

Sonderabdruck aus dem XI. Jahresbericht
der Geographischen Gesellschaft zu Greifswald
1908.

Über Bodenbewegungen.

Von

Dr. Gustav Braun.



Greifswald 1908.
Verlag der „Geographischen Gesellschaft“.
Druck von Julius Abel.

Über Bodenbewegungen.

Zugleich eine Erläuterung zu dem Fragebogen auf Seite 19.

Von

Dr. Gustav Braun, Privatdozent der Geographie — Greifswald.

Seit einigen Jahren zeigt sich in den Kreisen der Geographen und Geologen das Bestreben, sich mehr und eingehender, als es bisher üblich war, mit den Veränderungen zu beschäftigen, die sich unter unseren Augen an der Erdoberfläche vollziehen. Es sind Bestrebungen, die, neben der Feststellung der Tatsachen an sich, wesentlich darauf hinauslaufen, uns längst bekannte und qualitativ gewürdigte Vorgänge auch quantitativ werten zu lehren, wenigstens scheint mir dieser Gesichtspunkt für die Durchführung der Arbeit fruchtbringend zu sein. Ein ähnliches möchte ich für die Bodenbewegungen (= Rutsch- und Sturzvorgänge) versuchen.

I. Einleitung, Verbreitung und bisherige Arbeiten.

Als das Streben nach Erklärung der Tatsachen geologischer Vergangenheit aus denen der Gegenwart in der Geologie heimisch zu werden begann, hat K. E. A. von Hoff¹⁾ das hierher gehörige Tatsachenmaterial zu einem guten Teil gesammelt. Seine Bestrebungen gerieten dann in Vergessenheit und nur wenig geschah in der Aufzeichnung sich immer wiederholender Ereignisse, wie Bergstürze, Küstenabbrüche, Bildung und Verschwinden kleiner Inseln u. s. w. Die allmählich besser werdende Berichterstattung der Zeitungen über solche Katastrophen veranlasste ein aufmerksameres Verfolgen der Notizen und es zeigte sich, dass hier in der Tat der Verlust eines umfangreichen, wertvollen Materials drohe. Mit einem Mahnruf trat 1906 R. Tronnier²⁰⁾ auf den Plan und seitdem ist eine gewisse Bewegung im Gange, die es in feste Bahnen zu lenken gilt. Für uns in Mitteleuropa kommen

zwei, regional verbreitete Gruppen der skizzierten Erscheinungen in Betracht: das sind die Veränderungen der Küsten und alles das, was ich unter dem Namen „Bodenbewegungen“ zusammenfassen möchte, wie Bergstürze, Rutsch- und Gleitvorgänge. Wenn auch die letzteren sehr vielfach in die Zerstörung der Küsten durch das Meer eingreifen, so empfiehlt es sich doch auch aus äusseren Gründen, hier eine scharfe Scheidung vorzunehmen. Die vergangenen Jahre haben unsere Kenntnis von den Bodenbewegungen ganz erheblich gefördert. Aus Schweden haben Högbohm¹⁷⁾, Sernander¹⁸⁾, aus den Polargebieten Andersson²²⁾ und Nordenskiöld²⁷⁾ von derartigen Erscheinungen berichtet, aus dem Wiener Wald und mitteldeutschen Gebirgen Blanckenhorn¹⁰⁾ und vor allem Göttinger²³⁾, dessen Arbeit ausserordentlich wichtig ist; auf die italienischen Vorkommnisse hat Theobald Fischer¹⁴⁾ wiederholt hingewiesen, bis die Geographische Gesellschaft zu Rom sich entschloss, eine Statistik der dortigen Rutsche (Frane) aufzunehmen, deren Resultate, von Almagià²⁴⁾ bearbeitet, jetzt vorliegen. Gleichzeitig hatte ich auf Anregung von Fischer unser Verständnis für den formgebenden Wert der Bodenbewegungen an einem Beispiel in Toskana und anderen in den Provinzen Modena und Bologna zu fördern gesucht²⁵⁾. Im Verfolg dieser Arbeiten trat ich dann im Jahre 1906 an die „Zentralkommission für wissenschaftliche Landeskunde in Deutschland“ mit dem Ersuchen heran, mir ihre moralische Unterstützung und die Mittel zu bewilligen, mit Hilfe von Fragebogen eine Sammlung von Nachrichten über Bodenbewegungen zu veranstalten. In dankenswerter Weise wurde mir Unterstützung zugesagt und jetzt ist der Fragebogen so weit ausgearbeitet, dass ich mit ihm an die Öffentlichkeit treten kann. Die vorliegenden Zeilen haben den Zweck, in ausführlicherer Weise, als es auf dem Fragebogen selbst geschehen kann, das Wesen und den morphologischen Wert der Bodenbewegungen zu erläutern und eine Anleitung zu ihrer Untersuchung zu geben.

II. Definition. Als „Bodenbewegung“ bezeichne ich jede in vorherrschend vertikaler Richtung vor sich gehende Orts-

veränderung begrenzter Teile der festen Erdoberfläche, die eine Folge der Schwerkraft ist.*) Die Bezeichnung umfasst die beiden ersten Gruppen der Penck'schen Einteilung aller Massenbewegungen. Aus der Definition geht hervor, dass der Name nicht nur Bewegungen von Boden in engerem Sinne (= Ackerboden, Erde) trifft, sondern dass hier das Wort Boden mehr im Sinne von Erdboden gebraucht wird, sich also auch auf gewachsenes Gestein, Blockanhäufungen u. dgl. bezieht. In dieser Ausdehnung des Begriffes liegt ein Mangel, der sich aber meines Erachtens nicht beseitigen lässt, da der deutschen Sprache ein anderes zusammenfassendes Wort fehlt. Obige Definition schränkt dann weiter die Benennung auf solche Bewegungen ein, bei denen die Schwerkraft eine Ortsveränderung bewirkt hat.

III. Theorie. Über die Art und den Charakter solcher Ortsveränderungen, sowie ihre Ursachen gibt die Theorie Auskunft, die durch die Arbeiten namentlich von Pollack⁵⁾, Reyer⁴⁾ und Penck⁹⁾ ausgebildet ist.

