

Wie eine Lawine entsteht

Autor(en): **Bucher, Edwin**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Prisma : illustrierte Monatsschrift für Natur, Forschung und Technik**

Band (Jahr): **4 (1949)**

Heft 11

PDF erstellt am: **06.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-654495>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

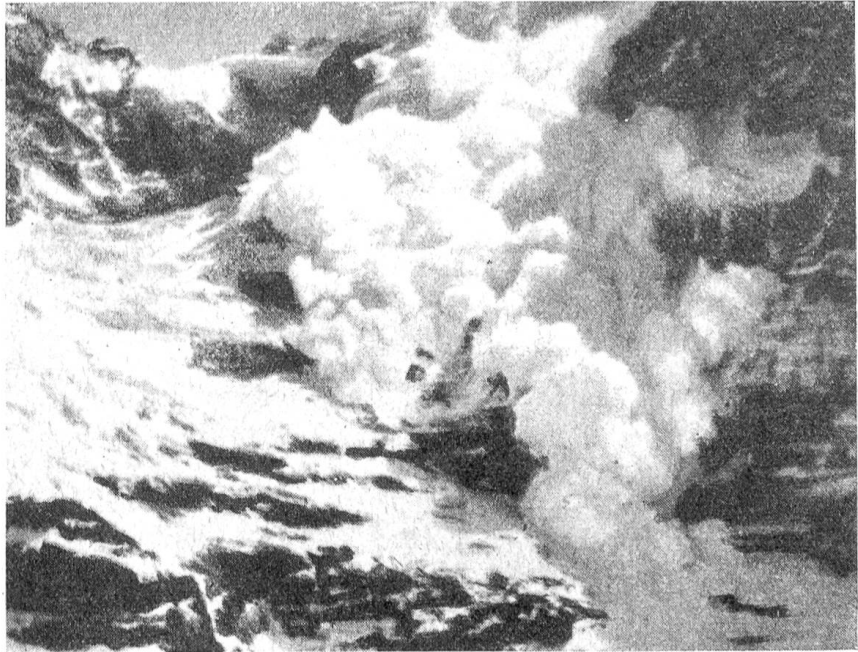
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

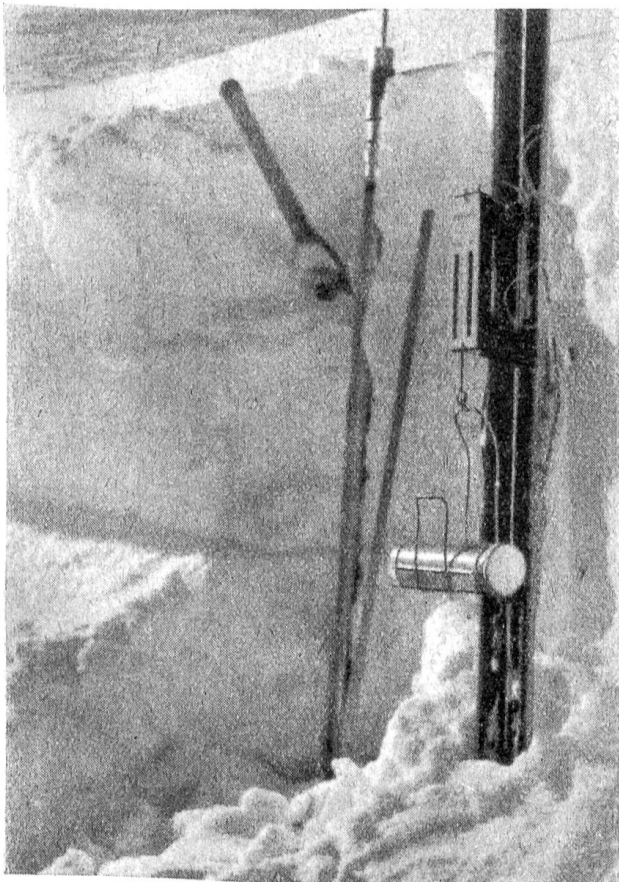
Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Wie eine Lawine entsteht

