

Meteorologische und geologische Bedingungen bei der Entstehung von Muren im Juli 1972 auf Spitzbergen

Von F. Thiedig und A. Kresling *

Zusammenfassung: Ein ungewöhnlich starker Niederschlag auf West-Spitzbergen löste zahlreiche Muren und Rutschungen aus. Derartige offensichtlich sehr selten auftretende Ereignisse sind für die Denudation in der periglazialen Frostschuttzone Spitzbergens von großer Bedeutung.

Summary: An unusually heavy rainfall in West Spitsbergen in July 1972 produced numerous mudflows and landslides. These occurrences are very rare but they are highly important for the process of denudation in the periglacial region of Spitsbergen.

1. Einleitung

An Bord des FS METEOR erreichten uns während der Überfahrt nach Spitzbergen im Juli 1972 meteorologische Daten über Starkniederschläge auf Spitzbergen. Die Folgen dieser außergewöhnlichen Regenfälle konnten wir während unseres Aufenthaltes näher beobachten. Der starke Regen am 10./11. Juli 1972 hatte im Gebiet südlich des Isfjordes

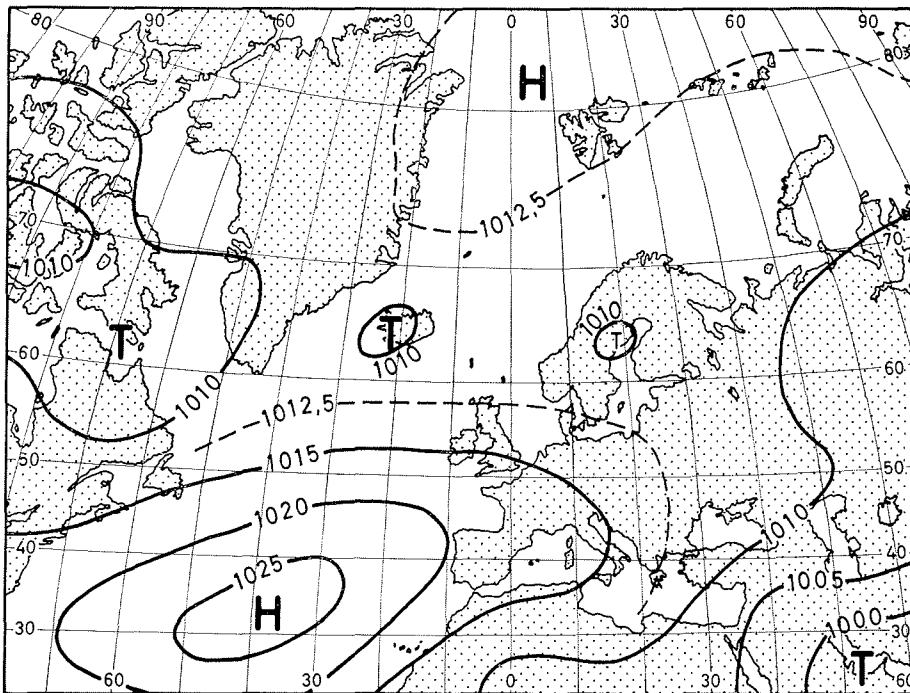


Abb. 1: Langjährige Luftdruckverteilung (mb) im Juli.

Fig. 1: Long-term atmospheric pressure (mb) distribution in July.

* Dr. Friedhelm Thiedig, Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Hamburg, 2 Hamburg 13, Von-Melle-Park 11.

Dipl.-Meteor. Andreas Kresling, Seewetteramt Hamburg, 2 Hamburg 4, Bernhard-Nocht-Straße 76, z. Zt. Bord-meteorologe des FS METEOR.

zahlreiche Erdbeben und Muren ausgelöst (Abb. 7—9), die in Longyearbyen an mehreren Stellen die Straßen- und Telefonverbindungen zwischen Postamt und Hafen unterbrochen hatten.

Geologische Beobachtungen während des 6wöchigen Aufenthaltes (THIEDIG) ergaben, daß die Bildung von Muren auf Spitzbergen ein äußerst seltenes Ereignis darstellt.

Den Herren der Store Norsk Kulkompani sind wir für großzügige Unterstützung während unseres Aufenthaltes auf Spitzbergen dankbar. Die Herren Dr. MERTINS, Seewetteramt Hamburg, und O. B. SYSE, Vervarslinga for Nord-Norge, Tromsø, versorgten uns dankenswerterweise mit meteorologischen Daten.

Prof. Dr. U. LEHMANN, Geol. Inst. Hamburg, danken wir sein anregendes Interesse und für die Diskussionen während des Spitzbergenaufenthaltes 1972.

