

Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft des Kantons Glarus
Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft des Kantons Glarus
Band: 7 (1945)

Artikel: Fliessformen und Bewegungsmechanismus der Gruppen-Grundlawine (Kt. Glarus)
Autor: Hösli, Jost
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1046723>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 14.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Fließformen und Bewegungsmechanismus der Guppen-Grundlawine (Kt. Glarus)

Ein Beitrag zur Dynamik von Massenbewegungen
von Jost Hösli, dipl. Fachlehrer, Glarus
(nach Manuskript vom Frühling 1941)

Der Schnee ist in jüngster Zeit vom populären Allgemeingut zum wissenschaftlichen Objekt geworden. Darüber orientiert uns eine neue, reichhaltige Literatur, wovon die Ergebnisse von Fachleuten und Schneelaboratorien in Veröffentlichungen von Paulke,¹⁾ Bader und Häfeli²⁾ u. a. m. grundlegend sind.

Die Hauptprobleme der Schneeforschung, die großen praktischen Wert hat, bietet außer dem elementaren Wesen des Schnees vor allem seine Mechanik. Wohl die leichtere Aufgabe ist dabei die Darstellung der Verhältnisse ruhender Massen, also die Erfassung der sog. statischen Eigenschaften, wovon z. B. über Schneelagerung und Zustandsveränderung (Diagenese) wertvolle Resultate gewonnen worden sind. Noch nicht soweit, erst am Anfang wohl, steht man in der Ergründung der Schneebewegungen, der Dynamik der Lawinen. Vorliegende Arbeit beschränkt sich auf Feststellungen und Ergebnisse einer Grundlawine. Sie stützt sich auf Untersuchungen eines Einzelfalles und hütet sich deshalb, trotz mehrjährigen Beobachtungen, einen allgemeinen Wert im Sinne einer allein seligmachenden Theorie zu beanspruchen. Ueber ihre Resultate hinaus versucht sie in erster Linie eine zur Erkenntnis der Bewegungsmechanismen brauchbare Methode zu gewinnen.

Formen und Vorgänge im **Abrißgebiet** der Lawine sind gut bekannt und lassen sich auch im Tale an steilen Hängen beobachten. So hinterläßt die Lawine im Nährgebiet Abrißnischen,

die von bogenförmig angeordneten Flächen geringster Kohäsion begrenzt sind. Diese meist senkrechten Abbruchränder, die je nach der Geländegestaltung mehr gerade, konkav oder konvex verlaufen, können bereits schon die Folgen geringster Schneebewegungen sein, wie wir sie bei kriechendem Schnee finden. Diese werden durch Volumenveränderungen verursacht, die eine Verschiebung im Sinne des Gefälles bewirken. Infolge des mechanischen Druckes lagern sich die Schneekristalle dichter und diese Pressung erzielt auf geneigtem Gelände eine geringe Abwärtsbewegung. Streiff-Becker³⁾ mißt dieser Bewegung, die er mit den Differentialbewegungen der Körner in einem Silo vergleicht, für den Gletscher große Bedeutung zu. Untersuchungen der schweizerischen Schnee- und Lawinenforschung haben ergeben, daß bei Zunahme der Temperatur oder des Druckes auf die Gleitfläche um einen kleinen Betrag eine relativ starke Beschleunigung der Gleitgeschwindigkeit resultiert. Kann also schon eine bloße Verdichtung Ursache der Schneebewegung sein, so ist im besonderen für die Frühlingslawine die Ursache des Niedergehens in einer Gewichtszunahme zu suchen. Es ist nicht ausgeschlossen, daß beide Auslösungsmomente im Verein das Abrutschen zustande bringen. Dadurch, daß jedem Gewicht ein kleinstes Gefälle zugeordnet ist (dieses ist umso größer, je kleiner das auflastende Gewicht beträgt), muß eine Gewichtszunahme durch die Sättigung mit Schmelz- oder Regenwasser, das gleichzeitig auch als Schmiermittel wirkt, eine Bewegung auslösen, deren Ziel es bedeutet, die Materie in eine stabilere Gleichgewichtslage zu bringen. Die einmal an einem Orte ausgelöste Bewegung breitet sich flächenhaft aus und ergreift zudem jedes folgende Hangstück, das als Durchgangsland eine plötzliche Mehrbelastung erfährt und gestört wird, so daß dessen Schnee mitgleitet. Die anfänglich als Ganzes rutschenden Massen lösen sich infolge der immer rascher werdenden Bewegung und durch gegenseitiges Scheuern und Anpressen in uneinheitliche Trümmer auf, die sich rollend und überwälzend bewegen, zu Knollen wachsen, die verantwortlich gemacht werden für die schalige Struktur des abgelagerten Schnees, die z. B. A. Allix⁴⁾ aus den Westalpen beschreibt. Streiff-Becker⁵⁾ geben die Knollen möglicherweise den Anlaß zur Bildung des sogenannten Schüsselschnees.