Bruchbildungen der Schneedecke und die dadurch ausgelösten Lawinnenniedergänge sind Naturerscheinungen, die für unsere Gebirgsbevölkerung Jahr für Jahr große Gefahren bilden und ihr gewaltigen Schaden zufügen. Daneben wächst je länger desto mehr die Befürchtung, daß der mit diesen Problemen nur wenig vertraute Stadtbewohner als Skitourist, der in der winterlichen Bergwelt Erholung sucht, in den Gefahrenbereich der Lawinen gerät. Diese und andere Überlegungen mehr wissenschaftlicher Art führten im Jahre 1942 zur Bildung eines Forschungszentrums auf Weißfluhjoch in 2660 Meter Höhe oberhalb Davos, dem die



Imposante Lockerschnee-Lawine an der Jungfrau

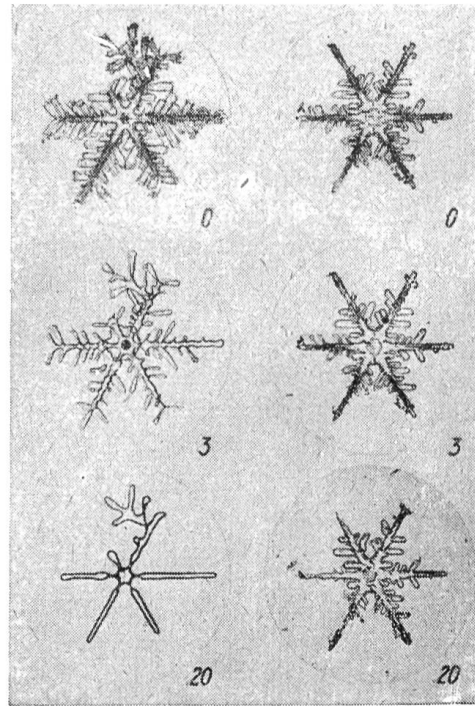
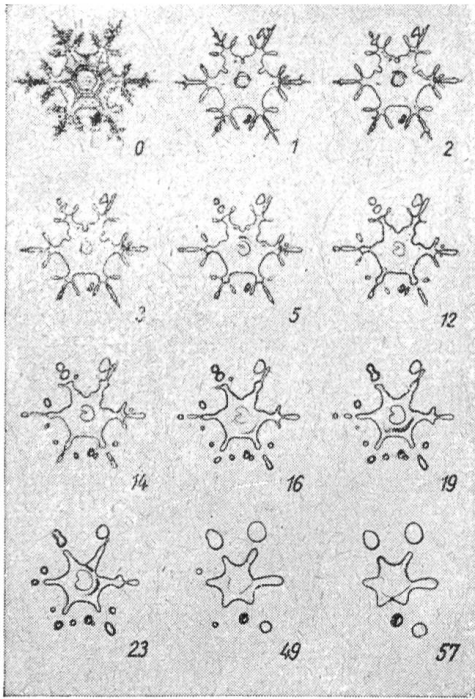


Aufgabe zukommt, alle mit Schnee und Lawinen zusammenhängenden Fragen systematisch zu klären.

Seitdem ist eine Reihe von Jahren verflossen. Langsam fügt sich Erkenntnis an Erkenntnis. Langsam reifen die Früchte stiller Forschertätigkeit, und heute ist man soweit, daß die grundlegenden, physikalischen Eigenschaften von Schnee und Schneedecke als geklärt betrachtet werden können.

Schnee ist eine lose Anhäufung von Kristallen, ein kristallines Aggregat mit zwei ganz speziellen Eigenschaften: Seine Temperatur liegt immer in der Nähe des Schmelzpunktes und seine Kristalle erfreuen sich im allgemeinen einer großen Gefügef়reiheit. Diese Gefügef়reiheit läßt sich an Hand von Raumgewichtsmessungen leicht überprüfen. Trockener Neuschnee wiegt nämlich in den meisten Fällen weniger als hundert Kilogramm je Kubikmeter. Extremwerte gehen sogar bis auf etwa dreißig Kilogramm hinunter. Man spricht dann von Wildschnee oder Flaumschnee. Derartige Schneefelder können mühelos durchschritten werden; man sinkt vollständig ein, ist aber bei der Vorwärtsbewegung mit Ski oder zu Fuß keineswegs behindert, weil die Schneedecke eben sehr viel Luft

Wägung der Schneeproben mit Hilfe von Hohlzylinder und am Ski befestigter Federwaage