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft ermöglichte die Durchführung der geologischen Expedition durch finanzielle Unterstützung, wofür wir besonders dankbar sind.

2. Die meteorologischen Voraussetzungen für das Auftreten der Starkniederschläge

Wie aus den Abb. 1 und 2 hervorgeht, herrschte im Juli 1972 eine starke positive Druck- und Temperaturanomalie über Skandinavien mit Rekordwerten der Temperatur in Nordnorwegen (33° in Kirkenes). Damit verbunden war eine weite Ausscherung der polaren Frontalzone Richtung Grönland und Spitzbergen. Diese verläuft sonst auch in der wärmsten Jahreszeit im Mittel südlich vom Polarkreis. Infolge der abweichenden Wetterlage waren auch die monatlichen Niederschlagsmengen über Spitzbergen ungewöhnlich hoch (70 mm in Longyearbyen, das sind über 300% des normalen Wertes).

Die Verteilung der mittleren monatlichen Niederschlagsmengen im Innern Spitzbergens gibt Abb. 3 wieder. Im Winter erzeugen starke Schneeschauer und die arktische Frontal-

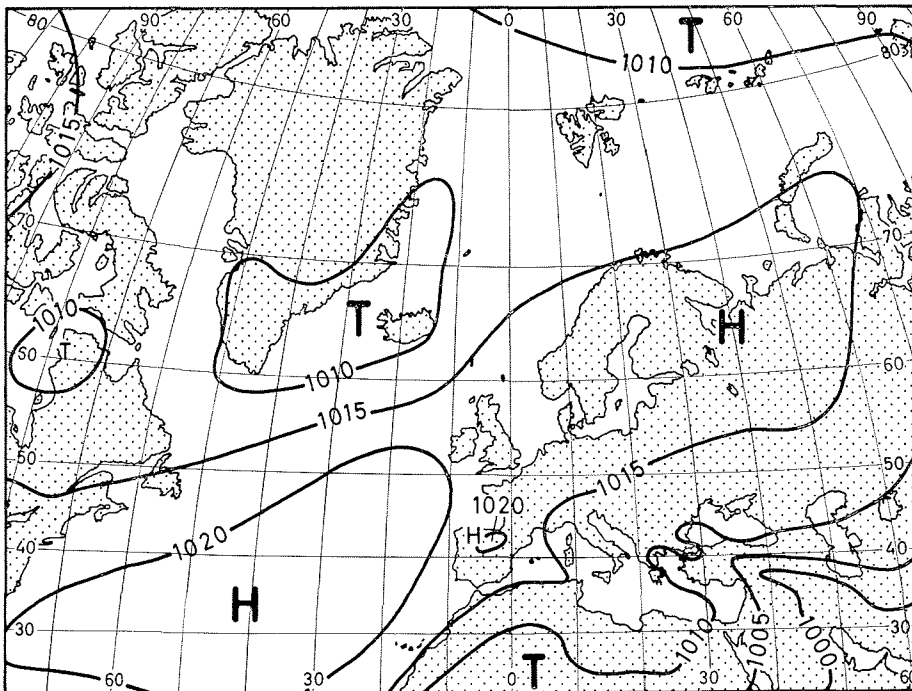


Abb. 2: Luftdruckverteilung im Juli 1972.

Fig. 2: Distribution of atmospheric pressure in July 1972.

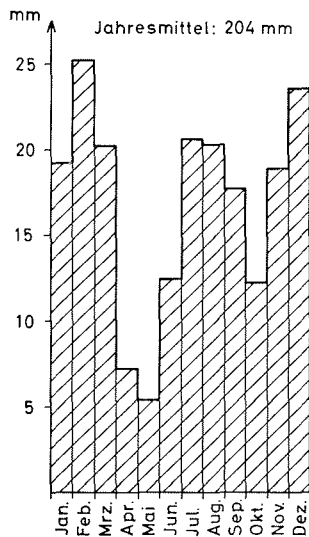


Abb. 3: Niederschlag in Longyearbyen 1957—1972.
 Fig. 3: Precipitation in Longyearbyen 1957—1972.
 Mean annual amount: 204 mm.

zone (Grenze zwischen arktischer und polarer Luft) hohe Niederschläge. Im Sommerhalbjahr sind die Niederschläge geringer, da die Luft wärmer ist als das Spitzbergen umgebende Wasser und damit kaum Schauer auftreten. Ebenso fehlt die arktische Frontalzone; denn die Troposphäre ist über der Arktis bis auf eine bodennahe Kaltluftschicht relativ warm. Lediglich im Hochsommer verstärken sich die Niederschläge wieder, da die polare Frontalzone zeitweise weiter nach Norden ausschert.