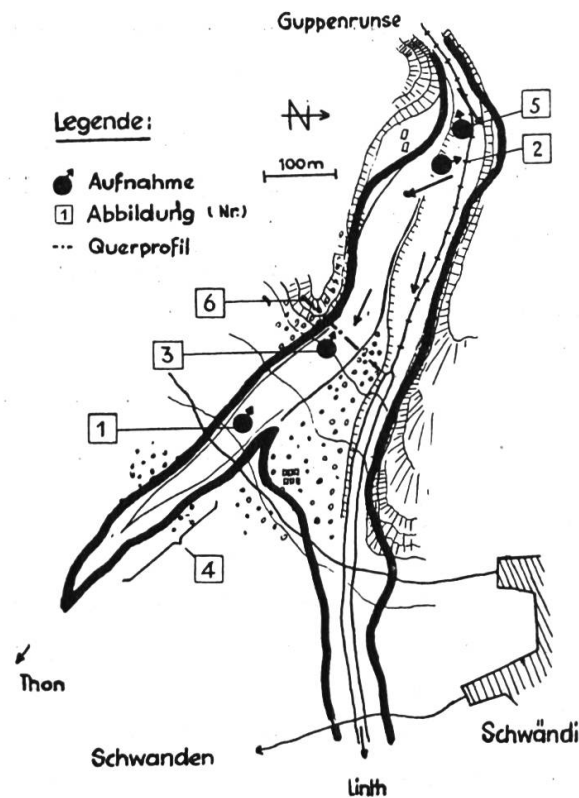
Diese an und für sich noch verständlichen Bewegungsvorgänge komplizieren sich, sobald der flächenhafte Abtrag zur dirigierten, stromförmigen Abwanderung wird, die der **Strombahn** eigen ist. Weiter kommt hier die Beschreibung nicht, als daß sie in gegensätzlichen Bildern die Bewegung des Schneestromes das eine Mal mit dem Fließen eines einheitlichen Breies, das andere Mal mit demjenigen eines Sandstromes vergleicht, bei dem sich die einzelnen Teilchen fortwährend neben- und übereinander verschieben.

Es wird schwer halten, eine Mechanik rascher Bodenbewegungen auf exakter Grundlage zu ergründen. Wohl bestehen über die Bewegungsvorgänge langsam kriechender Schneemassen bereits genaue Untersuchungen. Versuche von Paulke ergaben eine zunehmende Stärke der Bewegung in den oberen Teilen als Folge des verschiedenen Reibungswiderstandes. Feststellungen von Häfeli zeigten, daß infolge der besonderen Schneeeigenschaften seine Mechanik um ein Beträchtliches von der erdiger Massen abweicht. Paulke sieht die Ursache dieser Abweichungen in den dauernd vor sich gehenden Zustandsänderungen des Schneematerialies.

Messungen, wie sie für Kriechbewegungen noch in Frage kommen können, werden für die Lawinenbewegung kaum ausführbar sein. Auch eine physikalische Analyse kommt über grobe Annäherungswerte nicht hinaus und wird uns nur wenig Einsicht in die äußerst komplexe Natur einer raschen Schneebewegung zu geben vermögen. Das sinnverwirrende Zusammenspiel von Faktoren, die räumlich und zeitlich fortschreitende Umlagerung der Kräfte machen es wohl unmöglich einen andern Weg als den einer morphologischen Untersuchung zu gehen.

