



Title	Beitrag zur Untersuchung von Lawinen im Waldgebiet Hokkaidos
Author(s)	WAKABAYASHI, Ryuzo; 若林, 隆三
Citation	北海道大學農學部 演習林研究報告, 28(2), 259-323
Issue Date	1971-12
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/20889">https://hdl.handle.net/2115/20889</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	28(2)_P259-323.pdf



# Beitrag zur Untersuchung von Lawinen im Waldgebiet Hokkaidos

Von

Ryuzo WAKABAYASHI\*

北海道の林地におけるナダレの研究

若林隆三\*

## INHALTSVERZEICHNIS

Einleitung . . . . .	260
1. Waldgebiet und Lawine	
1.1 Die Methode der Lawinenbeobachtung in Waldgebieten . . . . .	261
1.2 Lawinenbewegung in Waldgebieten und die topographischen Faktoren . . . . .	262
2. Synopsis der Schnee- und Lawinenverteilung in Hokkaido	
2.1 Die Verteilung der Schneedecke . . . . .	264
2.2 Verteilung der Lawinen und Untersuchungsstelle . . . . .	266
3. Lawinen in niedriger Meereshöhe	
3.1 Lawinen in der Küstengegend . . . . .	268
3.1.1 Lawinen auf der Rebun-Insel . . . . .	268
3.1.2 Lawinen an der Küste von Rausu . . . . .	271
3.2 Lawinen im Hügelgebiet . . . . .	273
4. Verschiedene Formen des Lawinenanrisses	
4.1 Schneebrettlawine . . . . .	277
4.1.1 Beobachtung von ziegelmauerartigen Spalten . . . . .	277
4.1.2 Werdegang der Schneebrettlawine . . . . .	281
4.2 Lawinenanbruch und Topographie . . . . .	283
5. Zerstörung des Waldes durch Lawinen in der Teshio-Hügelgend	
5.1 Vegetation an der Lawinenstelle . . . . .	288
5.1.1 Formen der Bäume . . . . .	288
5.1.2 Verdorrungsschäden des Grasbambusses . . . . .	290
5.2 Zerstörung des Waldbodens durch Lawinen . . . . .	293
5.2.1 Abrutschen des schichtigen Bodens . . . . .	293
5.2.2 Zerstörung der Waldbestände . . . . .	293
5.2.3 Wachstum der Waldbestände nach der Lawine . . . . .	295
6. Von Waldbeständen gewonnene Informationen über Lawinen	
6.1 Räumliche Informationen . . . . .	296
6.1.1 Latschen-Nadel und die Höhe der Lawinenanbruchzone . . . . .	296
6.1.2 Biugsamkeit der Bäume und Dominanzart . . . . .	296

\* Forstwissenschaftliche Abteilung, Landwirtschaftliche Fakultät, Hokkaido Universität, Sapporo, Japan.

\* 北海道大学農学部林学科

6.2	Zeitliche Informationen . . . . .	298
6.2.1	Jahresring und der aufrechte Trieb . . . . .	298
6.2.2	Exzentrische Wachstumsrichtung und frühere Lawinen . . . . .	299
6.3	Informationen über die Dynamik . . . . .	300
6.3.1	Wald und Lawinenenergie . . . . .	300
6.3.2	Beschädigung der einzelnen Bäume und Lawinentypen . . . . .	301
7.	Lawinenuntersuchung und Zeigerbaum im hohen Waldgebiet	
7.1	Tabelle für die Lawinenuntersuchung in der lawinenfreien Zeit . . . . .	301
7.2	Lawinenuntersuchung am oberen Lauf des Satsunai-Flusses . . . . .	301
7.2.1	Verteilung der Lawinen . . . . .	301
7.2.2	Stufenförmige Neutriebe . . . . .	305
7.2.3	S-förmiger Stambruch . . . . .	306
7.3	Die Lawinen und Bestände im Takinosawa-Tobel des Yotei-Vulkans . . . . .	308
7.3.1	Beschädigungsform der Bestände . . . . .	308
7.3.2	Kallus und frühere Lawinen . . . . .	312
	Die Liste der Spezies . . . . .	313
	Zusammenfassung —Summary— 摘要 . . . . .	314
	Literatur . . . . .	317

NB: Photos ohne Namengabe=Photos des Verfassers

## Einleitung

Neuerdings weist die Zahl der Lawinenkatastrophen in Hokkaido eine ständig zunehmende Tendenz auf. Die veränderten Umweltsbedingungen wie der rege Aufschluß des Hinterlandes, die Erweiterung des winterlichen Verkehrsnetzes, und die steigende Zahl der Skiläufer und Bergsteiger im Winter werden die latente Möglichkeit des Ausbruchs von Lawinenkatastrophen allmählich verstärken. Bisher gab es leider nur eine ganz Hokkaido umfassende Analyse der Lawinen, es handelt sich um den Bericht über die Lawinenverhältnisse an den Staatsbahnliesen von MIYAZAKI, M. *et al.* [43]. Man kann aufgrund von meteorologischen Nachrichten allein kaum konkrete Maßnahmen gegen die Lawinen ergreifen. Überdies besteht der größte Teil Hokkaidos aus dünnbesiedelten Waldgebieten (ca. 5 Millionen ha). Für wirksame Lawinenschutzmaßnahmen wäre es deshalb vor allem notwendig, Daten über Lawinen im Waldgebieten zu sammeln und daran theoretische Untersuchungen anzuschließen.

Aus diesem Grund hat sich der Verfasser zuerst bemüht, Lawinen und Lawinengebiete auf den verhältnismäßig leicht zu beobachtenden niedrigeren Höhenlage zu erfassen. Dabei hat er sein Augenmerk auf die Tatsache gerichtet, daß Lawinen sehr große zerstörende Wirkungen auf Waldgebiete ausgeübt haben, und daß man umgekehrt durch die Analyse der Waldbestände allerlei Daten über die Lawinen gewinnen können. Daraus wurde die Überzeugung gewonnen, daß man durch die Beobachtung der Lawinenstellen mittels der Untersuchung der Waldbestände, gefahrlos wichtige Daten über Lawinen sammeln kann. Hier erlaubt er sich, seinen Bericht vorzulegen mit der Hoffnung, daß dieser ein Schritt vorwärts zu verbesserten Lawinenschutzmaßnahmen sei.

Diese Arbeit ist mit der unschätzbaren Unterstützung sehr vieler hilfreicher Leute ausgeführt worden, vor allem der Institutionen an der Hokkaido Universität (die Forstwissenschaftliche Abteilung der Landwirtschaftlichen Fakultät, deren Versuchswälder und das Tieftemperaturwissenschaftliche Institut) und der Ämter der Gemeinden und des Staates (die Forstabteilung der Präfekturverwaltung von Hokkaido und die staatlichen regionalen Oberforstämter in Hokkaido). Diese Leute haben dem Verfasser eine Menge von Hilfskräften zur Verfügung gestellt, die sich nie vor den strengen Bedingungen des Geländes und des Wetters scheuend, ihn mit unermesslicher Mühe bei den Beobachtungen im Freien und bei der Sammlung wertvoller Daten unterstützt haben. All diesen Institutionen und Mitarbeitern fühlt er sich zu großem Dank verpflichtet.

Die Abfassung dieses Berichtes haben seine langjährigen Lehrer, Herr Prof. Dr. N. MURAI und Herr Prof. Dr. S. HIGASHI, von Anfang an immer mit wertvollen Anleitungen und Kritiken gefördert. Auch vielen Mitgliedern der Gesellschaft für Schnee- und Eisforschung Japans verdankt er viele geistige und materielle Aufmunterungen. Der Verfasser erwähnt oben die Namen dieser Institutionen und Professoren, um ihnen seinen herzlichsten Dank auszusprechen.

## 1. Waldgebiet und Lawine

### 1.1 Die Methode der Lawinenbeobachtung in Waldgebieten

Die Lawine hat zwei Hauptstufen d. h. die Stufe des Anbruchs und die der Bewegung. Auch die Daten für voraussichtliche Lawinenanbrüche welche man bei der Vornahme von Lawinenschutzmaßnahmen benötigt, kann man grob in Ort des Lawinenanbruchs und in Stärke der zerstörenden Kraft der Lawinen einteilen.

Wie wir später sehen werden, sind die Untersuchung über den Anbruch der Lawinen und die Mechanik ihrer Bewegung noch im Stadium der Entwicklung, wobei die Kenntnisse über den Mechanismus des Lawinenanbruchs weiter fortgeschritten ist. Man kann aber noch nicht sagen daß wir bereits sichere Kenntnisse über beide hätten. ISHIHARA, K. [26] schreibt darüber wie folgt:

„An gewissen meteorologischen Problemen, über die mechanische Theorien schwer aufzustellen sind, wird oft die Technik des empirischen Formel wie regressiv Analyse und Diskriminante mit beachtlichen Erfolgen angewandt. Man sollte auch in Bezug auf die Frage der Vorausberechnung des Lawinenanbruchs solche Techniken anwenden.“

Was in diesem Falle vor allem nötig ist, sind Daten über die räumliche und zeitliche Verteilung früherer Lawinenanbrüche und Daten über die Stärke und Reichweite der Zerstörungskraft von Lawinenanbrüchen.

Heute ist die Lage durch Benutzung von Luftbildern im Wandel begriffen [56], die bisherigen Methoden der Datensammlung waren bei Lawinenanbrüchen auf die Beobachtung der Lawinenspur mit dem bloßen Auge, und bei Bewegungen auf der Sturzbahn durch feststehende Meßgeräte beschränkt.

Aber wie man wohl weiß, ist die Beobachtung einer Zerstörungserscheinung wie die der Lawine in verschneiten Waldgebieten auch bei erprobten Bergsteigern

immer mit Lebensgefahr verbunden. In der Tat war es bei ungünstigen Gelände und Wetterverhältnissen meist unmöglich, die Beobachtungen an Ort und Stelle durchzuführen. Trotz der begrenzten Gültigkeit der Ergebnisse solcher Beobachtungen, sich auf die wenigen Lawinenstürzen gelten, die Schäden verursacht haben oder auf solche die in der Nähe von Straßen und Wohnungen niedergegangen sind beschränken, neigt man dazu, diese Ergebnisse auf alle Lawinen im größeren Umkreis anzuwenden. Dadurch ist man zum Beispiel sogar zum unzutreffenden Schluß gekommen, daß die Zahl des Lawinenanbrüche in Hokkaido gering sei.

In den betreffenden Waldgebieten nun werden die Waldbestände von der Lawinenbewegung mehr oder weniger zerstört, bzw. deformiert. Der Wald, der ein Organismus mit dem räumlichen Element (Verbreitung) und dem zeitlichen Element (Wachstum) ist, wird nicht nur zum Zeitpunkt des Lawinenbruchs, sondern auch danach eine gewisse ungewöhnliche, zeitliche und räumliche Wandlung aufzeigen. Demnach wird man als Ergebnis der Bemühung, die Veränderungen im Wald durch die Lawinenbewegung umfassend zu registrieren, umgekehrt durch die Untersuchung der Waldbestände allerlei Daten über die Lawinenbewegung gewinnen können. Der Verfasser dieses Beitrags hat die Beziehungen zwischen Waldgebieten und Lawinen grundsätzlich von diesem Gesichtspunkt aus verfolgt. Die Methode, die Waldbestände als eine Art von Registratur zu benutzen, ist schon oft angewendet worden zum Beispiel, wann man durch einen vom Wind geformten Baum die dominierende Windrichtung zu schätzen versuchte [25, 77].

Die Möglichkeit und der Sinn, die in der Methode der Datensammlung aus Untersuchung der Waldbestände liegen, werden zunächst in folgenden Punkten bestehen.

1. Weil man die Bestände im natürlichen als Registratur der Lawinenbewegungen benutzt, kann man aus dem unbekanntem Waldgebiet ohne großen Aufwand eine große Anzahl von Daten gewinnen.

2. Weil man auch durch die Untersuchungen während der lawinenfreien Saison zahlreiche Daten gewinnen kann, vergrößert sich die physische Sicherheit des Beobachters beträchtlich.

3. Diese Methode ermöglicht eigentümliche (besonders zeitliche) Daten zu gewinnen, die man bei den kurzfristigen Untersuchungen im Winter nicht gewinnen kann.

4. Auch auf dem baumlosen Hang besteht die Möglichkeit, durch künstliche Einführung von Holzgewächsen Daten der Lawinenbewegung zu gewinnen.

5. Überhaupt wird diese Methode die Theorie, der Lawinenmechanik, die Experimente mit Lawinen und die Untersuchungen durch Beobachtungen im Freien usw. ergänzen, und zur Lawinevorhersage und zur Vornahme von Lawinenschutzmaßnahmen beitragen.

## 1.2 Lawinenbewegung im Waldgebieten und die topographischen Faktoren

Die langsame Transformation und Translation (das Kriechen und Gleiten) der Schneedecke vor dem Lawinenanbruch sind eine von der Viskosität der Schneedecke beeinflusste, laminare Bewegung. Die Theorie von dieser Bewegung entwickelte sich

als die „Schneedrucktheorie“. Auch die bisherigen Untersuchungen über Wald und Lawine behandelten meistens den Zusammenhang zwischen Waldbeständen und Schneedruck vor dem Lawinenanbruch [27, 56].

Auf der anderen Seite ist die Lawinenbewegung ein „Schneeströmung“, die oft von den breiten Schneeschichten hervorgerufen wird, wobei Sie sich je nach den Bedingungen der Umgebung in Schneepartikel verschiedener Größe auflösen.

Auf der Beschleunigungsstufe unmittelbar nach dem Lawinenanbruch fängt manchmal die obere Schicht oder die ganze Schneedecke in Form eines einzigen, großen Bretts an zu gleiten. Sie spaltet sich aber bald in große oder kleine Teil und pflegt auf der Stufe der Endgeschwindigkeit einen der beiden folgenden Typen anzunehmen:

A. Staub-Typus. Die Lawine sieht wie Schneestaub aus, steigt manchmal mehrere 10 Meter hoch, ist von Luftstrom begleitet und erreicht ab und zu eine Geschwindigkeit von über 100 m pro Sekunde.

B. Fließtypus. Die Lawine fließt in der Form eines Flusses an der Oberfläche der Schneedecke. An der Spitze spritzen Schneepartikel herum. Ihre Geschwindigkeit bleibt gewöhnlich unter 30 m pro Sekunde [31].

Weil nun die Stoßkraft der Lawine proportional zum Quadrat ihrer Geschwindigkeit ist [31], muß man beim Ermessen ihrer Zerstörungskraft den Unterschied der Lawinengeschwindigkeit auf den Stufen des Herabgleitens und die Typen des Abflusses in Betracht ziehen. Im allgemeinen muß man vor der Untersuchung des Zusammenhanges zwischen dem Waldboden und den Stufen der Lawinenbewegung wie Anriß, Sturzbahn und Ablagerung zuerst die topographischen Faktoren des Abhanges klären. In diesem Falle enthalten diese, wie DE QUERVAIN, M. [9] meint, nicht nur die Topographie des Waldbodens, sondern auch die Vegetation darauf. Denn man darf bei der Betrachtung des ganzen Prozesses der Lawinenbewegung auf dem Waldboden neben der Topographie der Sturzbahn auch die Wirkung der Vegetation auf den kinetischen Reibungskoeffizienten, der mit der Bestandsdichte und dem Widerstandskoeffizienten der Bestände eng verbunden ist, nicht außer acht lassen. Daher wird die Aufklärung der Lawinenbewegungen auf dem Waldboden auf Grund der Analyse solcher topographischen Faktoren vorgenommen werden müssen.

Auch die Aufgabe, die räumliche und zeitliche Verteilung der Lawinenauslösung aufzuklären, muß selbstständig auf Grund solcher topographischen Analysen gelöst werden; man muß dabei aber auch die zeitlichen Wandlungsfaktoren genügend berücksichtigen. KADOMURA, H. [33] erörtert das Problem der Lawinenauslösung, indem er Topographie und Vegetation als fixe Faktoren und Wetterlage und Schneedecke als wandelbare Faktoren annimmt. Aber nicht nur bei einer einmaligen Lawinenauslösung zu einem bestimmten Zeitpunkt, sondern auch im Fall wiederholter, zerstörender Lawinenanbrüche über eine längere Zeitdauer können Topographie und Vegetation keine fixen Faktoren sein. Die aus dem langjährigen Prozeß entsprungene, langfristigen, wandelbaren Faktoren wie die wiederholten Zerstörungen und Erneuerung der Topographie und der Vegetation werden bei der Lösung der obenerwähnten Aufgabe wichtige Rollen spielen. Dabei muß man nicht nur Lawinen, sondern auch andre Erscheinungen (Erdrutsch, Murgang usw.) in Betracht ziehen [3, 11, 12,].

Nach solchen Gesichtspunkten wird im nächsten Abschnitt versucht, einen Überblick der topographischen Faktoren im Lawinengebiet Hokkaidos zu geben.

## 2. Synopsis der Schnee- und Lawinerverteilung in Hokkaido

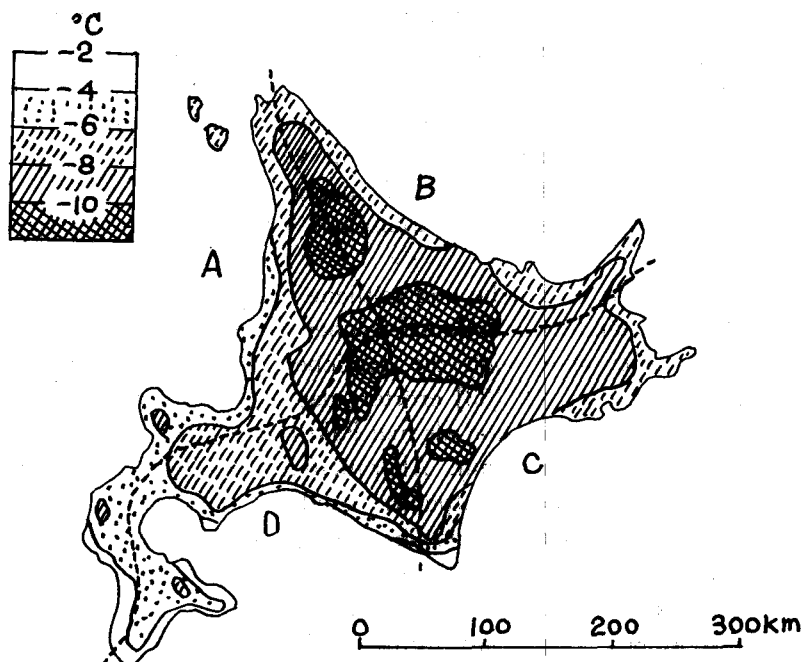
### 2.1 Die Verteilung der Schneedecke

DENPO, H. [7] zeigt den örtlichen Unterschied der Schneeniederschläge in Hokkaido wie in Tabelle 1. Die klimatischen Grenzen, die die vier Gegenden in Hokkaido abtrennen, stimmen mit den Wasserscheidelinien fast überein. Die Schneefallmenge auf der Seite des Japanischen Meeres (Fig. 1-A) ist gleichmäßig verteilt. Aber auf der Seite des Ochotskischen Meeres (Fig. 1-B) und im östlichen Teil der Pazifischen Seite (Fig. 1-C) kommen im März oft Tage mit starkem Schneefall vor.

**Tabelle 1.** Anzahl der Tage mit starkem\* Schneefall in Hokkaido, Jan. 1951~März 1955, aus [7]

Monat	Dez.		Jan.		Feb.		März	
	0~10	10<	0~10	10<	0~10	10<	0~10	10<
A. Japanisches Meer	69	8	80	14	71	6	39	3
B. Ochotskisches Meer	74	3	81	13	73	4	37	5
C. östl. Pazifische Seite	75	2	89	5	74	3	36	6
D. westl. Pazifische Seite	77	0	89	5	76	1	40	2

\* stark: mehr als 20 cm Neuschnee an einer der 270 Wetterwarten in Hokkaido



**Fig. 1.** Temperatur Monatsmittel, Januar in Hokkaido und klimatische Unterschiedsline nach KAWAMURA, T. [35] (vgl. Tabelle 1)

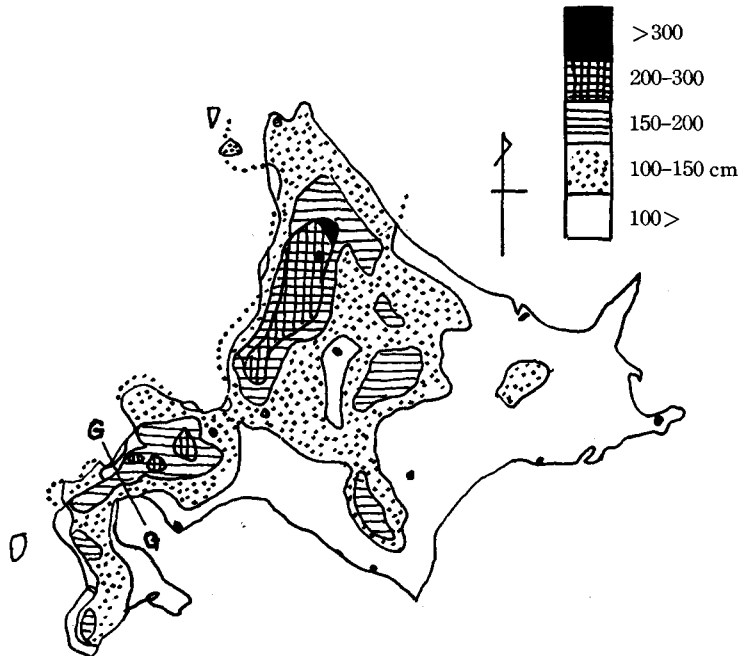


Fig. 2. Verteilung der maximalen Schneehöhe  
(G: die Grenze zwischen zwei Floren)

Die Verteilung der maximalen Schneehöhe wird in Fig. 2 gezeigt. Als Folge der Konvergenz des Luftstroms weisen das Masike-Uryu-Gebirge und das Gebirge in der Nähe von Kutchan ungewöhnlich starke Schneeniederschläge auf. Die Lufttemperatur im Winter ist, wie Fig. 1 zeigt, im westlichen Teil der Pazifischen Seite hoch, folglich hat dieses Gebiet zwar große Schneeniederschläge aber nur eine dünne Schneedecke. Dies ist der Überblick der makrotopographischen, von Monsun beeinflussten Schneeverteilung in Hokkaido.

Wegen der strengen Kälte und des starken Windes ist die Schneedecke auf der Erdoberfläche in Hokkaido sehr unterschiedlich, und so ist die Schneehöhe von Lokal- und Mikrotopographie empfindlich beeinflusst. Weil der Zusammenhang der Schneehöhe mit der Mikrotopographie und dem Wald im nächsten Abschnitt behandelt wird, so sei hier in Fig. 3 die Disposition des lokalen Winterwindes gezeigt, die den Hauptgrund der ungleichmäßigen Schneedeckenverteilung ausmacht. Aus der Zusammenfassung der Berichte von KAWAMURA, T. [36], MARUYASU, T. *et al.* [39] und ARAKAWA, S. [2] ergeben sich die drei folgenden allgemeinen Dispositionen des Lokalwindes.

- 1) In der Gebirgsgegend weht der Luftstrom konvergierend durch das Tal.
- 2) Im Bergschatten und zwar an der Ausmündung von Tobeln macht sich sehr oft ein starker Wind bemerkbar.
- 3) Wenn der Wind über die Kammlinie weht, so nimmt er eine rechtwinklige Richtung zur letzteren an.

