angersbach). Bei 4. Kompaktwerden, Austrocknen, Auslaugen, chemische Umsetzung, Stoffverminderung, Schwellen durch Wasseraufnahme in Moorboden, Auftrieb durch Gas.

Stiny<sup>41)</sup> hat die durch die Schwerkraft bedingten äußeren Massenbewegungen in folgender Übersicht gegliedert:

Die Schwerkraft greift an				
I. unmittelbar auf	Fels	festes Material stark überwiegend	Fels- { sturz schliff	
	Schutt		Erd- { sturz schliff gekriech	
II. mittelbar auf	Schutt mit Hilfe	flüssiger Körper (Wasser)	1. Die Masse festen Materiales überwiegt noch	I. Eis- II. Aschen- III. Moor- IV. Geröll- } Mure
			2. Die Masse des Wassers überwiegt	Niederwasser } fließender Mittel „ } Gewässer Hoch „ }
		fester Körper	Masse des während kurzer Zeitabschnitte bewegten Ma- teriales meist gering	Schneebewegungen (Lawinen usw.) Eisströme (Gletscher usw.)

Hierbei ist die Möglichkeit von Bewegungskombinationen und zahlreicher Übergänge in Betracht zu ziehen. Wo die Schwerkraft mittelbar durch gewisse Verfrachtungsmittel (Gletscher, Lawinen, fließende Wässer, Wind) wirkt, bleiben diese nicht ohne Einfluß auf die Bewegung der ganzen Masse, besonders bei den fließenden Wässern. Die schwebenden feinen Materialteilchen, die meist auf dem

<sup>41)</sup> Die Muren. Innsbruck 1910, S. 2 ff.

Grunde bewegten Geschiebe und Gerölle verzögern ebenso wie die größeren Materialmassen der Hochwässer die Geschwindigkeit. Bei Zunahme des mitgeführten Trümmerwerks entsteht eine  $\pm$  zähflüssige Masse aus Wasser, Erde, Sand, Schutt, Blöcken, Holz und an die Stelle eines geröllreichen Hochwassers tritt die echte Mure: Stiny unterscheidet (nach oben) Eis-, Aschen-, Moor- und Gerölmuren. Ein und derselbe Faktor kann sowohl Material erzeugend als bewegend auftreten. Häufig werden die Muren von den Wildbächen nicht getrennt, auch trockene Muren angeführt. Reyer hat den Ausdruck »Schlammstrom«, andere (Braun) diesen Terminus für eine andere Bewegungsart loser Massen benützt. Auch örtliche Bezeichnungen wie: Gieße, Lahn, Züge, Rufe, Riefe usw. sind im Schwange. »Die Geschiebemassenverfrachtung selbst soll als Murgang, die unmittelbare Ursache von Murgängen als Murbruch bezeichnet werden«. Hingegen ist als verfehlt zu bezeichnen der Begriff Mure, mit dem in der Schriftsprache die Bedeutung des »Beweglichen« bzw. »sich bewegend« verbindet, auch auf die Ablagerungen von Murgängen anzuwenden<sup>42)</sup>. Für die durch die Materialbewegungen erzeugten Hohlformen hat Stiny<sup>43)</sup> die Bezeichnungen Feilen-, Ufer-, Damm-, Blatt- und Muschelbruch vorgeschlagen, ferner weiter unterschieden<sup>44)</sup>: 1. Jungschuttmuren: a) echte Verwitterungsmuren, b) Jungschuttmuren im engeren Sinne, c) Rasenschälmmuren, d) Terrainbruchmuren. 2. Altschuttmuren. A mit trockenen Einhängen, A<sub>1</sub> Einhängen von Sickerwässern durchfeuchtet, a) mit vorherrschenden Uferbrüchen, b) mit vorherrschenden Muschelbrüchen, c) mit vorherrschenden Feilenbrüchen, d) mit kombinierten Brüchen. 3. Gemischte Muren, a) Jungschutt als Murerreger, b) Altschutt als solcher. 4. Besondere Murformen<sup>45)</sup>.

Stiny<sup>46)</sup> faßt unter »dem Sammelnamen ‚Bodenbewegungen‘ alle Veränderungen der Erdoberfläche zusammen, bei welchen nennenswerte Teile der Erdkruste ins Stürzen, Rutschen, Gleiten oder in ganz langsames Wälzen und Abkriechen geraten«. »Die Schnelligkeit der Bewegung kann also die ganze Stufenleiter von überaus rascher, fast blitzartiger Abwicklung und mit freiem Auge nicht wahrnehmbarem, jährlich nur wenige Millimeter betragenden Fortschreiten durchlaufen«; außerdem scheidet Stiny die Bodenbewegungen von den Ablösungen »vereinzelter Trümmer von der oberflächlich verwitternden

<sup>42)</sup> Ganz ähnlich geht es mit den Berg- oder Felsstürzen usw., wo häufig auch die Ablagerung so bezeichnet wird, statt: Sturzkegel oder Schutthalde usw.! (Anmerk. des Verfassers).

<sup>43)</sup> A. a. O. S. 26 ff.

<sup>44)</sup> Ebenda S. 89 ff. — Kreuter behandelt in seinem Wasserbau (1921) die Wildbäche und Muren und gibt Literatur darüber. Frech unterschied die Muren (Schuttströme, Rufen) nach der Baumgrenze in Hoch- und Niedermuren.