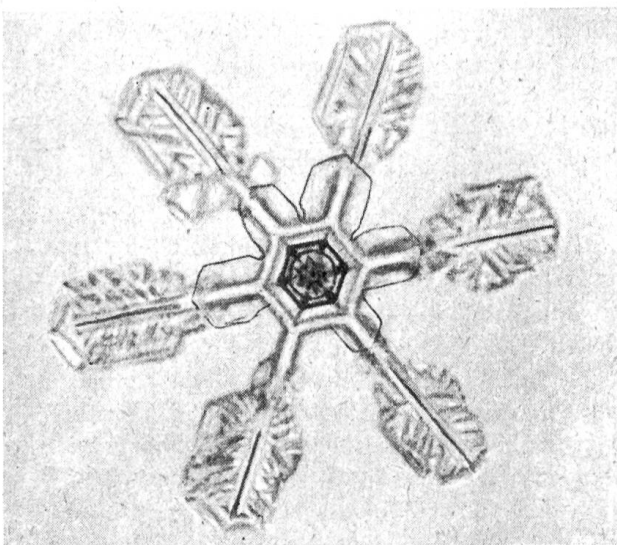
Darstellung von der Metamorphose einzelner Schneekristalle. Die Zahlen geben den zeitlichen Verlauf der Formveränderungen in Tagen an.

enthält. Rechnen wir selbst mit einem Raumgewicht von hundert Kilogramm, so beträgt das Porenvolumen immer noch mehr als neunzig Prozent des Gesamtvolumens.

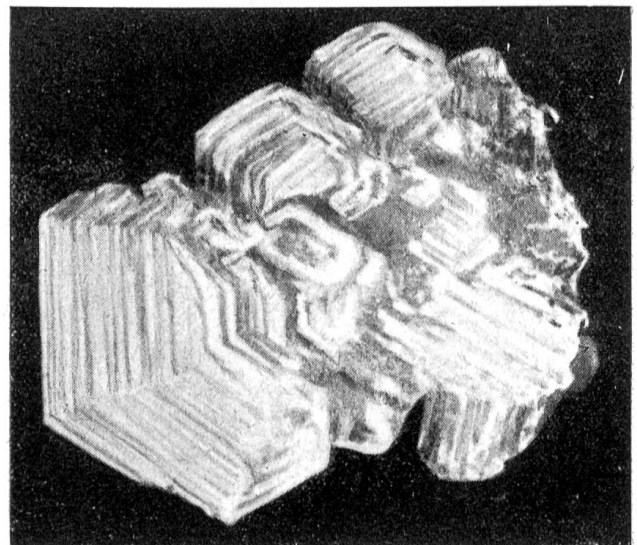
Da jeder Schnee durch natürliche Alterung und Belastung eine Kompression erfährt, kann das Raumgewicht des Altschnees bis zu demjenigen des porenfreien Eises, also bis auf neunhundert Kilogramm je Kubikmeter anwachsen. In diesem Falle ist alle Luft verdrängt und an ihre Stelle ist der Feststoff Eis getreten. Vergleicht man nun die Extremwerte, so läßt sich für die Veränderungsmöglichkeit des Raumgewichtes im Schnee der außerordentlich große Spielraum von etwa eins zu dreißig feststellen. Praktisch

liegen die Grenzen etwas enger beisammen: Neuschnee wiegt meistens etwa achtzig Kilogramm je Kubikmeter und verdichtet sich mit der Zeit zu etwa vierhundert Kilogramm je Kubikmeter.