Die morphologische Untersuchungsmethode überbrückt die Unmöglichkeit der physikalischen Fassung dadurch, daß sie die abstrakte Formel unsichtbarer und unbegreifbarer Bewegungsmechanismen durch den sichtbaren, handgreiflichen Ausdruck der dadurch geschaffenen Form ersetzt. Ihr ist die Form der vornehmste Repräsentant des Vorganges, den sie durch ihre Erkenntnis zu rekonstruieren vermag. Die Frage nach der Form, ihrer Entstehung und Entwicklung durch die Bewegung, hat sich in erster Linie mit der Auseinandersetzung von Schwerkraft und

Widerstand zu beschäftigen. Die Fundamentalität dieser Kräfte macht es verständlich, daß zwischen allen Bewegungsvorgängen beliebiger Medien auf beliebigen Bahnen keine grundsätzlichen Unterschiede bestehen. Nur dadurch erklären sich die neuerdings immer mehr erkannten weitgehenden Uebereinstimmungen in der Formenwelt der verschiedenen Massenbewegungen, wie z.B. der Gletscher, des Schnees, der Bergstürze, Schlammströme und Murgänge, des Bodens. In der Beschreibung und Erklärung der Einzelform, als erste, analytische Arbeitsstufe, bezieht sich unsere Methode darum vor allem auf die abwägende Ermittlung der grundlegenden Kräfte. In der Synthese, im Vergleich und der Verknüpfung der Einzelformen in Raum und Zeit, mit Berücksichtigung der veränderlichen Größen, erfüllt sie ihre Aufgabe. So ermöglicht sie uns den Vorgang als Bewegungsmechanismus selbst zu schauen.



ÜBERSICHTSPLAN. J.H.

Nach diesen notwendigen einleitenden Bemerkungen gelte nun unsere Aufmerksamkeit dem Beispiel der Guppenlawine bei Schwändi (Kt. Glarus), die am 20. Februar 1940 in einer für den Morphologen seltenen Pracht zu Tale gefahren ist. Die Erscheinungen ihrer Fließformen, die Allgemeinheit und Regelmäßigkeit ihrer Anordnung zeugten für mehr als nur für Zufälligkeiten. Ihr Formenschatz (den der Verfasser ausführlich beschrieben hat,⁶⁾ weshalb auf eine Wiederholung verzichtet wird), verlangte eine befriedigende Erklärung, die sich nur in der Annahme von differentiellen Bewegungen innerhalb des gesamten Lawinenkörpers findet.⁷⁾ Die nach tagelang strömendem Regen mächtig ausgelöste Schneebewegung des Guppensammelgebietes überdeckte das Runsental unterhalb der Mündungsschlucht in einer Länge von über 2 km mit Schneemassen von wechselnder Breite von 100—200 m und einer Mächtigkeit von bis 10 m (siehe Uebersichtsplan). Die interessantesten Formen wies der durch die Prallzone des „Wigellenraines“ verursachte rechte Stromast auf, der seinen Lauf über die Alpweiden nahm, oberhalb Ennetecken abbog und nach der Siedlung Thon zielte. Seine scheinbar nebensächlichen Fließformen der U- und V-förmigen Schneerinnen, der Stauungen, der flächenhaft begrenzten Scherschwellen, die Schuttstreifung der Schneewände, die Form, Größe und Anordnung der Schneeegerölle und Blöcke usw. drängten nach einem gebührenden und notwendigen Verständnis, das über alle Zufälligkeiten und Spekulationen hinaus sich bemüht, Gesetzmäßigkeiten nachzuweisen, um sie einem Mechanismus zuzuschreiben, der den Anspruch größter Wahrscheinlichkeit zu fordern vermag.

Die auffälligste Form des Schneetrog es von wechselnder Tiefe und Ausprägung ist eine reine Erscheinung der Bewegungsvorgänge (Abb. 1). Die steilen Schneewände sind der großen randlichen Reibung zuzusprechen, die die Bewegung der Flanken verminderte und abbremste. Daß sie nicht plötzlich abgestoppt wurden, beweist die Tatsache, daß sich die Wälle noch weit in freies Wiesengelände fortsetzen. Um die Entstehung der randlichen Verschiebungsklüfte zu verstehen, gehen wir folgenden elementaren Gedankengang.



Abb. 1. Schneetrogtal mit größeren Schneeegeröllen

Durch den Anprall eines äußersten Schneeteilchens auf ein Hindernis wird dessen große Bewegungsenergie innert kürzester Zeit abgestoppt, wodurch große Kräfte frei werden, die der Physiker Stoßkräfte heißt. Diesen ist z.B. die Wirkung am Prallhang des Raines zuzuschreiben (Abb. 2). Sie vermochten den Rasen aufzupflügen, Steine auszustemmen, Bäume zu fällen. Auch der Schnee selbst unterliegt der ungeheuren Druckwirkung, die zu seiner Veränderung führt. Das Schneeteilchen wird luftärmer, dichter, spezifisch schwerer und unbeweglicher. Es ist dabei nicht ausgeschlossen, daß diese dynamische Diagenese, wie man die Zustandsänderung nennt, über eine flüssige Phase führt, die aber im Moment, wo das Teilchen selbst zur Ruhe kommt und nur noch der relativ kleinere Druck der nachströmenden Teilchen auf ihm lastet, wieder in die feste übergeht.