<sup>45)</sup> Stamm (Geol. Rdschau) faßt unter Schuttbewegungen zusammen: Sackung, wandernder Schutt (Haken, Schleppen, Gehängedruck), Kriechen, Solifluktion (Schlammgletscher und -Ströme), stone rivers (Steinflüsse) (fossile Schlammströme, fossiles Gekriech), Steingletscher, rock streams (Steinströme) verschiedener Gruppen.

<sup>46)</sup> Technische Geologie. 1922, S. 386 ff.

Mutterwand, die Einzelabbruch, Steinschlag oder -fall« genannt wird.<sup>47)</sup> Während dieser erst in längerer Zeit die Abfuhr eines Gewässers beeinflussen kann, löst ein Massenabbruch bald gewaltige Wirkungen aus; die Mehrzahl der Massenabbrüche bringt unmittelbar Massen »in vorüberziehende Bachbette«. »Die Bewegung kann durch die Luft erfolgen, die Trümmer sausen nieder oder springen (zumeist) laut krachend in mächtigen Sätzen zu Tal; hier liegt ein sog. ‚Sturz‘ vor oder es rutschen die losgelösten Schollen auf der schiefen Unterlage . . . ab«, wo dann von einem Rutsche gesprochen wird. Behält die Masse im großen und ganzen ihren Zusammenhang oder erfährt sie nur eine geringe innere Zerrüttung, wobei die Teile ihre gegenseitige Anordnung im Raume ziemlich bewahren und in derselben Reihenfolge wie bei der Bewegung zur Ruhe gelangen, dann fand ein Gleiten statt. Stark durchfeuchtete sich mehr wälzende Massen bezeichnet Stiny als »Gewälze«. Je nach Art des Materiales werden Bewegungen des gewachsenen Felsens und des zusammenhanglosen Schuttes unterschieden, zu dem auch weiche bildsame Massen gerechnet werden. Am Beginn der geologischen Jetztzeit waren Felsstürze, -rutsche und -schlipfe (gleitend) häufiger als jetzt. Heute sind die meisten Gebirge in Schutt gehüllt oder die Hänge bereits unter die der Inbewegungssetzung von Fels günstigen Höchstböschung abgefeilt und herrschen die Schuttbewegungen vor. Ob der stetigen Abwärtswanderung der Schutthülle, dem Kriechen gewisse äußerlich im oberen Hangteil vorkommende »schmale, ritzenartige, klaffende Bodenspalten, vernarbte Hangnischen und Schrägstellung, Säbelwuchs und Stelzbeinigkeits der Waldbäume, im unteren Gebiet durch Wülste und wellige Rasenaufreibungen« zuzuschreiben<sup>48)</sup>, mag vielfach sehr fraglich erscheinen. Die im Hochgebirge an Häufigkeit und Bedeutung zurücktretenden Bewegungen bildsamen Materiales treten an den Vorbergen und Mittelgebirgen bis in die Hügelländer hervor. Es läßt sich von einem Weichmassensturz, -rutsch oder -gleiten sprechen (in Italien frana). Schlammstrom (G. Braun) und Mure sind nicht zu verwechseln; bei ersterem spielt das geringe Wasser nur die Rolle des Schmiermittels, bei der Mure ist das H<sub>2</sub>O die treibende Kraft und übertrifft an Menge jene der festen Teile, wenn letztere auch nach Gewicht das bewegende Wasser übertreffen (vgl. Muren in Terzaghi, Erdbaumechanik).

Bei den Ursachen der Massenablösungen kann die eigentliche Auslösung von den vorbereitenden Umständen getrennt werden. Alle Gleichgewichtstörungen werden auf eine Überschreitung der unter den jeweils herrschenden Verhältnissen zulässigen Höchstböschung zurückgeführt: Angriffe am Böschungsfuß, Überlastung der ruhenden Masse (Nichttragfähigkeit), Änderungen im Bestande und der Beschaffenheit der festen Masse. Erstere folgen durch Naturkräfte oder künstlichen Eingriff. Untergrabend wirkt Brandung, Gletscherschurf, Längs- und Querschurf von Fließwasser. Abtrennung erfolgt nach Flächen geringsten Widerstandes, mithin Flächen geringsten Zusammenhanges und geringster Neigung:

47) Ebenda S. 275 ff.

48) Vgl. auch Stiny a. a. O. S. 397 u. Angaben des Verfassers beim Schneedruck und -wandern; L. Koegel a. a. O. schreibt den »Säbelwuchs« der Bäume der Schuttbewegung von Trockenschutt- und Wasserschuttkegeln zu.