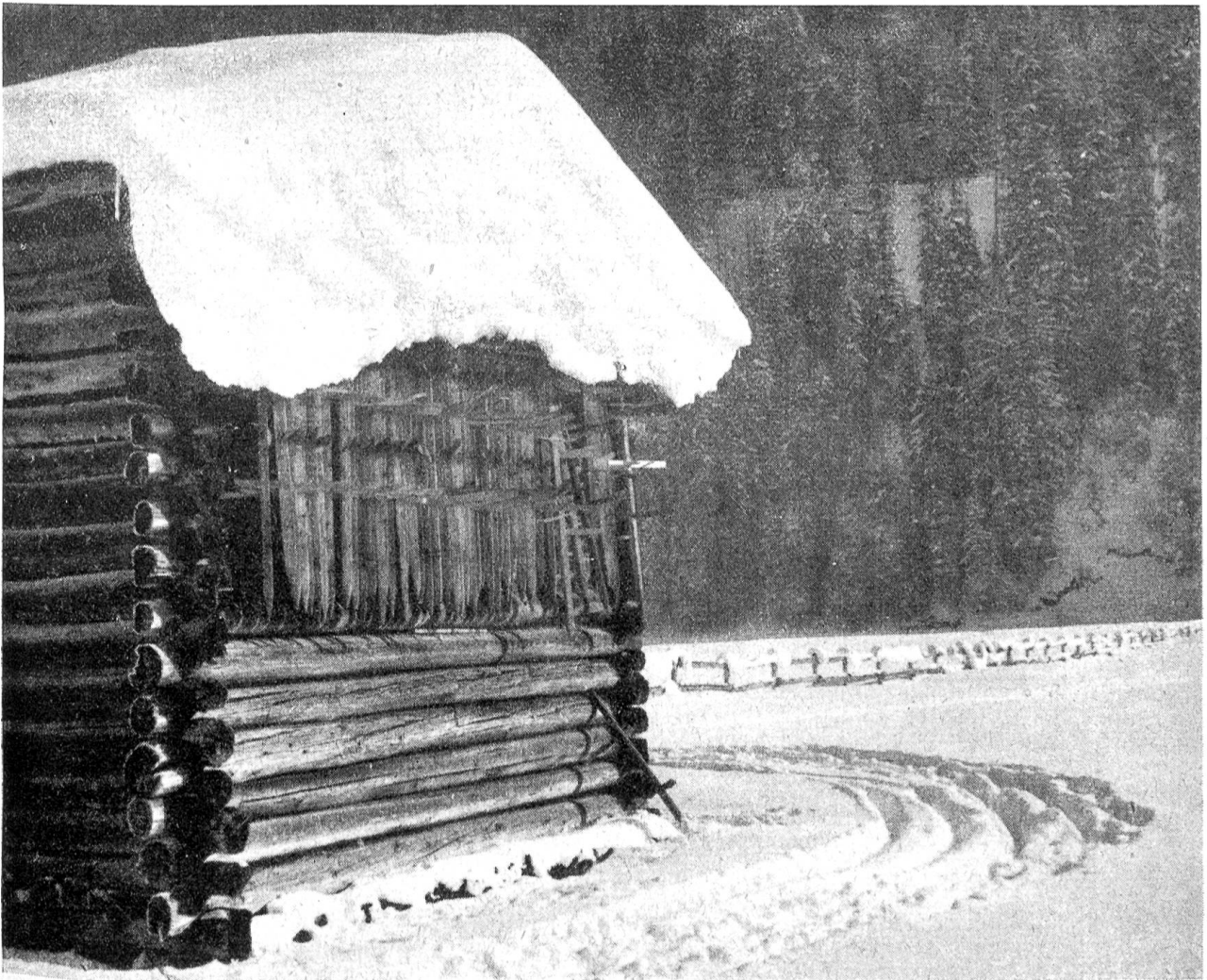
Die Messung des Raumgewichtes von Schnee ist einfach und geeignet junge Naturbeobachter zu weiteren Untersuchungen anzuregen. Am zweckmäßigsten verwendet man dazu einen Hohlzylinder mit bekanntem Gewicht und Inhalt. Wesentlich ist, daß er vor Gebrauch abgekühlt wird, da sonst leicht Vereisungen und damit Fehlerquellen entstehen. Jedes Manipulieren soll ferner mit Handschuhen geschehen; nicht nur um sich selbst zu schützen, sondern auch um ein Erwärmen oder Schmelzen der Proben zu vermeiden.



Schneestern



Altschnee-Kristall



Weit überhängende Schneedecke auf einem Heuschober

Dann ist nur noch eine der üblichen Federwaagen (Paketwaage) notwendig, und der angehende Schneeforscher ist schon genügend ausgerüstet, seine ersten Messungen durchzuführen, Messungen die wohl dazu beitragen werden, den Wissensdurst für dieses allgemein bekannte und doch noch wenig erforschte Spezialgebiet zu wecken. Gleichzeitig geben diese Untersuchungen auch praktische Hinweise: über die Belastung von Flachdächern, über die bei der Schneebeseitigung einzusetzenden Transporträume, über den im Frühling zum Abfluß gelangenden Wasserwert der Schneedecke und dergleichen mehr.