Die Erscheinung der ungleichmäßigen Schneeverteilung im Hochgebirge und

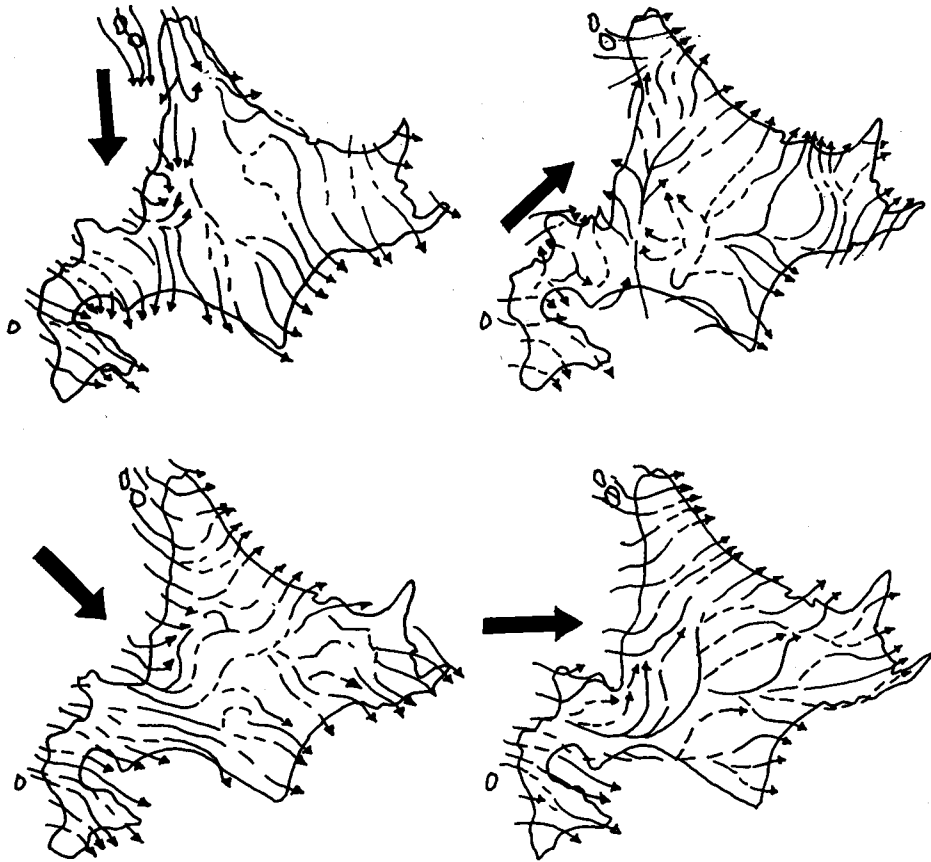


Fig. 3. Hauptwindrichtung von Hokkaido im Winter.

Feste Pfeile: Windrichtung nach der Wetterkarte [36]

in seiner Umgebung läßt sich bis zu gewissem Grade mit den obigen Dispositionen des Lokalwindes erklären.

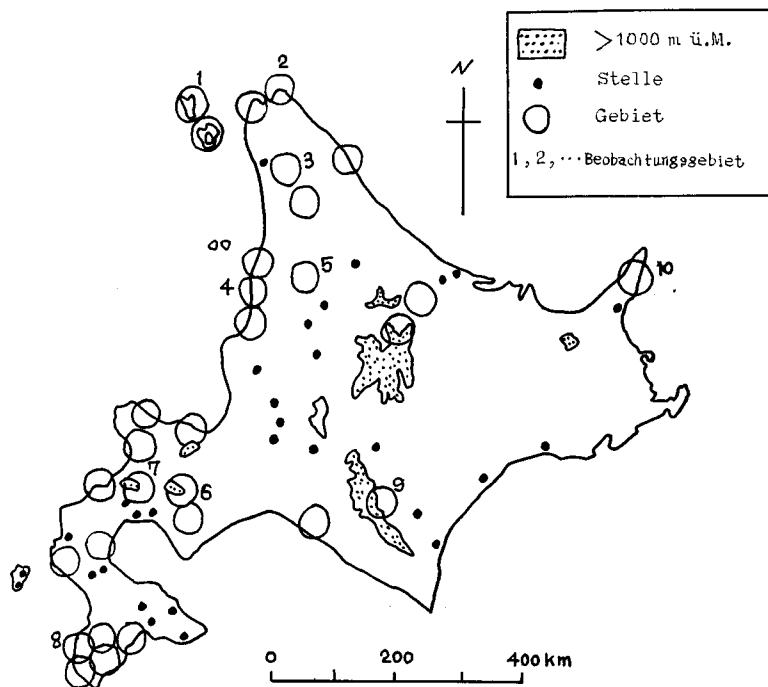
## 2.2 Verteilung der Lawinen und Untersuchungsstelle

In Fig. 4 wird durch Zusammenfassung der verschiedenen Berichte und Aufzeichnungen und auch der Ergebnisse Untersuchungen des Verfassers die Gebiete in Hokkaido gezeigt, in welchen bis heute Lawinenschäden aufgetreten sind, [19, 22, 23, 30, 32, 41, 43, 55, 56, 63~66, 69, 73, 76]. Wenn man auf Grund dieser Lawinenkarte auch die topographischen Faktoren in Betracht zieht, lassen sich die lawinengefährdeten Stellen folgendermaßen grob einteilen.

- 1) Niedrigere Höhenlage (unter 1,000 m ü. M.)
  - a) Steile Küstengegend (Soya, Rausu usw.)
  - b) Hügelgend (Teshio, Rumoi, Hiyama usw.)
- 2) Hohe Berge (über 1,000 m ü. M.)
  - a) Gebirge (Hidaka, Daisetzu usw.)
  - b) Alleinstehender Gipfel (Yotei-Vulkan usw.)

**Tabelle 2.** Lawinenbeobachtung vom Vf.

Beobachtungsfläche	Zeitperiode	Beobachtung bzgl.	Literatur Vz. vom Vf.
1. Rebun	März '66, Aug. '66 u. Feb. '67	Lawine, Topographie,	63, 64, 65, 66
2. Soya	'65/'66~'68/'69 Winter	Lawine	65, 66
3. Teshio	Feb. '61~März '70	Schneedecke, Lawine, Vegetation	16, 65, 66, 67, 70, 71, 72, 74
4. Rumoi	Jan. '67 u. Jan.~März '68	Lawine	65, 66, 72
5. Uryu	Apr. u. Mai '69	Lawine	65
6. Sapporo	Apr. u. Mai '69	Lawine	—
7. Yotei	Sommer '70	Lawinenspur, Vegetation,	—
8. Hiyama	März '68 u. März '69	Lawine	65, 72, 73
9. Satsunai	Mai u. Okt. '69	Lawinenspur, Vegetation	68
10. Rausu	März u. Sept. '68, März '69 u. Jan. '70	Lawine, Topographie	65, 69


**Fig. 4.** Verteilung der Gebiete mit Lawinenschäden in Hokkaido

In Tabelle 2 und Fig. 4 werden die Untersuchungsstellen gezeigt, an denen der Verfasser seine Beobachtungen durchgeführt hat. In den Untersuchungsstellen sind die obengenannten topographischen Faktoren enthalten, die Gebiete der Naturwälder waren hauptsächlich Gegenstand der Untersuchung. Bei niedrigeren Höhen unternahm er seine Untersuchungen ohne Unterschied von Winter und Sommer, bei hohen Bergen hingegen, mit Rücksicht auf die Gefahr, nur in der lawinenfreien Jahreszeit.

### 3. Lawinen in niedriger Meereshöhe

#### 3.1 Lawinen in der Küstengegend

##### 3.1.1 Lawinen auf der Rebun-Insel

Die Rebun-Insel ist eine kleine tafelfartige Insel am Nordende Hokkaidos. Die

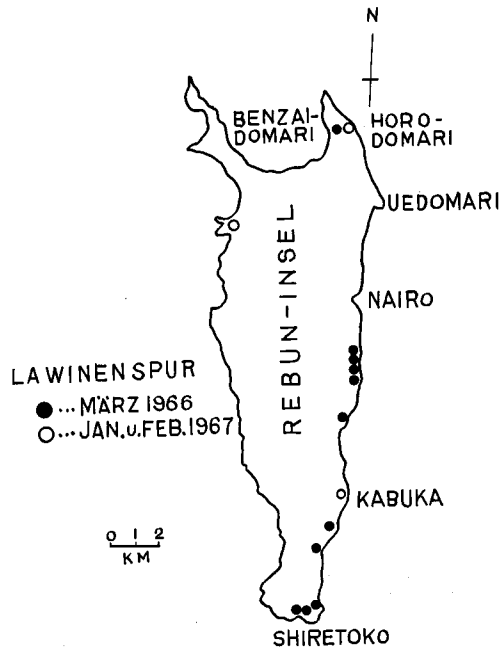


Fig. 5. Die Lawinenspuren an der Rebun-Küste

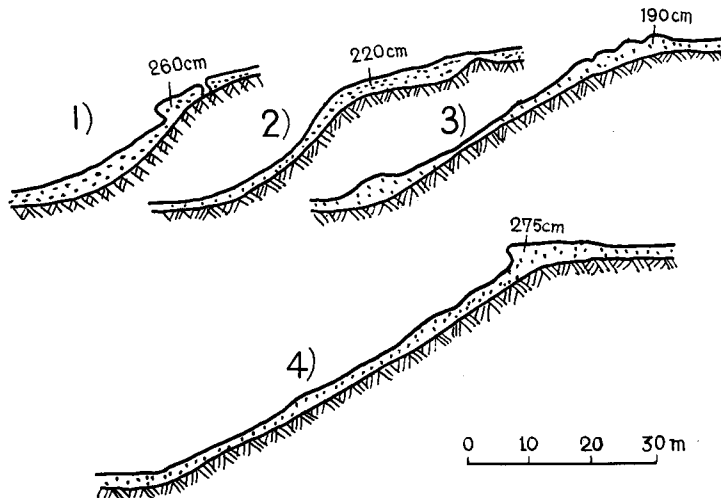


Fig. 6. Schneehöhen auf den S-Hängen der Terrassen, Rebun-Insel.

- 1) Uedomari (4. März 1966)    2) Nairo (3. März 1966)  
 3) Shiretoko (16. Febr. 1967)    4) Shiretoko (16. Febr. 1967)

an der Küste liegende Terrasse bildet einen kurzen Steilhang mit einer Hangneigung von 30 bis 40 Grad und einer Strecke von 20 bis 100 m. Geologisch gesehen bestehen der Nord- und Südteil der Insel aus der Neogenschicht und der mittlere



Fig. 7. Die am 1. März 1966 abgegangene Lawine.  
Benzaidomari Rebun-Insel.  
Aufnahme 3. März 1966



Fig. 8. Seitliche Anrisslinie der Lawine Fig. 7  
und das Schneeprofil (vgl. Fig. 19).  
Aufnahme 3. März 1966

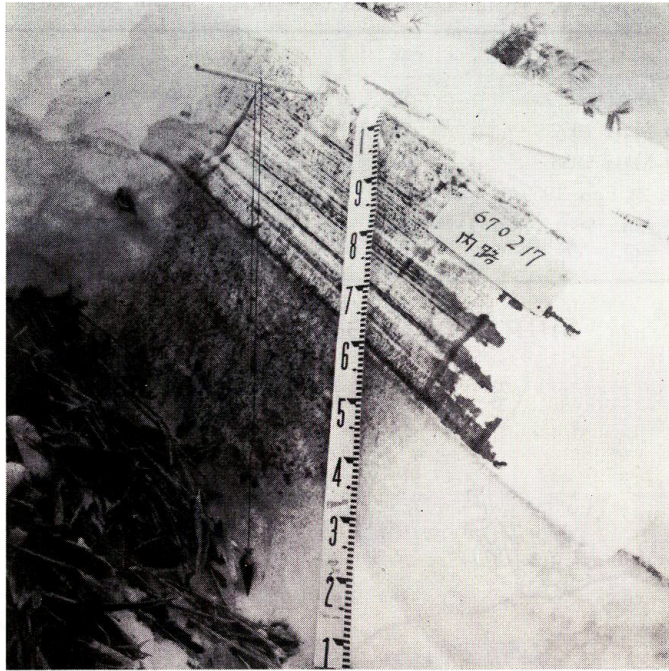
Teil aus dem eruptiven Sedimentgestein der Kreidezeit. Jener hat einen verhältnismäßig ebenen Hang, während dieser, widerstandsfähig gegen erosive Wirkungen, einen steilen, runseförmigen Hang hat, der zum Teil mit Wald bewachsen ist.

Fig. 5 zeigt die Lawinenspuren, die der Verfasser im März 1966 und im Februar 1967 auf dieser Insel beobachtet hat. In 1966 wurden auf dem Südhang und in 1967 auf dem Osthang der Insel viele Lawinen beobachtet. Von den täglichen Windrichtungen, die die etwa 50 km östlich liegende Wakkanai-Wetterwarte registriert hatte, waren im Januar 1966 der Nord- und Nord-Nord-Westwind auffallend häufig und im Januar 1967 waren Tage mit Südwest- und Ostwind viel verzeichnet. Aus dieser Tatsache wird bis zum gewissen Grade ersichtlich, daß sich die Lawinen auf der Rebun-Insel auf dem leeseitigen Hang lösten. Der Schneeniederschlag ist im allgemeinen nicht hoch, jedoch wird er auf der ebenen, waldlosen Terrasse von dem starken Wind vom Meer her direkt nach der Leeseite verweht und häuft sich als Schneewehe auf. Folglich werden Lawinen auf der Leeseite durch Schneewehen ausgelöst.

Auf der Terrasse der Neogenschicht läuft die Lawinenanrißlinie der Gefälls-



**Fig. 9.** Profil der Schneewächte bei Shiretoko. Rebun-Insel. Aufnahme 16. Feb. 1967



**Fig. 10.** Großer Unterschied der Schneearten in den oberen und unteren Schichten.  
Nairo, Rebun-Insel. Aufnahme 17. Fed. 1967

bruchlinie entlang, die die Grenze zwischen Terrasse und Steilhang bildet. Fig. 6 zeigt die Schneehöhenverteilung am oberen Teil des Hanges. Fig. 7 zeigt die Bodenlawine, die vom Schwimmschnee verursacht wurde. 1967, als sich viele Oberlawinen lösten, entstanden Schneewächten mit kleinen Hohlräumchen (Fig. 9), und an anderen Hängen wurde ein großer Unterschied der Schneearten in den oberen und unteren Schichten festgestellt (Fig. 10).

Auf der anderen Seite machten sich im Kreidschichtgebiet viele Lawinen bemerkbar, die aus mittlerer Höhe des Abhanges herabstürzten. Die Verfrachtung der Schneedecke aus dem oberen Teile des Hanges kann bis zum gewissen Grade durch den Wald aufgehalten werden. Zu gleicher Zeit kann man sich denken, daß sich Schnee von höheren Stellen in der Nähe eines Grabens, vom starken Wind verweht, im tiefer gelegenen, steilen Graben anhäuft und die Auslösung von Lawinen aus dem mittelhohen Abhang erleichtert.

### 3. 1. 2 *Lawinen an der Küste von Rausu*

Die Küste von Rausu besteht, geologisch gesehen, aus einem Agglomerat des Andesits der Neogenschicht, und dort reihen sich die steilen Hänge mit ca. 100 m Höhenunterschied und ca. 40 Grad Neigung an. Der obere Teil des Hanges ist mit Wald bedeckt und auf der mittleren Höhe des Hanges befinden sich die bloßgelegten Gesteine. Darunter liegt der Schuttkegel, worauf große Kräuter (Riesenknöterich) wachsen.

**Tabelle 3.** Schneehöhen-maximum, Rausu Küste, aus [42]

Datum	cm	Datum	cm
9, 10 März 1956	96	24 März 1962	61
20 März 1957	68	22 Jan. 1963	41
20 März 1958	314	23 März 1964	76
18, 23 Feb. 1959	101	12 März 1965	140
18 Jan. 1960	274	30 März 1966	136
12 März 1961	62	25 Jan. 1967	82

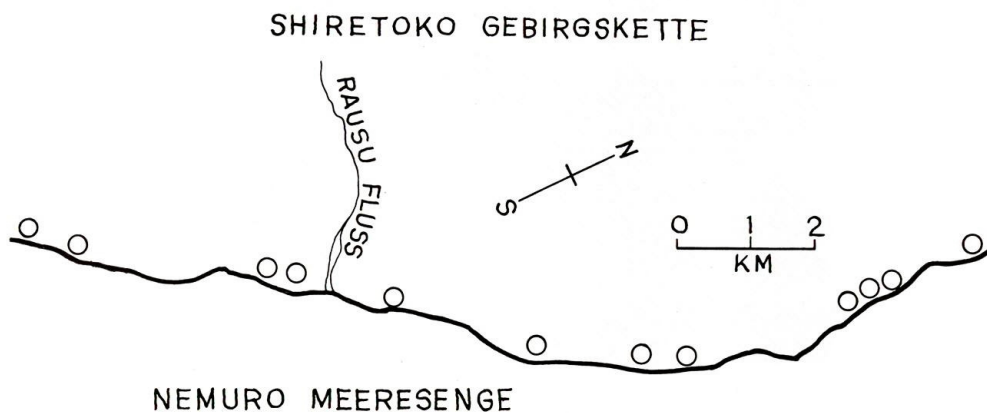
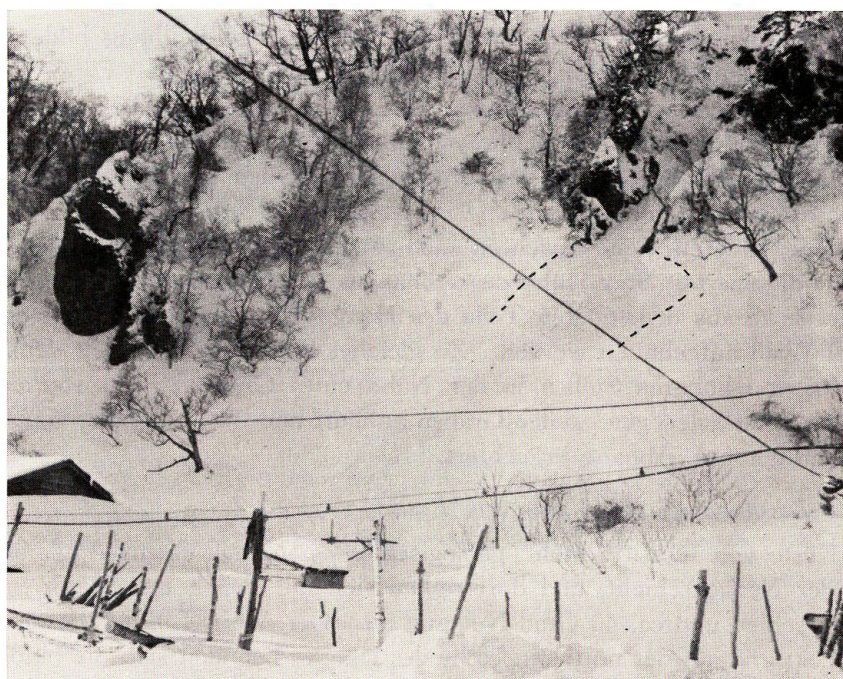
**Fig. 11.** Lawinenstellen, Rausu-Küste von März 1965 bis Jan. 1970**Fig. 12.** Spur der Oberlawine. Rausu-Küste. Niedergang vom 14. Jan. 1970. Ein Haus wurde beschädigt. Aufnahme 16. Jan. 1970

Fig. 11 zeigt die Lawinenspuren in den letzten Jahren. In jedem Falle bricht die Lawine auf dem grabenartig erodierten Hang in oberen oder mittleren Teil des Abhanges an, und im unteren Teil stößt sie auf den Schuttkegel und verbreitert und vergrößert sich nach beiden Seiten (Fig. 12).

Wie Tabelle 3 zeigt, fluktuiert die maximale Schneehöhe je nach Jahr sehr stark, und auch die Zeitperiode von Lawinenanbrüchen ist unbestimmt. Man kann allerdings aus langjähriger Erfahrung sagen, daß sich Oberlawinen oft während eines Schneesturms oder unmittelbar danach lösen. Zwar konnte durch die bisherigen Beobachtungen des Verfassers noch nicht festgestellt werden, ob die Schneewächte selber sie auslöst, aber mindestens kann man vermuten, daß die Schneegewächte den Hauptbestandteil des Lawinenschnees ausmacht.

### 3.2 Lawinen in dem Hügelgebiet

Der Verfasser hat ca. 1200 ha der als Lawinengebiet wohlbekannten Hügel-  
gend von Teshio untersucht (Fig. 13). Der größte Teil derselben gehört dem  
Teshio-Versuchswald der Hokkaido Universität an. Sie besteht geologisch aus  
Neogensicht und hat viele ebene Hänge mit einem Höhenunterschied von 100  
bis 200 m unter dem halbzyylinderförmigen Kamm. Abhänge mit einer Neigung  
von 20 bis 40 Grad machen 80% der ganzen Fläche aus. Die Kammlinien laufen  
von Osten nach Westen; die Südhängen bestehen meist aus alten Brandstellen wo  
lediglich noch Grasbambus wächst, die Nordhängen sind größten Teils mit Wald  
bedeckt. An Südhängen sind ferner auch viele Spuren abgerutschten Bodens  
bemerkbar.

In dieser Hügelgend ist die Fluktuation der Schneedichte gering, aber wegen  
der heftigen Verfrachtung des Schnees durch den Wind ist die Schwankung des  
Wasserwertes der Schneedecke an den waldlosen Stellen groß. Der mit dem

**Tabelle 4.** Maximaler Gesamtwasserwert (mm) der Schneedecke  
von Teshio Hügel, aus [70]

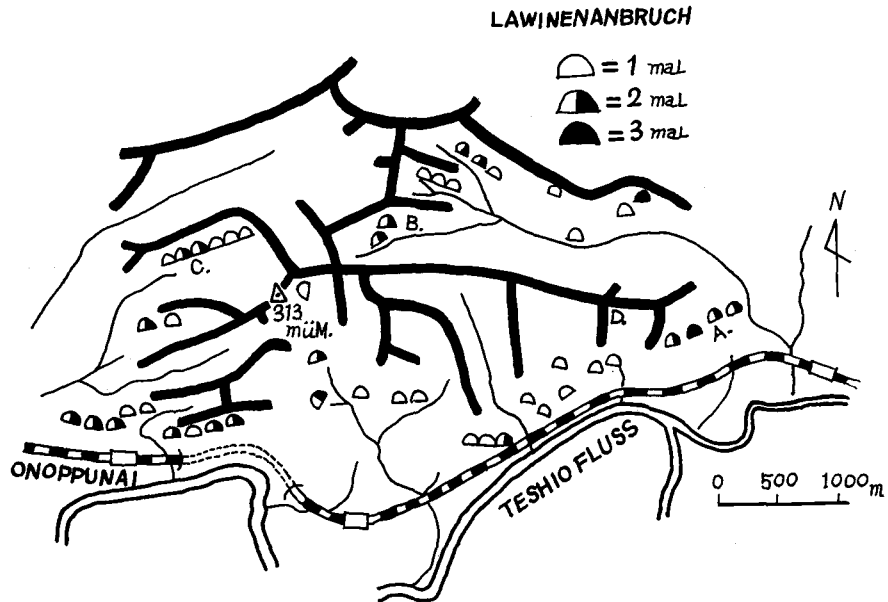
1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970
440	340	310	200	330	470	370	460	520	710

**Tabelle 5.** Form der Hänge mit Lawinenanbrüchen,  
Febr. 1966, Teshio Hügel

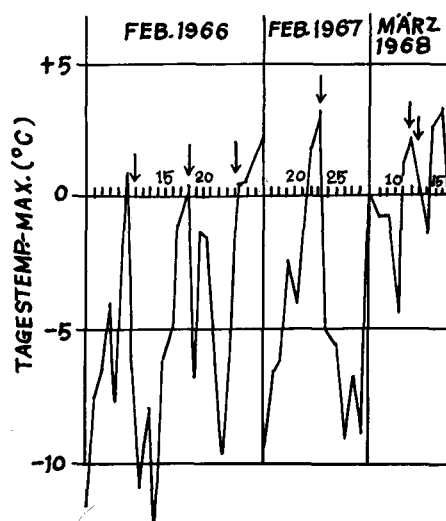
Form	konvex		konkav		eben		gemischt	
Quer.	5		2		2		3	
Läng.	6		3		2		1	
Neigung	34°	35°	38°	40°	44°	46°	47°	
Anzahl	2	2	1	3	2	1	1	
Exposition	WSW	WSS	S	SSE	SE			
Anzahl	2	1	4	3	2			

„Snowsampler“ gemessene Wasserwert der Schneedecke in dieser Hügelgegend während dieser letzten 10 Jahre ist in Tabelle 4 gezeigt [16, 67, 70].