Schichtflächen, Schieferungsflächen, dann Absonderungsflächen, alle Gleitflächen (Harnische) oder Kluftflächen (Untersteintunnel-Voreinschnitt). Als äußerer Anstoß kann auch Erderschütterung (Beben) wirken. (Dobratsch 1348, Gerlospitze, phokische Beben 1870—73). —

Außer den Durchbrüchen von stauenden Rücken in Wasserläufen (Dammbrüchen), die Murbrüche geben, sind Anbrüche verschiedener Hohlform nach der Ausbildungsart im Sinne Stinys (a. a. O. S. 395 ff.) zu unterscheiden: Keil-, Feilen-, Ufer-, Blatt- und Muschelanbruch. Der letztere am häufigsten vorkommende wird von verschiedenen Autoren mit verschiedenen Namen belegt, so z. B. Combe, Balme (?), Rachel, Rochel, Balze, muscheliger Ausriß, Muschelbruch usw.; die Bezeichnung stammt von der äußeren Form. Beschaffenheit, Neigung, Decke, Feuchtigkeit, Steilhöhe u. dgl. bedingen Abwechslung im Anblick. Wie bei allen Massenbewegungen werden auch hier diese in der Natur gegebenen Eigenschaften als vorbereitende Ursachen dem auslösenden Eingriffe gegenüber gestellt<sup>49)</sup>. Die Art und Weise der Ablösung trägt in die nur stufenweise trennbare Zahl ähnlicher Ereignisse verschiedene Merkmale. Bei verhältnismäßig größter erstreckter Anbruchfläche kann Blattbruch bezeichnend erscheinen. Ein Ufer- oder Flankenbruch kommt bei Anschneidung durch Fließwasser oder einen Verkehrsweg zur Bildung, wenn von unten her längs einer nahe wagrecht laufenden Linie die Bewegung in den Hang getragen wird; die Stärke der Angängung kann auf verschiedenen Punkten der »Unterschneidungslinie« verschieden sein, somit auch die Tiefe des entstandenen Hohlraumes. Bei den Muschelbrüchen erfolgt der Angriff vorwiegend an einem Punkt, dem »Tiefpunkt« oder »Grund«.

Außer dem Abruch- oder Abrißgebiet ist ein Ablagerungsgebiet, meist auch eine Wegbahn bei den Rutschungen zu finden, doch fehlt letztere, wenn vor ihrer Ausreifung erstickte Rutschungskeimlinge vorkommen, die sich in der Landschaft durch Spalten ober dem Abriß, seitliche Scherwände usw. ausdrücken. In einem andern Falle sind Ausriß und Ablagerung durch eine Einschnürung (»Hals«) sanduhrenförmig (Stiny: Abb. 246, S. 400) voneinander getrennt<sup>50)</sup>. Bei großen Höhen kann das Rutschen in Stürzen oder Kollern übergehen, die Bahn wird lang, aufgepflügt z. B. am Südhang der Hochhorns (2703 m) im Antholzertale. Bei bedeutenderen, langgestreckteren Abgängen erscheinen Löffelbrüche, z. B. die Lochersriepe (Sautensermure im Ötztale), die Muschelblaike im Neuhausgraben bei Gais. Wieder verwachsene Muschelbrüche erscheinen am rechten Ederbachufer bei Ötz. — Oft ist nur ein geringer Grad höherer Feuchtigkeit, die sich im Pflanzenwuchs kaum durch ein paar Sumpfmoose [Studentenröslein (*Parnassia palustris*), einige Sauergras-*Carex*arten] anzeigt, Anlaß zu Muschelblaiken.

<sup>49)</sup> Vgl. diesbezüglich: innere Ursachen und äußere Veranlassungen in den Schriften des Verfassers z. B. Rutschungen usw. Tiefenbacher 1880, dann: Jahrbuch d. K. k. geol. Reichsanstalt Wien 1882. Versuch einer Übersicht usw. ebenda 1925 usw.

<sup>50)</sup> Vgl. auch die »pilgermuschelähnliche« Setzungsausfließung von 55 Millionen m<sup>3</sup> von Vaerdalen in Vz. Pollack. Beweglichkeit bindiger und nichtbindiger Materialien. Abhandl. z. prakt. Geologie usw. Bd. 2 1925, Bild 15.

Ist die Erstanlage eines Ausbruches eine Bodenbewegung, die eine birnförmig begrenzte Oberfläche tätigt, so ist Weiterbildung, Vergrößerung neben Nachrutschungen besonders durch Wasserschurf bedingt. — Brüche, die wegen der Bedeckung ihrer Quellenlage mit lockerem, steile Böschung nicht vertragendem Schutt trichterartig erscheinen (z. B. die Achenrainer Blaike bei St. Jakob im Ahrntale) nennt Stiny: Trichteranbrüche, Braun Erosionskessel, während die Kesselanbrüche in steiler böschenden Stoffen, die auf weicherem Untergrund ruhen (z. B. Scesa bei Bludenz, Abb. 16 bei Wang, Wildbachsverbauung 1901), entstehen. Beispiele sind: die Embacherblaike bei Lend und zahlreiche Anbrüche im Tertiär Oststeiermarks. Der Blattbruch äußert sich oft nur als »Abschürfung«.

B. Högbom<sup>51)</sup> hat die zahlreichen Frost- und Fließerdeerscheinungen nebst den dabei auftretenden mannigfachen Formen hauptsächlich aus den nordischen Gebieten in eine Art vorläufiger Systematik gebracht, indem er sie in Gruppen zusammengefaßt aufzählt: Nach Besprechung des Eisbodens (Tjåle), d. i. gefrorener Boden und Zustand der Bodenschichten sowie der Regelation als wiederholtes Frieren und Auftauen, folgt der Spaltenfrost (Sprengung, Verwitterung und Bedeutung für die Landschaftsformen: Blockmeere, Hänge, Kare, Steilufer), Frostwirkung im Erdboden, Polygonboden, Fließerde, letztere drei mit sehr zahlreichen Aufzählungen verschiedener Formen. Bei all diesen Erscheinungen sind  $\pm$  Bewegungen beteiligt. Am Schlusse werden noch die fossilen weitverbreiteten Fließerdebildungen und fast toten (sich nicht oder nur wenig bewegendem) Fließerdeäuserungen vorgeführt.