Radio Isfjord, unmittelbar an der Atlantikküste am Eingang des Isfjords gelegen, hat ein stark vom Meer beeinflusstes Klima, während Longyearbyen, das etwa 65 km weiter am Isfjord im Landesinnern liegt, ein deutlich kontinentaleres Klima aufweist. Die geringeren Temperaturen und die geringen durchschnittlichen Jahresniederschläge in Longyearbyen weisen das Gebiet als Tundragebiet aus. Die normalerweise geringen Niederschlagsmengen lassen sich mit ariden bis semiariden Gebieten der Tropen und Subtropen vergleichen. Weiter im Innern Spitzbergens und auf den Höhen herrschen noch extremere Bedingungen.

Die monatlichen Durchschnittstemperaturen sind bei Radio Isfjord ausgeglichener, die von Longyearbyen sowohl im Winter als auch im Sommer extremer. Die Jahresmitteltemperatur von Isfjord-Radio lag von 1947—1968 zwischen -2° und -7° C, die von Longyearbyen im Schnitt 1° darunter, wobei die Juliwerte von Longyearbyen durchschnittlich $1-2^{\circ}$ über denen von Isfjord-Radio lagen. Interessant ist die Niederschlagskurve von Longyearbyen im Vergleich zu der von Isfjord-Radio (Abb. 4): Die Niederschläge im Landesinnern sind stets geringer als an der Westküste. Isfjord-Radio erhält durch Stau an dem schroff aus dem Meer auf etwa 800 m emporragenden Gebirge wesentlich mehr Niederschlag als Longyearbyen, was besonders im Mai und Oktober der Fall ist. Während das sekundäre Minimum im Winter unverständlich erscheint, das unter Umständen ein Effekt der sehr kurzen zusammenhängenden Beobachtungsreihe Longyearbyens ist, fällt das sekundäre Maximum im Sommer auf. Hier machen sich verstärkte sommerliche — „kontinentale“ — konvektive Niederschläge bemerkbar.

Zur Wetterlage im Juli 1972, während der die Starkniederschläge aufgetreten sind: In der weit nach Norden und Nordwesten vorgeschobenen Frontalzone zog ein Tief aus dem isländischen Raum am 10. 7. über Spitzbergen hinweg nach Nordosten, scherte etwas nach

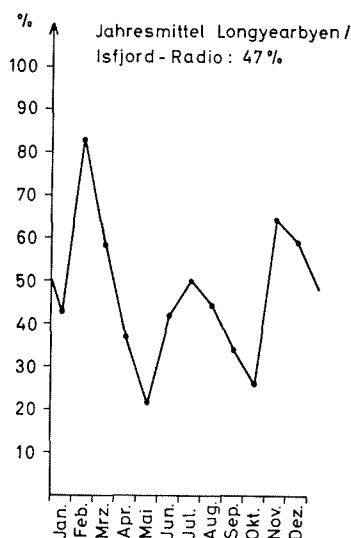


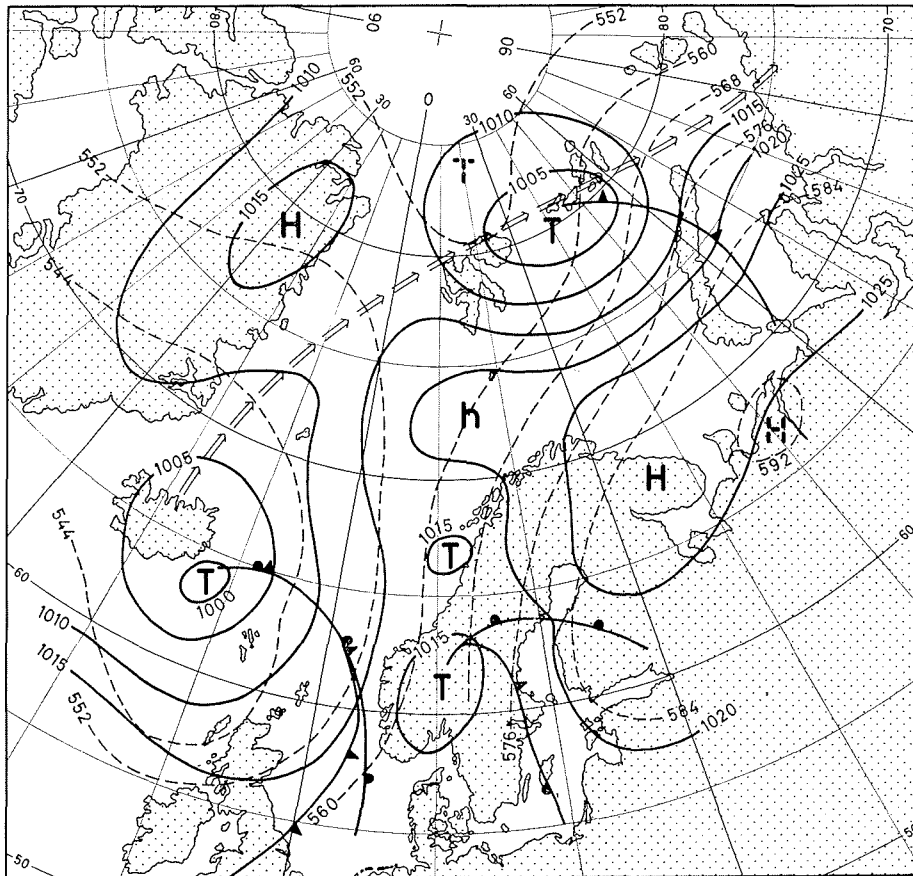
Abb. 4: Niederschlag Longyearbyen im Vergleich zu Isfjord-Radio 1958—1970.
 Fig. 4: Precipitation of Longyearbyen in comparison to Isfjord-Radio 1958—1970.