Die durch einfache Messungen gewonnenen Daten über die Bodenlawinen im Winter 1965/66 sind in Tabelle 5 gezeigt. Daraus hat es sich ergeben, daß auf



**Fig. 13.** Verteilung der Bodenlawinen in drei Hochwintern (bis Ende Febr.) 1965/66~1967/68. Teshio-Hügel. A., B., C., D.=Versuchsstelle des „Belt Transects“ (Tabelle 7) und des Grasbambusse (Tabelle 9)



**Fig. 14.** Tagestemperatur-Maximum und Lawinenabgang, Teshio-Hügelgegend

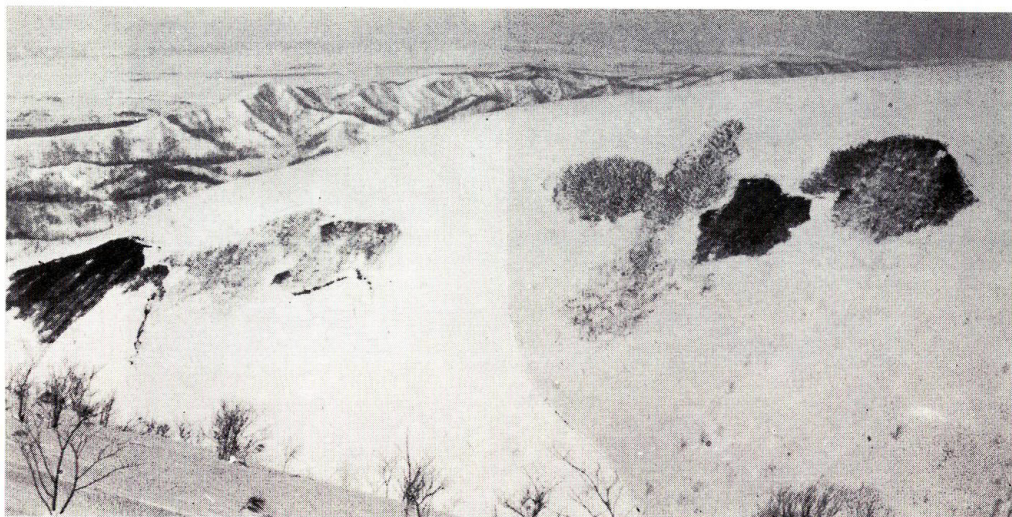


Fig. 15. Bodenlawinen auf S-Hängen. Teshio-Hügel.  
Aufnahme 25. Feb. 1966



Fig. 16. Breite Anrisslinie (Pfeile) von Oberlawine.  
Teshio-Hügel. Aufnahme 24. Feb. 1969



**Fig. 17.** Oberlawinenspur. Niedergang am 1. Feb. 1969.  
Teshio-Hügel. Aufnahme 2. Feb. 1969

konvexen Südhängen viele Lawinen anbrechen. Fig. 13 zeigt die Stellen mit Anbrüchen von Bodenlawinen, die durch die Untersuchungen in den drei Wintern von 1965/66 bis 1967/68 jeweils vor Ende Februar festgestellt wurden. Alle Lawinenanbrüche vor dem Ende Februar fanden in jedem dieser drei Winter an alten Erdrutschstellen mit großer Rauigkeit statt. In der darauffolgenden Periode, nämlich in der Zeit von Mitte Februar bis Ende März lösten sich die Bodenlawinen häufig an Südhängen aus (Fig. 15). In der Periode von März bis April lassen sich am Nordhang viele Spalten in der Schneedecke und Bodenlawinen beobachten. Übrigens trat die Periode des Lawinenanbruchs in Winter 1966/67 wegen des unzeitigen Regenfalls und im Winter 1969/70 wegen des extrem reichen Schneeniederschlags etwas früher als in anderen Jahren ein. Bodenlawinen lösen sich, wie schon einmal erwähnt, meistens am Tage mit hoher Lufttemperatur oder am darauffolgenden Tag (Fig. 14).

Überhaupt können nur wenige Beobachtungen von Oberlawinen festgestellt werden. Dies rührt von der Tatsache her, daß sie bei starkem Schneefall während Januar und Februar anbrechen und ihre Spuren sogleich mit Neuschnee zugedeckt werden. Die Anrißlinien von Oberlawine kann man in breiten (Fig. 16) und punktförmigen Anriß (Fig. 17) einteilen. Jedoch ist sie oft ziemlich anders gelegen als diejenige von Bodenlawinen. Der Verfasser hat ferner verschiedene Anrissformen in Lawinenbruchzonen einiger Hügelgebiete untersucht. Die betreffenden Ergebnisse werden im nächsten Abschnitt in geordneter Zusammenfassung gezeigt werden.

#### 4. Verschiedene Formen des Lawinenanrisses

##### 4.1 Schneebrettlawine

##### 4.1.1 Beobachtung von ziegelmauerartigen Spalten

Bei der Beobachtung von vielen frischen Lawinenspuren zog besonders das Schneebrett mit ziegelmauerartigen Spalten, das in der Nähe der Anrißlinie liegen bleibt, die Aufmerksamkeit des Verfassers auf sich (Fig. 21). Alle sechs hier behandelten Fälle wurden auf den Spuren von Bodenlawinen beobachtet. Tabelle 6 gibt den Überblick dieser Fälle, und Fig. 19 zeigt deren Schneeprofil.

**Tabelle 6.** Beobachtung von ziegelmauerartigen Schneemassen

Stelle	Datum		Hang		Anzahl Gleitschichten von Schneemassen
	Beobachtung	Anbruch (Lufttemp. maxim. °C)	Exposition	Neigung	
A. Teshio	20. Feb. '66	18. Feb. (0.5)	SSE	40°	5
B. Teshio	25. Feb. '66	25. Feb. (0.3)	S	32°	5
C. Teshio	25. Feb. '67	23. Feb. (3.2)	S	36°	3
D. Teshio	1. März '67	23. Feb. (3.2)	S	32°	2
E. Rumoi	28. Jan. '67	27. Jan. (0.0)	SSW	33°	6
F. Hiyama	7. März '68	7. März (5.0)	E	33°	3

A. Etwa 4 m unter dem rechten Ende der oberen Anrißlinie bleibt eine fünfschichtige Schneemasse mit einer Breite von ca. 3 m liegen. Auf dem gleich rechts daneben liegenden Hang und auf dem von diesem nach links ca. 100 m entfernten Hang wurden Spuren von Oberlawinen festgestellt. (Stark vereiste Schneeoberfläche, ein Stamm eines Korkbaums mit einem Durchmesser von ca. 7 cm wurde in der Höhe von 135 cm, welche der Lage der Gleitfläche der Oberlawine entspricht, scharf abgeschnitten.) Diese Oberlawinen scheinen mit der obenerwähnten Bodenlawine gleichzeitig angebrochen zu sein.

B. Etwa 10 m unter dem linken Ende der oberen Anrißlinie liegt eine in 5 Schichten gespaltene, ca. 20 m breite Schneemasse welche auf die direkt darunter befindliche, Schneedecke aufgelaufen ist. Die Schichten dieser Schneemasse nehmen die Form von Stufen an, die auf der Bergseite je 5 bis 10 cm nach unten des Hanges vorgeschoben sind. In der Schneemasse ließen sich die Spalten feststellen, welche den Prozeß des kommenden Wiederspaltens andeuteten.

C. Zeigt die dreischichtige Spur, die an der Seitenanrißlinie beobachtet wurde. Es handelt sich um eine Lawine, die während des Regenfalls anbrach.

D. Zeigt das stufenartige Schneeprofil an der Seitenanrißlinie. Die Spur erreichte ca. 3 m Länge. Weil sie während eines Regenfalles entstand, konnte man rundherum in ihrer Nähe viel lockeren Schnee finden.

E. In der von der linken oberen Anrißlinie etwa 1 m herabgerutschten, großen Schneemasse wurden einige Spalten mit stufenartigem oder umgestülpt stufenartigem

Z: Schneemasse mit ziegelmauerartigen Spalten

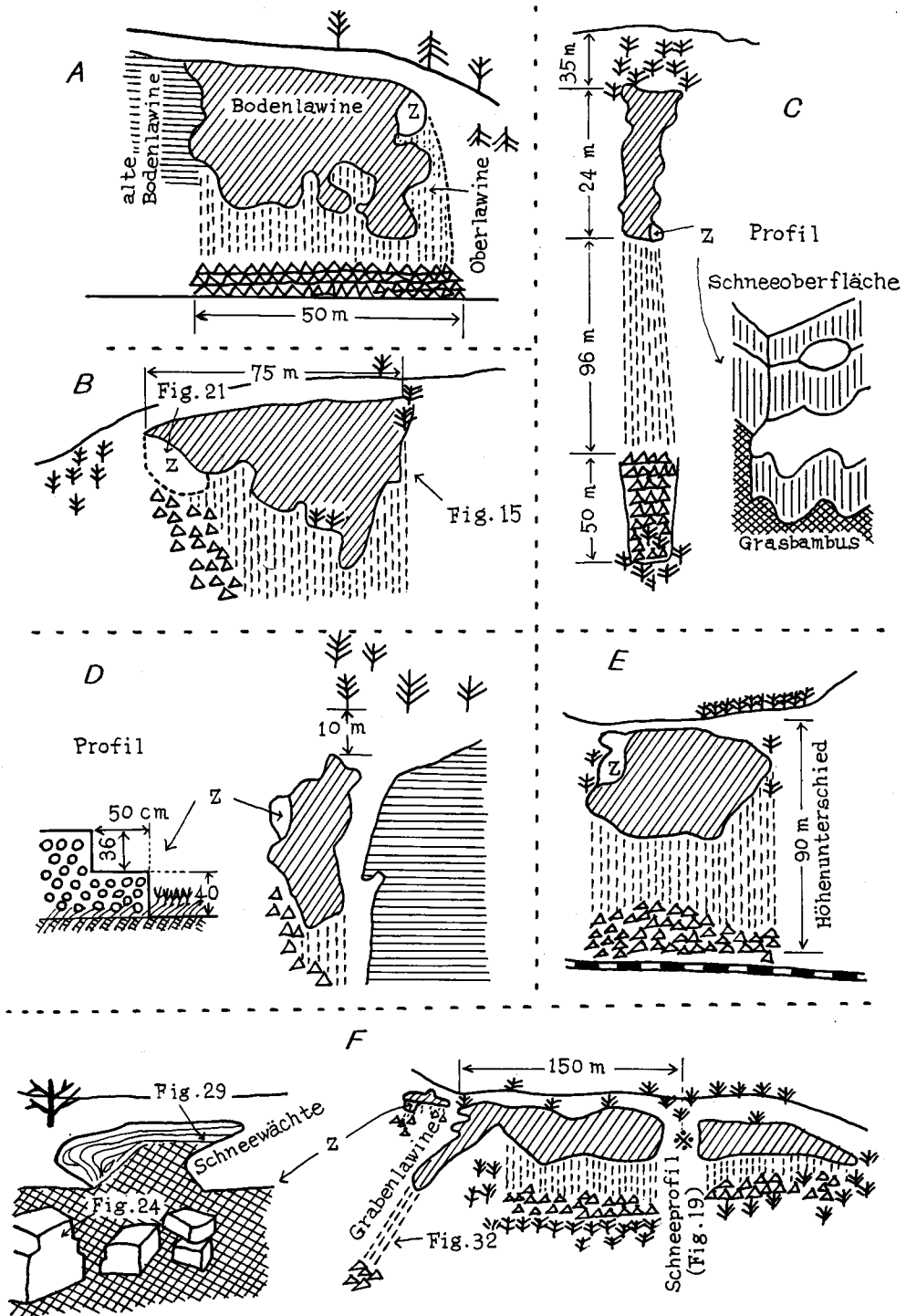


Fig. 18. Lage und Form der Schneemasse mit ziegelmauerartigen Spalten

Profil gefunden. In der Ablagerungszone wurden typische, eckige Schneebretter beobachtet. An der naheliegenden Spur einer Lawine, die fast gleichzeitig mit der obigen Lawine anbrach, konnte man den Entwicklungsgang von der Oberlawine zur Grundlawine ablesen (Fig. 22).

F. Zeigt eine große Schneemasse, die auf dem sanften Abhang (Neigung 15 Grad) in unmittelbarer Nähe der Anrißlinie liegt. Diese Anrißlinie spaltete die Schneewächte, wie Fig. 29 zeigt. Eine Lawine, die in der Nähe der Anrißlinie sehr hart gewesen zu sein scheint, hinterließ die Flußspur einer typischen Lockerlawine nachdem sie kanalisiert worden ist (Fig. 32).

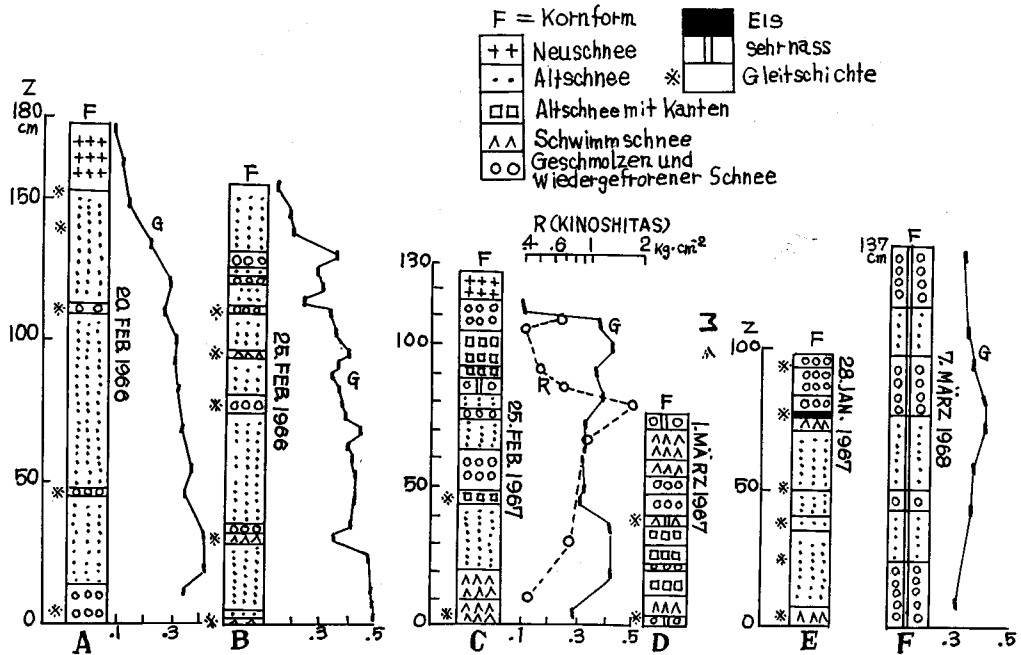


Fig. 19. Schneeprofil bei Schneemassen mit ziegelmauerartigen Spalten

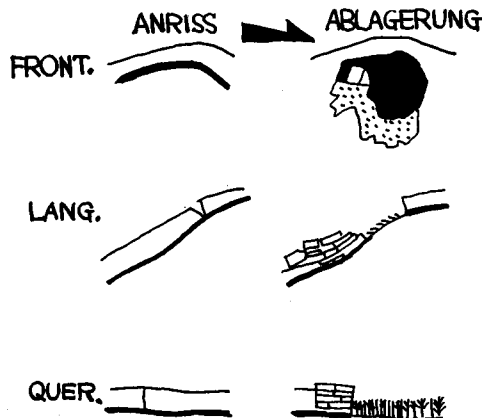


Fig. 20. Schema des typischen Werdegangs der Schneemassen mit ziegelmauerartigen Spalten



**Fig. 21.** Schneemasse mit ziegelmauerartigen Spalten. Blick talwärts. Rechts unten :  
Aurisslinie. Vegetation : Grasbambus. Aufnahme 25. Feb. 1966

#### 4. 1. 2 *Werdegang der Schneebrettlawine*

Aus den Formen der Schneemassen, die in 4.1.1 beschrieben wurden, lassen sich folgende Schlüsse ziehen.

1) Die Schneemassen mit ziegelmauerartigen Spalten werden in Anrißlinien auf sanftgeneigten Hängen oder an Stellen mit Hindernissen gefunden. Deren typischer Werdegang wird vermutlich so sein, wie er in Fig. 20 gezeigt ist.

2) Die dünnen, schwächeren Schichten treffen fast immer mit den Gleitschichten überein (vgl. Fig. 19). Bei hoher Schneetemperatur bricht die Lawine mit breitem Anriß an. Die große Masse des Lawinenschnees wird nach Beginn des Abgleitens durch Anstoß an Geländehindernissen von einer rein translatorischen Bewegung in eine kompliziertere Bewegung übergeführt. Dabei zerfällt die dünne, schwächere Schichte aus Schwimmschnee und anderen lockeren Schneearten. So kann man sich denken, daß die große Schneemasse während des Lawineniedergangs nach und nach in kleine, dünne, brettartige Blöcke übergeht.



**Fig. 22.** Mischlawine bei Rumoi. Aufnahme 28. Jan. 1967



Fig. 23. Anbruchzone der Bodenlawine bei Rumoi. Vegetation: Grasbambus. Aufnahme 28. Jan. 1967

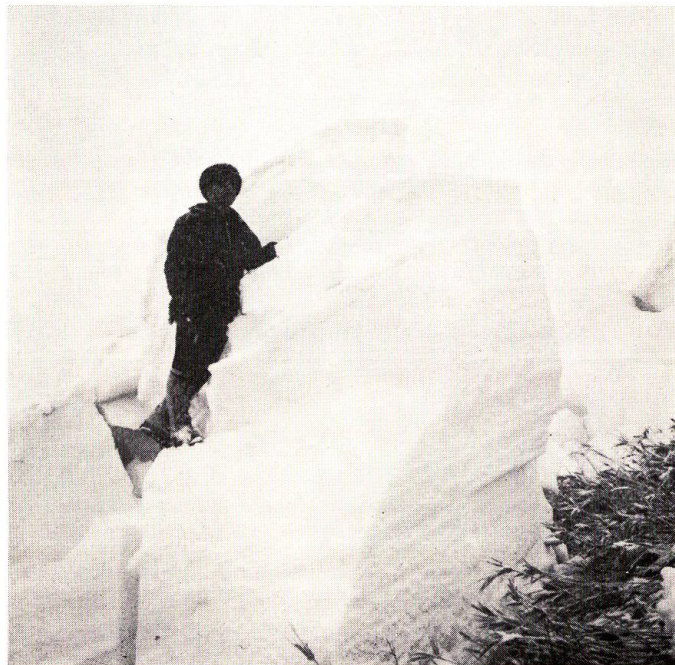


Fig. 24. Stufenförmige Schneemasse vom Fall F. Hiyama-Hügelgend. Aufnahme 7. März 1968

3) In dem Fall, wo im Schneeprofil viel Altschnee beobachtet wird (*A*, *B* und *E*), werden in der Ablagerungszone viele eckige Schneebrettchen gefunden. Dagegen werden im Fall, wo viel „geschmolzener und wiedergefrorener Schnee“ im Schneeprofil beobachtet wird (*C*, *D* und *F*), lockere und abgerundete Staukegel gefunden. Dieses Phänomen stimmt mit dem folgenden Hinweis von BUCHER, E. [5] vollkommen überein.

„Wir sind gewohnt, jeden Schneerutsch mit breitem Anbruch als Schneebrettlawinen zu bezeichnen, und sehen nun, daß die in der Natur relativ häufig auftretende Lockerschneelawine als Spezialfall der Schneebrettlawine gedeutet werden muß. Je höher die Gleitfläche über Boden liegt und je geringer die Verbandsfestigkeit des darüberliegenden Materials, um so mehr gleicht sich die allgemeine Bruchform von Schneebrettlawinen derjenigen von Lockerschneelawinen an.“

4) BUCHER, E. [5] und FLAIG, W. [13] zeigen einige Photos von Schneebrettern dieser Art, aber bei all diesen Bildern handelt es sich um die Schneemassen von Oberlawinen. Im Fall Hokkaidos handelt es sich größten Teils um Schnee von Bodenlawinen, obwohl manchmal auch Oberlawinen mit ihnen gleichzeitig anbrechen. Als Grund solcher Verschiedenheit des Lawinenanbruchs in Hokkaido mit demjenigen in den europäischen Alpen läßt sich folgendes denken: Erstens ist die Schneehöhe in Hokkaido ist geringer als diejenige in den europäischen Alpen und zweitens macht in Hokkaido der elastische Grasbambus auf dem Abhang die unterste Schichte der Schneemasse locker und übt folglich die auslösende Funktion aus. Der Verfasser konnte anlässlich Beobachtungen, die ihm zufällig geboten wurden, viele Beispiele solcher Schneemassen finden. So kann man daraus schließen, daß die Boden-Schneebrettlawine eine der repräsentativen Lawinenarten in Hokkaido ist.