Eine Bodenbewegung ist eine Störung des an der Erdoberfläche herrschenden Gleichgewichtes, das auf den Eigenschaften der an Ort und Stelle vorhandenen Materie sowie ihrer Form beruht. Diese Eigenschaften können sich allmählich ändern oder es kann auch ein plötzlicher Eingriff in ihren Zustand und in die Form geschehen. In der Regel tritt eine Bewegung erst dann ein, wenn diese beiden Bedingungen zusammentreffen: ist infolge der Eigenschaften des Bodens die Möglichkeit einer Bewegung vorhanden, so hängt ihr Eintritt meist noch von dem Vorhandensein einer die Form störenden Kraft, einer Auslösung, eines Impulses**), ab.

Somit kann man die bedingenden Faktoren einer Bodenbewegung in zwei Reihen zerlegen, einmal die in Betracht kommenden Eigenschaften und Veränderungen des Bodens oder Gesteines verfolgen und zweitens die möglichen Eingriffe

*) Supan verwendet das Wort für Bodenschwankungen seismischer Art.

**) So scheidet auch Almagià²⁴⁾ in cause predisponenti und cause provocatrici.

in die ausgeglichenen Formen der Erdoberfläche. Von den Böden in engerem Sinne sind die meisten einer Bewegung jederzeit zugänglich, es sind lose, lockere Gebilde, die einer Störung des Gleichgewichtes leicht nachgeben. Veränderungen der Eigenschaften werden von um so grösserer Bedeutung, je höher der Tongehalt der Böden steigt und durchtränkte Tone können ohne einen besonderen Impuls in Bewegung geraten. Anders steht es mit den Gesteinen. Hier ist die HäSION als Grundeigenschaft von grösster Bedeutung. Experimente von Pfaff²⁾ u. a. haben uns über ihre Grösse zahlenmässig orientiert, ohne dass daraus doch ein Erhebliches für unsere Betrachtung gewonnen wäre. Die normalen HäSIONskoeffizienten eines Gesteines bedingen tatsächlich weit weniger sein Verhalten gegenüber Druck und Zug, als vielmehr die Flächen geringsten Widerstandes, von denen man Schichtflächen, Absonderungsflächen, Bruchflächen und alte Gleitflächen (Harnische) unterscheiden kann. In den Wandlungen der HäSION und in der Ausbildung derartiger Flächen sind die Veränderungen zu suchen, die ein Gestein für den Eintritt von Bodenbewegungen vorbereiten. Die HäSION nimmt im allgemeinen im Gestein an der Oberfläche ab unter dem Einfluss der Agentien der Verwitterung, namentlich des Frostes. Indes sind, speziell bei Böden, auch Fälle bekannt, wo das zirkulierende Wasser, so lange es in geringer Menge auftritt, eine Verkittung und damit Vergrösserung der HäSION herbeiführt. Die erwähnten Flächen geringsten Widerstandes ändern ebenfalls ihre Beschaffenheit, bei tektonischen Verschiebungen können auch neue Flächengruppen dieser Art entstehen.

So spielt die entscheidende Rolle in der Vorbereitung einer Bewegung das Wasser. Aber nicht in allen Fällen genügt seine Tätigkeit allein, eine Bewegung in Gang zu bringen. Z. B. kommt ein Erdfall zu Stande, wenn der tragende Pfeiler aufgelöst ist; aber meist ist überdies ein Impuls, ein auslösender Eingriff in die Form erforderlich. Dieser Eingriff muss im allgemeinen plötzlich sein, wenn er zu einem so raschen Ausgleich führen soll, wie es ein Schlipf, Rutsch oder Sturz ist. Somit fallen hier im wesentlichen die Äusse-

rungen endogener Kräfte fort, nur die Erdbeben sind eine sehr häufige und kräftige Impulsercheinung (Cross¹²). Die exogenen Kräfte kommen dagegen überall da in Betracht, wo sie sich örtlich in dem angedeuteten Sinne verstärken können. In erster Linie steht auch hier wieder die Tätigkeit des Wassers, sei es in gefrorenem Zustand als Gletscher, sei es als Regen oder Schnee in plötzlicher Häufung der Menge, worüber Almagià²⁴) zahlenmässige Untersuchungen angestellt hat, oder sei es endlich als erosiv tätiges Gewässer. Wir sahen vorhin, wie zirkulierendes Wasser die Bewegungen eigentlich immer vorbereitet; ein plötzlicher Überschuss solchen Wassers als Folge ungewöhnlicher Niederschläge oder der Schneeschmelze ist ein sehr häufiger auslösender Faktor. In der Quelle tritt diese Wirkung an einer Stelle konzentriert auf, die oft Ansatz zu umfassenden Umgestaltungen der Erdoberfläche wird. In anderer Weise greift die Erosionskraft strömenden Wassers direkt in die Form ein: sie schneidet die Hänge an und ändert dadurch energisch die Gewichtsverteilung an ihnen. Hier schliesst sich die Tätigkeit von Organismen und dann des Menschen an. Bodenwühlende Tiere, wie in unseren Breiten namentlich Maulwürfe und Mäuse, vermögen dem Wasser den Zutritt zu den oberen Bodenschichten sehr zu erleichtern und tatsächlich ist am Rande der samländischen Schluchten z. B. eine starke Durchlöcherung durch Maulwurfsgänge oft gerade da zu konstatieren, wo die Abbrüche sich energisch nach rückwärts erweitern.*) An Abhängen mit labilem Gleichgewicht genügt der Tritt von Herdentieren, um grössere Bewegungen auszulösen. Noch stärker greift der Mensch durch Wege- und Bahnbau ein und fast immer rächt sich die Verletzung der Böschung, wie fast jeder Bahneinschnitt sehen lässt, besonders stark in Deutschland z. B. die neuerbaute Strecke Treuchtlingen-Harburg, die in der Umgebung von Ötting-Weilheim italienischen Vorkommnissen nichts nachgibt.