Osten aus und zog am 11. 7. über Nowaja Semlja hinweg weiter ostwärts ab (Abb. 5). Dabei floß bis in große Höhen recht feuchte Luft ein. Welche Energie in dieser feuchten Luftmasse enthalten war, zeigte sich darin, daß sich das Tief über der Barentsee nochmals vertiefte, wobei zwischen dem Eismeer und dem nordrussischen Festland große Temperaturunterschiede herrschten (bis 35°), die diesen Effekt hervorriefen. Am 11. 7. verstärkte sich der Sturm über Nowaja Semlja, unterstützt durch die Küstenführung und die Orographie, zum Orkan. Die heftigsten Niederschläge über Spitzbergen fielen erst im Bereich des nachfolgenden Höhentrog (kälteste Luft auf der „Rückseite“ eines Tiefs) mit starken vertikalen Umlagerungen. Dieser Trog passierte Spitzbergen im Laufe des 10. Juli.

Der in weniger als 24 Stunden bei Temperaturen von +7° als Regen gefallene Niederschlag erreichte in Longyearbyen 31,2 mm. Allerdings verteilte er sich — meßtechnisch gesehen — auf zwei Tage zu 12,4 mm (10. 7.) und 18,8 mm (11. 7.). (Messung jeweils etwa 7 Uhr MEZ). Doch stellt auch diese 2-Tage-Menge einen neuen Rekord im Rahmen der bisherigen Messungen dar.

Leider sind die Klimareihen von Longyearbyen recht lückenhaft, so daß daraus kaum abgeleitet werden kann, ob der als Regen gefallene Starkniederschlag ein säkulares Ereignis war oder nicht. Von den bisher beobachteten Werten (ca. 23 Jahre im Zeitraum 1917—1972) stellt er auf jeden Fall einen Höchstwert dar. Die bisher beobachteten Werte im Landesinnern überschritten nur recht selten die 10-mm-Grenze pro Tag. An der Westküste dagegen fielen schon häufiger Mengen über 30 mm am Tag, aber schon im ehemaligen Green Harbour (nahe der russischen Bergbausiedlung Barentsburg) einige Kilometer landeinwärts gehen diese Werte stark zurück.

Vergleicht man die täglichen Niederschlagswerte der Küste mit denen des Landesinnern, so fällt die völlige Beziehungslosigkeit auf. Es gibt Tage, wo es an der Küste andauernd und kräftig regnet, während es in Longyearbyen niederschlagsfrei bleibt; das Umgekehrte ist allerdings selten der Fall. So kann man also aus den längeren Beobachtungsreihen von Isfjord-Radio leider keine Rückschlüsse oder Extrapolationen auf die Werte in Longyearbyen ziehen. Ferner sind meteorologische Extreme nicht an länger andauernde Großwetterlagen gebunden, sie können durchaus auch innerhalb kurz andauernder bestimmter Wetterlagen auftreten; sie sind natürlich häufiger, wenn die ent-



11.7.1972 01h MEZ

- mb Isobaren Meeresniveau
- - - gpdm Isohypsen 500mb - Niveau
- ⇒ Zugbahn des Tiefs

Abb. 5: Wetterlage am 11. Juli 1972, 01 h MEZ.

Fig. 5: Weather conditions on July 11, 1972, 01 h CET.

sprechende Wetterlage von längerer Dauer ist. Das offensichtlich säkulare Ereignis der beobachteten Muren scheint aber doch auf die wahrscheinlich säkulare Seltenheit der Starkniederschläge im Landesinnern Spitzbergens hinzuweisen.