Was die Temperatur des Schnees anbetrifft, so lassen sich ebenfalls sehr einfache, aber gleichzeitig recht anregende Untersuchungen anstellen. Die Schneedecke bildet gleichsam eine Isolationsschicht, welche die Erdoberfläche vor allzu starker Abkühlung schützt. Poröse Lockeraggregate wie Korkmehl, Glaswolle und dergleichen gehören zu den guten Wärmeisolatoren. Auch Schnee ist in diese Gruppe aufzunehmen, solange man sich auf Temperaturen unter null Grad be-

schränkt. Tatsächlich erfüllt die trockene Schneedecke ihre Aufgabe als Isolator vorzüglich. Gräbt man einen Schacht und mißt die Temperatur des Schnees in verschiedenen Abständen über Boden, so wird man in den meisten Fällen feststellen, daß die unterste Schneeschicht etwa null Grad aufweist und die tiefste Temperatur im oberen Teil des Gesamtprofils zu suchen ist. Die wechselnden Temperaturen der Außenluft dringen im allgemeinen nur etwa zwanzig bis dreißig Zentimeter in die Schneedecke ein. Naturgemäß treten in diesem Bereich relativ große Schwankungen auf, während die Basisschichten viel konstantere und eben im allgemeinen auch höhere Temperaturen aufweisen. Diese Tatsache machen sich alle guten Alpinisten zu Nutze, die genötigt sind auf Schneefeldern zu biwakieren: Je tiefer man sich in die Schneedecke eingräbt, desto wärmer wird die Unterkunft.

Zur Temperatur-Messung verwendet man üblicherweise gewöhnliche Glasthermometer mit Quecksilberfüllung. Sie werden in gewünschter Höhe über dem