Im Verband einer Schneemenge nun werden die benachbarten Schneeteilchen nicht unbeeinflußt bleiben. Infolge der Zusammenhangskraft, das ist die innere Reibung oder Kohäsion, werden sie zu einem gewissen Betrag mitgehemmt, der umso größer ist, je näher sie dem zur Ruhe gekommenen liegen. Durch dessen stoffliche Veränderung aber ist die Beweglichkeit gewaltig vermindert, d.h. die innere Reibung zu seinen Nachbarteilchen be-

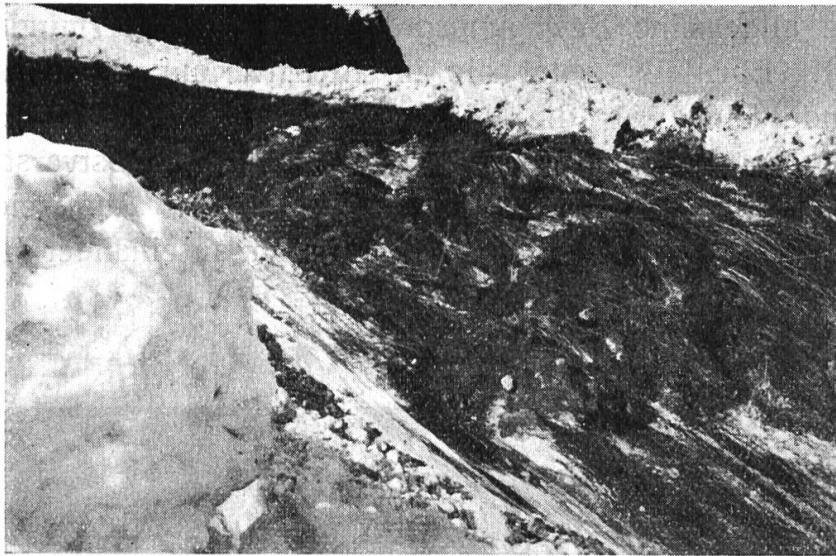


Abb. 2. Prallhang des Wigellenraines.

Im Vordergrund mächtiger Schneeblock auf dem rechten Runsenbord, das eine Schwelle zwischen Runsenlauf und den Alpweiden bildet.

trächtlich erhöht worden. Es wird uns dadurch klar, daß wegen der Veränderlichkeit der Schneekristalle das Verhältnis von äußerer Reibung zu innerer Reibung ein proportionales ist, daß mit der äußeren Reibung die innere entsprechend zunimmt. Da, wo nun die Stromkraft das durch die äußere Hemmung des Geländes verursachte große Zusammenhangsvermögen überwiegt wird eine randliche Scherkluft entstehen, an der sich der zentrale Stromteil mit unverminderter Bewegung losreißt. Diese Kluftfläche, die von den nachfolgenden Schneemassen geglättet und geschrammt wird, ist in wenigsten Fällen zugleich die Grenze des Hindernisses und liegt meistens dem Lawinenkörper näher. Die Breite der Randwälle vom direkten Hindernis zur abgescherten Wand, an welcher die Geschwindigkeit vom Nullwert der Umgebung auf die maximale Bewegung der Lawine ansteigt, ist deshalb nicht nur ein gutes Maß für die Größe der seitlichen Hemmung und für den Bewegungszustand der Lawine, sondern zugleich eine glänzende Demonstration einer dynamischen Sprungschicht.

Nach der Beobachtung ist diese Unstetigkeitszone von wechselnder Breite. Die parallel laufenden Trogkanten sprechen für ähnliche Widerstandsverhältnisse auf beiden Stromseiten. Mächtig

ist die Wallentwicklung in den Stauzonen der Abbiegungen, da dort die allgemeine Bewegungsgröße eine stark verminderte ist (Abb. 1). Ebenfalls zeugt die im Stromverlauf sich allmählich verengende Rinne für die Abnahme der Stoßkraft. Schmächtig sind die Trogränder in den Stromgeraden und selbstverständlich dort, wo seitliche Hindernisse fehlen (Abb. 3). Auf freiem Gelände werden sie immer niedriger und laufen auseinander (Abb. 4).