3. Geologische Faktoren bei der Entstehung von Muren in der Frostschuttzone Spitzbergens

Die Entstehung von schuttbeladenen Schlammströmen mit ihren oft katastrophalen Folgen ist in Gebirgen der gemäßigten Breiten oft beobachtet und dargestellt worden. Hohe Niederschläge, die innerhalb kurzer Zeit fallen, oder bei Schneeschmelze aufgestaute Wassermengen, die plötzlich frei werden, erfüllen die Porenräume des an Berghängen abgelagerten Lockermaterials und heben dadurch die innere Reibung auf. Nach

KEIL (1954, S. 300) kann der Anteil des Wassers mehr als 50% des Volumens eines Schlammstromes ausmachen. Diese als Muren bezeichneten Schlamm- und Schuttströme, die aus Wasser und unsortiertem Gesteinsmaterial aller Korngrößen bestehen, gleiten mit mäßiger Geschwindigkeit zu Tal. Dabei furchen sie rinnenartige Vertiefungen, Murengänge genannt, in den Untergrund. Die nachströmenden Massen fließen dabei oft über den Querschnitt der eingetieften Rinne hinaus und hinterlassen bei rasch nachlassender Transportkraft seitlich der Rinne wallartige Schuttanhäufungen. Die Mure kommt als zungenförmige Ablagerung meist auf dem Schwemmfächer der entsprechenden Täler zum Stillstand.

a) Ältere Beobachtungen

Von Spitzbergen sind solche Murengänge und -ablagerungen mehrfach beschrieben worden. Auch auf Luftbildern von Grönland konnten wir solche Murengänge entdecken. HÖGBOM (1912, S. 288) hat auf Spitzbergen die erste Beschreibung dieser von „ephemären Bächen gepflügten Rinnen“ gegeben. Als einziger Autor hat er selbst einmal die Entstehung solcher Rinne als Folge eines Durchbruchs einer auftauenden Schneemasse beobachten können. Ihm fiel auf, daß diese an sich häufige Erscheinung auf Spitzbergen sehr selten entstehen müsse, da man ihre Entstehung nie beobachtet habe. Zur Bildung von Muren müßten daher besondere Bildungsbedingungen gegeben sein, die offensichtlich nur selten erfüllt seien.

RAPP (1957) hat sich besonders mit der Bildung von Schutthalden am Tempelberg im Innern des Isfjordes beschäftigt. Ihm fiel bei Vergleichen mit inzwischen über 90 Jahre alten Photos auf, daß auf den Hängen praktisch keine Veränderungen eingetreten waren. Die einzigen Abweichungen, die bei den Bildvergleichen zu beobachten waren, betrafen die Ablagerungen am Ende von bestehenden Murengängen. Dies konnten wir auch beim Vergleich der Luftaufnahmen (Befliegung 1961) mit alten und neuen Photos feststellen.

JAHN (1960) beschreibt bei seinen geomorphologischen Studien auf Spitzbergen Hangoberflächen bei Longyearbyen mit stark eingetieften Rinnen (Murengänge) als Produkte von Schneelawinen und Wasser, die von den Hochflächen stammen. Er betont die Bedeutung des fließenden Wassers und stellt fest, daß über diesen Vorgang, der eine bedeutende morphologische Rolle spiele, sehr wenig bekannt sei.

b) Die Murenbildung im Juli 1972

Der am 10. und 11. 7. 1972 niedergegangene Starkregen löste zahlreiche Rutschungen und Muren im Bereich des inneren Isfjordes aus (Abb. 6). Besonders eindrucksvoll war dies in Longyearbyen selbst zu beobachten. Auf der Nordseite des Longyeardalen unterbrachen mehrere Muren die Verbindungsstraße zwischen dem Postamt und dem Hafen. Die Muren hatten ihren Ursprung in quellartigen Nischen im Bereich der grün überwachsenen Schutthalden der bituminösen Tonschiefer an der Basis der Grumantdal-Schichten (Tertiär, T 2 der geol. Karte 1 : 100.000). Hier waren an einigen Stellen viele Quadratmeter große Vegetationsflächen abgerissen. Einige Muren kamen auch aus den oberen Einschnitten der olivgrünen Sandsteine des T 2, der hier in ca. 450 m ü. NN die hohe Plateaukante bildet. Hier dürfte die Entwässerung der Hochfläche von großem Einfluß sein.

Die größte Mure, die die Straße zwischen der Post (Forsamlingshuset) und der Kirche blockierte, war an ihrer Stirn über 2 m hoch und reichte bis in das Schotterfeld des Longyear-Flusses. Die an der Straße abgelagerten Schlamm- und Schuttmassen schätzen wir auf 1.000 bis 2.000 m³. Sie waren bereits nach 3 Tagen begehbar. Die Oberfläche war abgetrocknet und der Schlamm fest verhärtet.