IV. Klassifikation. Da sämtliche Bodenbewegungen in letzter Linie eine gemeinsame Ursache, die Schwerkraft,

*) Ein anderes Beispiel führt Wegemann an. Pet. Mitt. 1907, S. 196.

haben, da zudem in einer grossen Reihe von Fällen und im Bereich einzelner Gebiete immer dieselben vorbereitenden Veränderungen und auslösenden Kräfte zu konstatieren sind, so folgt daraus, dass die Formen der Bodenbewegungen eine gewisse Ähnlichkeit unter einander aufweisen werden und dass es demnach möglich sein wird, sie zu klassifizieren. Vorherrschend in jeder Bodenbewegung ist die vertikale Komponente und je nach ihrer Stärke haben wir zu unterscheiden zwischen einem Gleiten auf der Unterlage und einem Stürzen, das in extremen Fällen durch die Luft erfolgt. Eine Zwischenstufe, die dem Gleiten näher steht, ist das Rutschen, bei dem ein Durcheinandermengen innerhalb der bewegten Masse stattfindet, so dass nacheinander verschiedene Teile an die gleitende Basis gelangen. Vollzieht sich die Bewegung innerhalb der Erdoberfläche und wird nur in ihren Folgen sichtbar, so sprechen wir von einem Sacken, bei dem die vertikale Richtung vorherrscht. Ein zweites Einteilungsprinzip lässt sich von dem Material hernehmen, wobei zwischen einem plastischen Stoff (Lehm, Ton, Tuff), Fels und Schutt geschieden werden kann. Nach diesen Gesichtspunkten lässt sich, in Erweiterung des Heimischen Schemas⁶⁾, folgende Tabelle aufstellen:

	1. Gleitbewegung Bewegte Scholle wenig oder gar nicht zerrüttet	2. Rutschbewegung Bewegte Scholle in sich stark zerrüttet und durch einander gemengt	3. Sturzbewegung Zusammenhang der bewegten Scholle zerstört	4. Sackende Bewegung
a. Weiches, plastisches Material	α. Schlammstrom β. Gekriech γ. Schlipf	Frana		} Erdfälle.
b. Schuttmaterial (Hauptmasse der bewegten Scholle Schutt)	Schuttgekriech	Schutrutsch	Schuttsturz	
c. Felsmaterial (Hauptmasse gewachsenes Gestein)		Felsrutsch	α. Felssturz β. Abbrüche	

Zur Erläuterung dieser Tabelle sei noch folgendes bemerkt: zunächst wird sich in sehr vielen Fällen in der Natur ein Mittelding zwischen der einen und der anderen Art finden, das sich nicht zweifelsfrei klassifizieren lässt. Eingehendere Beschreibung muss dann erkennen lassen, welchem Typus sich die Bewegung am meisten nähert. Da nach den Argumenten sowohl der Bewegung als des Materials geteilt ist, wird es bei systematischem Verfolg beider Reihen wohl möglich sein, einen Einzelfall an der richtigen Stelle unterzubringen. Im einzelnen: man wird von einem Schlammstrom als Bodenbewegung nur dann sprechen, wenn die Teile des festen Materials über die flüssigen überwiegen; man kann auch sagen, in allen den Fällen, in denen das Wasser ausserhalb seiner dauernden Bahnen tonige Massen infolge Durchtränkung zum Herabfliessen bringt. Als Beispiel mögen Teile des pliocänen Sub-Appennin, sowie Vorkommnisse an den diluvialen Küsten von Rügen und dem Samland genannt sein. Alles andere gehört zu den, allerdings verwandten, Muren, Murbrüchen und Torfmoorausbrüchen, bei deren Bewegung nicht mehr das Feste, sondern das Wasser die entscheidende Rolle spielt. Das Gekrieche ist von Götzinger²³⁾ seiner Verbreitung und Bedeutung nach zuerst gewürdigt worden. Es besteht in meist unmerklicher Abwärtsbewegung der oberen Gehängepartien selbst bei geringen Neigungswinkeln überall da, wo die Beschaffenheit des Bodens und reichliche Niederschläge einen halb plastischen Zustand herbeiführen. Die äusseren Kennzeichen sind kleine, aber klaffende, Spalten, andererseits Wülste und bucklige Auftreibungen, wobei die Vegetationsdecke unverletzt bleibt. Im Walde sind derartige kriechende Hänge an der Stelzbeinigkeit der Bäume zu erkennen. Sehr oft verbindet sich mit dem einfachen Kriechen plastischen Materials das Schuttgekrieche, wo dann gröbere Bestandteile in der Grundmasse liegen. Aus dieser Form entwickelt sich das Hakenwerfen der Schichten, das in Steinbrüchen so oft zu beobachten ist. Doch kommen, wie Davison⁷⁾ gezeigt hat, auch Feinbewegungen von Schutt vor, der nicht durch ein Bindemittel verkittet ist, wobei der Frost ein wirksames Agens

ist. Ein Schlipf kommt zu Stande, wenn an steileren Böschungen oder infolge des Eintrittes eines stärkeren Impulses die Vegetationsdecke zerreisst und ein Teil des Gehänges sich abwärts bewegt. Die Bewegung wird in der Regel nach einmaligem Schub durch die Reibung zum Stehen gebracht und die Vegetation ergänzt sich rasch wieder, während die Zunge des Schlipfes durch Feinbewegungen verflacht. Es ist dies eine überaus häufig zu beobachtende Form von im allgemeinen kleinem Umfang. Sie geht an Erosionsböschungen über in die Frane, die, meist weit grösser, sich Jahrhunderte lang an derselben Stelle wiederholen. Die klassische Stätte derselben ist der nördliche Appennin, wo Almagia's²⁴⁾ und meine Untersuchungen²⁵⁾ das Phänomen in den letzten Jahren bekannter zu machen gesucht haben. Die Frana ist eine mit Vehemenz erfolgende Rutschbewegung plastischen Materiales, die fortgesetzt wird durch ein allmähliches Vorwärtsschieben der Zunge. Diese einfache Form führt sehr bald zu der komplizierten, bei der sich erneute Rutsche wiederholen unter dem Einfluss stärkerer Impulse oder der Nachschübe aus dem ständig erweiterten Einzugsgebiet. Nach und nach können auf diese Weise ganze Abhänge in Bewegung geraten, wobei dann die einzelnen Frane nicht mehr auseinanderzuhalten sind. Die Unterscheidung zwischen Fels und Schutt in den noch übrigen Arten der Bodenbewegungen wird meist sehr schwierig, oft unmöglich sein. Wirkliche Felsbewegungen, wo also das Hauptmaterial aus gewachsenem Gestein besteht, kommen nur bei den grössten Erscheinungen dieser Art vor. Nur bei Abrüchen, Abbröckelungen sind sie die Regel und können da, obwohl an sich klein, durch Summierung grosse Wirkungen erreichen (Steinfall). Schuttbewegungen sind sehr häufig in der Schuttregion der Hochgebirge, besonders die Mitteilungen von Friederichsen¹⁶⁾ und Sven von Hedin¹⁵⁾ weisen auf ihre Bedeutung hin. Der Name „Bergsturz“ wird zweckmässig auf grössere Bewegungen beschränkt, deren Material aus Fels und Schutt gemischt ist. Für die Arten der sackenden Bewegungen fehlt uns noch eine genauere Klassi-

fikation und Namengebung, einzelne Formen von Erdfällen trennt Lozinski²⁶).