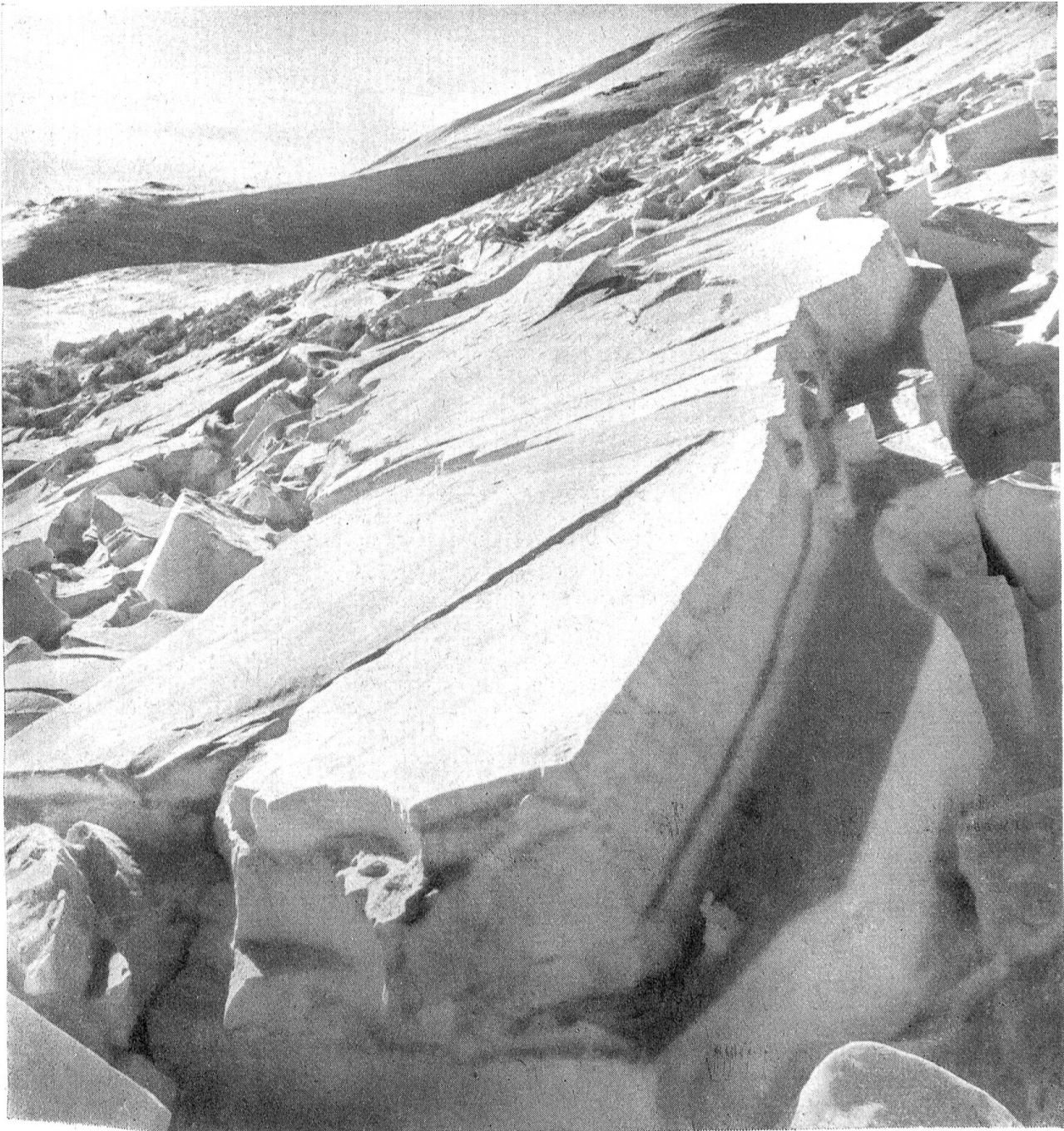


Die kriechende Schneedecke hat eine Tanne umgelegt

Boden horizontal in die Schneedecke eingestoßen, einige Minuten unberührt gelassen und können dann abgelesen werden. Die Unterschiede in den verschiedenen Temperaturskalen, die Gefrierpunkte der zur Anwendung kommenden Flüssigkeiten und dergleichen mehr müssen beachtet werden, denn der angehende Naturbeobachter muß zur genauen Messung erzogen werden und sich bewußt sein, wie vielen subjektiven Einflüssen jede Schätzung unterliegt.

Schon aus der Tatsache allein, daß sich das Raumgewicht des Schnees ständig ändert, vielmehr noch auf Grund mikroskopischer Beobachtungen an den Einzelkristallen, läßt sich ein stetiger Wandel in der Zusammensetzung des Schnees nachweisen. Es wäre also grundsätzlich falsch, die Schneedecke als starre Masse zu betrachten. Das Gegenteil ist der Fall: Jedes einzelne Korn steht im lebhaften „Tauschhandel“ mit seinem Nachbarn, wobei die immer vorhandene Porenluft die Vermittlerrolle übernimmt. Einzelne Partien verdampfen; es bauen sich Verästelungen, vorspringende Kristallteile oder stark druckbeanspruchte Stellen ab, und die Luft scheidet das an einem Ort aufgenommene Material an anderen Punkten, speziell an konkaven Einbuchtungen — im Druckschatten und sonstwie begünstigten Stellen — wieder aus. Abbau und Aufbau sind zwei Vorgänge die in der Schneedecke ständig Hand in Hand gehen.

Bei hohen Temperaturen und kleinen Raumgewichten verläuft die gesamte Veränderung, die man auch gemeinhin als „Metamorphose“ bezeichnet, sehr rasch und kann in Einzelfällen ohne besondere Hilfsmittel verfolgt werden: Der relativ warme Neuschnee sintert in wenigen Stunden zusammen; die fein verzweigten Kristalle werden körnig, bleiben aber stets im Kontakt mit ihren Nachbarn und haben so ein Schwinden des Gesamtaggregate zur Folge. Die hohe Temperatur verleiht dem Schneekristall eine gewisse Labilität und führt im Kontakt mit der Porenluft zu stetigen Formänderungen, die man mit dem Vergrößerungsglas anfänglich schon im Verlauf weniger Stunden, später allerdings erst im Ablauf von Wochen erkennen kann. Je freier der einzelne Kristall im Verband angeordnet ist, um so bedeutender wird auch die durch äußere Kräfte eingeleitete, „plastische“ Formänderung ausfallen. Zunehmende Verdichtung oder Annäherung der Kristalle hat dann mit der Zeit eine wachsende gegenseitige Behinderung zur Folge. Die Gefügef়reiheit wird kleiner und kleiner und so ist es durchaus verständlich, wenn die eintretenden Formänderungen beim Neuschnee sofort in die Augen springen, beim Altschnee aber meistens nur durch genaue Messungen erfaßt werden können. All die wunderschönen Verformungen des Neuschnees auf Dächern, Zäunen und Pfosten, alle diese Verfaltungen,



Bruchbildung der Schneedecke

Verdrehungen und Überlappungen, wie sie vor allem bei Erwärmung nach nächtlichen Schneefällen beobachtet werden können, legen Zeugnis ab von der großen Plastizität des lockeren Schneeaggregates. Wie eigenartig und doch physikalisch leicht erklärbar sind die dabei hervortretenden Unterschiede zwischen Sonnen- und Schattenseite. Je wärmer der Schnee, um so größer seine Plastizität.