#### 4.2 Lawinenanbruch und Topographie

Die Formen der in verschiedenen Gegenden Hokkaidos beobachteten Lawinen-

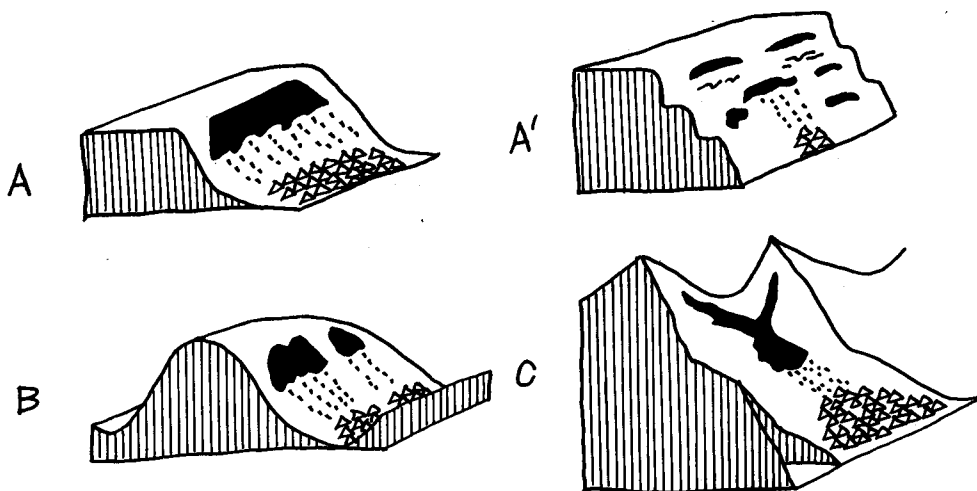


Fig. 25. Schema der Beziehung zwischen Lawinenform und Topographie in niedrigen Meereshöhen von Hokkaido;  
z. B. A = Fig. 30, A' = Fig. 26, B = Fig. 15, C = Fig. 17

anrisse stehen in engem Zusammenhang mit den Formen des Abhanges. Wenn in naher Zukunft die topographische Analyse der Lawinenstellen durch Luftbilder in großem Umfang betrieben wird, kann dieser Zusammenhang bis ins kleinste aufgeklärt werden. Aber auch unter heutigen Umständen wird eine grundsätzliche Abklärung dieser Beziehungen als notwendig für die Erstellung von Lawinenschutzmaßnahmen angesehen. So sind in Fig. 25 die typischen Fälle vorgeschlagen.



**Fig. 26.** Schneerutsch auf stufenartigem Abhang. Soeushinai Uryu. Aufnahme 11. April 1968



**Fig. 27.** Beziehung zwischen Baumbestand und Anrißlinie auf sanftem Abhang. Hiyama-Hügel. Aufnahme 7. März 1968

Jeder Fall ist mit entsprechenden Photos belegt. Immer handelt es sich um niedrigere Meereshöhen und verhältnismäßig sanfte Neigungen. Geologisch gesehen ist das heutige Gelände nach der Neogenzeit gebildet worden. In den meisten Fällen entspricht (A) der Küstentopographie, (B) der Flußufertopographie, (C) der Topographie aus Eruptivgestein und (A') derjenigen aus Serpentinegestein.

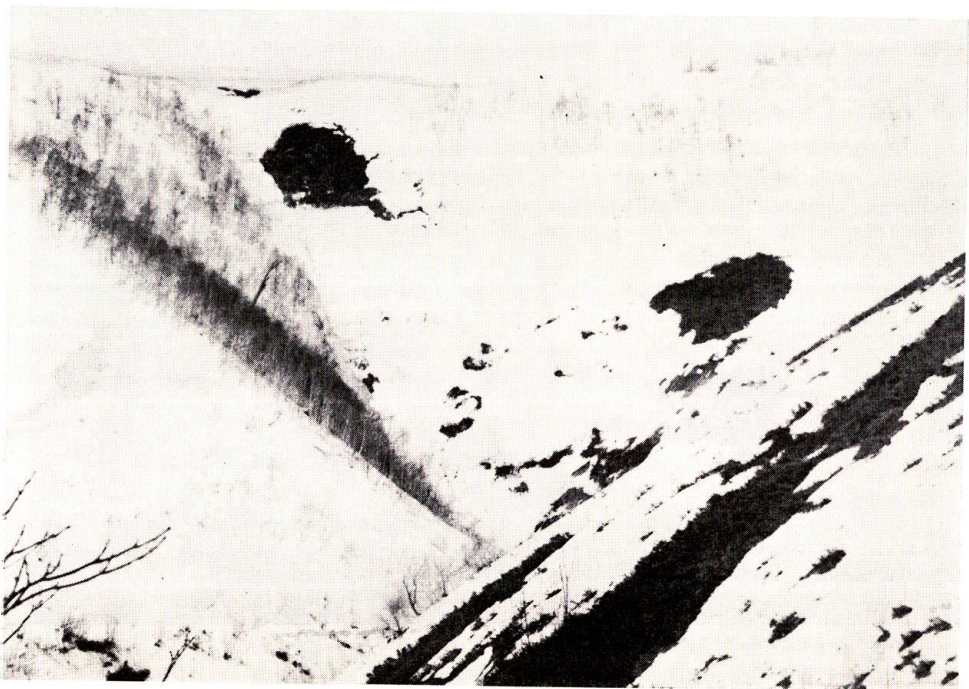
Die Lawinenanrißlinien laufen ferner, wie viele Photos zeigen, entlang Linien, die vereinzelte Bäume miteinander verbindet. Von lokaltopographischer Sicht aus gesehen, läuft die Anrißlinie wie in Fig. 25 gezeigt, bei mikrotopographischer Betrachtung hingegen, wird man die Verteilung der Bäume und die Bewegung der Schneedecke um die Bäume herum berücksichtigen müssen. Die Frage, ob ein Zusammenhang zwischen Schneewächte Anriß und den topographischen besteht, kann hier wegen des Mangels an genügendem Beobachtungsmaterial nicht erörtert werden. Man wird aber diesen Zusammenhang wenigstens in 4 Fälle klassifizieren können.

1) Die Schneewächte bricht nicht ab, bleibt an ihrer ursprünglichen Stelle. Die Lawine bricht am Abhang direkt unterhalb der Schneewächte an (Fig. 28).

2) Ein Teil der Schneewächte bricht ab und stürzt mit der Schneedecke auf dem Hang darunter als Lawine hinab (Fig. 29).

3) Die ganze Schneewächte fällt mit der Schneedecke als Lawine hinab (Fig. 30).

4) Nur die Wächte fällt hinab, und es bricht keine Lawine an (Fig. 31).



**Fig. 28.** Oben links; Zusammenhang zwischen Lawinenanriß und Schneewächte nach Fall 1) (vgl. 4. 2). Teshio-Hügel. Aufnahme 20. März 1967

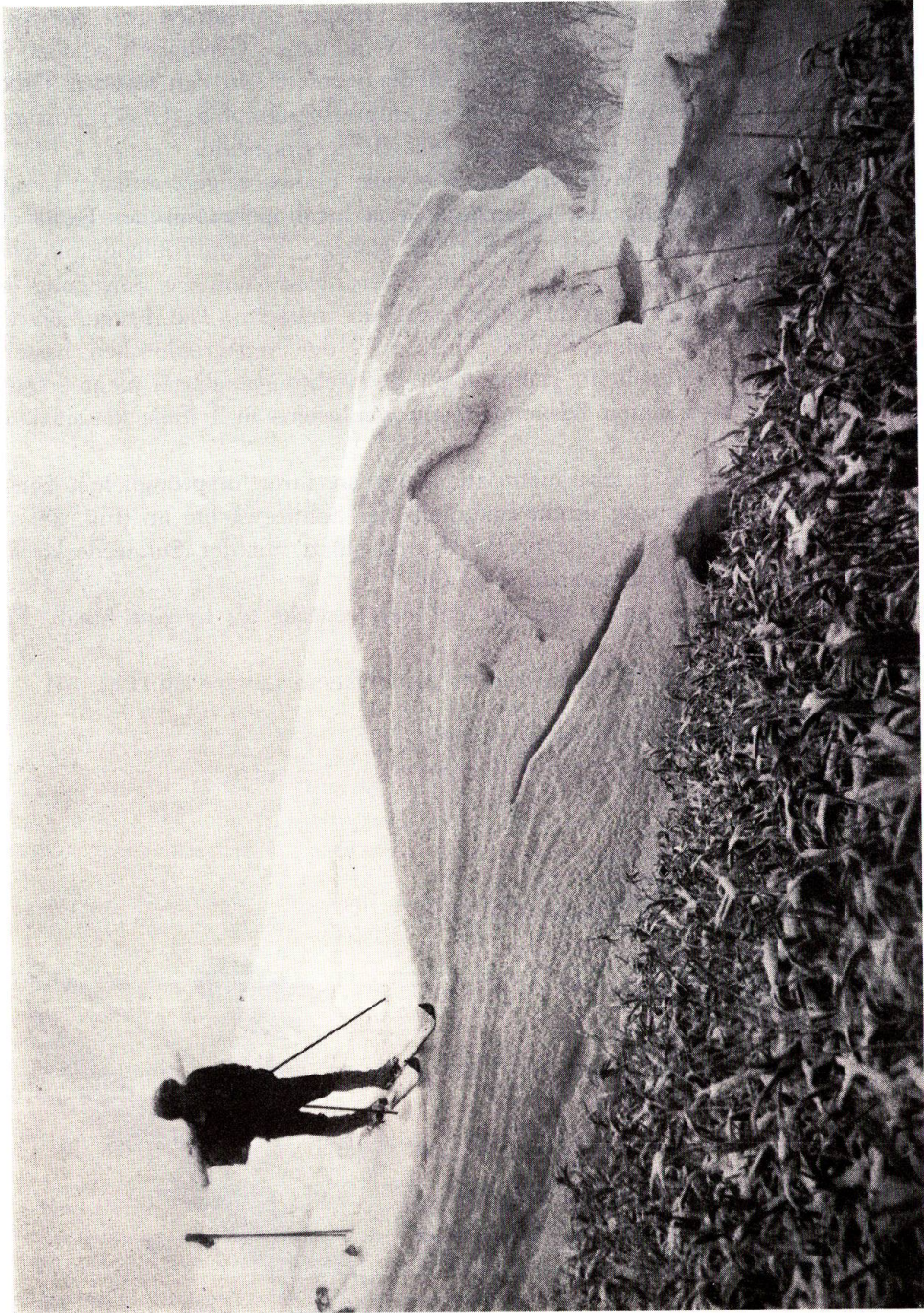
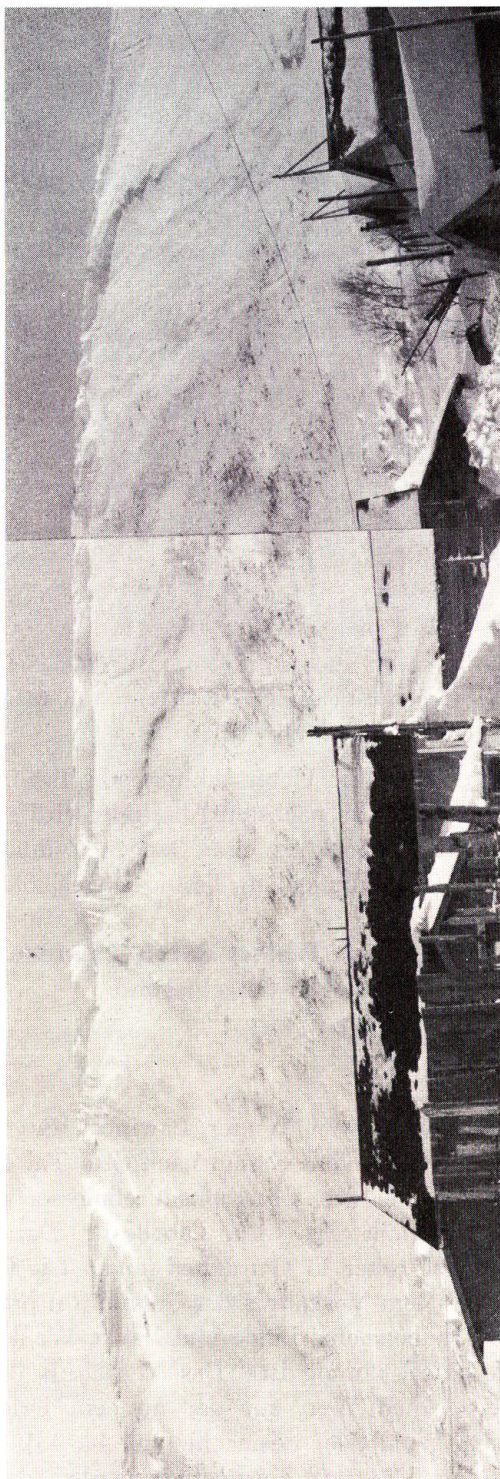


Fig. 29. Von Lawine gesplattete Schneewächte. Hiyama-Hügel. Aufnahme 7. März 1968



**Fig. 30.** Lawinenspur am Abhang der Küstenterrasse bei Soya-Kap.  
Abgang am 1. Feb. 1969. Aufnahme 3. Feb. 1969



**Fig. 31.** Schneewächte und abgestürzte Schneebrocken, Muine-Berg bei Sapporo. Aufnahme 30. Apr. 1966

Hiermit beendet der Verfasser die Untersuchung von Lawinen in niedrigeren Meereshöhen Hokkaidos vorläufig. Im nächsten Abschnitt wird er die Frage, welche zerstörende Wirkungen solche Lawinen in einer langen Zeitdauer auf den Wald ausüben, auf Grund seiner Beobachtungen im Teshio-Hügelgebiet behandeln.

## 5. Zerstörung des Waldes durch Lawinen in der Teshio-Hügelgegend

### 5.1 Vegetation an der Lawinenstelle

#### 5.1.1 Formen der Bäume

In der Teshio-Hügelgegend, wo im Winter Lawinen festgestellt wurden, hat man im August 1966 an drei Stellen vom Kamm nach dem Tal ein „*Belt Transect*“ angelegt und die Arten, die Höhe, den Brusthöhedurchmesser und die Form der über 1.7 m hohen Bäume untersucht (Fig. 13 u. Tabelle 7). Daraus ergab sich, daß man dort 14 Spezies der Bäume unter 11 Gattungen fand. Die Dominanzarten sind in Tabelle 8 angegeben. Aus dem Verhältnis der Stammzahl pro Zahl der Wurzelpunkte wurde es klar, daß Traubeneiche, Linde und Bakko-Weide buschartige Form haben, während Bergbirke einzelstämmig ist. Das Verhältnis der Baumhöhe zum Brusthöhedurchmesser weist einen Wert auf der nur ein Drittel bis die Hälfte desjenigen von lawinenfreiem Waldboden ausmacht [vgl. 44, 48]. Auch das Höhenwachstum ist auffallend gering. Es muß hinzugefügt werden, daß alle diese Baumarten in lawinenfreiem Wald einzelstämmige Form haben.

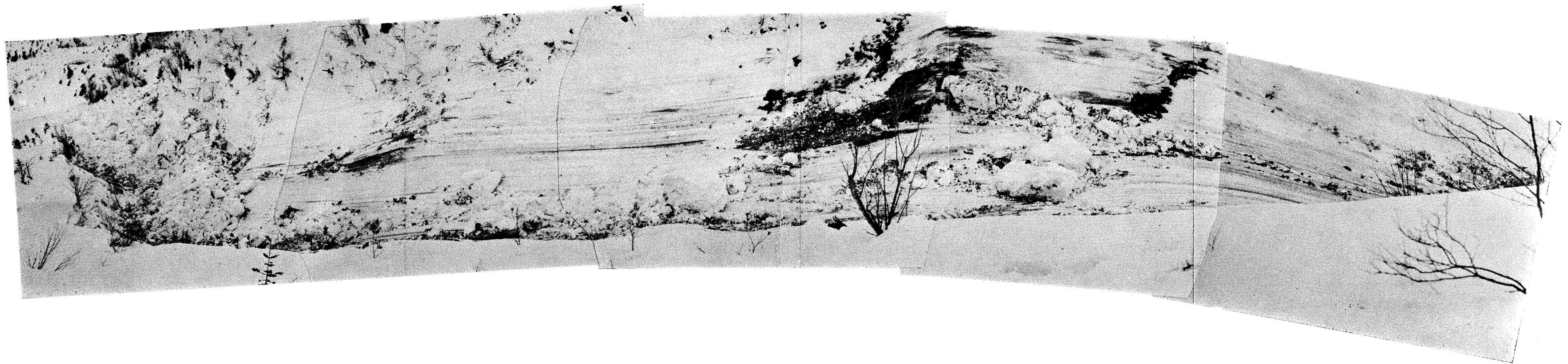


Fig. 32. Gletibahn einer feuchten Runsenlawine, Hiyama-Hügel. links: Ablagerungsfeld.  
Aufnahme: T. YOSHIDA (Hokkaido Univ.), 7. März 1968

**Tabelle 7.** „Belt Transect“ und Baumart; Teshio Hügel

Flächen-bezeichnung		A	B	C	Summe
Hänge	Richtung	S 20° E	S	S	
	Neigung	44°	36°	36°	
„Belt“	Breite (m)	10	10	10	
	Läng (m)	66	118	150	
Art und Anzahl	Bergbirke	2	64	4	70
	Traubeneiche	7	3	19	29
	Bakko-Weide	5	2	19	26
	Linde	15	1	1	17
	Hortensie		1	9	10
	Nippon-Ahorn	4	3		7
	Birke		3	4	7
	Korkbaum		2	4	6
	Kleinbirne			5	5
	Harigiri		1	3	4
	Eberesche	1	2		3
	Magnolie	1		2	3
	Nagaba-Weide			1	1
	Ookamenoki		1		1
	Summe		35	83	71

**Tabelle 8.** Dominanzarten und Wachstum, Teshio-Hügegend

Fläche	Art	Durchschnitt		Zahl	
		Höhe (m)	D.b.h. (cm)	Stamm	Basis
A	Linde	2	4	15	10
B	Bergbirke	3	3	64	62
	Traubeneiche	3	9	19	10
C	Bakko-Weide	3	5	19	11

\* D.b.h. = Brusthöhendurchmesser

Die Form der Baumstämme betreffend, kann man starke Niederbeugung nach der Talseite, Abschürfungsnarben an der Bergseite des Stammes, Abfall der Zweige an der Bergseite Zerspaltung des Stammgrundes und andere nicht bloß äußerliche Merkmale der Bäume an Lawinenstellen aufzählen.

An den Untersuchungsstellen kann man wegen der Kürze des Abhanges die Lawinenanbruchsstelle kaum von der Sturzbahn unterscheiden. Daher müßte man annehmen, daß neben der Lawine auch das extreme Schneegleiten an den obgenannten Transformationen des Baumes mit gewirkt hat. Durch die Untersuchungen im Winter und im Sommer wurde festgestellt, daß der Abfall der weißen Rinde der Bergbirke durch den bewegten Lawinenschnee hervorgerufen wurde.

Später wurde von unseren Mitarbeitern YAMAMURA, M. *et al.* [50, 75] die Untersuchungen der Bäume an Lawinenstellen in der Hiyama-Hügelgegend ausgeführt. Deren Ergebnisse könnte man folgendermaßen zusammenfassen.

1) Als man an Bäumen mit großem Brusthöhendurchmesser den Unterschied der Baumform bei verschiedenen Baumarten miteinander verglich, konnte man feststellen, daß Linde und Traubeneiche eine buschartige Form haben, während Nippon-Ahorn, Bergbirke und Buche auch bei dicken Bäumen einzelstämmig waren.

2) Wenn man sich dem unteren Teil des Abhanges nähert, bemerkt man eine immer stärkere und auffallendere Niederbeugung des Baumstammes nach der Talseite, und auch die Baumhöhe und der Durchmesser des Baumstammes werden immer kleiner.

3) In einer Höhe ca. 1 m über der Bodenoberfläche kann man viele Brüche und Zerspaltungen des Stammes bemerken.

4) Der Querschnitt des Stammes in ca. 1 m über der Bodenoberfläche einer durch die Lawine getroffenen Buche ist an der Bergseite ausgekratzt und zeigt eine herzförmige oder längliche Fläche.

5) An stark niedergebogenen Bäumen bemerkt man aufrechte Neutriebe.

Durch diese Untersuchungen, die in zwei Gebieten mit verschiedener Flora ausgeführt wurden, klärten sich die fundamentalen, morphologischen Merkmale der Bäume in Lawinenanbruchgebieten von Hokkaido auf. Übrigens ist die Flora im südlichen Teil Hokkaidos, in dem auch die Hiyama-Gegend eingeschlossen ist, verschieden von derjenigen in den übrigen Teilen Hokkaidos ([62], vgl. Fig. 2).

### 5. 1. 2 *Verdorrungsschäden des Grasbambusses*

Gemäß den Beobachtungen in der Teshio-Hügelgegend findet man bei Grasbambus (eine immergrüne Pflanze) der im Hochwinter wegen Bodenlawinen ungeschützt der strengen Kälte ausgesetzt war, nach der Ausaperungszeit (von März bis Mai) gelbliche Stellen. Solche lassen sich leicht unterscheiden von lawinenfreien Abhängen, wo der Grasbambus grün geblieben ist. Im August aber verliert sich die gelbliche Farbe und die Stellen mit Verdorrungsschäden werden wieder grün und fallen nicht mehr auf. Dies kommt wahrscheinlich daher, daß der verdorrte Grasbambus wieder Sprossen treibt und sich wiederherstellt. Zwar mag der Grasbambus auf Abhängen, wo jedes Jahr Lawinen anbrechen, im Sommer in seiner Farbe kaum von anderem Grasmbus unterscheidbar sein, aber irgendeine Spur des Wachstumshindernisses muß da geblieben sein. Um dies abzuklären führte man an einigen, in Fig. 13 angegebenen Stellen Untersuchungen am Grasbambus aus. Durch Messung des Grasbambusses, welcher in einer Fläche von je einem Quadratmeter an 1 bis 3 Untersuchungsstellen gemäß Tabelle 9 abgemäht wurde, bekam man folgende Ergebnisse. Das Grasbamus an der Lawinenstelle hat im Vergleich mit demselben auf dem lawinenfreien Boden einen kleineren durchschnittlichen Durchmesser und eine kleinere Höhe [vgl. 37, 71]; man findet im weitem viele verdorrte Stämmchen des Grasbambusses in den Untersuchungsstellen. Durch diese Untersuchungen wurden die eigentümlichen Merkmale des Grasbambusses an Lawinenstellen in Bezug auf sein Wachstum aufgeklärt.