Die Geotechnische Kommission der schwedischen Staatsbahnen hat als allgemeine Kennzeichen der Bodenbewegungen: 1. Zusammenpressung und 2. Verschiebungen des Bodens aufgestellt, wobei insbesondere bei 1 die Wasserauspressung zu Bedeutung gelangt, weshalb der Wassergehalt, die Festigkeit und Feinheit der dabei beteiligten Stoffe zu untersuchen kommen<sup>52)</sup>. Unter Bodenverschiebung wird eine solche Deformation in den Erdlagen verstanden, wo die zusammenhaltenden Kräfte in den Massen in gewissen Teilen überwunden werden. Diese Kräfte sind die Kohäsion und Reibung. Die Kohäsion — Festigkeit — ist aufzufassen wie eine Anziehung zwischen den festen Partikeln vermittelt Kapillaritätswasser. Es werden Reibungs- und Kohäsionserdarten unterschieden; Grus und Sand gehören der ersten Gruppe, nasser Lehm, Schlamm und Torf der zweiten an. Im allgemeinen zeigt erstere Art bei Bodenverschiebung den Charakter als Sturz, letztere als Rutsch oder Gleitung. Zur Stabilität des Bodens gehören äußere und innere Bedingungen.

Passarge<sup>53)</sup>, der einen bedeutungsvollen Fortschritt erzielte, versteht unter Bodenversetzungen Umlagerungen von Erd- und Gesteinsmassen durch innere Bewegungen ohne unmittelbare äußere Einwirkung von Wasser, Wind und Eis;

<sup>51)</sup> Über die geologische Bedeutung des Frostes. Uppsala 1914.

<sup>52)</sup> Das Wichtigste darüber hat der Verf. in d. Zeitschr. f. prakt. Geologie 1925, S. 89 gegeben: Über die Uuzulänglichkeit der Untersuchungen usw.

<sup>53)</sup> Nach Passarge. Grundlagen d. Landschaftskunde. III. Oberflächengestaltung der Erde. Hamburg 1920, S. 173ff. —

»bezüglich der Richtung der Bewegungen« sind solche, die an Ort und Stelle oder doch innerhalb eines gewissen beschränkten Gebietes eintreten, die er als durchmischende bezeichnet und solche, welche die Massen wegschaffen, d. h. verfrachtende Bodenversetzungen. Zu den ersteren werden gezählt: die Erdfälle, Bewegungen innerhalb Salz- und Asphaltpfannen und die örtliche Bodendurchmischung. Zu beachten sind: 1. Beschaffenheit, 2. Menge, 3. Geschwindigkeit, 4. Bewegungsart: zu 1: Erd- und Felsmassen; Übergänge bilden lose, weiche Gesteine (Ton, Mergel, Letten). Die Menge erscheint von Belang, so daß Fälle (einzelne Steine), Schlipfe (als kleinere Massen) und Stürze (größere Massen mit verheerer Wirkung) zu unterscheiden sind. Die Geschwindigkeit ist von Masse und Schwere einerseits, der Böschung andererseits abhängig: schnelle, langsame und unmerkliche. »Die langsamen sind nicht so schnell, daß man ihnen nicht ausweichen könnte.« Art der Bewegung: Fallen in der Luft, ferner bei Berührung mit der Unterlage und bei trockenem, losem, grobem Material ein Fließen, Rutschen, Wälzen, Rieseln. Nebstdem kommt noch bei den unmerklichen Versetzungen das »Abwärtsrücken« (»Kriechen«) vor. Die Bodendurchmischung (des ruhenden Bodens) besteht in Nachsinken oder Einsinken von Erde und Stein in erweichte Massen, Frost wirkt »reinigend« und »verschiebend«. Schmelzung verflüssigend bis zusammensackend; wühlende Tiere schaffen Gänge, die verfallen und umlagernd wirken. Die Räume absterbender Wurzeln werden verfüllt. — Da die 4 Merkmale nicht unabhängig voneinander, wählt Passarge für die Gliederung als leitendes Merkmal die Bewegungs-Geschwindigkeit und zerlegt die so entstandenen Abteilungen weiter nach Masse und Materialbeschaffenheit. Den Verfrachtungen gehören dann an: nach der Bewegungsart: 1. Bodenstürze: a) Abbröckeln, b) Fels- und Erdschlipfe, c) Bergstürze; 2. Erdfließen unter Bildung von Fließschutt oder Fließerde. 3. Bodenschub unter Bildung von Wanderschutt [Abwärtsrücken oder Bodenschub (Kriechen), Wanderschutt, Gekriech.] a) Erdfluß, b) Erdrutsch, c) Trockenfluß. Im Polar- und Tundregürtel: Wandernder Blockschutt in Block-, Streifen-, Kränzen und Guirlanden; Vieleckböden (Polygonböden): α) Steinnetze, β) Steinringe, γ) Erd- und Schuttinseln in Blockmeeren, δ) Zellenboden. — Seit Passarge<sup>54)</sup> seine morphologische Klassifikation über Einzel- und Landschaftsformen, nach Klein- und Großformen im Sinne Linnées (nach Typen, Klassen, Ordnungen, Familien, Gattungen, Untergattungen, Spezialformen, sowie Landschaftstypen, -ordnungen, Oberflächenformen) aufgestellt hat, lag es wohl sehr nahe, einen ähnlichen Versuch auch für die gesamten Bodenbewegungen um so mehr durchzuführen, als beispielsweise bei der Aufstellung für die durch endogene Kräfte (tektonisch und vulkanisch) bewirkten Bewegungen Passarges Formeneinteilungen entsprechend erweitert, eine, wie der Verfasser tatsächlich in längerer Arbeit vollführte, recht gute Übersicht gegeben hätten. Immerhin fügte Passarge seiner Aufstellung bei: »unter Hinweis darauf, daß die artfesten Lebewesen den nicht entfernt so