V. Nomenklatur der einzelnen Teile. Für die einzelnen Teile einer Bodenbewegung haben sich Namen eingebürgert, die das Wesentliche recht gut bezeichnen. Abrissgebiet — Sturzbahn — Ablagerungsgebiet sind fast überall zu beobachten. Die Gestaltsanalogie einzelner Kategorien, namentlich der Frane, mit Gletschern, hat dazu geführt, auch von dem „Einzugsgebiet“ und der „Zunge“ zu sprechen, ebenfalls ohne weiteres verständliche Benennungen. Bei Bergstürzen kommt als äusserstes Glied noch die „Spritzzone“ dazu, den Streifen bezeichnend, der von durch die Luft fliegenden Gesteinen vor der Zunge bedeckt wird. Bei derartig heftigen Bewegungen erinnern Form und Effekt an die sehr nahe verwandten Lawinen, bei denen ein plastisches Material mit fremden Beimengungen sehr schnell eine bedeutende Höhendifferenz überwindet.

VI. Morphologische Bedeutung. Der formgebende Wert der Bodenbewegungen resultiert aus der Tatsache, dass sie ein Teil der Massenbewegungen sind. Demnach entstehen an ihren Ausgängen Verminderungen, sogar Hohlräume, an ihrem Ende Vermehrungen, Aufschüttungen. Dazwischen liegt ein Streifen, die Sturzbahn, der bei häufiger Wiederholung ebenfalls immer mehr zu einem Hohlraum wird. Wenn wir hiervon ausgehen, haben wir zunächst einmal festzustellen, welche Folgen die Wegräumung des Materials im Abrissgebiet hat.

Die geringst ausgeprägten Arten der Bewegung, vor allem das Gekriech, sind nicht stark genug, Hohlräume zu schaffen. So vollzieht sich, wo sie sich finden, eine allmähliche Verminderung, eine Abwanderung der obersten Bodenschichten. In welcher Weise dadurch die Rückenformen unserer Mittelgebirge zustande kommen, hat Götzinger²³) an dem Beispiel des Wiener Waldes gelehrt. Diese ruhige Entwicklung ist nur im mitteleuropäischen Klima möglich, das die Existenz einer dichten Vegetationsdecke so sehr begünstigt. Im Mittelmeergebiet zerreisst sie sehr bald und damit werden lebhaftere Prozesse eingeleitet, bei denen Bodenbewegungen,

Schlammströme, spülende Tätigkeit des Regenwassers so lange wirken, bis der betreffende Hügel nahezu abgetragen ist. Gewaltige Erosionskessel sind Zeugen dieser Vorgänge, wie sie Götzinger²³⁾ aus Istrien und ich aus Italien¹⁹⁾ beschrieben haben.

In allen diesen Fällen ist die plastische Masse das oberste oder gar einzige der Denudation unterworfenen Material. Anders ist es da, wo über tonigen Sedimenten eine abweichend zusammengesetzte, meist wasserdurchlässige Decke liegt. Derartige Vorkommnisse sind in ihrer Häufigkeit gleichfalls typisch. Es wirken dann die Konstruktionsverhältnisse des Deckgesteins, seine Spalten, Lagerung, sehr erheblich dadurch auf die Bodenbewegungen der tonigen Unterlage ein, dass sie das Wasser auf bestimmte Stellen hinführen. Dort beginnen Schlipfe, die sich sehr bald zu Frane, ja Bergstürzen steigern und dadurch scharfe Denudationsränder schaffen, an denen die Bewegungen in der Regel so lange anhalten, bis das ganze Deckgestein abgetragen ist. Als Beispiel nenne ich das Volterrano, Vorkommnisse in den Dolomiten (Cinque Torri bei Cortina d'Ampezzo). Hier spielt überall die Entblössung grösserer Partien des Bodens im Abrissgebiet eine erhebliche Rolle. Einmal durch Steigerung der Intensität; dann aber, indem diese Stellen der Sitz neu sich ausbildender Bachsysteme werden können. Ohne erhebliche Bodenbewegungen verschiedenen Charakters ist keine Neuanlage oder rückwärtige Erweiterung irgend eines erosiven Systems möglich, wenn nicht ein ganz indifferentes Gestein vorliegt; jeder Regenriss ist mit derartigen Bewegungen verbunden, keine Wasserscheide fällt, ohne dass sie die Hauptarbeit leisten, da die Terminante der Bodenbewegungen eine weit gestrecktere ist als die der Erosion; kaum eine Denudationsstufe weicht ohne Abbrüche zurück; in der Regel lässt sie hinter sich einen Streifen mit „*landslide topography*“ liegen (Russel¹¹⁾), während nach vorwärts weithin Spalten eingreifen. Ganz anders ist die Gliederung eines Abhanges durch kleine Zuflüsse im Bereich beweglichen Materiales als in dem härteren Gesteine. Beispiele finden sich im nördlichen Appennin reichlich.

Zu dieser Entwicklung trägt bei, dass in solchen Fällen die Sturzbahn, meist ausgehöhlt, den Mittellauf der neu angelegten Rinnsale aufnimmt, der sich in seiner Richtung wesentlich von normalen unterscheidet. Ihre Häufung ist ausserdem der wesentlichste Faktor der allgemeinen, beschleunigten Gehängeverflachung, die man in Tongebieten gegenüber gleichaltrigen aus anderem Material aufgebauten trifft.