Bei den vielfach am Rande steiler Giebel-Dächer feststellbaren Überhängungen wird noch eine andere physikalische Eigenschaft des Schnees offenbar: seine Festigkeit. Das weiße Aggregat besitzt trotz des lok-

keren Aufbaues und der damit zusammenhängenden inneren Beweglichkeit stets auch eine gewisse Kohäsion, also eine gewisse Verbandsfestigkeit. Eine Feststellung, der im Zusammenhang mit der Lawinenbildung entscheidende Bedeutung zukommt. Plastizität und Festigkeit sind zwei verschiedene Eigenschaften, die — obwohl zum Teil ineinander greifend — streng auseinander gehalten werden müssen. Es gibt Schneearten, die sich unter dem Einfluß geringster äußerer Kräfte plastisch, also bleibend deformieren lassen, einem Trennungsversuch aber sehr großen Widerstand entgegensetzen, während sich andere annäh-



Eine Naßschneelawine ist niedergegangen

erd starr verhalten und trotzdem keine beachtenswerte Festigkeit besitzen.

Sowohl die Plastizität als auch die Festigkeit sind Materialeigenschaften, die im Laboratorium an Hand spezieller Apparaturen gemessen werden. Ähnliche Meßinstrumente hat man schon früher für verwandte Stoffe wie Erde, Lehm, Teig, Farbe, Honig, Fette, Bitumen und andere entwickelt, denn bekanntlich spielt die Materialprüfung in der gesamten Technik

eine ausschlaggebende Rolle. Die moderne Schneeforschung hat sich diese Erfahrungen zunutze gemacht und analoge Wege beschritten, so daß man heute dazu neigt, Schnee als zähflüssige Materie mit speziellen Aufbaueigenschaften zu betrachten. Am auffallendsten ist wohl der niedere Schmelzpunkt. So tritt schon bei null Grad Verflüssigung ein, während bei den normalerweise zur Untersuchung gelangenden kristallinen Baustoffen — wie beispielsweise Eisen —

der Schmelzpunkt weit über den üblichen Gebrauchstemperaturen liegt. Betrachtet man jedoch das Material Schnee im Kältelaboratorium bei Minustemperaturen von 5 bis 40 Grad, so sind eine Reihe von Eigenschaften mit denjenigen, wie sie bei anderen kristallinen Lockeraggregaten schon längere Zeit bekannt sind, durchaus vergleichbar.

Im Laboratorium können alle möglichen Schneearten bei konstanten, künstlich regulierbaren Bedingungen untersucht werden, während in der Natur mit sich ständig ändernden und nur schwer kontrollierbaren Verhältnissen gerechnet werden muß. Bei unserem stark temperaturabhängigen Material fällt dieser Umstand wesentlich ins Gewicht. Darüber hinaus treten bei den Felduntersuchungen noch eine ganze Reihe weiterer Einflüsse hinzu, die nicht außer acht gelassen werden dürfen. Man denke nur an die Bodenbeschaffenheit, an die Neigungs- und Vegetationsverhältnisse, an die Windeinwirkung und Sonneneinwirkung. Jeder einzelne dieser Faktoren ist wohl in der Lage, der eintretenden Entwicklungstendenz ein ganz spezielles Gepräge zu verleihen. Viele dieser Einflüsse sind auch dem Wintertouristen bekannt. Der Skifahrer weiß, daß der Schnee an Nordhängen längere Zeit locker bleibt als an Südhängen, er weiß auch, daß der Neuschnee durch Windeinwirkung von den Kuppen und Kämmen weggeblasen und in die Mulden transportiert wird. Der aufmerksame Tourenfahrer verfolgt noch viele andere Veränderungen, die sich im Laufe seiner Fahrt offenbaren, doch fehlt ihm normalerweise sowohl die notwendige Zeit, als auch das erforderliche Instrumentarium, die Wandlung innerhalb der Schneedecke zu ergründen.