Abb. 3. Randwälle mit Schmutzbänderung, Geröllschleier des aufgeschürften Grundes

Die durch eine Betrachtung der Bewegungsverhältnisse in der Horizontalen erhärtete Tatsache einer unstetigen Abnahme der Bewegungsgröße vom Stromkern zu den Flanken läßt ohne weiteres auch Schlüsse über Unstetigkeitsflächen in der vertikalen Bewegungsgliederung zu. Scherklüfte begrenzen auch die Unterseite der Lawine und werden zu Gleitflächen, auf welchen sich die Schneemengen talwärts bewegen. Die hangenden Partien werden dabei im Laufe selbst zu den liegenden, sodaß sich im Endstadium des letzten Rutschens deutlich noch eine Schicht ausprägt, die mit steilem Schichtkopf abfällt (Abb. 4). Hindernisse

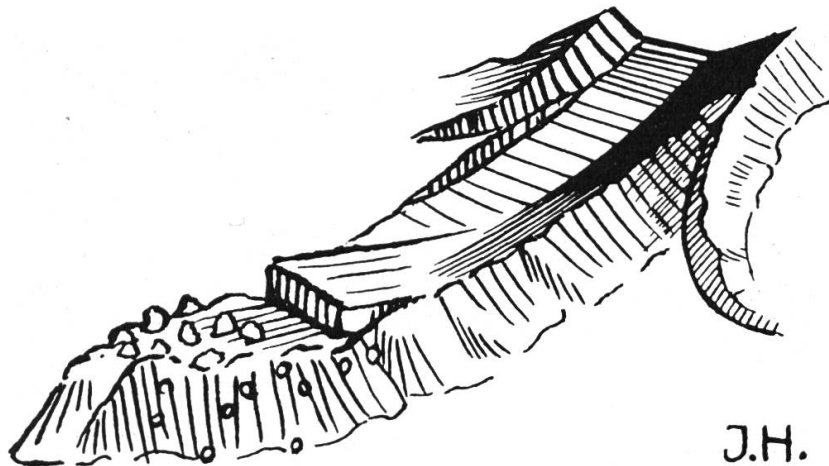


Abb. 4. Skizze der untersten Ablagerungsschleppe.
Auslaufen der Randwälle, V-förmiger Rinnenquerschnitt, Schichtkopf,
mit Blöcken übersäte Endschleppe.

werden immer flächenhaft abgeschert, worüber am besten die Schwellen belehren (Abb. 5). In Wegteilen großer Geschwindigkeiten ist zumeist die Oberfläche der Wiesenunterlage Gleitfläche, da mit der Beschleunigung der Druck und damit die Reibung abnimmt. Der bloße, aber kaum aufgeschürfte Grund im obern Teil der Strombahn ist ein Beweis für das Auftreten solcher Beschleunigungskräfte, die imstande sind, das Gravitationsfeld aufzuheben.

Seitliche und basale Gleitflächen verbinden sich zu einem einheitlichen Bett, dessen Form Abbild der Widerstandsverhältnisse und damit der Bewegungsgröße ist. In der U-Form spiegeln sich die großen Randwiderstände wider, die größer sind als die des Grundes. Der V-förmige Querschnitt der Schneerinne der untersten Strombahn ist die Folge eines gewissen Gleichgewichtes zwischen beiden Widerstandsarten (Abb. 4). Die lange, im Querschnitt trapezförmige Schneeschleppe, die fast an den Saum der Siedlung Thon gelangte, belegt den hier nur noch allein wirkenden Widerstand des Untergrundes.

Nebst den mächtigen Wällen finden wir auf den verhärteten Gleitflächen, meistens als mehr oder weniger dünne Schleier, die lockeren Schneegerölle. Ueberschreiten wir diese Ablagerungen der Strombahn talaufwärts, so bemerken wir eine eigent-



Abb. 5. Blick gegen die Mündungsschlucht der Guppenrunse.
Schurf- und Scherflächen mit Schrammkehlen, im Vordergrund blockiger
Schnee einer Schwelle.