54) Physiologische Morphologie. Mitteil. d. Geogr. Ges. in Hamburg. 1912. S. 133 bis 337 ff.

scharf umgrenzten toten Einheiten des Formenschatzes der Erde keinesfalls restlos verglichen werden können«. Zudem müßte dann Passarges Klassifikation einesteils noch von den Formen auf die Bewegungen übertragen und soweit noch erweitert werden, daß die noch fehlenden Bewegungen eingereiht erscheinen. Passarge hat den Versuch gemacht, die Formen nach einem einzigen Grundsatz, dem der vorwiegend bei ihrer Entstehung mitwirkenden Kräfte in Kraftgruppen verschiedener Ordnung zu gliedern, wobei die niedrigsten, die Gattungen, den Formen einer einzigen Kraft entsprechen sollten<sup>55)</sup>. Nachdem aber nur relativ selten die tektonischen vorwiegend der Vergangenheit angehörig Kräfte und die durch sie bedingten Bewegungsäußerungen [z. B. beim Gebirgsdruck ob nach Schwere oder Tektonik, bei den Gesteinsschlägen, ob nach (Schwere-) Belastung oder Wärmespannungsresten? usw.] von den exogenen Bewegungen wenigstens bisher trennbar erscheinen und zudem das Hauptgewicht der vorliegenden Arbeit des Verfassers vornehmlich in den mannigfachen unmittelbar beobachtbaren Bewegungsvorgängen klärbarer exogener Kräfte liegt, wurde vorläufig von dem bereits aufgestellten Schema abgesehen, insbesondere bis etwa Passarge seine Klassifikation selbst noch weiter (etwa im Sinne von Friederichsen [Breslau] also z. B. nicht bloß beschreibend, sondern gleichzeitig auch erklärend) ausgebaut hat. Die obige Formenanalyse trennt richtigerweise z. B. Erosion bzw. Ausräumung oder Abriß von Sturzbahn und Aufschüttung, welche Trennung aber bei der Betrachtung eines Bewegungsvorganges, der doch die ganze Phase von der Vorbereitung und dem Eintritt bis zur völligen Beendigung der Bewegung und der Wirkungen zu erfassen hat, vielleicht wohl weniger anzustreben ist. Wird das Zusammengehörige belassen, so erfordern z. B. die großen Gruppen vom Fließen, Gleiten (langsam bis sehr rasch) und Stürzen mit ihren großen Mannigfaltigkeiten nach Bewegungsart, vielerlei Materialbeschaffenheit, Lagerung, Böschung, natürlicher und künstlicher Durchnässungsart, innerer Ursachen, äußerer vorhandener oder fehlender Veranlassungen u. dgl. eine besondere ins Einzelne gehende Darstellung und wie sie versuchsweise in der Schlußtafel und den dazu verfaßten Erörterungen gegeben.

Von mehreren in den Lehrbüchern enthaltenen meist beschränkten Gruppierungen sei noch einer neueren umfassenden aber kurzen von E. Daqué

<sup>55)</sup> Versuche ähnlicher Art wurden auch bei verschiedenen Bodenklassifizierungen gemacht, doch haben mit fortschreitender Erkenntnis und Einfügung neuer Faktoren die Versuche immer größeren Umfang angenommen. Als Beispiel für ein kombiniertes neueres System sei jenes von George Nelson Coffey (A study of the soils of the Unites States. U. S. Dep. of Agric., Bureau of Soils, Bull. 85, 1913) genannt, der die Böden zunächst in 5 Abteilungen (Divisions) mit dem Klima als Hauptteilungsgrund einteilt, diese dann in Unterabteile (Subdivisions) je nach Materialherkunft oder Weise der Verfrachtung (Eis, Wasser, Wind). In den Unterabteilungen kann das Material weiter hinsichtlich physikalischer, mineralogischer und chemischer Beschaffenheit sich ändern, wodurch Serien entstehen, welche meist auf Farbänderung abzielt, letztere zerfallen dann endlich in Klassen nach der mechanischen Zusammensetzung (also Sand und Ton mit Zwischenklassen); doch läßt sich die Einteilung naturgemäß auch nicht stets völlig logisch durchführen, indem z. B. verwandte Böden weit auseinander gestellt erscheinen und umgekehrt.