Da ist beispielsweise das Kriechen der Schneedecke. Die auf schiefer Ebene aufgelagerte, träge Masse kriecht in stetiger, manchmal beschleunigter und dann wieder verzögerter Bewegung dem Talgrund zu. Oft sind es einige Zentimeter, vielfach auch nur einige Millimeter am Tag, aber auf alle Fälle steht eindeutig fest, daß ein Kriechvorgang stattfindet: Je mächtiger die Schneedecke, je steiler der Hang und je plastischer die Schneeart, um so rascher ist auch die Bewegung. Da aber diese Einflüsse innerhalb geringer Entfernung wechseln, müssen auch innerhalb der Schneedecke Spannungen entstehen, die an einem Ort zur Kompression, am andern aber zur Dehnung der ganzen Schneemasse führen. Obwohl dieser Bewegungsablauf in aller Stille vor sich geht, sind dabei doch gewaltige Kräfte im Spiel. Tatsächlich findet ein starkes Ringen, ein Drücken, Zwängen und Dehnen statt, das nur durch minutiöse Messungen nachweisbar ist. Von außen gesehen scheint die Schneedecke in vollkommener Ausgeglichenheit zu verharren, in ihrem Innern aber lebt ein ewiges Spiel der Kräfte.

Der Schnee ist also in der Lage, gewisse Beanspruchungen zu ertragen, da er sozusagen immer eine innere Festigkeit besitzt. Doch können die Gelände-

konfiguration und Materialbeschaffenheiten so zusammenwirken, daß die vorhandene Festigkeit der bestehenden Beanspruchung nicht mehr standhält. Dann kommt es zur Bruchbildung. Auch hier zeigt sich also wiederum das Doppelspiel von Plastizität und Festigkeit. Die langsame plastische Deformation bewirkt eine Verlagerung der Eigengewichtsspannungen in einzelnen Zonen, in denen dann eine über das bestehende Maß der Festigkeit hinausgehende Beanspruchung auftreten kann. In diesem Fall ist mit einer Bruchbildung der Schneedecke zu rechnen. Wie das Gebälk eines Dachstuhles unter der Last des Schnees zum Einsturz kommen kann, so besteht auch bei der Schneedecke die Möglichkeit, daß sie unter ihrem Eigengewicht in die Brüche geht. Solche Erscheinungen treten vor allem unmittelbar im Anschluß an Neuschneefälle ein, weil damit immer ein Anstieg der inneren Beanspruchung verbunden ist. Oft können auch Bruchbildungen beobachtet werden, die auf einer Abnahme der Verbandsfestigkeit beruhen, wie sie bei starker Erwärmung eintreten. Der Schnee büßt an Festigkeit ein und ist dann vielfach nicht mehr in der Lage, die ihm auferlegten Zugkräfte zu übertragen. Wir haben es eben nicht mit einem gleichbleibenden, zuverlässigen und allen Prüfungen standhaltenden Baustoff, sondern einem lebendigen, in steter Umwandlung begriffenen Lockeraggregat zu tun.

Jeder Bruch der Schneedecke aber birgt die Gefahr einer Lawinenbildung in sich. Befindet sich nämlich unter dem durch den Bruch aus dem Zusammenhang mit dem Gesamtfeld gekommenen Teil der Schneedecke infolge zufälliger Umstände eine „unstable“ Unterlage, dann gerät dieser Teil ins Gleiten und rutscht in Form einer Lawine talwärts. Solche unstable Unterlage hat vielfache Ursachen. Das Tauwasser kann die Schneedecke so unterspült haben, daß sie nun auf nassem Gras ruht, an dem sie keinen Halt mehr findet. Diesen kann ihr eine auf dem warmen Boden tauende Neuschneesicht ebenso wenig geben wie eine Schneunterlage, die durch die oben erwähnte Metamorphose ihr Kristallgefüge verloren hat und deshalb in keinem Zusammenhang mehr mit der andersgefügteten oberen Schicht steht.

Oft führt das Abrutschen eines Teils der Schneedecke zu einer „Kettenreaktion“, in deren Verlauf der gesamte angrenzende Schneehang mitgerissen wird und als gewaltige Schneemasse zu Tale donnert. Zur Lawinenbildung vor der Bruchbildung — bevor also die Spannung des Schneefeldes so groß geworden ist, daß es aus natürlicher Ursache auseinanderreißt — kann es durch eine zusätzliche Auslösung kommen, zu der oft ein geringfügiger Anlaß genügt, etwa das Gefliegen eines Vogels, oder gar nur die Schallwellen eines Rufes.

Edwin Bucher, Dr. sc. techn. ETH., Davos