Auf der südlichen Talseite waren besonders auf den alten Bergbauhalden oberhalb Haugen mehrere Rutschungen zu beobachten. Etwa hundert solcher Rutschungen, die größtenteils in Muren übergingen, waren auf den Hängen des auf der Longyearbyen gegenüberliegenden Seite des Adventfjordes zu beobachten (Abb. 7). Besonders die aus den kretazischen tonigen Schiefen bestehenden SW-Abhänge des Adventtoppen (786 m) und Hjorthfjellet (900 m) im Adventfjord waren von zahlreichen Rinnen zerfurcht, die z. T.

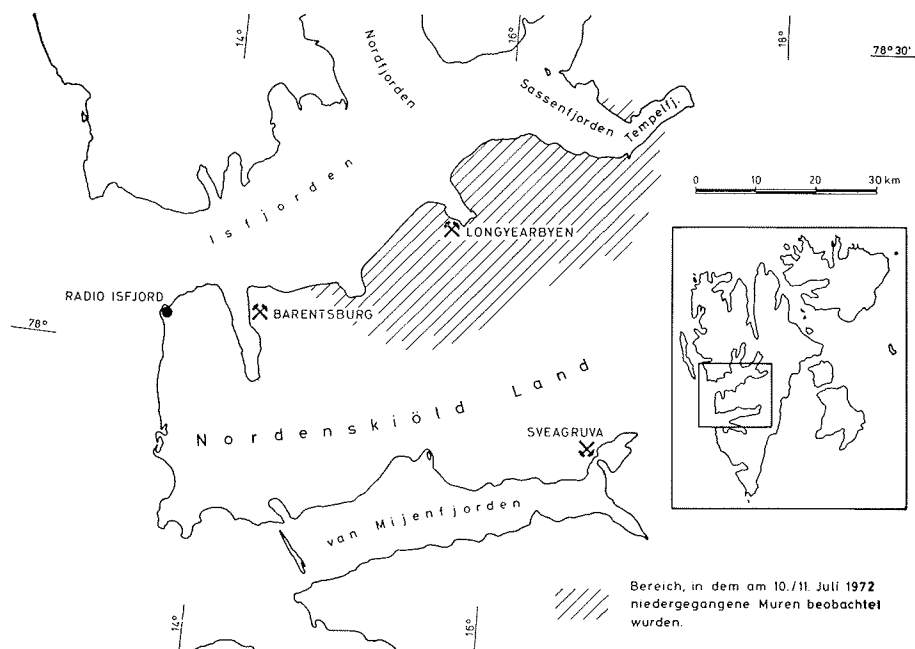


Abb. 6: Bereich, in dem am 10. und 11. Juli 1972 niedergegangene Muren und Rutschungen beobachtet wurden.

Fig. 6: Area where mudflows and landslides, caused by the big rainfall on 10th and 11th of July 1972, could be observed.

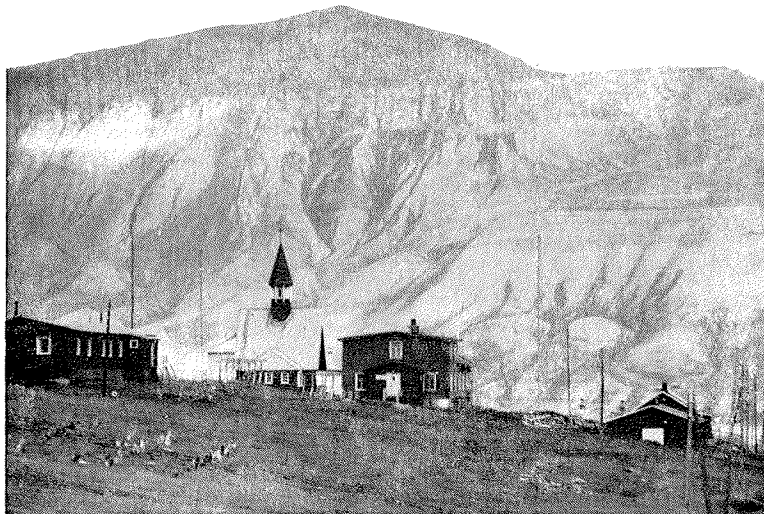


Abb. 7: Muren und Rutschungen am Adventtoppen. Blick von Longyearbyen in NE-Richtung auf den Adventtoppen (786 m). Auf den Hängen zahlreiche Rutschungen und Murengänge, die wegen ihrer Wasserführung dunkler hervortreten. Die Kreide-Tertiärgrenze verläuft etwa am Unterrand des hellen großen Fleckes.