## Massenablösungen und Einschnittsrutschungen (nach Terzaghi).

Art	Gruppe	Klasse	Gattung
A. Trockenbewegungen (Bodenbewegungen bei voll wirksamer statischer Reibung)	I. Gekrieche (kontinuierliche Massenbewegungen)	1. Bodengekrieche 2. Schuttgekrieche (Felsströme)	
	II. Bergstürze (spontane Massenbewegungen) (nach Heim)	3. Felsbewegungen 4. Schuttbewegungen 5. Gemischte und zusammengesetzte Bergstürze	{ Felschlipfe Felsstürze Schutttrutschungen Schuttschlipfe
B. Breibewegungen (Massenbewegungen bei ganz oder teilweise ausgeschalteter statischer Reibung)	III. Setzungsfließung (Fließung infolge rascher Änderung des Porenvolumens)	6. Schwimmsanderscheinung und Fließboden 7. Sandfälle  8. Muren (nach Stiny)	{ Vulkanische Schlammströme (Aschenmuren) Moormuren Jungschuttmuren Altschuttmuren Gemischte Muren
	IV. Berstungsfließung (Fließung infolge Zerklüftung durch Schwellung und nachfolgendem Zusammenbruch)	9. Ausschälen und Ausbrechen 10. Tiefgreifende Rutschung im homogenen Material 11. Tiefgreifende Rutschung im nicht homogenen Material 12. Rutschung in alten Rutschmassen	
	V. Überlastungsfließung (Fließung infolge eines im Porenwasser durch Belastung hervorgerufenen hydrostatischen Überdruckes)	13. Abgleitung infolge örtlicher Belastung 14. Ausquetschung infolge örtlicher Belastung	
	IV. Ausquetschung (Reibungsverminderung durch einen im Porenwasser bereits herrschenden hydrostatischen Überdruck)	15. Auftreibung infolge örtlicher Entlastung 16. Ausquetschung infolge örtlicher Belastung	

gedacht, die er bei der »Gestaltung der Erdrinde durch Bodenbewegung, Vulkanismus und Gebirgsbildung«<sup>56)</sup> anführt, wo er sagt: Unter Bodenbewegungen sind hier nicht mehr die einfachen Rutsche von Hängen, die Muren, Bergstürze, Seeufferrutsche gemeint, also nicht die Solifluktion im weitesten Sinn, sondern jene die Erdkruste in sich verschiebenden, in Verwerfungen, Auf- und Abwölbungen sich äußernden Bewegungen (deren Kleinformen er vorher als Hauptstörungen unter 1. Graben, 2. Horst, 3. Staffelbrüche begrenzt von 4. Bruchflächen oder Verwerfungen — Riß, Spalte, Sprung oder Kluft — 5. Flexuren und Schleppungen, 6. Falten besprach), die sich aber bis zum größten Ausmaß vollziehen und unter dem Begriff säkularer Hebung und Senkung, der Faltengebirgsbildung und vulkanischer Bewegung und Aufschüttung von der erstgenannten ihrem Wesen nach zu unterscheiden sind.

Als neueste und letzte Klassifizierung der »Massenablösungen und Einschnittsrutschungen« sei jene von Terzaghi (a. a. O. S 356) gegebene angeführt, die sich z. T. an Heim (Bergstürze 1882) und Stiny (1910) stützt und als natürliche Grundlage 2 Hauptarten von Bewegungen unterscheidet: Bewegungen bei voll wirkender statischer Reibung und solche, wo diese teilweise oder ganz ausgeschaltet erscheint, wo nur  $\mp$  die hydrodynamische wesentlich geringer auftritt (vgl. S. 335).

### Rückblick

Wie wohl aus dem Vorgeführten zu entnehmen, wird zur Erkennung und annähernden Einreihung aller Massenbewegungen vor allem ein genaues Studium der vielen verschiedenen Ereignisse, ob tektonisch oder atektonisch und ein Vergleichen derselben erforderlich, um ein richtiges Urteil zu gewinnen. Dies Studium nebst Einreihung darf aber selbstverständlich nicht etwa vor  $\pm$  künstlich aufgestellten Bewegungsgrenzen Halt machen, weil dadurch Einseitigkeit und falsche Beurteilung droht. Die positive oder negative Bewegung einer Meeresküste nebst dem Hinterlande kann verschiedenen Ursachen und Anlässen entspringen, ja der Vorgang selbst vielleicht nicht außer Zweifel stehen, wenn die Untersuchungen nicht erschöpfend oder genau genug sind. Auf die Unzulänglichkeit vieler Beobachtungen und Beschreibungen hat der Verfasser wiederholt hingewiesen<sup>57)</sup>, Stiny<sup>58)</sup> und Terzaghi<sup>59)</sup> haben die Wege gezeigt, wie dem zu steuern ist. Außer der weiteren Klärung mancher wissenschaftlicher Fragen der Geologie und Geomorphologie wird nebenbei allmählich auch eine gewisse nicht bloß gefühlsmäßig, sondern objektiv begründete für das wirtschaftlich-praktische Leben erwünschte und notwendige wertvolle Voraussicht über die Möglichkeit und Wahrscheinlichkeit gleicher und ähnlicher Vorkommnisse und etwa damit zu-

<sup>56)</sup> Sammlung Göschen. Geologie I, 1922, S. 99 ff.