Ganz anderer Art sind die morphologischen Folgen im Ablagerungsgebiet. Hier ist Aufschüttung der wesentlichste Vorgang, mit der Grösse der Bewegung wächst ihre Bedeutung. Das Gekriech ist imstande, kleine Rinnsale ganz auszufüllen, ihre Entwicklung an den Hängen zu verhindern. Frane, Schutt- und Felsrutsche können Bäche und Flüsse zu umfangreichen Seen aufstauen und selbst wenn diese bald verschwinden, bleibt doch eine erhebliche Störung der Gleichgewichtskurve zurück, oft sind auch Terrassen die bleibenden Spuren. Ist die erosive Kraft des Gewässers gering, so kann eine dauernde Erhöhung des Talbodens, ja sogar eine völlige Verschüttung selbst grösserer Bäche Platz greifen, wobei namentlich Schuttbewegungen wirksam sind. Erdfälle dagegen sind immer nur lokal von Bedeutung und können hier ausser Acht gelassen werden.

VII. Der Cyklus der Bodenbewegungen. Die Bodenbewegungen arbeiten in energischer Weise an einer Erniedrigung der Höhen und einer Aufschüttung der Täler und Senken. Sie streben einem Ausgleich zu, aber in ganz anderer Weise, als er unter der Herrschaft des normalen Abtragungsvorganges sich vollzieht: schreitet hier in jedem Fall die Erniedrigung bis zur Erosionsbasis in der Weise vor, dass mit zunehmender Reife des Landes die Unterbrechungen der Gleichgewichtskurven immer seltener werden, so ist im Bereich der Bodenbewegungen das umgekehrte der Fall. Werden auch die Katastrophen seltener, so gewinnen die intensiv und flächenhaft wirkenden Schlipfe und das Gekriech immer mehr die Oberhand und bringen selbst vollständige Ausfüllung der Erosionsgerinne zu Stande. So kann bei schwacher Erosionstätigkeit der Gewässer eine subaëriale

Einebnung erfolgen, die in höherer Lage zur Erosionsbasis vollendet ist, als sie eine normale Fastebene einnehmen kann. Das Harte überlebt in ihr nur dann, wenn es wurzelecht in grössere Tiefen hinabreicht, niemals kann es eine tonige Unterlage schützen. Das Gefäll einer solchen Fastebene ist stärker als das einer normalen, da die Talusbildung vor ihrer Vollendung unterdrückt wird. Wir erhalten einen Cyklus der Regionen, in denen Bodenbewegungen neben der normalen Erosion eine Rolle spielen: in der Jugend herrschen Bergstürze und Frane vor, welche die Deckgesteine abtragen, die Gehänge verflachen und die Täler zuschütten. Bei flacher Lagerung ist die Schichtstufenlandschaft das Resultat. Bei komplizierten Lagerungsverhältnissen finden wir Formen, wie sie der nördliche Appennin bietet. Ist die Reife erreicht, so sind die Deckgesteine entfernt, Stürze hören auf, Frane und Schlipfe besorgen die weitere Abtragung; zu ihnen gesellt sich auch das Gekriech. In Istrien und im Volterrano können wir dieses Stadium beobachten, das, verbunden mit starker Abspülung, zu der Topographie der Bad-lands führt. Unter anderen klimatischen Bedingungen, wo die Produkte der Bewegung nicht abgeführt werden, herrscht das Gekriech und zwar namentlich des Schuttes allein vor; gewisse Zonen der Hochgebirge sowie viele Gegenden in Innerasien bieten Beispiele, auch für polare Länder scheint diese Form sehr charakteristisch. Eine wellige, abgerundete Oberfläche mit abflusslosen Becken ist die Altersform einer den Bodenbewegungen unterworfenen Region, äusserlich mitunter glacialen Gebilden ähnelnd.

Die Sequenz der Formen von den Bodenbewegungen unterworfenen Regionen entwickelt sich als Spezialfall des Cyklus feuchter Klimate bei geeignetem Gestein. Damit tritt dieser Cyklus an die Seite der von Davis abgeleiteten für trockene, normale und kalte Klimate.

VIII. Anweisung zur Untersuchung. Das Studium der Bodenbewegungen ist meist in Gegenden vorgenommen, in denen solche durch häufigeres Vorkommen oder grössere Stürze die Aufmerksamkeit der Allgemeinheit auf sich lenkten. Ihr Auftreten in anderen Regionen aber lässt sich bis jetzt

kaum abschätzen, das wird erst nach Durchführung der von mir geplanten Erhebungen vielleicht, für das deutsche Sprachgebiet wenigstens, möglich sein. Mit einer blossen Statistik aber ist die Arbeit nicht getan, der einzelne Fall, der einzelne Abschnitt müssen untersucht werden, um auch über die Art der Bewegungen Auskunft geben zu können. In wenigen Stichworten sind die in Betracht kommenden Gesichtspunkte auf dem Fragebogen aufgeführt; sie sollen hier in eine kurze Anleitung zusammengefasst werden.

Die erste Aufgabe des Beobachters einer Bewegung ist die Kennzeichnung der Stelle, an der sie erfolgte. Sind die Messtischblätter der betreffenden Gegend vorhanden, so empfiehlt es sich, auf diesen den Ort eindeutig festzulegen. Nächst dem ist die Zeit des Eintritts und der Dauer der Bewegung zu ermitteln und zwar um so genauer, je grösser der Fall ist. Über den Monat, in dem er eingetreten ist, sollte indessen niemals Zweifel herrschen, da sich hieraus die klimatische Bedingtheit ableiten lässt. Für eine genauere Untersuchung schliesst sich jetzt die Bestimmung der äusseren Gestalt an. Sehr wichtig ist eine Photographie der betreffenden Stelle, die aber möglichst folgende Bedingungen erfüllen soll: der Standpunkt des Apparates muss bekannt und jederzeit wiederzufinden sein. Man setze ihn deshalb in Beziehung zu mindestens einem, möglichst drei Festpunkten, entweder durch Abmessen einer Strecke (z. B. auf der Chaussee von einem Kilometerstein aus längs eines Weges, von einer Hausecke in der Verlängerung einer Wand) oder durch Winkelmessung mit Hilfe eines Peilkompass, Sextanten oder Theodoliten. Der Gebrauch dieser Instrumente muss hier als bekannt vorausgesetzt werden, am einfachsten ist der Peilkompass, den man auf den photographischen Apparat setzt, wenn er auf das Stativ aufgeschraubt ist. Ausser dem Standpunkt muss auch die Richtung der Mittelachse des Apparats bekannt sein, die man am besten ebenfalls mit dem Kompass misst, dessen Kante man der Apparatkante parallel stellt. Angaben über den Bildwinkel sind erwünscht. Eine derart orientierte Photographie lässt sich einem Photogramm ver-