Tabelle 9. Lawinen und Grasbambus

Stelle	Dichte Schaft/m <sup>2</sup>	Mittel		Dürre (%)	Bemerkung		
		Durchmesser an Basis (mm)	Schafthöhe (m)				
Lawinenhänge	A	30	9.6	1.5	27	Aug. 1966	
		52	12.0	1.8	19		
	B	40	10.1	2.1	50		
		42	9.6	1.5	27		
	C	66	7.8	1.2	24		
		59	8.9	1.5	25		
95		8.3	1.2	22			
Lawinfreie Hängen	B	56	7.6	—	42	Sept. 1968	
		53	9.3	2.3	25		
	B	29	14.6	—	7		Nordhang in Wald auf Kette
		18	12.3	2.1	0		
		58	12.3	3.0	26		
	D	18~35	15.3	3.0	0		Sanfter Abhang nach (37)

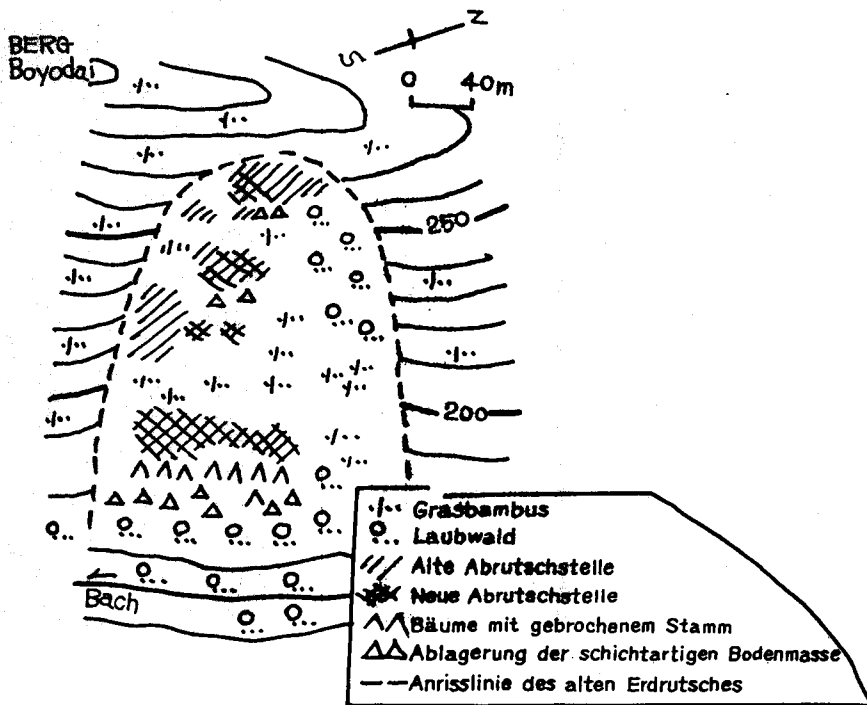


Fig. 33. Zerstörungszustand des Waldbodens durch die Lawine vom März 1966. Boyodai Teshio

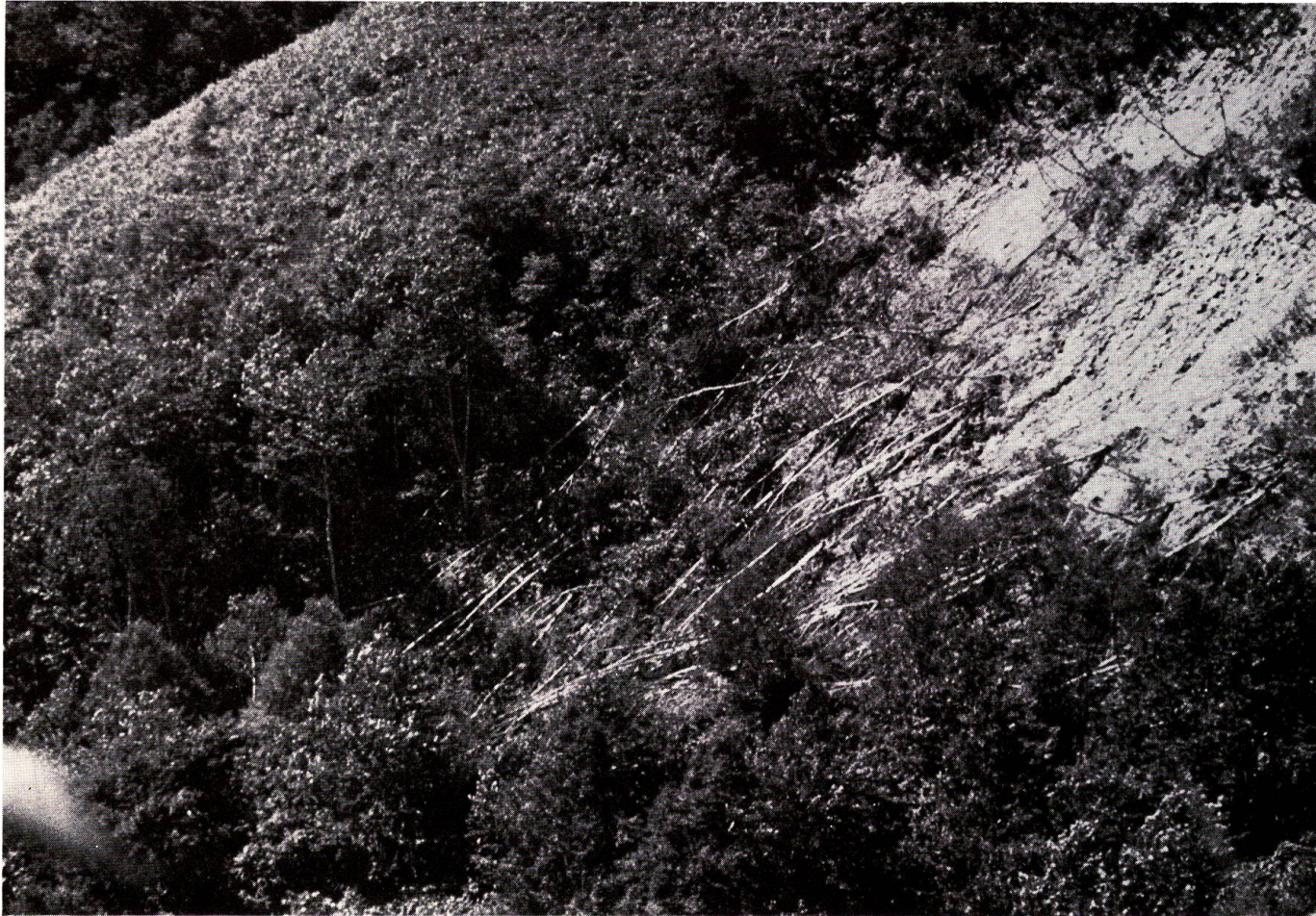


Fig. 34. Zerstörung des Waldbodens durch die Lawine Boyodai, Teshio-Hügel. Aufnahme 8. Aug. 1966

## 5.2 Zerstörung des Waldbodens durch Lawinen

### 5.2.1 Abrutsch des schichtigen Bodens

Im März 1966 löste sich eine Lawine welche einen Höhenunterschied von 50 m durchfloß eine Masse von ca. 10,000 t aufwies. Die Waldbodenzerstörung auf der Sturzbahn wurde im Oktober 1966 untersucht. Die Figuren 33 u. 34 zeigen die Untersuchungsergebnisse. Durch Vergleich mit der im Juni 1959 aufgenommenen Photo wurde der Zustand des durch diese Lawine verursachten Bodenabrutsches festgestellt. Im oberen Teil des Abhanges (Neigung 32 Grad) erweiterte sich die alte Abrutschstelle in kleinem Umfang nach unten und nach den Seiten. Etwa 40 cm dicker Verwitterungsboden aus Schieferton, der durch das Wurzelnetz des Grasbambusses und der Bäume fest gebunden war, löste sich vom Felsenbett darunter schichtartig ab. Den Abrutsch in dieser Form nennt man den schichtigen Abrutsch. Auf dem mittleren Abhang (Neigung 32 Grad) entstand, durch diesen Abrutsch hervorgerufen, ein neuer Abrutsch von ca. 0.2 ha Größe und 800 m<sup>3</sup> Masse und verschob sich dann bis zum etwa 40 m darunter liegenden Abhang (Neigung 21 Grad). Diese schichtartige Masse enthält einige Bergbirken mit stark gebogenem Stammunterteil und dichtbewachsenen Grasbambus. In der Rutschbahn, wo sich die schichtartige Masse des Bodens hinabschob, wuchs früher ein Bergbirkenwald (Brusthöhendurchmesser: 10~15 cm, Baumhöhe: 10 m, Alter: 30 Jahre). Dieser Wald war durch die Lawine und die Verschiebung der schichtartigen Bodenmasse vollständig zerstört.

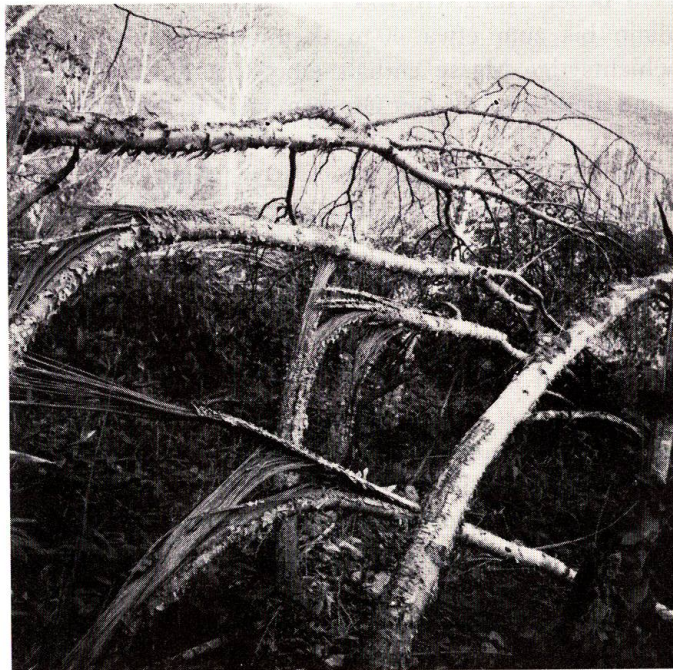
Die Größe solches durch die Lawine verursachten Abrutsches der schichtartigen Bodenmasse hängt, nach Beobachtung von ENDO, T. *et al.* [10] in der Teshio-Hügelgegend, von der Tiefe und Größe des ausgerissenen Wurzelsystems ab, und die abgerutschte Stelle hat meistens die Fläche von 0.5 bis 10 m<sup>2</sup> und die Tiefe von ca. 40 cm. MATSUI, K. *et al.* [40] bezeichnen die Verbreiterung der Abrutschstelle nach beiden Seiten als das eigentümliche Merkmal der Erosion in dieser Hügelgegend. SAEKI, M. [49] teilt die Schneerosionen in Schichterosion, Abflußerosion und Locherosion ein. Der oben erwähnte Abrutsch im oberen Teil des Abhanges wird vermutlich eine Art der Locherosion sein. Aber bis dahin war in Hokkaido ein durch eine Lawine verursachter, verhältnismäßig großer, schichtartiger Abrutsch des Bodens, wie er hier auf dem mittleren Abhang geschah, noch nie vermerkt worden. In Hinblick auf den übermäßigen, vom Lawinenniedergang herleitenden Bodenabrutsch müßte man eine andere Formel der Klassifikation vorschlagen.

### 5.2.2 Zerstörung der Waldbestände

Fast alle lawinenbeschädigte Bäume konzentrieren sich in der Verschiebungszone der oben in 5.2.1 erwähnten schichtigen Masse. Das Ergebnis der Bestandsaufnahme der beschädigten Bäume nach der Klassifikation von SHIDEI, T. [52] wird in Tabelle 10 gezeigt. Wenn man auch die unter der schichtigen Masse begrabenen, unsichtbaren, umgestürzten Bäume mitrechnet, gibt es an den betreffenden Stellen vermutlich etwa 200 beschädigte Bäume. Unter ihnen dominieren die Bäume mit Unterstammbruch (Stammbruch in einer Höhe unterhalb 2m über der Erdoberfläche), aber auch einige Bergbirken wurden gefunden, deren Leittrieb abgeschnitten war,

**Tabelle 10.** Beschädigungsform des Baums,  
Lawine März 1966, Boyodai Teshio

Beschädigungsform	Brust-Durchmesser (cm)								Summe		%
	6~10		11~15		16~20		21≤			Birke	
		Birke		Birke		Birke		Birke			
Entwurzelung	8	3	18	17	4	3	1	1	31	24	20
Unterstammbruch	22	11	60	58	14	14	—	—	96	83	61
Stammbruch	3	0	2	2	—	—	—	—	5	2	3
Stammscherbruch	1	3	3	2	—	—	—	—	4	2	3
Stammriß	4	3	13	11	4	4	—	—	21	18	13
Summe	38	17	96	90	22	21	1	0	157	129	—
%	24	—	61	—	14	—	1	—	—	—	100



**Fig. 35.** Durch Lawine zerstörter Birkenwald an Boyodai,  
Teshio-Hügel. Aufnahme 27. Okt. 1966

oder die ein Abschälen der Rinde am Leittrieb erlitten haben. Die Form des Stammbruchs war meistens ein einfacher Bruch durch übermäßiges Biegen. Auch befanden sich einige Stämme mit Ringrissen darunter. Auf den gefallen Stämme und dem Grasbambus in ihrem Umkreis lagen gleichmäßig etwa 3 cm Sand und Erde.

Aus obigen Betrachtungen kann man auf die folgenden Phasen des Lawinen-niederganges schließen. In der Ausaperungszeit, wo der Schnee viel Wasser enthält und leicht abgleitet, löst sich eine Bodenlawine gleitet den Abhang hinab, indem sie aus dessen oberen Teil etwas von der Erdoberfläche abschabt. Am mittleren

Abhang reißt sie weitere große, schichtige Erdmassen mit sich und stürzt in den Bergbirkenwald mit einer Fließhöhe von 1~2 m hinein und häuft sich auf. Dabei begleitet diese Bodenlawine ein kleiner, aber zerstörender Luftdruck.

### 5. 2. 3 *Wachstum der Waldbestände nach der Lawine*

Im allgemeinen haben die umgestürzten oder schräg geneigten Bäume die Eigenschaft, im weiteren Wachstum die Stämme oder Zweige wiederum in die Senkrechte zu bringen, oder neue Zweige in senkrechter Richtung aufzutreiben. Diese letzten nennt man die aufrechten Triebe. Ende Oktober 1966 zogen diese Triebe an einigen Korkbäume unsere Aufmerksamkeit auf sich. Die Triebe keimten aus den querliegenden Stämmen mit je ca. 20 cm Abstand auf und erreichten bereits ca. 80 cm Höhe. Später im November 1969 hatten wir noch einmal die Gelegenheit, sie zu beobachten. Da stellten wir fest, daß die meisten gefallenen Stämmen verwest waren, und nur einige gefallenen Bergbirken das Wachstum ihres Neutriebes fortgesetzt hatten. Dabei waren die meisten schräg geneigten Bäume nur geringfügig gewachsen, indem sie die Neutriebe weiter streckten.

Aus solchen Beobachtungen kann man bis zum gewissen Grade die Zerstörungerscheinung der Bestände und des Waldbodens im Lawinengebiet ermessen und auf Grund dieser Kenntnisse schließen, daß die Waldbestände umgekehrt Informationen über die Lawinen geben. Im nächsten Abschnitt wird diese Informationen in drei Arten, nämlich in räumliche, zeitliche und mechanische Daten aufgeteilt, zusammenfassend behandelt.



**Fig. 36.** Von der Lawine im März 1966 umgekippter Stamm und nechwachsende aufrechte Neutriebe des Korkbaums. Boyodai, Teshio-Hügel. Aufnahme 17. Nov. 1969

## 6. Von Waldbeständen gewonnene Informationen über Lawinen

### 6.1 Räumliche Informationen

#### 6.1.1 *Latschen-Nadel und die Höhe der Lawinenanbruchzone*

Im allgemeinen kann man durch Untersuchung der Zerstörung und der Vegetation die Größe und die Lage der Lawinen abschätzen [59]. Die Vegetation im niedrigeren Höhengebiet Hokkaidos besteht aus Holzgewächsen und Grasbambus (vgl. 5.1.2). Wenn man im voraus die Verbreitung der Vegetation genau kennt, kann man durch Untersuchung der von der Lawine mitgeführten Holzstücke und Nadeln über die Höhe der Lawinenanbruchzone und die Lage des Lawinenzugs Anhaltspunkte gewinnen.

Die untere Grenzhöhe der Latschenkiefer in Hokkaido ist von TAKAHASHI, K. [58] und die Beziehung zwischen der Höhe und der Wachstumsperiode von TAKAHASHI, T. [60] geklärt worden. OGASAHARA, K. [45] hat in Tateyama-Gebirge beobachtet, daß die Schneehöhe immer kleiner wird, je weiter man von steinigten Feldern (1) zur Gras-Zone (2), in die Strauch-Zone (3) und schließlich in die Latschen-Zone (4) hinabsteigt. Diese Verminderung der Schneehöhe mit dem Übergang von (1) zu (3) konnte auch bei tiefen Schluchten beobachtet werden. Daraus ergibt sich, daß man durch die von der Lawine mitgeführten Latschenkiefernadeln die Höhe der Lawinenanbruchzone erschließen kann. Zu gleicher Zeit wird man durch wiederholte, weitere Beobachtungen dazu kommen können, sogar die Schneehöhe am Lawinenanbruch aus den Latschenkiefernadeln in der Ablagerung, zu bestimmen.

Die Beziehung, über die OGASAHARA berichtet hat, besteht nach den Beobachtungen des Verfassers auch im Bereich des Schluchtbodens, wo der Wachstums-termin der Vegetation durch jährlich erneut dick sich aufhäufende Ablagerungen beschränkt wird. Es muß hinzugefügt werden, daß bei den Beobachtungen des Verfassers wegen der geringen Meereshöhe der Untersuchungsstellen die Latschenkiefer in den Hintergrund tritt und dafür hohe Bäume häufig erkannt werden.

Die Zusammensetzung des unterm Latschenkiefergürtel liegenden Nadel-Laub-Mischwaldes ist sehr kompliziert. Man wird nur durch Untersuchung der Menge und Art der in der Ablagerung enthaltenen Holzstücke und Nadeln keine zuverlässigen Daten über die Lage des Lawinenzugs gewinnen können. Darum ist es unentbehrlich, auch dem Durchmesser, der Länge der von der Lawine mitgeführten Stämmen und dem gebogenen Unterstammgrund Aufmerksamkeit zu schenken.

#### 6.1.2 *Bielsamkeit der Bäume und Dominanzbaumart*

Nach den Berichten von SHIDEI, T. [53] und TAKAHASHI, K. [57] dominieren an schneereichen Hängen und auf Lawinenhängen Baumarten mit einem geringen Widerstand gegen den Schneedruck. Ferner haben ISHIKAWA, M. *et al.* [29] durch Experimente festgestellt, daß die Baumarten mit großer Bielsamkeit (z.B. Sichelanne) gegen Schneeschäden widerstandsfähig sind. Aber alle diese Berichte behandeln die in Hokkaido häufigsten Baumarten nicht.

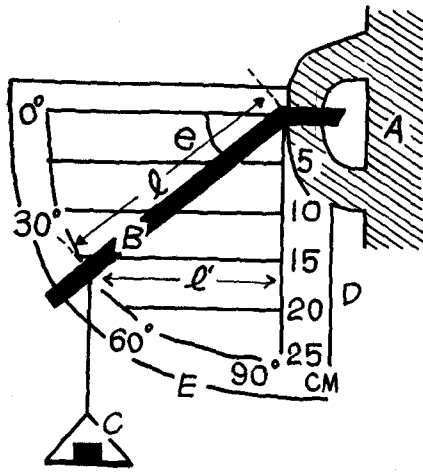


Fig. 37. Versuchsvorrichtung

A: Befestigung B: Zweig C: Last  
D: Maß E: Winkelmesser

Tabelle 11. Zweige für Versuch

Sammlungsort	Art	Zahl des Zweiges
Sapporo-Zyozankei	Asada	19
	Bakko-Weide	16
	Eberesche	9
	Kleinbirne	22
	Linde	9
	Nippon-Ahorn	7
	Shiuri-Kirsche	8
	Traubeneiche	29
	Tokachi-Berg	Bergbirke

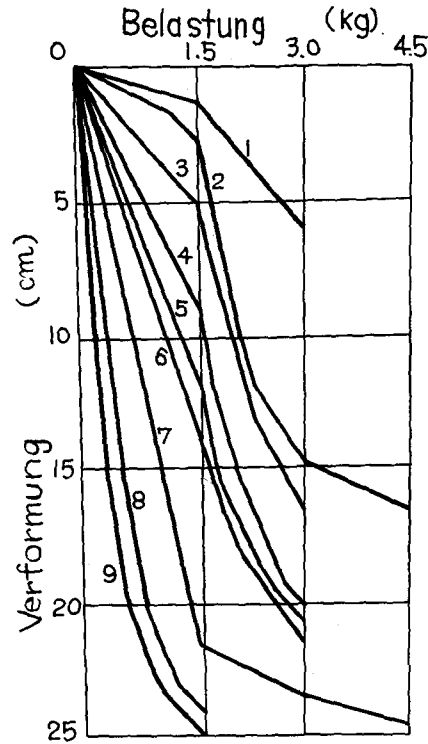


Fig. 38. Belastung und Verformung von Zweigen. Durchmesser 1 cm.

- 1. Kleinbirne      2. Asada
- 3. Kirsche        4. Bergbirke
- 5. Traubeneiche   6. Eberesche
- 7. Nippon-Ahorn   8. Linde
- 9. Bakko-Weide

Tabelle 12. Verteilung der Bäume an Lawinenstellen, aus [71] u. [75]

Teshio (14 Spezies, 189 Bäume/3150 m <sup>2</sup> )			Hiyama (11 Spezies, 59 Bäume/180 m <sup>2</sup> )		
Baumart	Zahl der Bäume (%)	Biogsamkeit*	Baumart	Zahl der Bäume (%)	Biogsamkeit*
Bergbirke	37.0	2	Nippon-Ahorn	39.0	1
Traubeneiche	15.3	2	Buche	25.4	—
Bakko-Weide	13.8	1	Traubeneiche	6.7	2
Linde	9.0	1	Berg-Ahorn	5.1	1
Hortensie	5.3	—	Diervillea	5.1	—
Nippon-Ahorn	3.7	1	Magnolie	5.1	—
Birke	3.7	2			
Korkbaum	3.2	—			
Kleinbirne	2.6	3			
Harigiri	2.1	—			
Eberesche	1.6	—			

\* drei Hauptgruppe nach Biogsamkeit 1. leicht 2. mittel 3. schwer

So haben der Verfasser und sein Mitarbeiter ONODERA, H. einige einfache Experimente über die Biagsamkeit der in Tabelle 11 angegebenen Laubbäume Hokkaidos unternommen. Mit der in Fig. 37 abgebildeten Vorrichtung wurde die Beziehung zwischen der Belastung und der Verformung an den Zweigen mit 1 bis 1.5 cm Durchmesser untersucht und bei den Zweigen mit 1 cm Durchmesser wurden die in Fig. 38 gezeigten Ergebnisse gewonnen. Durch dieses Experiment konnte man drei Gruppen nach ihrer Biagsamkeit unterscheiden: 1) leicht (Bakko-Weide, Linde u. Nippon-Ahorn), 2) mittel (Eberesche, Traubeneiche u. Bergbirke) und 3) schwer (Shiuri-Kirsche, Asada u. Kleinbirne).

Die Dominanzbaumarten an Lawinenstellen in der Teshio-Hügelgegend (vgl. 5.1.1) und Hiyama-Hügelgegend sind in Tabelle 12 gezeigt. Daraus wird man erkennen können, daß die „schwer“ zu biegenden Baumarten an Stellen mit häufigen Lawinen schwer wachsen. Im Gegenteil zeigt die in 5.1.1 erwähnte Beobachtung und die Ergebnisse des obigen Experiments, daß das Vorhandensein der „leichten“ oder „mittelen“ Baumarten und der zu Boden gelegten Bäume mit ziemlicher Gewißheit Stellen mit häufigen Lawinen markiert. Zugleich läßt sich die Verteilung dieser Arten auf steilen Hängen bis zu einem gewissen Grade auch mit den in 6.2 behandelten Daten über die Lawinhäufigkeit verbinden.

## 6.2 Zeitliche Informationen

### 6.2.1 Jahresring und der aufrechte Trieb

Man pflegte bisher auf Grund der Gesamtzahl der Jahresringe der entwurzelten oder am Stamm gebrochenen Bäume auf die Lawinhäufigkeit in der Waldzone zu schließen [46, 55]. Aber der junge Baumbestand wird vom Schnee völlig zugedeckt oder wegen seiner Biagsamkeit durch die Lawine überfahren ohne zu brechen. Folglich wird die so berechnete Lawinhäufigkeit ein wenig zu klein sein. Die Methode, durch die Gesamtzahl der Jahresringe des gleichaltrigen Waldes das Jahr der Entstehung der entblößten Stellen in der Vergangenheit zu ermitteln, ist bisher im Forschungsgebiet der Erosion versucht worden. Wenn eine verhältnismäßig ebene entblößte Stelle in einem Wald neugebildet wird, dann wird binnen 1 bis 5 Jahren die Invasion der Holzgewächse darin erfolgen [3, 17, 18]. Die so berechnete Lawinhäufigkeit kann in diesem Fall ein wenig zu groß sein.