<sup>57)</sup> Zuletzt in: Zeitschr. f. prakt. Geologie 1925, S. 89—114 u. Abhandlg. z. praktischen Geologie 1925.

<sup>58)</sup> Einige Beziehungen zwischen Kolloidchemie, Geologie und Technik; Jahrb. d. Geol. B. A. Wien 1918, S. 259 ff.

<sup>59)</sup> Erdbaumechanik auf bodenphysikalischer Grundlage. Wien 1925.

sammenhängender Gefahren angebahnt werden, in manchen Fällen vielleicht ein menschlicher Eingriff in den Gang der Natur, der ermöglicht, richtige Maßnahmen zu treffen, Schäden zu vermeiden oder wenigstens auf einen Kleinstwert zu beschränken oder gar schweres Unglück abzuwenden. Die Ausweichung oder Verhinderung weitgehender subaërischer und subaquatischer Gleit-, Rutsch- und Auftrieb-, sowie Druck- u. a. Bewegungen kann von großer Bedeutung werden. Es kann nicht zweifelhaft sein, daß die Destruktion seit der Entstehung der Erde wirkt, so daß auch in den allerältesten Epochen exogene Vorkommnisse eingetreten sein werden, wenn es auch schwer ist, heute nach den vielfach gewaltigen Umwälzungen und dem gänzlich veränderten Relief des Erdkörpers, wo auch kaum noch irgendwo das Ursprungsmaterial ansteht, die Spuren solcher damaliger, größerer oder gar untergeordneter Bewegungen im Flüssigen bis Festen zweifellos festzustellen. Es ist auch weiters einzusehen, daß schon die ältesten endogenen Vorgänge also bei Hebungen, Senkungen, bei Aufrichtung der Falten, Überschiebungen, bei Verwerfungen, Beben usw. sekundäre Bewegungen z. B. innere und äußere Abbrüche, Verschiebungen, Rutsche, Stürze kleinster bis größerer Erstreckung nach sich ziehen mußten, sobald günstige Bedingungen hierfür sich ergaben. Ebenso wäre nicht einzusehen, warum alle verschiedensten Bewegungen etwa bloß über den jeweiligen Flüssigkeitsspiegel und nicht auch unter diesem vorkommen sollten. Kurz, überall, jederzeit und in jedem Erdzustand war die Konstellation für jederlei Massenbewegungen kleinsten bis größten Stils oder Ordnung gegeben, reichliche Beispiele sind in der Literatur beigebracht. Das sich daraus und noch aus anderen Gründen ergebende Bedürfnis nach einer tunlichst **allgemeinen vorläufigen Übersicht** aller wichtiger und mannigfacher Erscheinungen der Boden- oder Massenbewegungen, sowie verwandter oder in näherer Beziehung stehender Vorkommnisse, hierbei aber doch eine entsprechende besondere Rücksicht auf im einzelnen scharf kennzeichnende Züge nehmend, hat nach mehreren Aufstellungen und Überlegungen — einiges davon ist bei Passarges Klassifikation angedeutet — zu einem an anderer Stelle veröffentlichten Versuch<sup>60)</sup> geführt, die bekannten Massenbewegungen in einer größeren Arbeit in Schlagworten zusammenzustellen; die reichen Belege hierfür, obschon längst fertig, harren noch der Drucklegung. Es kann und soll keinerlei wissenschaftlich-systematische Behandlung angesprochen werden, ebenso wenig eine gleichartige Berücksichtigung aller vorgebrachter Fälle oder Punkte. Einesteils war die Wichtigkeit und Häufigkeit des Vorkommens einer Bewegungsart oder seine Anwendungsart auf andere für die Behandlung maßgebend, dann ob die Verhältnisse genügend sicher lagen und Nutzenwendungen ermöglichten und schließlich ob überhaupt genügend selbstbeobachtete Beispiele (der Oberflächenschwerkraft) vorlagen — worauf der Verfasser aus verschiedenen Gründen besonderen Nachdruck gelegt — oder bloß solche in der Literatur, deren Nachprüfung oft mit Schwierigkeiten verbunden oder ganz unmöglich ist. Es ist selbstverständlich auch nicht ausgeschlossen, daß nicht nur in der Bezeichnungsweise

<sup>60)</sup> Vz. Pollack. Versuch einer Übersicht der Massen- oder Bodenbewegungen. Jahrbuch d. Geolog. Bundes-Anstalt, Wien 1925, S. 45 bis 95.