gleichen und zur Feststellung von Veränderungen in dem Rutschungsgebiet verwerten. Ausser der bildlichen Darstellung ist eine kartographische, wenigstens der grösseren Stürze, erforderlich. Wie die Aufnahme im einzelnen Fall auszuführen ist, hängt von Vorbildung, Zeit und Hilfsmitteln des Bearbeiters ab. Von der rohen Faustskizze mit abgeschrittenen Massen bis zur Messtischarbeit ist ja ein weiter Weg. Eine als praktisch erprobte Methode von genügender Genauigkeit sei hier kurz beschrieben. Instrumente: Peilkompass mit Stativ (des photographischen Apparats), Bandmass, das durch eine geteilte Schnur (20 m) ersetzt werden kann, Gefällsmesser (meist schon am Kompass; sonst der Wolz'sche-Bonn empfehlenswert); erwünscht ist eine Hilfskraft, als welche jeder Junge dienen kann; als zu vermessendes Gebiet sei eine grössere Rutschung in plastischem Material (Frana) angenommen. (Abb. 1.) Rings um und am Rand derselben suche man sich geeignete markante Terrainpunkte, die man dann durch einen Polygonzug mit einander verbindet; mit anderen Worten man macht eine kleine, in sich geschlossene Routenaufnahme, indem man von a ausgeht, Richtung nach b und zugleich mit dem Bandmass die Entfernung abmisst. Ausserdem aber werden a, b, c usw. durch Kompasspeilungen nach mindestens je 3 Festpunkten (Kirchtürme, Schornsteine, Hausecken, Bergspitzen, die alle auf der Karte stehen müssen) festgelegt. Ist es möglich, so misst man zwischen a—b eine Basis mit dem Messband und peilt von ihren Endpunkten direkt d an; das gibt der Konstruktion in sich einen sehr wünschenswerten Halt. Danach umwandert man die Frana und bezeichnet sich zweckmässig jeden Festpunkt durch einen Steinmann, einen Stab. Hat man ein Barometer zur Verfügung, so bestimmt man mit ihm die Höhe der einzelnen Punkte, sonst müssen Schätzungen und die Gefällsmessungen mit dem Klinometer aushelfen. Während dieser Umwanderung oder auch erst nachher wird mit Hilfe rechtwinkliger Koordinaten der genaue Umriss der Rutschung festgelegt, wobei die Peilvorrichtung des Kompasses zum Abstecken der rechten Winkel dient. Mit genauerer Einmessung von Einzelheiten der Form in Abriss- und Ab-

lagerungsgebiet ist die Aufnahme beendet und kann zu Hause leicht konstruiert werden, sobald die Deklination der betreffenden Gegend bekannt ist: die Lage der gewählten Kirchtürme u. s. w. wird einer vorhandenen Karte entnommen und aufgetragen, durch jeden die N-S-Linie ausgezogen und an ihr der gemessene Winkel angetragen. Die nach rückwärts verlängerten Schenkel dieser Winkel schneiden sich dann in dem entsprechenden Festpunkt a, b, c u. s. w. Ausserdem konstruiert man jeden dieser Punkte nach Azimut und

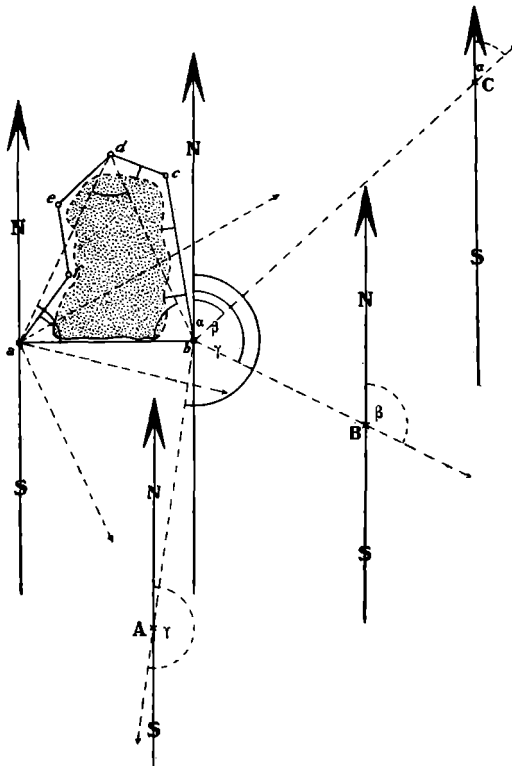


Abb. 1. Schema der Vermessung einen Rutschung mit Angabe der Konstruktion.

Punktirt : das Rutschungsgebiet. Linien mit Pfeilen und N-S : Meridiane. Gestrichelt : Strecken und Winkel der Konstruktion. Voll ausgezogen : im Felde gemessene Strecken und Winkel. o : Festpunkte der Aufnahme. X : Lage von der Karte entnommenen Peilobjekten.

Entfernung und hat so zugleich eine Kontrolle für die Genauigkeit. In das Netz der Festpunkte trägt man dann die eingemessenen Umrisse und Einzelheiten ein. Die Aufnahme lässt sich selbst bei grösseren Vorkommnissen in 3 bis 4 Stunden, mit Hilfskraft noch schneller, vollenden.