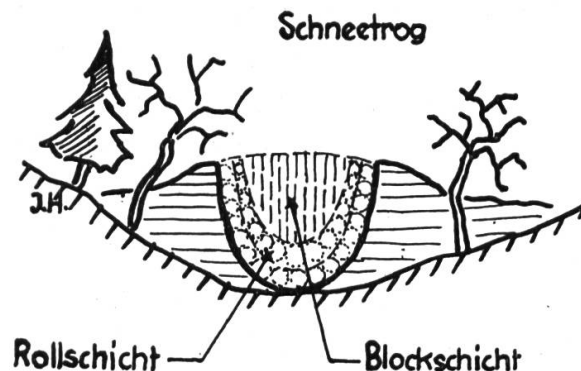
liche Sortierung derselben, nach Form und nach Größe. Gerölle feinen Kornes liegen im Oberlauf und in Gebieten starker Bewegungsgröße (Abb. 3). Weiter runsentalwärts, wo Scherflächen des Schnees zur Gleitbahn werden, nimmt ihre Größe und Anzahl wesentlich zu (Abb. 1). Der Ablagerungsfächer endlich ist ein eigentliches Trümmerfeld großblockigen Materiales, das den durch Schub zusammengebackenen, festen Sohlenteil wirr übersät (Abb. 4). Aber auch die Schwellen des obern Stromlaufes tragen solche Schneeblöcke (Abb. 5). Wir können uns des Eindruckes nicht erwehren, daß die einer zerfallenen Oberschicht angehörenden Blöcke ungefügen Baues im ganzen das passiv Vorwärtsgetragene darstellen, während das Gemisch eigentlicher Gerölle den liegenden Partien entstammt und Träger der Bewegung waren. Es scheint so, daß wir in dieser Anordnung das ganze Schneeprofil der Lawine, wunderbar auseinandergelegt, vor Augen haben, deren Horizonte, je höher sie runsenwärts ausstreichen, einer umso tieferen Zone des Lawinenkörpers angehören. Dies kann nur durch die Annahme von differentiellen Bewegungen innerhalb der Lawinenmasse verstanden werden.

Dadurch erhalten wir Einblick in die innern Bewegungsvorgänge des Lawinenstromes. Die Reibung des Grundes verur-

sacht bei einem gewissen Auftreten von Beschleunigungskräften, die den Druck auf die Unterlage mindern, eine rollende Bewegung. Möglicherweise rollen höhere Lagen auf tieferen. Durch die Fähigkeit der Regelation und durch gegenseitige Abnutzung entsteht die Kugelform, die einer Bewegung den geringsten Widerstand bietet. Es sind dies die „grelots“, die Allix von den Westalpen beschreibt und die nach ihm eine enorme Größe erreichen können. Sie zeigen sich besonders beim Abschmelzen des verbackenen Lawinenschnees. Es wäre gut möglich, daß bei länger dauerndem Lawinenfluß auch die seitliche Reibung an den anfänglich entstandenen Gleitklüften eine Bildung von Schneegeröllen verursacht (Abb. 6). Solche hat der Verfasser an kleineren Schneeschüben im Frühling 1941 feststellen können. Längs den Schneescherflächen im Runsenbett der Guppenlawine schmolz der durch eine bis 5 cm breite Kluft von den Randpartien getrennte Schneekörper in Kluftnähe deutlich in Kugeln ab. Das Dach der Lawine nun, dem das Blockfeld entstammt, aber gleitet als eine einheit-

Querprofil.

Abb. 6.



liche Schicht auf dem Lager der Gerölle, wie eine Marmorplatte auf Kugeln. Die Größe der Gerölle scheint eine Funktion der Bewegungsgröße zu sein. Sie sind umso feiner, je schneller sich die Lawine bewegt. Mit abnehmender Geschwindigkeit wachsen sie zu den größern Geröllen des Unterlaufes der Lawinenbahn. Die rollende Bewegung ist keine regellose einzelner Fließelemente, denen es frei gestellt wäre, sich beliebig zu bewegen und zu verändern, zu wachsen oder sich abzuschleifen. Bleiben sie in-