selbst nach anderen Gesichtspunkten als die gewählten vorgegangen werden kann (und allfällig auch neue Worte und Begriffe in Betracht kämen, was grundsätzlich unterlassen wurde), sondern daß die eine oder andere Erscheinung in mehrere Gruppen einbeziehbar ist, daß reichlich Übergänge stattfinden u. a. m. Gewisse Unterscheidungen in z. B. endogene und exogene, alte und jüngere, natürliche und künstliche, nach Einschnitten, Dämmen und Untergründen u. dgl. sind sowohl in der Hauptübersicht sowie bei den ergänzenden Unterteilungen naturgemäß nicht zu vermeiden und bei den Einzelheiten wo erwünscht oder notwendig noch weiter unterteilend hervorgehoben. Während bei den ältesten bis jüngsten Tiefenbewegungen heute meist nur die noch jetzt sichtbaren Wirkungen zur Erfassung und Beurteilung ausschlaggebend sind, kann bei rezenten oder jetzigen einschlägigen Vorkommnissen bei der Beobachtung und Beurteilung häufig der jeweilige Beobachtungs- oder Lagestandpunkt unmittelbar oder mittelbar eine Rolle spielen. Vorzeichen und Erscheinungen des Eintrittes der Bewegungen beispielsweise bei den sich bildenden »Trennungen« an verschiedenen Punkten im Abrißgebiet bis zum Ablagerungsraum kann der Beurteilung zugrunde gelegt werden. Gewisse Veränderungen, Senkungen, Hebungen, Dehnungen können nur durch feinste Messungen instrumentell beurteilt werden. Fehlen aber bei stattgefundenen Bewegungen einzelne Phasen oder Anzeichen gänzlich oder scheinbar oder werden sie erst nach längerer Zeit erkenntlich u. v. a., so kann ein und dieselbe Erscheinung ganz oder stückweise in mehrere Bewegungsformen zur Einreihung gelangen. Es ist deshalb auch im gegebenen Schemaentwurf mancherlei Wiederholung unvermeidlich; auch ist öfter die Form der Bewegung an die Spitze gestellt und sind dann Arten der Bewegung und auch Formen der Wirkung in den Unterabteilungen angeführt. — Die gebrachten Beispiele dürften wohl begründen, daß eine bloß auf die Kleinbewegungen der Oberflächenschwerkraftskomponenten begrenzte Schematisierung kaum angebracht ist, wenn auch fast alle bisherigen diesbezüglichen Versuche vor den eigentlichen tektonischen Bewegungen und damit im Zusammenhang stehenden Verhältnissen, aber meist auch vor verschiedenen Kleinbewegungen Halt gemacht haben, wodurch Fehler unausbleiblich waren, wovon z. T. a. a. O. einige Beispiele in den Bildern 1 bis 9, S. 50—57 betreff Rutsch- und Scher- oder Abruchflächen und der verschiedenen aber wichtigen Definition derselben vorgeführt erscheinen. — Anderenteils wird aber gegebenenfalls eine entsprechende, genügende Hauptform auch für einen größeren Kreis von Bewegungsvorgängen gefunden. Ein vollkommenes Anklammern an das gegebene, beiläufige erste Übersichtsschema und seiner Unterteilungen bzw. Aufzählungen ist weder beabsichtigt noch in manchen Fällen vollständig durchführbar; auch läßt sich eine Erscheinung in verschiedene Gruppen je nach den Gesichtspunkten einreihen oder läßt sich in verschiedene Gruppen zerlegen. — Schließlich muß noch erwähnt werden, daß bei dem außerordentlich großen Umfang der einzureihenden Geschehnisse, wo gewiß auch manches trotz jahrzehnte langer Sammlungs-, Studien- und Feldarbeit oft unter den widrigsten Verhältnissen doch vom Verfasser in Natur und Schrift übersehen wurde, es von vorneherein unmöglich

erscheinen mußte, alle Bewegungen gleich ausführlich oder gar erschöpfend zu behandeln, sollte die Schrift nicht ein übermäßiges Ausmaß erreichen, wenn auch der Vollständigkeitszweck vorschwebte. Z. B. konnte natürlich u. a. die ganze reichhaltige umfangreiche Gebirgsbildungs-, sowie Vulkanfrage nicht aufgerollt werden, sondern reicht hier und anderweitig die Erörterung nur soweit, daß einzelnes wichtiges daraus für den angestrebten Zweck der Aufnahme in eine Übersicht genügend erscheint. Überall aber sind grundsätzlich Schriftquellen ersichtlich, wo die Erscheinungen mehr ins einzelne verfolgbar sind. Ab und zu sind auch Veranlassungen besonders dort gekennzeichnet, wo sie entweder leicht übersehen oder auch nicht selten ungenau als Ursachen angenommen erscheinen, daher ein Hervorheben für die Deutlichkeit erwünscht sein mag oder endlich, wo die Bewegungsursache nur in einzelnen Gesteinseigenschaften (z. B. Gesteinselastizität) und viele Impulse vorhanden und wo durch eine Aufzählung der Anlässe die Erscheinungen eine Art Gliederung erfahren.

Am wenigsten zugänglich sind bekanntlich die Ursachen der Krustenbewegungen. Da auf tektonischem Weg kaum ein Näherkommen an dieselben zu erreichen sein dürfte, hat Walter Penck<sup>61)</sup> versucht, aus den exogenen Vorgängen und dem morphologischen Tatsachenmaterial der Eischließung des Ablaufes und der Entwicklung der Krustenbewegungen näher zu kommen, was naturgemäß auch für den vorliegenden Fall einen wesentlichen Fortschritt bedeuten kann.

Wien, am 18. September 1925.

---

<sup>61)</sup> Von den einschlägigen Arbeiten Walter Pencks sei nur angeführt: Die morphologische Analyse, ein Kapitel der physikalischen Geologie. Stuttgart 1924.