Die Methode, durch Untersuchung der Verzweigung und der Jahresringe des Neutriebes und der Jahresringe an der Knickstelle des Stammes die Zeit des Erdbebens und der Auslösung des Bodensturzes in der Vergangenheit zu erschließen, ist neuerdings von ENDO, T. *et al.* [12] und HIGASHI, S. [21] weiter entwickelt worden. Auf diese Erscheinung haben schon früh z. B. HEIM, A. [20] und LÜDI, W. [38] hingewiesen.

Das exzentrische Dickenwachstum der Bäume hat im allgemeinen folgende Beschaffenheit.

1. Wenn der Stamm schräg geneigt ist, wird durch exzentrisches Wachstum der Jahresringe wiederum die lotrechte Richtung erreicht. Bei den Zweigen wird wiederum der für die betreffende Baumart charakteristische Winkel gebildet.

2. Die exzentrische Dickenwachstumsrichtung ist bei den Nadelbäume durch

die Verlegung des Mittelpunkts des Jahresrings zur Bergseite und bei den Laubbäumen zur Talseite angedeutet.

Auch wenn der Trieb nicht gleich nach der Lawine aufkeimt, beginnt der geneigte Baumstamm gleich nach der Lawine das exzentrische Wachstum. So kann man durch die Zahl der Jahresringe des Triebes und den Beginn des exzentrischen Wachstums des schrägen Stammes die Zeit der Lawinenauslösung genau feststellen. Während der Erdbeben sich zu jeder Jahreszeit ereignen kann, löst sich die Lawine nur in der Übergangszeit vom Herbstholz zum Frühlingsholz aus. So sind Fehler beim Ablesen der Jahresringe kaum denkbar. Als Beispiel werden die Jahresringe im Querschnitt der Bergbirke in Fig. 39 gezeigt, der im März 1966 durch eine Lawine gestürzt wurde (vgl. 6.2.3). In diesem Falle stimmt die Zeit des Beginns des exzentrischen Wachstums des Stammes mit der des Aufkeimens des Neutriebes vollkommen überein und weisen auf 1966 hin.

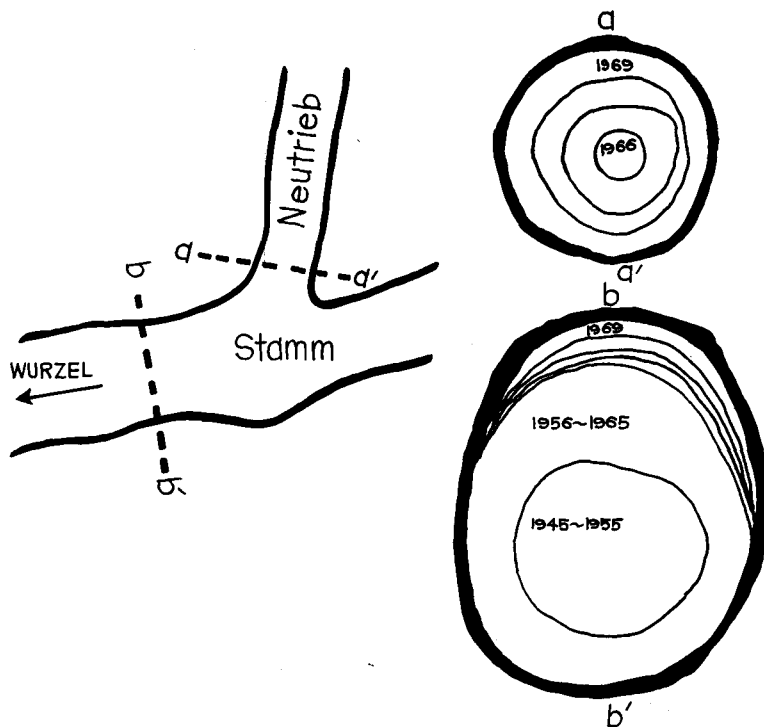


Fig. 39. Jahresringe der durch eine Lawine 1966 umgestürzten Birke. Teshio am 17. Nov. 1969

### 6.2.2 Exzentrische Wachstumsrichtung und frühere Lawinen

Das exzentrische Wachstum zeigt die Richtung der Stammneigung in der Vergangenheit. So zeigt der Richtungswechsel des exzentrischen Wachstums in demselben Querschnitt, daß am Stammteil wiederholt die Stammbiegung in eine andere Richtung durch irgendeine Ursache stattfand.

Die exzentrische Wachstumsrichtung sei hier als die Richtung der längsten Achse vom Mark zur Rinde im Querschnitt verstanden. Dieses Wachstum vollzieht

sich wie schon erwähnt beim Nadelbaum zur Talseite hin und beim Laubbaum zur Bergseite. Beim Nadelbaum kann man den exzentrisch gewachsenen Teil als Druckholz —sog. *compression wood*— durch dessen stark dunkelbraune Farbe vom normalen Teil leicht unterscheiden. Folglich läßt sich auch der komplizierte Wechsel der exzentrischen Wachstumsrichtung durch die Formen der Jahresringe und den Farbton des Druckholzes mit dem bloßen Auge leicht erkennen [vgl. 54]. Beim Laubbaum dagegen ist die Unterscheidung des exzentrisch gewachsenen Teils —sog. *tension wood*— vom ordentlichen Teil durch den Farbton schwer zu erkennen. Nur aus den Formen der Jahresringe kann man die exzentrische Wachstumsrichtung beurteilen.

Hierbei verdient der in einem großen Winkel gebeugte Stammteil und der Teil mit abgeschabtem Xylem besondere Beachtung. Der Baum entwickelt ein Gewebe „Kallus“, das den beschädigten Teil von oben d. h. vom Wipfel her umwickelt [51]. Im Querschnitt eines solchen Teils findet man keine exzentrische Wachstumsrichtung nach oben oder unten. In solchen Fällen dominiert das exzentrische Wachstum zur Seite. Der von YAMAMURA, M. *et al.* [75] beschriebene herzförmige Querschnitt der Buche und das von ISHIKAWA, M. *et al.* [28] beobachtete exzentrische Seitenwachstum der Sichelanne können mit der Kalluserscheinung erklärt werden.

Durch obige Überlegungen wurde folgende Möglichkeit bestätigt: durch Untersuchung des exzentrischen Wachstums der Jahresringe im Querschnitt kann man die Zeitpunkte der durch Lawinen verursachten Stammneigungen und Beschädigungen, die Lage und Größe des beschädigten Teils ermitteln.

### 6.3 Informationen über die Dynamik

#### 6.3.1 Wald und Lawinenenergie

Seit langem ist es bekannt, daß die Lawinenhäufigkeit mit dem Übergang der Vegetationsklasse vom Gras, Strauch zum Hochwald kleiner wird [45, 46]. BOJO, C. [4] hat diese Erscheinung auf Grund des Zusammenhanges zwischen den Vegetationsklassen und dem kinetischen Reibungskoeffizienten zu systematisieren versucht. Man hat nun begonnen, außerdem noch genauer die Form, die Dichte der Bestände, den Unterschied des Nadel- oder Laubbaumes usw. als negative Elemente gegen die Lawinenenergie, d. h. als lawinenhemmende Elemente zu berücksichtigen. Jedoch übt der Wald im Gegenteil auch eine die Lawinenenergie erhöhende, d. h. das menschliche Leben zerstörende Wirkung aus. Je nach der Anordnung des Waldes kann sich ein Lawinenzug plötzlich in einen zerstörenden Strom verwandeln. Ferner wird es auch solche Fälle geben, in denen, wie DE QUERVAIN [8] schreibt, die Fallhöhe des Schwerpunktes beim Talwärtskippen jedes Baumes zur Lawinenenergie einen positiven Beitrag leistet. Man müßte außerdem auch die Rammefekte der von der Lawine mitgeführten Stämme beachten [vgl. 8, 15].

Die Forschungen über die den Lawinenanbruch hemmende Rolle des Waldes haben beachtliche Fortschritte gemacht [27]. Aber das Problem der positiven oder negativen Effekte des Waldes in der Lawindynamik ist bis heute aus praktischer Sicht wenig behandelt worden. Es ist denkbar, daß in der Zukunft solche Effekte des Waldes durch Benutzung von Luftbildern und durch Experimente mit künstlich

aufgelösten Lawinen aufgeklärt werden, und daß der Wald als eine gute Informationsquelle in der Lawinendynamik angesehen wird.

### 6.3.2 Beschädigung der einzelnen Bäume und Lawinentypen

Wenn eine Vielzahl dynamischer Daten von Einzelbäumen bekannt wäre, würde man durch Analyse der von der Lawine zerstörten Bäume gleichsam wie mit Meßgeräten Auskünfte über lawinendynamische Größe gewinnen können. So versuchen BÜTLER, M. [6] und KASHIYAMA, T. [34] auf Grund der Bruchfestigkeit von Holz und Einzelbaum die Lawinengeschwindigkeit auszurechnen. Aber anders als beim einheitlich getrockneten Holz weisen die Zahlwerte der Bruchfestigkeit von Einzelbäumen große Schwankungen auf.

Das rührt daher, daß nicht nur die eigentlichen Baumarten und -formen, sondern auch der Wassergehalt, die innere Fehlerhaftigkeit wie Fäulnis, die Festigkeit des Bodens usw. eine Rolle spielen. Folglich werden dynamische Auskünfte dieser Art nur dann zuverlässig, wenn sie durch die Beobachtungen vieler Bäume im Freien und durch Experimente bestätigt werden können.

Jedoch lassen sich die qualitativen Daten über Lawinen gewissermaßen durch die Höhe und Form der Bruchstellen von Einzelbäume abschätzen. Die Höhe der Bruchstellen zeigt sich in folgenden Formen: 1) Entwurzelung, 2) Unterstammbruch, 3) Stammbruch, 4) Kronenbruch. Aus diesen Formen kann man Auskünfte über 1) die Schneehöhe vor dem Lawinenanbruch, 2) die Fließhöhe der Lawine, und 3) die Typen der Lawinen (Boden- od. Oberlawinen) usw. bekommen. Die Formen an der Bruchstelle kann man als Scherbruch oder Biegebruch usw. klassieren. Daraus kann man schließen, ob es eine Staub- oder eine Fließlawine war.

In diesem Abschnitt wurden die Daten, die man aus Waldbeständen gewinnen kann, vom räumlichen, zeitlichen und dynamischen Aspekt her theoretisch geordnet. Im nächsten Abschnitt wird die praktische Anwendung solcher Daten bei Lawinenuntersuchungen behandelt.

## 7. Lawinenuntersuchung und Zeigerbaum im hohen Waldgebiet

### 7.1 Tabelle für die Lawinenuntersuchung in der lawinenfreien Zeit

Tabelle 13 soll zur Lawinenuntersuchung in der lawinenfreien Zeit (späte Ausaperungszeit und schneefreie Zeit) dienen. Gegenstand der Untersuchung sind Schneereste und Waldbestände. Im folgenden wird das Ergebnis der Anwendung dieser Tabelle bei der Untersuchung der Lawinen am Satsunai-Fluß und Yotei-Vulkan behandelt.

### 7.2 Lawinenuntersuchung am oberen Lauf des Satsunai-Flusses

#### 7.2.1 Verteilung der Lawinen

Der obere Lauf des Satsunai-Flusses ist als Gebiet mit vielen Lawinenopfern bekannt (Tabelle 14). Die Untersuchung wurde vom 21. bis 23. Mai 1969 und 17. bis 20. Oktober desselben Jahres vorgenommen. Die Verteilung der Schneereste

Tabelle 13. Lawinenuntersuchung in lawinenfreier Zeit

		Gegenstand od. Beobachtung	Information über die Lawine
Untersuchung im Waldgebiet	Ablagerungszone	Verbreitung, Verteilung Schneeprofil Felsenstücke, Erdmasse, Bodenbretter Holzstücke { <ul style="list-style-type: none"> <li>Art, Nadeln</li> <li>Durchmesser, Bruchform</li> <li>Jahresring</li> </ul>	Lawinenspur, Größe, Richtung, Lawinentyp Detto, Anbruchszeit, Schneeart Bodenlawine, Mischlawine, Lage der Sturzbahn Lage der Sturzbahn od. der Anbruchszone Zerstörungskraft Häufigkeit
	Waldbestand	Stamm-Bruch { <ul style="list-style-type: none"> <li>Höhe der Bruchsstelle</li> <li>Richtung der Stamm-Neige</li> <li>Bruchform</li> </ul> Entwurzelung { <ul style="list-style-type: none"> <li>Art, Durchmesser</li> <li>Jahresring, Kallus</li> <li>Exzentrisches Dickenwachstum</li> </ul> Stamm-Neigung } aufrechten Neutriebe, ungewöhnliche Baumform Jahresring Kallus exzentrisches Dickewachstum } entrindete od. beschädigte Leittrieb talseits gebogene Unterstamm } leicht zu biegender Art	Schneehöhe, Fließhöhe der Lawine, Lawinentyp Richtung Lawinentyp, Kräfte, Geschwindigkeit Zerstörungskraft Häufigkeit vergangener Lawinenwinter Richtueg  Detto  Staublawine  Lawinestelle, Stelle mit starkem Schneegleiten
	Sturzbahn Anbruchszone	gelber Grasbambus Verteilung der Vegetation in Alpinen- u. Schluchtboden Bodenerosion, Erdrutsch, Mure	Anbruchszone od. Stürzbahn der Bodenlawine Schneehöhe, Schneeablagerungshöhe Bodenlawine
	Ver-schiedenes	Literatur Mitteilung Massenkommunikationsmittel } betr. Lawine u. Wetterbericht } Beschädigung Karte Luftbildkarte	Lawinenkataster Lawinenchronik ortansässige Leute meteorologische Bedingungen Lawinenspuren Topographie Waldbestand

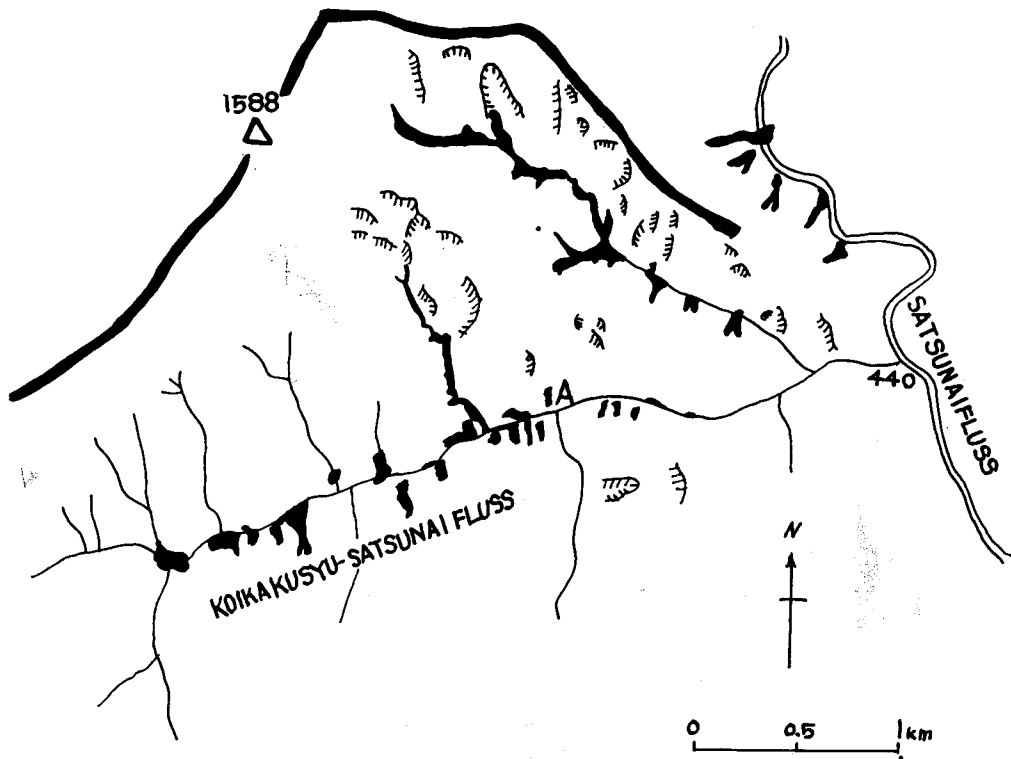


Fig. 40. Der Oberlauf des Satsunai-Flusses.  
Schwarz: Schneereste auf dem Talboden (Mai 1969)

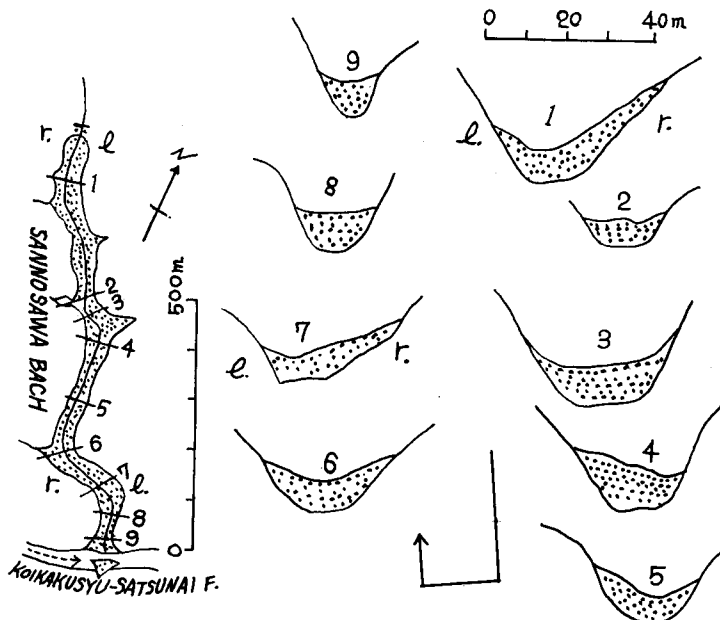
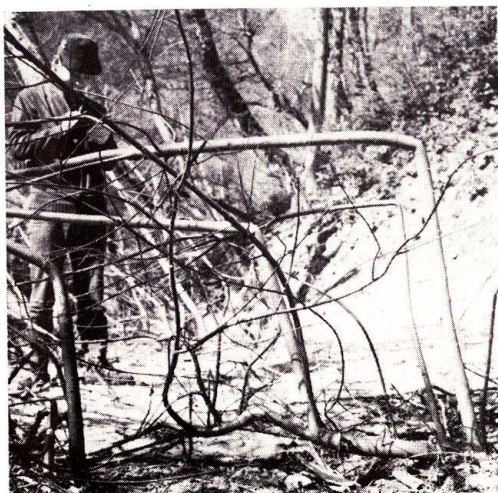


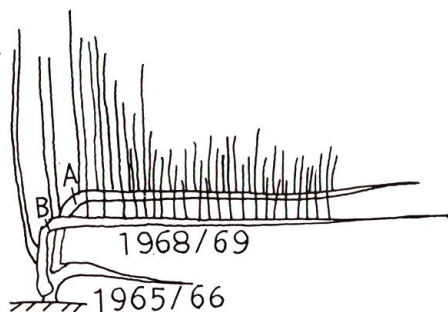
Fig. 41. Lawinenschneeablagerung auf dem Sannosawa-Bach

**Tabelle 14.** Lawinenkatastrophe am Oberlauf des Satsunai-Flusses

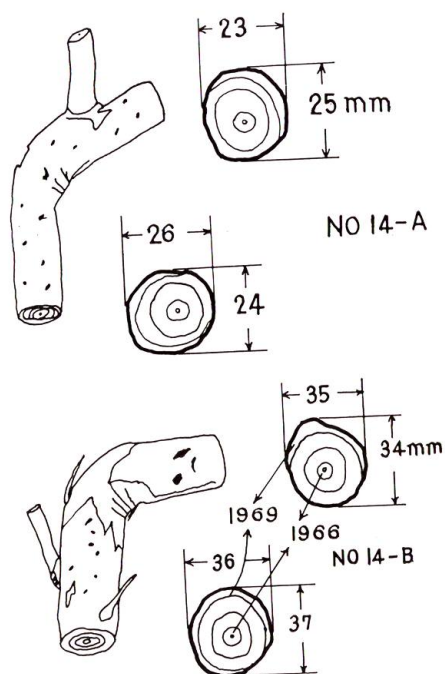
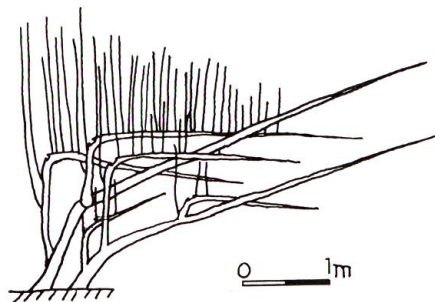
Datum u. Zeit		Todesopfern u. Sachschäden	Literatur Vz.
5. Jan. 1940	16:00	8 Bergsteiger	[24]
31. März 1957	13:25	17 Bauarbeiter 6 Hütten	[30]
14. März 1965	vm.	6 Bergsteiger	[55]



NO.14-



NO.61



**Fig. 42.** Stufenförmige Neutriebe und Jahresringe im Oktober 1969.  
Links oben: Aufnahme 21. Mai 1969



**Fig. 43.** Lawinenzug der Bachlawine, Kamifutamata Satsunai-Fluß.  
In Bildmitte der durch Bodenlawinen verdorrte Grasbambus.  
Unten Ablagerungsgebiet. Aufnahme 21. Mai 1969

im Mai ist in Fig. 40 gezeigt. Die Stellen, wo die Schneereste gefunden wurden, scheinen mit den Ablagerungszonen der Lawinen des Winters 1968/69 ungefähr übereinzustimmen. Aus den Schneeresten und den darin enthaltenen Steinen, Bäumen und Erden kann man von zwei großen Lawinen an den beiden südseitigen Schluchten folgende Daten gewinnen, die für beide Lawinen gleicherweise gelten.

- Höhe der Anrißzone ..... mehr als 1,500 m ü. M.
- Höhenunterschied ..... ca. 900 m
- Masse des Lawinenschnees ..... ca.  $10^6$  t (vgl. Fig. 41)
- Art der Lawinen ..... Bodenlawine oder Mischlawine mit Luftdruckwirkung (vgl. Fig. 43)

Ferner ließen sich die Lagen der kleinen Lawinenzüge aus der Form der Schneereste auf dem Talboden und durch dürre Grasbambusse leicht erkennen.

### 7. 2. 2 *Stufenförmige Neutriebe*

A und B in Fig. 40 zeigen die durch die Lawinen zerstörten Wälder, die größtenteils aus 8 bis 11 jährigen Nagaba-Weiden bestehen. Aus Messungen der 142 Bäume mit Stammbruch im Wald A ergab sich, daß die meisten Stammbrüche etwa 70 bis 110 cm hoch von der Erdoberfläche erfolgt waren. Daraus kann man schließen, daß eine Lawine vom Fließtyp diesen Wald überfloß, als der Schnee dort 1 m hoch lag. In diesem Wald wurden einige stufenförmige Weidenbäumchen

gefunden. Durch Analyse der Jahresringe dieser Bäumchen (Fig. 42) kann man den Werdegang dieser Stufenform folgendermaßen vermuten.