Fig. 7: Mudflows and landslides on Adventtoppen. View from Longyearbyen in NE-direction towards Adventtoppen (786 m). On the slopes numerous mudflows and landslides; the gullies come out darker due to their content of water. The Cretaceous-Tertiary boundary is near the big white spot.

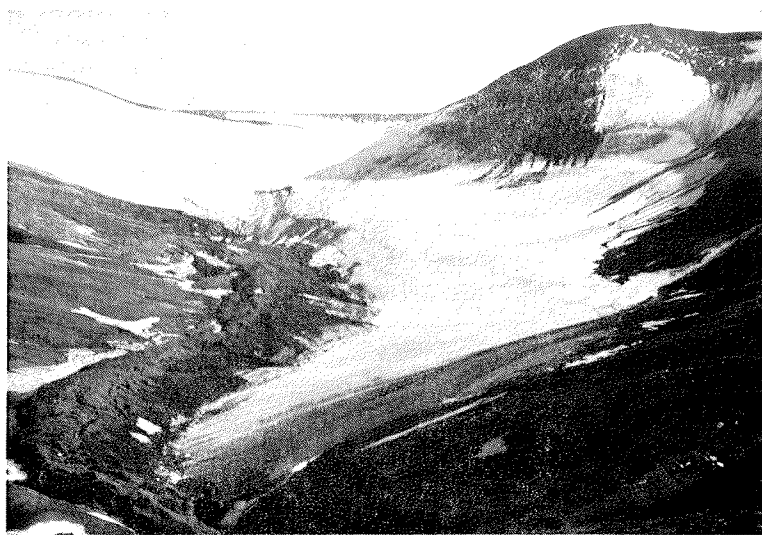


Abb. 8: Muren auf dem Eis des Flowerbreen. Blick von der Hochfläche der Botneheia auf den Oliviertoppen (917 m). Der obere Bereich des Oliviertoppen (rechter Bildrand) besteht aus dunklen kretazischen Schiefen, die in mehreren Muren auf den Gletscher geflossen sind.

Fig. 8: Mudflows on the ice of the Flowerbreen. View from the peneplain of Botneheia to Oliviertoppen (917 m). The upper part of the Oliviertoppen (right rim of the picture) is composed of dark cretaceous shales, flown on the ice by some of the mudflows.

bis in die tonigen Schiefer und Sandsteine des gipfelbildenden T1-T2-Tertiärs hinaufreichten (Abb. 8).

Auch in den Nachbar- und Seitentälern des Adventdalen und an den steilen begrünzten Hängen des Tertiärs am Isfjord zwischen Grumantbyen und Hotelneset konnten wir zahlreiche Rutschungen beobachten, die große vegetationsbedeckte Flächen abgerissen hatten (THIEDIG u. LEHMANN 1973).

Mit größerer Entfernung von Longyearbyen nahm auch die Zahl und Intensität der Muren und Rutschungen ab. Auf dem 25 km entfernten Flowerbreen entdeckten wir über 10 Muren, die von der Nordseite des Oliviertoppen (917 m) mit dem Schutt der tonigen kretazischen Schiefer auf den Gletscher gerutscht waren (Abb. 8).

4. Der Einfluß des Permafrostes

Neben dem Starkniederschlag ist die Existenz eines wasserstauenden Dauerfrostbodens von großer Bedeutung für das Entstehen von Rutschungen und Muren.

Der Permafrost reicht auf Spitzbergen 200—300 m unter die Erdoberfläche. Der Bergbau hat die Dauerfrostgrenze in unterschiedlicher Tiefe in Abhängigkeit vom Oberflächenrelief angetroffen. In den „Sommermonaten“ von Juni bis August taut der Permafrostboden 20—70 cm tief auf. STÄBLEIN (1970 und 1971) ermittelte 130 cm als maximale Auftautiefe. Die Wirkung der wechselnden Frost- und Auftauvorgänge auf die Bildung von Strukturböden ist besonders auf Spitzbergen intensiv studiert worden (GRIPP 1927, HOGBOM 1914 u. a.).

Diese Eigenschaft des Bodens wirft große ingenieurgeologische Probleme auf. So sind alle Gebäude, selbst alle Trink- und Abwasserleitungen, auf Stelzen errichtet. Telefonmasten müssen z. B. mit großen fast meterhohen Steinpackungen standfest gemacht werden.