Damit ist die Topographie des Vorganges bekannt und in manchen Fällen bereits seine Klassifizierung möglich. Die weiteren Arbeiten im Felde beschäftigen sich mit der Geologie, dem Inhalt der ermittelten Form. Wenn eine geologische Spezialkarte vorhanden ist, sind nur Ergänzungen zu derselben erforderlich, deren Gesichtspunkte der Fragebogen enthält. Sind die geologischen Spezialkarten noch nicht erschienen, so ist eine eingehende Aufnahme notwendig, die ja erhebliche Vorbildung voraussetzt. In erster Linie zu berücksichtigen sind dabei die Verhältnisse des Grundwassers in der Umgebung der Bewegung, sowie die Beschaffenheit des Bodens in engerem Sinne und sein Vegetationskleid; hier schliesst sich unmittelbar die Ermittlung der Ursachen an, soweit sie nicht von aussen stammen. Zu beachten ist dabei namentlich die Tätigkeit der Boden- und Herdentiere, worüber uns noch fast ganz Erfahrungen fehlen. Ist die Spezialaufnahme durchgeführt, so ermöglicht sie im Verein mit dem topographischen Befund eine einwandfreie Klassifikation. Ebenso lässt sie die grössere oder geringe Wahrscheinlichkeit erkennen, in der betreffenden Gegend noch mehr (ältere) Bodenbewegungen aufzufinden. Nachforschung in den Archiven, sowie Umfragen können bei der Ermittlung solcher guten Dienste leisten, mitunter existiert auch Lokal-Literatur.

Ist solcherart die Physis des Vorganges ermittelt, so bezieht sich die weitere Untersuchung auf die Rückwirkung auf den Menschen. Der angerichtete Schaden, die möglichen Schutzbauten müssen festgestellt werden und bei Häufung der Bodenbewegungen in einer bestimmten Gegend ist ihr Einfluss auf die Besiedlung, Wegebau u. s. w. in den Kreis der Forschung zu ziehen.

Aus alledem geht hervor, dass ein eingehendes Studium auch nur einer Bodenbewegung ein tieferes Eindringen ver-

langt. Eine genügende Beantwortung der im Fragebogen aufgeführten Punkte zu erlangen, wird daher nur möglich sein, wenn alle Interessenten, in erster Linie auch die aufnehmenden Geologen der verschiedenen Landesanstalten den Mitgliedern der Zentralkommission für wissenschaftliche Landeskunde in Deutschland und mir tatkräftige Unterstützung zu Teil werden lassen. Aber jeder, auch der kleinste Hinweis, eine Zeitungsnotiz und dgl. wird dankbar entgegen genommen und ist zur Vervollständigung der Sammlung nötig. Dass eine Zusammenstellung der Nachrichten über derartige, unter unseren Augen vor sich gehende Veränderungen der Erdoberfläche erwünscht ist, wird allgemein anerkannt; dass Bodenbewegungen ein formgebender Faktor von grosser Bedeutung sind, geht wohl aus obigen Darlegungen zur Genüge hervor: so darf ich hoffen, dass die Fachwelt genügend Interesse an der Sache nimmt, um ihre Durchführung zu ermöglichen.

IX. Literatur.

- 1) 1834. K. E. A. von Hoff: Geschichte der durch Überlieferung nachgew. natürl. Veränderungen der Erdoberfläche. III. Gotha.
- 2) 1873. Fr. Pfaff: Allgemeine Geologie als exakte Wissenschaft, Leipzig.
- 3) 1881. W. C. Kerr: On the action of frost in the arrangement of superficial earthy material. The Amer. Journal of Science. 3. ser. XXI. 345—358.
- 4) 1881. F. Reyer: Bewegungen in losen Massen. Jahrb. k. k. geol. Reichsanstalt. XXXI. 431—444.
- 5) 1882. V. C. Pollack: Beiträge zur Kenntnis der Bodenbewegungen. Ebenda. XXXII. 565—588.
- 6) 1882. A. Heim: Über Bergstürze. Neujahrsbl. her. v. d. Naturforsch.-Ges. 84. Zürich.
- 7) 1888. Ch. Davison: Note on the movement of scree-material Quarterly Journal of the geol. Society. 44. 232—237. London.

- 8) 1889. Ch. Davison: On the creeping of the soilcap through the action of frost. *The Geol. Mag. n. s. dec. III. vol. VI.* 255—261.
- 9) 1894. A. Penck: *Morphologie der Erdoberfläche.* Stuttgart.
- 10) 1896. M. Blanckenhorn: Theorie der Bewegungen des Erdbodens. *Zeitschr. d. D. geol. Ges.* 48. 382—400.
- 11) 1900. I. C. Russell: A preliminary paper on the geology of the Cascade Mountains. Abschnitt: Landslides. XX. Ann. Report U. St. Geol. Surv. II. 193—204.
- 12) 1900. W. Cross: Landslides. XXI. Ann. Report U. St. Geol. Surv. II. 129—151.
- 13) 1902. M. Singer: *Fliessende Hänge.* *Zeitschr. d. Österr. Ingenieur und Architekt. Ver. Wien.* 54. 190—196.
- 14) 1902. Th. Fischer: *La Penisola Italiana.* Torino.
- 15) 1903. Sven von Hedin: *Im Herzen von Asien.* Leipzig. I. 456f; II. 243, 352.
- 16) 1904. M. Friederichsen: *Forschungsreise in den zentralen Tien-schan.* *Mitt. Geogr. Ges. Hamburg.* XX. 160 ff.
- 17) 1905. A. G. Högbom: Om s. k. „jäslera“ och om villkoren för dess bildning. *Geol. Föreningens i Stockholm Förhandl.* 27. 19—36.
- 18) 1905. R. Sernander: *Flytjord i svenska fjälltrakter.* Ebenda. 27. 42—84.
- 19) 1905. G. Braun: *Zur Morphologie des Volterrano.* *Zeitschr. Ges. f. Erdk. Berlin.* 771—783.
- 20) 1906. R. Tronnier: *Die Veränderungen der Erdoberfläche. Ein Mahnwort.* *Pet. Mitt.* 38—39.
- 21) 1906. B. Stechele: *Die Steinströme der Falklandinseln.* *Münch. Geogr. Studien.*
- 22) 1906. G. Andersson: *Solifluction, a component of subaërial denudation.* *Journ. of Geology.* XIV. 91—112.
- 23) 1907. G. Göttinger: *Beiträge zur Entstehung der Bergrückenformen.* *Geogr. Abh. IX. 1.* Leipzig.
- 24) 1907. R. Almagià: *Studi geografici sulle frane in Italia. I.* *Soc. Geogr. Ital. Memorie XIII.* Roma.
- 25) 1907. G. Braun: *Beiträge zur Morphologie des nördlichen Appennin. II.* *Zeitschr. Ges. f. Erdk. Berlin.* 464 ff.
- 26) 1907. W. Ritter von Lozinski: *Die Karsterscheinungen in Galizisch-Podolien.* *Jahrb. k. k. geol. Reichsanstalt.* 57. 683—726.
- 27) 1907. O. Nordenskiöld: *Über die Natur der Polarländer. Abschnitt: „Erdfluss und ähnliche Erscheinungen.“* *Geogr. Zeitschr.* XIII. 563.