- 1) Im Winter 1965/66 wurde Stamm der Weide gebrochen;
- 2) danach wuchsen viele aufrechte Neutriebe;
- 3) durch natürliche Selektion überlebten nur einige Neutriebe;
- 4) im Winter 1968/69 wurden die Neutriebe erneut gebrochen;
- 5) danach gleichzeitiges Nachwachsen vieler Neutriebe.

An den Bäumen im Umkreis kann man keinen alten Stammbruch erkennen. Daraus kann man erkennen, daß die Lawine vom Winter 1968/69 größer war als diejenige vom Winter 1965/66.

### 7. 2. 3 S-förmiger Stammbruch

Im Wald B kann man in südöstliche Richtung und andere in nördliche Richtung gestürzte Baumgruppen unterscheiden (Fig. 45). An der Grenze dieser beiden Baumgruppen liegen Bäumen nebeneinander, die nach der einen oder der anderen der beiden Richtungen gestürzt sind. Wie man am Alter der aufrechten Neutriebe sehen kann, stürzten diese Bäume im Winter 1968/69 um. Im Grenzgebiet dieser beiden Baumgruppen wurden zwei Bäumen mit S-förmigem Stammbruch gefunden. Dieser S-förmige Stammbruch ist die Folge davon, daß auf einen Stamm einmal die Lawinenstoßkraft in südlicher Richtung und das andere Mal in nördlicher Richtung wirkte und so an zwei Stellen Stammbrüche erfolgten. Auch am Südende der nach Süden gestürzten Baumgruppe wurde noch ein einzelner Baum mit S-förmigen Stamm gefunden (Fig. 46).

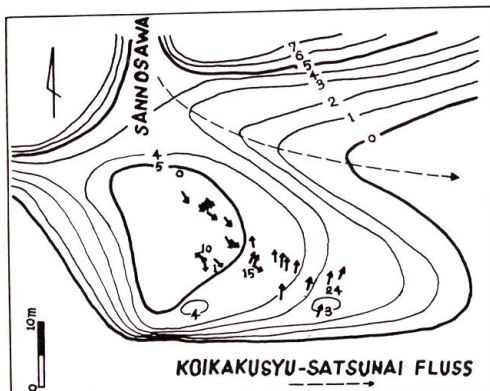


Fig. 44. Richtungen der Stammbrüche im Wald B



Fig. 45. Die durch zwei Lawinen gebildeten gegenseitigen Stammbrüche im Wald B. Aufnahme 18. Okt. 1969

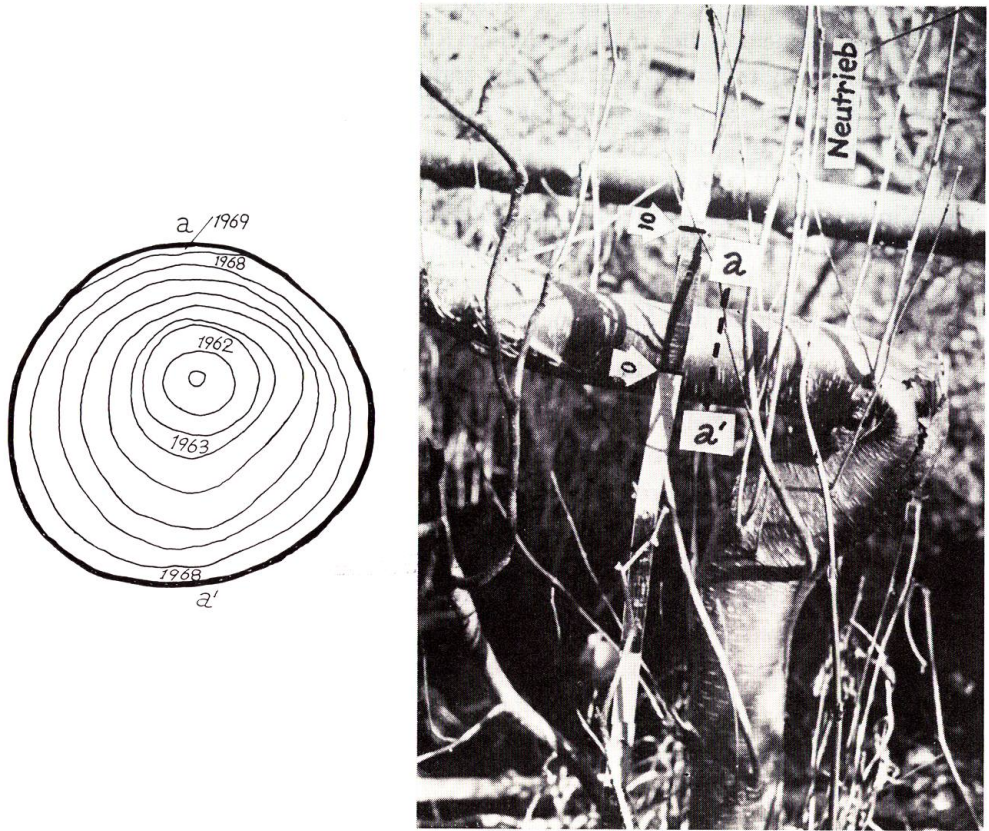


Fig. 46. rechts: S-förmige Birke. Aufnahme 18. Okt. 1969  
links: Durch zwei Lawinen gewendetes exzentrisches Wachstum.

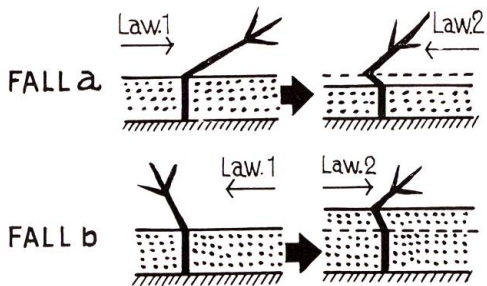


Fig. 47. Schema der Bildung von S-förmigen Stammbrüchen

Tabelle 15. Maximale Schneehöhe und Lawine, Satsunai-Fluß

Datum	Schneehöhe (cm)	Richtung des Lawinenniedergangs	
		A	B
Kamisatsunai			
17. 1 1960	90		
2. 2 1961	130		
22. 3 1962	138		
26. 2 1963	145		SE
17. 3 1964	56		
20. 3 1965	121		
20. 3 1966	180	SE	
21. 1 1967	34		
2. 3 1968	76		
6. 2 1969	152	SE	SE, N

Durch Analyse des Jahresrings dieses Baumes kann man vermuten, daß im Winter 1962/63 eine kleine Lawine in südöstlicher Richtung und im Winter 1968/69 eine große Lawine in nördlicher Richtung ihn trafen. Überhaupt läßt sich der Werdegang der S-förmigen Bäume wie in Fig. 46 schematisieren. Der S-förmige Stammbruch in Fig. 46 entspricht dem Fall b in Fig. 47.

Tabelle 15 zeigt nun den Zusammenhang zwischen dem Schneehöhenmaximum eines Winters mit den Lawinen in den Wäldern A und B. Daraus ist ersichtlich, daß die Lawinenwinter mit den schneereichen Wintern zusammenfallen. Alle diese Daten bezeugen, daß die lebendigen Bäume in den Lawinenablagerungszone die Rolle des Zeitanzeigers der Lawinen spielen.

### 7.3 Die Lawinen und Bestände im Takinosawa-Tobel des Yotei-Vulkans

#### 7.3.1 Beschädigungsformen der Bestände

Die große Lawine im Februar 1970, die im Takinosawa-Gully des Yotei-Vulkans (1893 m ü. M.) anbrach, wurde später von Forschern der verschiedenen Disziplinen gemeinsam untersucht. WAKABAYASHI, R. übernahm einen Teil dieser gemeinsamen Untersuchung, nämlich die der „Beschädigung der Bestände“. Die Untersuchung wurde in der Zeit vom 7. bis 10. Juli 1970 vorgenommen. Die Untersuchungsstellen und -methoden („belt transect“ method) sind je in Fig. 48 und Tabelle 16 gezeigt. Die Bruchformen Bestände in jedem „Belt“ sind in Fig. 49 gezeigt.

*Belt-1* Ein Wald mit 30 bis 40 jährigen Korkbäumen. Sie weisen in einer Höhe von 1.5 bis 2 m über der Wurzel Scherbrüche auf. Dieses Belt liegt in den Auslaufzonen der Staublawinen.

*Belt-2* u. -3 Zum größten Teil aus 15 bis 20 jährigen Korkbäumen und teilweise aus Siuri-Kirschen bestehender Wald. Die Bestände in diesen beiden Belts weisen

Tabelle 16. „Belt Transect“ und Ergebnis

Nr.	Größe des Gürtels (m)	Richtung Hangneigung	Höhe (m ü. M.)	Baumart mal Anzahl	Lawinentyp
1	5 × 20	S 30° E -15°	550~545	Korkbaum × 8 Linde × 2	Staub. Ober.
2	5 × 100	S 50° E -10°	530~510	Kirsche × 10 Korkbaum × 8	Fließ. Boden.
3	5 × 100	S 60° E -10°	535~515	Korkbaum × 38 Bergbirke × 1 Esche × 1	Fließ. Boden.
4	5 × 25	S 70° E -10°	630~625	Linde × 2 Nippon-Ahorn × 1 Erle × 1	Staub. Ober.
5	5 × 50	S 55° E -10°	615~605	Berkbirke × 3 Linde × 2 Kleinbirne × 2 Koshiabura × 1	Staub. Ober.

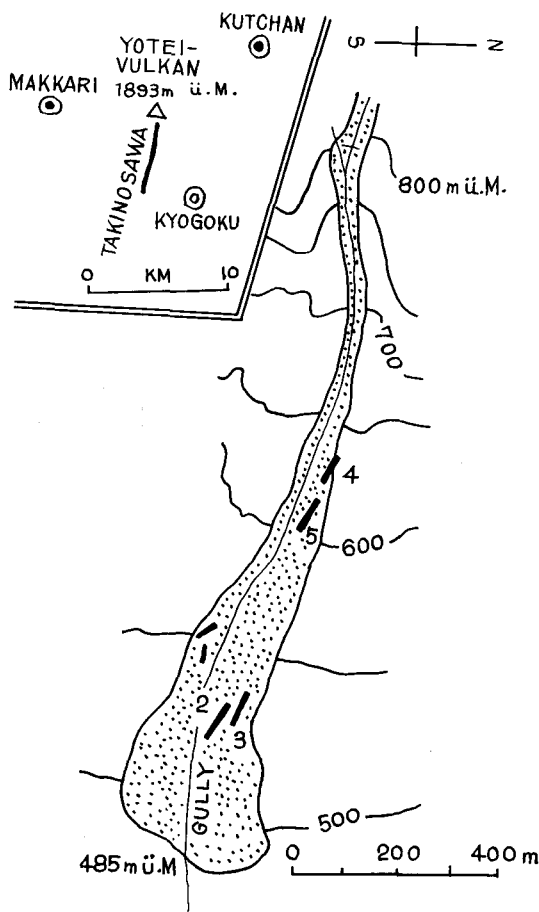


Fig. 48. Ablagerungsgebiet der Lawine Takinosawa und Belt 1~5

im 1.5 bis 2 m Höhe den Biegebrüche auf. Die bergseitige Rinde der Krone ist abgeschabt, und die Äste unter 6 m Höhe sind gebrochen (Fig. 49-a). Daraus ist ersichtlich, daß diese Belts von einer Fließ-Bodenlawine mit 4 m hoher Lawinenstirn überfahren wurden. Dieser Zahlenwert  $6m - 2m = 4m$  stimmt mit der Veranschlagung von AKITAYA, E. *et al.* [1] überein.

**Belt-4** Ein Lindenhochwald auf einer Terrasse, 40 m höhe als der Boden des Tobels. Die Bestände weisen in 2 bis 3 m Höhe Scherbrüche auf. Daraus kann man ersehen, daß dieser Belt in die Grenzzone der Staub-Oberlawinen gehört.

**Belt-5** Dieser liegt gleich neben dem Belt-4 und besteht aus Bergbirken und Lindenhochwald. Sie weisen in 4 bis 8 m Höhe Scherbüche auf. Eine verfaulte Bergbirke zeigt einen Stammbruch mit sehr tiefem kammartigem Einschnitt (Fig. 49-d). Dies bezeugt, daß dieser Belt an einer typischen Staublawinenzone gehört (vgl. [14]).

Aus obigen Analysen der Beschädigungsformen von Beständen in den Belts-1 bis 5 konnten verschiedene räumliche Auskünfte, hauptsächlich über die Zonen mit Staub-Oberlawinen und Fließ-Bodenlawinen, gewonnen werden.

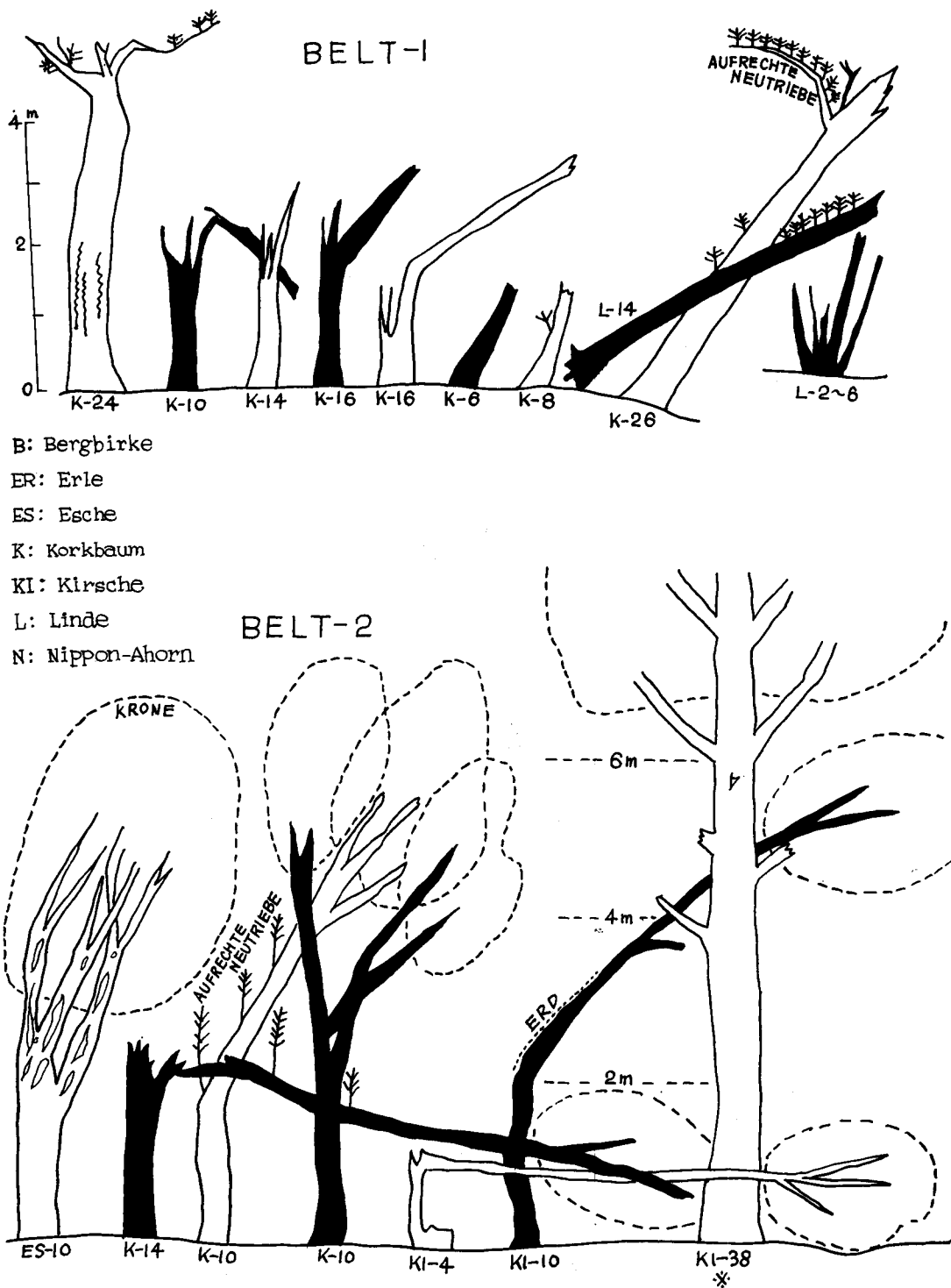


Fig. 49-a. Baumform. \*vgl. S. 309 Zeile 1-2

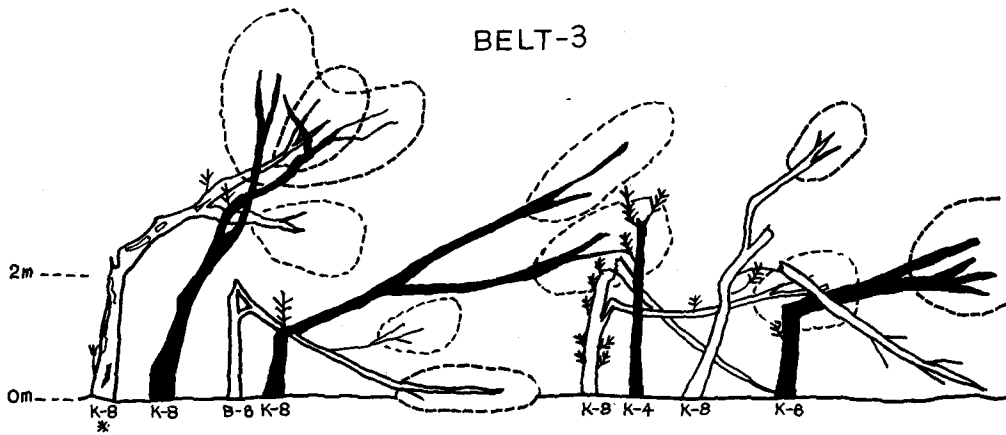


Fig. 49-b. \*vgl. Fig. 50

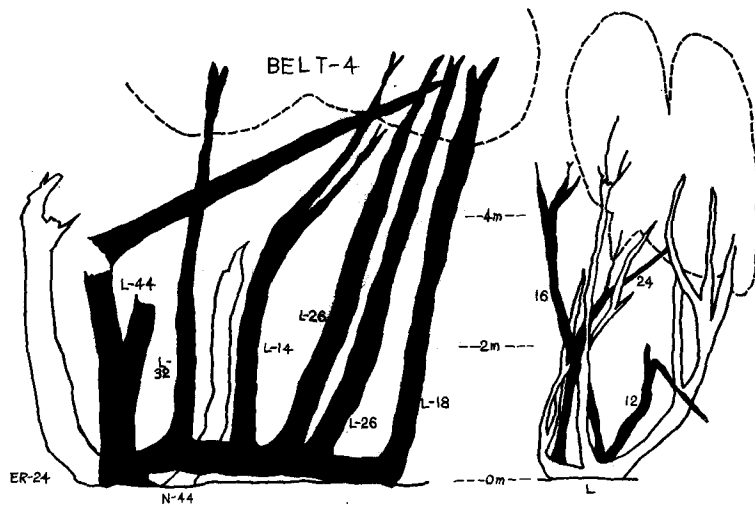


Fig. 49-c.

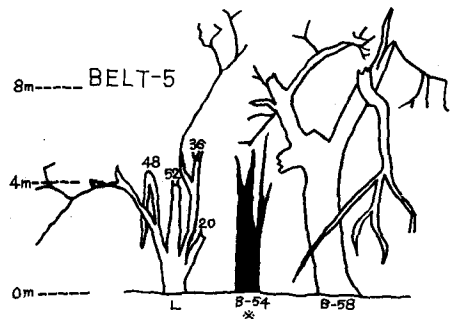


Fig. 49-d. \*vgl. S. 309 Zeile 10-11

### 7.3.2 Kallus und frühere Lawinen

Ein am obersten Ende des *Belts-3* stehender Korkbaum (19 jährig) hat an der Bergseite des ca. 2 m über der Erdoberfläche liegenden hohen Stammteils alte Spuren von Abschürfungen. Eben dieser Stammteil wurde durch die Lawine von 1970 gebrochen. Bei der Untersuchung der Jahresringe an diesem Teil (Fig. 50) klärte sich folgendes auf.

- 1) Die Abschabung der Rinde geschah im Winter 1964/65.
- 2) An der der Krone näheren Seite des abgeschürften Teils war nach drei Jahren die Einrollung durch den Kallus beendet.
- 3) In der Mitte des abgeschürften Teils war die Einrollung durch den Kallus trotz dem ausgeprägten exzentrischen Dickenwachstums nach den Seiten hin noch nicht beendet.
- 4) Im Februar 1970 wurde der Stamm des Baums gebrochen.

Am oberen Teil des *Belts-2* wurden noch zwei Korkbäume gefunden, die ebenfalls

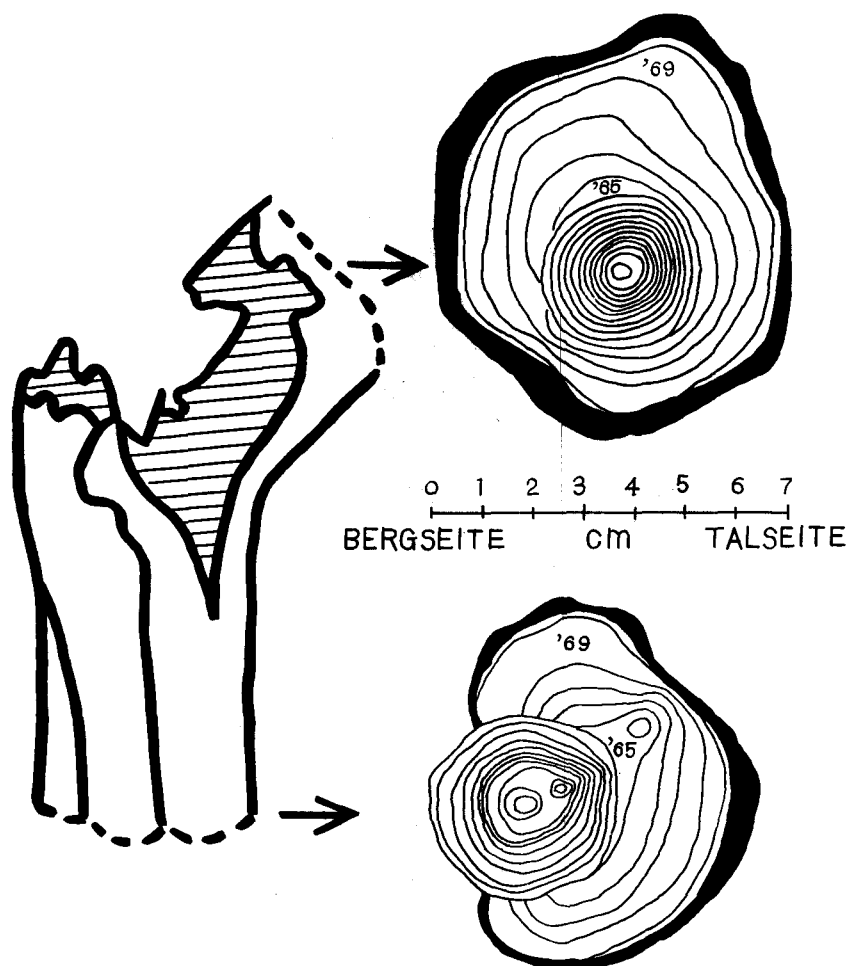


Fig. 50. Gebrochene Stelle eines Stammes von einem Korkbaum und exzentrisches Dickenwachstum

**Tabelle 17.** Maximale Schneehöhe und Lawinewinter auf Yotei-Vulkan

	Schneehöhe (cm)			Lawinewinter
	Kyogoku*	Makkari	Kutchan	
1960	172	165	201	
1961	166	197	219	
1962	150	190	171	
1963	130	120	178	
1964	110	120	135	
1965	195	186	235	○
1966	173	206	204	
1967	183	172	205	
1968	218	172	204	
1969	210	179	196	
1970	330	296	312	○

\* Kyogoku: die nächste Wetterwarte an Takinosawa

Abschürfungsspuren von 1964/65 tragen. Nach der Feststellung von FUJIWARA, K. *et al.* [17] hat in diesem Tobel während dieser letzten 10 und mehr Jahre kein Murgang mehr stattgefunden. Außerdem war der Winter 1964/65, wie Tabelle 17 zeigt, ziemlich schneereich, jedoch nicht so auffallend wie der Winter 1969/70, es war. So kann man daraus schließen, daß im Winter 1964/65 eine kleinere Lawine als im Winter 1969/70 angebrochen ist.