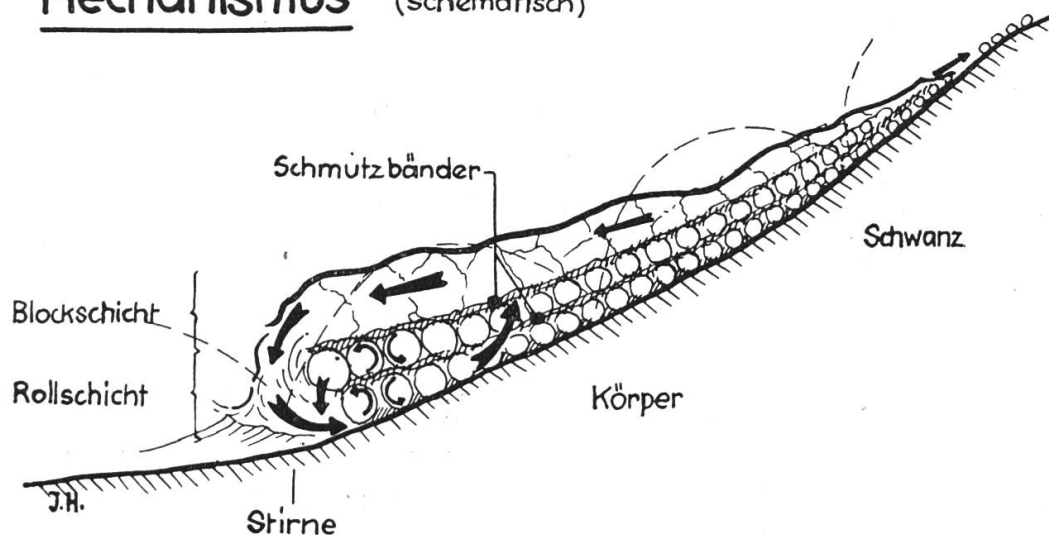
folge der Differentialbewegung als Einzelindividuen erhalten, so erscheinen sie unter dem Einfluß der allgemeinen Bewegungsverhältnisse in geschlossenen Schichtverbänden. Deren Mächtigkeit ist allein durch das Intensitätsverhältnis von Bewegung und Reibung gegeben. Das Wesen solcher Schichtung, die wir an den Formen, z.B. an den Gleitwänden und Scherschwelen noch finden (Abb. 3) und sie für den Lawinenkörper aus der Sortierung der Gerölle abgeleitet haben, liegt nur in der Bewegung begründet. Sie ist keine strukturelle, sie ist dynamischer Art, qualitativ z.B. derjenigen Pseudoschichtung gleichzusetzen, die Göttinger⁸⁾ schon frühe beim Gekriech als Folge einer Einstellung nach dem geringsten Widerstand beobachtet hat.

Die Bewegungsschichtung der Lawine ist selbstverständlich keine konstante, sie ändert mit der Bewegungsgröße im räumlichen wie zeitlichen Ablauf. Am schönsten ausgeprägt ist sie da, wo die Bewegung eine große und relativ ungestörte bleibt. Wir beobachten sie darum an den Schneewänden der Stromgeraden, wo sich auch die merkwürdigen Schmutzbänder finden (Abb. 3). Mit erlahmender Kraft nehmen die möglicherweise verschiedenen Geröllagen an Mächtigkeit zu, d.h. die differentiellen Geschwindigkeiten im Lawinenkörper werden einander ähnlicher, die in mehrere Teilverschiebungen zerlegte Bewegung wird immer mehr zu einer einheitlichen. Gänzlich verloren geht die dynamische Schichtung in den Stauzonen, wo die aufgeworfenen Wälle in großen Flecken unregelmäßiger Verteilung beschmutzt sind.

Die Annahme solcher Bewegungsvorgänge im Lawinenstrom erklärt uns weitgehend die intensive Durchschmutzung des Schnees, wie auch die an den Kluftwänden beobachtete streifenförmige Anreicherung von Schuttmateriale. Darüber vermag auf jeden Fall die alte Ansicht einer einheitlichen Fließbewegung keine Auskunft zu geben. Nur ein auf solchen Teilbewegungen beruhender Bewegungsmechanismus vermag eine an fast allen Grundlawinen zu beobachtende Durchmischung des Schnees mit Grundmateriale verständlich zu machen.