X. Wortlaut des Anschreibens und Fragebogens*).

Greifswald. W.S. 1907/08

Sehr geehrter Herr!

Die Erdkunde wendet gegenwärtig in erhöhtem Mass ihre Aufmerksamkeit den Vorgängen zu, die unter unseren Augen die Beschaffenheit der Erdoberfläche verändern. Wenn wir von den Küsten absehen, vollziehen sich die einschneidendsten Umgestaltungen durch Bodenbewegungen. Von ihnen werden mehr oder minder tief reichende Partien des Bodens, aber auch „gewachsenes“ Gestein, Felsen usw. ergriffen. Die Bewegung kann sein ein Stürzen (Bergsturz, Felssturz), ein Gleiten (Schliff, Schlammstrom) oder endlich ein nur in seinen Folgen bemerkbares „Kriechen“ (Kennzeichen: Stelzbeinigheit der Bäume an Abhängen, Hakenwerfen der Schichten), wobei das Material einen gewissen Einfluss auf die Form der Bewegung hat (ob Fels oder Schutt, ob Lehm oder Sand). Unter den Ursachen, so weit sie nicht in der Gesteinsbeschaffenheit selbst liegen, spielt die Durchfeuchtung durch Quellen, ungewöhnlich starke Niederschläge, Schneeschmelze die Hauptrolle. Bei grösseren Erscheinungen tritt noch ein auslösender Vorgang hinzu, wie namentlich ein Anschneiden der Böschung durch Wege-, Bahnbau oder Erosion u. a., unter Umständen auch eine Änderung der Massenverteilung durch Aufschüttung u. dgl. Die morphologische Bedeutung der Bodenbewegungen beruht in einer Verstärkung des normalen Abtragungsvorganges. Sie tritt vor allem hervor bei der Abrundung der Mittelgebirgsformen und bei der Anlage und Ausgestaltung von Tälern. In beiden Richtungen haben die Untersuchungen der Neuzeit zu sehr wichtigen Ergebnissen geführt. Sie haben Gebiete zum Ausgangspunkt genommen, in denen diese Vorgänge sehr intensiv tätig sind. Es besteht aber kein Zweifel, dass sie auch an anderen Stellen von grösserer Bedeutung

*) Exemplare desselben sind von mir (Geographisches Institut. Greifswald) erhältlich.

sind, als man annimmt, Darüber und über die Verteilung Gewissheit zu schaffen und zur Beobachtung, zunächst innerhalb des deutschen Sprachgebietes, anzuregen, ist Zweck der Fragebogen, deren Versendung im Auftrage der „**Zentralkommission für wissenschaftliche Landeskunde in Deutschland**“ geschieht. Ich bitte daher, sie aufheben zu wollen und vorkommenden Falls auszufüllen bezw. ausfüllen zu lassen durch diejenige Person, die nach Ihrem Ermessen dazu geeignet ist. Ebenso bitte ich, mir Zeitungsausschnitte, auch wenn sie nur ganz kurz sind und sich zunächst nichts weiter über den Fall angeben lässt, gütigst zusenden zu wollen.

Fragebogen über Bodenbewegungen.

1. Möglichst genaue Ortsangabe (wenn vorhanden, nach dem Messtischblatt):
2. Wann trat die Bewegung ein resp. wann wurde sie beobachtet? Dauer derselben?
3. Art der Bewegung:
Bestimmungstabelle dazu:

	1. Gleit- bewegung Bewegte Scholle wenig oder gar nicht zerrüttet	2. Rutsch- bewegung Bewegte Scholle in sich stark zer- rüttet und durch einand. gemengt.	3. Sturz- bewegung Zusammenhang der bewegten Scholle zerstört.	4. Sackende; Bewegung
a. Weiches, plastisches Material	α. Schlamm- strom β. Gekriech γ. Schlipf	Frana (Erdrutsch)		} Erdfälle
b. Schutt- material (Hauptmasse der bewegten Scholle Schutt)	Schuttgekriech	Schuttrutsch	Schuttsturz	
c. Fels- material (Hauptmasse ge- wachsenes Ge- stein)		Felsrutsch	α. Felssturz β. Abbrüche	

4. Kurze Skizze der geologischen und Bodenverhältnisse (in Ergänzung der geologischen Spezialkarte, wenn eine solche vorhanden).
 Angaben über die Vegetationsdecke (Wald, Busch, Wiese, Feld, Moor).
 Ist der Erdboden (Fels) sichtbar?
 Sind Bodentiere (Mäuse, Maulwürfe, Ameisen) oder andere wühlende Tiere bemerkbar?
 In welcher Menge?
 Können die Rutschungen auf das Treten von Herdentieren zurückgeführt werden?
 Kann Bergbau oder sonstige menschliche Tätigkeit (Aufschüttung) die Ursache der Bewegungen sein?
 Angaben über die Grundwasserverhältnisse, benachbarte Quellen und Riesel.
5. Sind Ihnen andere (auch ältere und prähistorische) derartige Bewegungen in der Gegend bekannt? An welcher Stelle haben sie stattgefunden? Wer könnte über sie Auskunft geben? Litteratur?
6. Wer könnte mit näherer Untersuchung betraut werden?
 Erwünscht ist
- a) Übersendung einer Photographie.
 - b) Mitteilung über die Topographie (Kartenskizze, Neigung der betr. Abhänge und Stellen, Grösse) und
 - c) Geologie (Ergänzung nach den Gesichtspunkten von 4).
 - d) Allgemeine Beschreibung und Folgeerscheinungen des Vorganges, angerichteter Schaden, Schutzbauten usw.