Normalerweise reicht aber die Durchfeuchtung des aufgetauten Bodens nicht aus, um an den Hängen Rutschungen zu erzeugen, weil das Schmelzwasser relativ rasch abfließt. Erst wenn wie im beobachteten Fall ein Starkniederschlag den vom Eis freigegebenen

Porenraum der Lockersedimente am Hang plötzlich erfüllt, sind besonders im Verwitterungsbereich toniger Gesteine die Voraussetzungen für die Bildung von Muren gegeben. Das Bodeneis des Dauerfrostbodens bildet an der Grenze zur Auftauzone einen idealen wasserstauenden Gleithorizont.



Abb. 9: Murenrinnen, die sich zu einem Murengang vereinigen. Frische Einfurchung am 10./11. Juli 1972. Nebental des Adventdal, Olivgrüner Sandstein des unteren Tertiärs (T 2), Höhendifferenz bis zur Plateaukante ca. 250 m.

Fig. 9: Gully of united mudflows, newly grooved on 10th/11th of July 1972 near Adventdal. Olivgreen sandstone of the lower Tertiary (T 2). The difference in altitude to the plateau top is nearly 250 m.

5. Zur Frage der Häufigkeit von Starkniederschlägen

Feinkörniges Verwitterungsmaterial, gröberer Schutt mit großem Porenraum auf geneigten Flächen und ein starker Regen sind die wichtigsten Voraussetzungen für das Entstehen von Muren auf Spitzbergen. Da sich die Auftauvorgänge in jedem Jahr wiederholen und nur äußerst selten Rutschungen auslösen, bleibt als ausschlaggebender Faktor der heftige Niederschlag in Form von Regen. Wie aus den uns zur Verfügung stehenden Meßdaten hervorgeht, ist eine solche Regenmenge in Longyearbyen bisher nie beobachtet worden. Der größte Teil des gesamten Jahresniederschlages fällt als Schnee auf den gefrorenen Boden. Im Frühjahr schmilzt der Schnee und fließt oberirdisch ab, bevor der gefrorene Boden richtig auftaut. In diesem Stadium ist eine erosive Wirkung des fließenden Wassers gegeben. In den folgenden Monaten Mai bis August, wo der Auftauprozess sein Maximum erreicht, fallen aber die geringen Niederschläge (5—20 mm pro Monat). So kann der langsam ablaufende Auftauprozess nur in seltenen Fällen, z. B. durch mit Schnee vermischte aufgestaute Schmelzwässer, Muren erzeugen.

Leider reichen die lückenhaften meteorologischen Daten nicht aus, um die Seltenheit dieses Ereignisses direkt abzuleiten. Aus dem Vergleich mit alten Photos und aus dem Flechtenbewuchs auf groben Schuttströmen, die sehr alte, mit grobem Material erfüllte

Murengänge darstellen, kann aber geschlossen werden, daß diese bisher auf Spitzbergen nicht beobachtete Bildung von Muren äußerst selten auftritt. Dennoch sind es gerade derartige als säkulare Ereignisse anzusprechenden Vorgänge, die einen wesentlichen Anteil bei der Denudation in der Frostschutzzone ausmachen.

Literatur

- Deutscher Wetterdienst: Die Witterung in Übersee. Weltwetter-Rundblick Juli 1972. — Jahrgang 20, Nr. 7, 8 S. Hamburg 1973.
- Deutscher Wetterdienst: Unveröffentlichte synoptische Unterlagen.
- Gripp, K.: Beiträge zur Geologie von Spitzbergen. — Abhdl. naturwiss. Ver. Hamburg, 21. H. 3—4, S. 1—38, Hamburg 1927.
- Högbom, B.: Über die geologische Bedeutung des Frostes. — Bull. Geol. Inst. Upsala, 12., S. 257—390, Upsala 1914.
- Jahn, A.: Some remarks on evolution of slopes on Spitsbergen. — Z. Geomorph. Suppl. I, S. 49—58, 1960.
- Keil, K.: Ingenieurgeologie und Geotechnik. — 2. Aufl. 1132 S., Halle 1954.
- Rapp, A.: Talus slopes and mountain walls at Tempelfjorden, Spitsbergen. — Norsk Polarinst. Skrifter Nr. 119. S. 1—96, Oslo 1960.
- Stäblein, G.: Untersuchungen der Auftauschicht über Dauerfrost in Spitzbergen. — Eiszeitalter und Gegenwart 21., S. 47—57, Öhringen 1970.
- Syse, O.B.: Unveröffentlichte meteorologische Daten über Spitzbergen. — Vervarslinga for Nord-Norge, Tromsø.
- Thiedig, F. u. U. Lehmann: Die Entstehung von Muren als säkulares Ereignis auf Spitzbergen (Svalbard) und ihre Bedeutung für die Denudation in der Frostschutzzone. — Mitt. Geol.-Paläont. Inst. Univ. Hamburg, 42, S. 71—80, Hamburg 1973.