Gliedern wir die Lawine in Stirn, Körper und Schwanz, so ist die Stirn Wegbereiter und hat als solcher Rauigkeiten aus-

Bewegungs- Mechanismus (schematisch)



zustreichen, Unebenheiten auszuglätten und Hindernisse abzuscheren. Als großer Materialverbraucher ist sie auf den Zuwachs durch die Schneedecke der Gleitbahn angewiesen, der aber im Haushalt der fließenden Lawine sicher nur eine geringe Rolle spielt. Vielmehr zehrt die Lawine von den unerschöpflichen Vorräten ihres eigenen Körpers. Höhere Stirnteile sinken beim Verbrauch der Sohlengerölle ab und ersetzen diese, wobei sie, den hier herrschenden Verhältnissen sich angleichend, die Größe der ersten annehmen. Ständig schießen ferner die schnelleren höheren Lagen den bodennahen Schichten vor und fallen in Wurfbewegung zu Boden. Die Lawinenstirn bietet das Bild einer Walze.

Der durch das Absinken und Vorscheißen der Sohle zugekommene Schnee ballt sich, sofern er nicht verbraucht wird, den liegenden Geröllen an, die ihn aber, weil sie bei gleichen Bewegungsverhältnissen nicht wachsen können, gleich wieder an die höhere Lage abscheuern und diese ihn weiter gibt, bis er in den höchsten Lagen der Blockschicht den Kreislauf von neuem beginnt. So verstehen wir die Durchschmutzung der Lawine als ein Mitwandern des aufgeschürften Grundmaterials, das über alle Horizonte verteilt liegt. Es ist aber zugleich möglich, daß sich der Schmutz wegen seiner andern Beschaffenheit in den Kontaktflächen

der Geröllschichten und Blockschicht anhäuft und sich zu den Bändern formt, die wir noch an den Randwällen erkennen.

Der aufsteigende Ast einer Schneeuumlagerung im Lawinkörper, zusammen mit der absteigenden Wurfbewegung in der Stirne ergibt eine Art von zirkulärer Strömung, die durch die allgemeine Translationsbewegung verdeckt bleibt. Der Weg solcher wandernder Schneeteile ist somit kein einfacher. Er gleicht demjenigen eines Punktes an einem Rad, der eine zyklode Kurve beschreibt.

Der Lawinenschwanz endlich ist der Ort, wo die tiefsten Horizonte der Hemmung wegen auskeilen und als Geröllschleppen zurückbleiben, deren bestimmte Anordnung uns verleitet und dazu geholfen hat, die Bewegung der Lawine zu rekonstruieren.

Es haben die mächtigen Schneekugeln erster Lawinendarstellungen nicht nur Groteskes an sich. Sie kommen auf ihre Art und Weise der Wirklichkeit des viel komplizierteren Bewegungsmechanismus ebenso nahe wie die bloßen Schilderungen und Vergleiche mit Breien und Sandströmen. Selbstverständlich bilden die durch einen obigen Bewegungsmechanismus erklärbaren Formen der Guppen-Grundlawine einen an die Lokalität gebundenen Einzelfall. Die Unzahl von spezifischen Faktoren, die diesen Vorgang begünstigt haben, wie die Schneemenge, die Schneebeschaffenheit und die Reliefverhältnisse, verbietet jegliche Verallgemeinerung. Die durch diese morphologische Analyse gewonnenen Erkenntnisse zeugen von der überaus komplexen Natur jeder Bewegung. Sie widersprechen einer Einseitigkeit und Starrheit kausalen Denkens und fordern die Zusammenarbeit und Koordination aller Arbeitsmethoden.

Fußnoten.

- 1) Paulke W.: Prakt. Lawinen- und Schneekunde, Berlin 1938.
- 2) H. Bader, R. Häfeli, E. Bucher u. a. m.: Der Schnee und seine Metamorphose, Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechn. Serie Hydrologie, Lieferung 3, Zürich 1939.
- 3) R. Streiff-Becker: Glarner Gletscherstudien, Mitt. Naturf. Gesellschaft des Kts. Glarus, Glarus 1939.
- 4) Allix A.: Les avalanches, Revue de Géogr. Alpine 1925.
- 5) Streiff-Becker R.: Schnee und Lawinen, „Die Alpen“, Heft 2, 1936.
- 6) J. Hösli: Von der Guppenlawine im Kt. Glarus, „Die Alpen“ 1943, Heft 3.
- 7) Solche differentielle Bewegungen infolge verschiedener Beanspruchungen eines Mediums sind dem Erdbau-Ingenieur schon lange bekannt. Ähnliche Auffassungen finden auch für die Gletscherbewegung immer mehr Geltung.
- 8) Götzingen: Beiträge zur Entstehung der Bergrückenformen. Geograph. Abhandlung IX, Leipzig 1907.