In diesem Abschnitt wurden die Möglichkeiten der Methode geprüft, die Waldbestände als Datensammler für Lawinenuntersuchungen in hohen Waldgebieten Hokkaidos zu benutzen. Dadurch wurde klar, daß man mit dieser Methode auch in der lawinenfreien Zeit sehr viele Angaben über Lawinen gewinnen kann. Gleichzeitig wurde festgestellt, daß die Waldbestände zum Zeitanzeiger vergangener Lawinen besonders geeignet sind.

### Die Liste der Spezies

Spezies	Japanisch (Deutsch)
<i>Acanthopanax sciadophylloides</i> FR. et SAV	Koshiabura
<i>Acer Mono</i> MAXIM.	Itayakaede (Nippon-Ahorn)
<i>Acer palmatum</i> THUNB. var. <i>Matsumurae</i> MAKINO	Yamamomiji (Berg-Ahorn)
<i>Alnus japonica</i> STEUD.	Hannoki (Erle)
<i>Betula Ermani</i> CHAM.	Dakekamba (Bergbirke)
<i>Betula Maximowiczii</i> REGEL	Udaikamba (Birke)
<i>Cryptomeria japonica</i> D. DON.	Sugi (Sicheltanne)
<i>Fagus crenata</i> BLUME	Buna (Buche)
<i>Fraxinus mandshrica</i> RUPR.	Yachidamo (Esche)
<i>Hydrangea paniculata</i> SIEB.	Noriutsugi (Hortensie)
<i>Kalopanax septemlobus</i> KOIDZ.	Harigiri
<i>Magnolia obovata</i> THUNB.	Hoonoki (Magnolie)

<i>Ostrya japonica</i> SARG.	Asada
<i>Phellodendron amurense</i> RUPR.	Kihada (Korkbaum)
<i>Pinus pumila</i> REGEL	Haimatsu (Latschenkiefer)
<i>Polygonum sachalinense</i> FR. SCHMIDT	Ooitadori (Riesenknöterich)
<i>Prunus Ssiori</i> FR. SCHM.	Siurizakura (Kirsche)
<i>Quercus mongolica</i> FISCH.	Mizunara (Traubeneiche)
<i>Salix Bakko</i> KIMURA	Bakkoyanagi (Weide)
<i>Salix sanhalinensis</i> KIMURA	Nagabayanagi (Weide)
<i>Sasa kurilensis</i>	Kumaizasa (Grasbambus)
<i>Sasa palmata</i>	Chishimazasa (Grasbambus)
<i>Sorbus alnifolia</i> C. KOCH	Azukinashi (Kleinbirne)
<i>Sorbus commixta</i> HEDL.	Nanakamado (Eberesche)
<i>Tilia japonica</i> SIMK.	Shinanoki (Linde)
<i>Viburnum frucatum</i> BLUME	Ookamenoki
<i>Weigela hortensis</i> K. KOCH	Taniutsugi (Diervillea)

### Zusammenfassung

Mit diesem Beitrag wird versucht, das Problem der Lawinen im Waldgebiet Hakkaidos (Nordjapan), das bisher nur teilweise behandelt worden ist und größten Teils noch unbekannt ist, durch die Beobachtungen an Ort und Stelle in ein System nach topographischen Faktoren zu bringen. Ferner wird versucht auf Grund von Beobachtungen an Lawinenstellen, welche die Art der Beschädigung die Verteilung und das Wachstum der Bestände einschließen, Lawinen zu analysieren.

1. Mit der Methode, den Waldbestand als Registratur für die Sammlung von Informationen über Lawinen zu benutzen, kann aus der unbekanntem Waldfläche ohne großen Aufwand und gefahrlos eine Menge von Daten gewonnen werden. Sie ist günstiger und bietet weit größere Möglichkeiten als bisherige Beobachtungen im Winter, welche wegen erschwerten Bedingungen nur begrenzt Daten vermitteln können. Das wird dazu führen, daß man durch diese Methode die Lawinenmechanik und die Untersuchungen durch Beobachtungen im Freien wie Experimente, Luftaufnahmen und Beobachtungen auf der Schneeoberfläche ergänzen und zur Voraus sagen von Lawinenanbrüchen und zu Schutzmaßnahmen gegen die Lawinen beitragen kann (Abschnitt 1.1).

2. Die Lawinenbewegung nimmt einen der beiden folgenden Typen an: Den Staubtyp, wobei die Schneemasse in der letzten Phase hoher Geschwindigkeit und von einem Luftstrom begleitet herabstürzt, oder den Fließtyp der in niedriger Geschwindigkeit wie ein Wasserstrom herabfließt. Weil die Stoßkraft der Lawinen dem Quadrat der Lawinengeschwindigkeit proportional ist, muß man, um das Phänomen der Zerstörung zu analysieren, zuerst die topographischen Faktoren (Topographie und Vegetation) in Betracht ziehen. Bei der Analyse der räumlichen und zeitlichen Verteilung des Lawinenanbruchs muß man weiter die zeitlichen Wandlungen der topographischen Faktoren, die sich in der Beschädigung des Waldes, in der Zerstörung und mit dem Wiederaufwachsen des Waldes zeigen, genügend

berücksichtigen (Abschnitt 1.2).

3. Die Größe des Schneeniederschlags ist je nach den topographischen Faktoren des Ortes verschieden. Auch die Verteilung der Schneedecke auf der Erdoberfläche wird durch die Lokal- oder Mikrobodenform empfindlich beeinflusst (Abschnitt 2.1). Folglich steht auch die Lawine, die eine Folgeerscheinung der Schneedecke ist, in engem Zusammenhang mit den topographischen Faktoren. Auf Grund der bisherigen Beobachtungen befinden sich Lawinenstellen in Hokkaido nach der makrotopographischen Verteilung auf niedrigeren Meereshöhen, wie steilen Küsten und Hügeln, und auf höheren Bergen wie Bergmassive oder einzelne Gipfel (Abschnitt 2.2).

4. Auf der Rebun-Insel wurde durch die Beobachtungen der Lawinen auf der Küstenterrasse während zwei Winter festgestellt, daß sie auf dem Hang der Leeseite der überwiegenden Windrichtung im Winter, aus der Gewächte anbrechen. Durch die Beobachtungen im Rausu-Küstengebiet durch drei Winter hindurch wurde auch festgestellt, daß hier Oberlawinen, die während eines Schneesturms oder unmittelbar danach in engen Gräben oberhalb der Hänge anbrechen, sich auf dem Schuttkegel auf mittlerer Höhe der Hänge verbreitern und vergrößern (Abschnitt 3.1).

5. In der Teshio-Hügelgegend wurde durch mehrjährige Beobachtungen festgestellt, daß die Bodenlawine meistens an Tagen mit hohen Lufttemperaturen oder am nächsten Tag anbricht, und daß der Zeitpunkt des Lawinenanbruchs durchs die lokalen topographischen Faktoren bedingt ist. Das heißt, daß die Lawinen im mittleren Hochwinter an alten Erdrutschstellen an Südhängen mit großer Rauigkeit, und im späten Hochwinter an Südhängen mit konvexem Längsschnitt und im Spätwinter am Fuße von Nordhängen anzubrechen pflegen (Abschnitt 3.2).

6. Schneebletter mit ziegelmauerartigen Spaltungen wurden am Lawinenstellen auf 6 Hügeln in Hokkaido gefunden. Durch die Beobachtung der Formen und die Analyse der Schneeschichtung von Schneebletter mit ziegelmauerartigen Spaltungen (Fig. 21) in der Nähe der Anrißlinie ist die Eigenart der Schneebletter-Bodenlawinen, die eine repräsentative Art der Lawinen auf den Hügeln Hokkaidos sind, im Anbruchgebiet klar geworden (Abschnitt 4.1).

7. Die in niedrigeren Höhenlagen Hokkaidos beobachteten Formen der Anrißlinie der Lawinen stehen in engem Zusammenhang mit den Bodenformen. Man kann deren typische Beispiele wie in Fig. 25 klassifizieren, und die Beziehungen zwischen Schneewächten und Lawinenanrissen in 4 Hauptgruppen einteilen (Abschnitt 4.2).

8. In Bezug auf die Bäume im Anbruchgebiet der Lawinen kann man zwei Holzarten unterscheiden, nämlich diejenige, die sich buschartig von der Wurzel an verzweigt, und diejenige, die als einzelner Stamm aufwächst. Auch viele stark talseitig gebogene Stämme, Spaltungen des Stammes an der Wurzel, Abschürfnarben an der Bergseite des Stammes und auffallende Verzögerungen des Wachstums im Vergleich zu den Bäumen auf lawinenfreiem Waldboden wurden festgestellt. Weiter hat es sich herausgestellt, daß der Grasbambus (*Sasa palmata* oder *Sasa kurilensis*) an der Lawinenstelle, im Frühling verdorrt ist, und dessen Wachstum

demjenigen des Grasbambusses an lawinenfreien Hängen weit nachsteht (Tabelle 9, Abschnitt 5.1).

9. Durch die Beobachtungen der Lawinenstellen mit großflächigen abgeschürften oberen Bodenschichtungen auf dem Hügелgebiet von Teshio, sind die Formen der Erosion durch Bodenlawinen im Spätwinter, die Beschädigung des Bergbirkenwaldes (*Betula Ermani* CHAM.) und der Prozess des Wiederaufwachsens von gestürzten Stämmen mit aufrechten Neutrieben, klar geworden (Abschnitt 5.2).

10. Die Latschenkiefer (*Pinus pumila* REGEL), deren Verbreitung durch Höhenlage und Schneehöhe beschränkt ist, bietet bei der Feststellung des Anbruchortes der Lawinen auf hohen Bergen wichtige örtliche Hinweise. Die am meisten verbreiteten Laubbäume in Hokkaido kann man nach ihrer Biegsamkeit in drei Hauptgruppen unterscheiden; (1) leicht (Weide, Linde u. Ahorn), (2) mittel (Eberesche, Bergbirke u. Traubeneiche) und (3) schwer (Kirsche, Asada u. Kleinbirne). Aus dem Vergleich dieser Holzarten mit den in Lawinenzonen am meisten gefundenen Holzarten ergab sich, daß das Vorhandensein der „leichten“ und „mittleren“ Holzarten und deren kriechende Form räumliche Hinweise für Lawinenzonen bietet (Abschnitt 6.1).

11. Die ungewöhnliche Neigung eines Baumstammes zeigt sich am Querschnitt des geneigten Stammes bei Laubbäumen als ein bergseitig exzentrisches und bei Nadelbäumen als ein talseitig exzentrisches Dickenwachstum. An den verwundeten Stellen des Stammes dominiert durch die Bildung des Kallus das seitlich exzentrische Dickenwachstum. Folglich kann man durch Abzählung der Jahresringe der aufrechten Neutriebe und die Analyse des exzentrischen Wachstums an den verzerrten Stellen des Baumstammes, die vergangenen Jahre mit Lawinenanbrüchen und die Art der Beschädigung durch solche ermitteln (Abschnitt 6.2).

12. Die mechanischen Daten der Zerstörung durch Lawinen kann man aus der Lage der Bruchstelle des Baumstammes (Entwurzelung, Unterstammbruch, Stammbruch, Kronenbruch usw.) und auch an der Form der Bruchstelle gewinnen, die durch Biegebruch oder Scherbruch verursacht wurde (Abschnitt 6.3).

13. Es wurde eine Tabelle für die Untersuchung in der lawinenfreien Saison unter Benutzung der Waldbestände und Schneeresten aufgestellt (Tabelle 13). Im Sommer wurde gemäß dieser Tabelle der obere Teil des Satsunai-Flusses und der Tobel des Takinosawa auf dem Yotei-Vulkan bearbeitet, welche beide ziemlich hoch liegen und daher Untersuchungen im Winter sehr schwierig sind. Dadurch wurde klar, daß man mit dieser Methode genügend Daten über die Verteilung und Größe von Lawinen, über deren Bewegungsformen gewinnen kann. Weiter wurde durch Analyse der Jahresringe der stufenartig gewachsenen Neutriebe (Fig. 42), des S-förmigen Stammbruchs, des Bruchs des Stammes an der alten Abschürfstelle und anderer komplexen Formen festgestellt, daß Jahre mit großem Schneehöhenmaximum mit einigen Jahren von Lawinenanbrüchen übereinstimmen. Damit wurde klar, daß Informationen über Lawinen vermittlels der Waldbestände besonders für die Gewinnung zeitliche Daten hohen Wert besitzt (Abschnitt 7).

### Summary

#### Studies of Avalanches in the Forests of Hokkaido

Snow avalanches in the forests of Hokkaido, north Japan, are described and classified by topographical features. Some destructed forests in avalanche hazard areas are investigated to determine avalanche records. It is shown that eccentric ring growth information is useful for practical avalanche analysis.

1. On the marine terraces, the avalanche paths are leeward of the prevailing winter wind.

2. From several years of hill avalanche observations, it is apparent that ground snow slab avalanches are one of the representative avalanches in Hokkaido. The brickwall types of debris formed near the fracture line of avalanches show the development process of the ground snow slab avalanche.

3. The bending ability of branches on native tree species is closely related to the tree distribution on the avalanche path.

4. The pattern of the eccentric ring-growth at the callus or breaking section of the trunk, gives evidence of former avalanches.

5. In two high mountain forests, the avalanche winters estimated from tree-ring analysis agree with the two winters having the greatest snow depths recorded.

### Literatur

- [1] AKITAYA, E. und KAWADA, K. „*Debris of Takinosawa Gully Avalanche of Mt. Yotei.*“ (unveröffentlichte Beobachtung.)
- [2] ARAKAWA, S. 1970. „*Hokkaidō no kyokuchi-fū* (1),“ (Local Wind in Hokkaido), *Hokkaidō no kishō* (The Meteorology of Hokkaido), **14** (6), 1-3 (\*).
- [3] ARAYA, T. 1971. „*Morphological Study of Bed Load Movement in Torrential Rivers.*“ Research Bulletins of the College Experiment Forests Hokkaido University, **28** (2) (\*\*).
- [4] BOJO, C. 1970. „*Calculation of Kinetic Friction Coefficient of Snow Avalanche on Photo-interpretation.*“ Journ. Jap. Soc. Photogrammetry, **9**, 14-18 (\*\*).
- [5] BUCHER, E. 1948. „*Beitrag zu den theoretischer Grundlagen des Lawinenverbaus.*“ Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie, Hydrologie, **6**, 79-81.
- [6] BÜTLER, M. 1938. „*Stärke und Geschwindigkeit des Lawinenluftdruckes.*“ Schweiz. Zs. f. Forstwesen, **89**, 114-115.
- [7] DENPO, H. 1957. „*Hokkaidō no gōsetsu to sono yohō.*“ (Heavy Snowfall and its Forecast in Hokkaido), *Hokkaidō no kishō* (The Meteorology of Hokkaido), **1** (2), 5 (\*).
- [8] DE QUERVAIN, M. 1968. „*Die Rolle des Waldes beim Lawinenschutz.*“ Schweiz. Zs. f. Forstwesen, **119**, 397.
- [9] DE QUERVAIN, M. 1968. „*The Avalanche Warning System in Switzerland.*“ (japanische Übers., Journ. Jap. Soc. Snow and Ice, **31**, 24-28, 1969.)
- [10] ENDO, T. und TSURUTA, T. 1963. „*Hokkaidō no ketsugan chitai ni okeru rinchi no hōkai kikō ni kansuru kenkyū.*“ (Studies on Mechanism of Landslides in Forests of Hokkaido's Shale Zone —Landslides with Snow Erosion in Forests), Rep. 74th meeting Jap. For. Soc., 363-366 (\*).

- [11] ENDO, T. und TSURUTA, T. 1964. „A quantitative Study of Landslides more than Three Hundred Fifty Years using certain volcanic Eruptions for Dating,“ Ann. Rep. Hokkaido Bra., For. Etxp. Stat. (1963), 261-282 (\*\*).
- [12] ENDO, T. und TSURUTA, T. 1966. „A Study on environmental Conditions of bare Slopes originating from Landslides and their vegetational Recovery,“ Ann. Rep. Hokkaido Bra. For. Exp. Stat. (1965), 187-196 (\*\*).
- [13] FLAIG, W. 1955. „Lawinen!—Abenteuer und Erfahrung, Erlebnis und Lehre,“ 2. Aufl., 153, Wiesbaden.
- [14] FRASER, C. 1966. „The Avalanche Enigma,“ 33, Chicago.
- [15] FRUTIGER, H. 1970. „Der Lawinenzonenplan (LZP),“ Schweiz. Zs. f. Forstwesen, 121, 259-262.
- [16] FUJIWARA, K., WAKABAYASHI, R. und MURAI, N. 1962. „Teshio-gawa ryūiki ni okeru sekisetsu chōsarei (2),“ (Snow Survey of the Teshio River), Rep. Hokkaido Bra. Jap. For. Soc., 11, 33-34 (\*).
- [17] FUJIWARA, K., MURAI, N. und ONODERA, M. 1968. „Mud Flows at Volcano Yotei,“ Journ. Erosion Control Engineering Soc., 71, 15-21 (\*).
- [18] GOTO, H. 1937. „Revegetation of Volcano Tokachidake after the Eruption in 1926,“ Journ. Jap. For. Soc., 19 (12), 537-550 (\*).
- [19] HAKODATE MARINE OBSERVATORY 1962. „Dōnan kishō saigai shi,“ (History of Meteorologic Disaster in Southern Hokkaido), 62-64, Hakodate (\*).
- [20] HEIM, A. 1932. „Bergsturz und Menschenleben,“ 25-27, Zürich.
- [21] HIGASHI, S. 1968. „Abnormal Annual Rings as a Presage of Landslides,“ Bull. Hokkaido For. Exp. Stat., 6, 20-39 (\*\*).
- [22] HOKKAIDO BOSAI KAIGI 1964. „Hokkaidō chiiki bōsai keikaku shiryō,“ (Data on Prevention of Disaster in Hokkaido), Sapporo (\*).
- [23] HOKKAIDO RINMUBU (Forest Division) 1962. „Sōya-Rumoi-Shiribeshi-Shichō Kannai ni okeru nadare-bōshirin no jūtai chōsa hōkokusho,“ (Report on Avalanches and Forests of Soya, Rumoi and Shiribeshi Districts), 1-62, Sapporo (\*).
- [24] HOKKAIDO UNIV. ALPINE CLUB 1941. „Report of Accident at Mt. Petegari,“ Rep. H.U.A.C. (1940), 18-49, Sapporo (\*).
- [25] INOUE, K. 1965. „Karamatsu no jyōfū gai,“ (Wind-damaged Larch), Shinrin Ritchi, 6 (2), 10-12 (\*).
- [26] ISHIHARA, K. 1970. „Nadare bōsai jyōhō sisutemu wa ika ni aru bekika,“ (Information System for Avalanche Forecast), Journ. Jap. Soc. Photogrammetry, 9, 22-24 (\*).
- [27] ISHIKAWA, M. 1967. „Saikin no nadare no kenkyū,“ Tendenz der neueren Lawinenforschungen), Rinshi Tōhoku-shiyō Dayori (Month. Rep. Tohoku Bra. For. Stat.), 70, 1-6 (\*).
- [28] ISHIKAWA, M. und KATAOKA, K. 1968. „Sugi no kobu-jyō setsugai ni tsuite,“ Knobby snow-damaged Trunk of Japanese Cedar, Month. Rep. Tohoku Bra. For. Exp. Stat., 82, 1-2 (\*).
- [29] ISHIKAWA, M. und SATO, S. 1968. „Sugi to Rigidamatsu no setsugai,“ (Snow Damage of Japanese Cedar and Sap Pine), Rep. 20th Meeting Tohoku Bra. Jap. For. Soc., 8-11 (\*).
- [30] JAP. ARBEITSMINISTERIUM 1957. „Nadare saigai no bōshi,“ (Lawinenschutz), 55-61, Tokyo (\*).
- [31] JAP. CONSTRUCTION MECHANIZATION ASSN. 1968. „Nadare riron,“ (Lawinentheorie), Bōsetsu-kōgaku (Snow Control Engineering) Handbook, 67-79, Tokyo (\*).
- [32] JAP. METEOROL. AGENCY 1964. „Report of the phenomenal Snowfall of January 1963,“ Tech. Rep. Jap. Meteo. Agency, 33, 1115-1118 (\*\*).
- [33] KADOMURA, H. 1964. „Micro-topographic Analysis of Snow covered Mountain Slopes by Aerial Photographs,“ Journ. Jap. Soc. Snow and Ice, 26, 7-12 (\*\*).
- [34] KASHIYAMA, T. 1967. „Avalanche Injury and Wind Damage Relationship for Forest trees,“

- Journ. Jap. Soc. Snow and Ice, **29**, 107–109 (\*\*).
- [35] KAWAMURA, T. 1961. „*The synoptic climatological Consideration on the Winter Precipitation in Hokkaido*,“ Geographical Review of Japan, **34**, 593 (\*\*).
- [36] KAWAMURA, T. 1963. „*Surface wind Distribution in Hokkaido in Winter*,“ Journ. Jap. Meteo. Agency, **15** (8), 533–537 (\*\*).
- [37] KAWASE, K. et al. 1964. „*Toikanbetsu-gawa ryūiki no shinrin keiei to hozen ni kansuru kisoteki kenkyū —Sasa no seishitsu to shigenteki kachi*,“ (Studies on Forests of the Toikanbetsu River—Charakter and Worth of Sasa), Gyōmu-Shiryō Exp. For. Hokkaido Univ. (\*).
- [38] LÜDI, W. 1938. „*Alter, Zuwachs und Fruchtbarkeit der Fichten (Picea excelsa) im Alpengarten Schynigeplatte*,“ Schweiz. Zs. f. Forstwesen, **89**, 104–110.
- [39] MARUYASU, T. et al. 1967. „*Analysis of Snow Depth Distribution on Aerial Photographs*,“ Transac. Jap. Soc. Civil Engineers, **153**, 41–54 (\*\*).
- [40] MATSUI, K. und SUZUKI, M. 1970. „*On the Landslips caused for Snowslide in the western hilly Country of Toikanbetsu, Horonobe-cho, Rumoi Province*,“ Rep. Geol. Survey Hokkaido, **41**, 51–59 (\*\*).
- [41] METEOROLOGICAL ASSN. OF HOKKAIDO 1964. „*Hokkaidō no kikō*,“ (The Climate of Hokkaido), 2. Aufl. 61–86, Sapporo (\*).
- [42] METEOROLOGICAL ASSN. OF HOKKAIDO 1956~1970. „*Hokkaidō no kishō*,“ (The Meteorology of Hokkaido), 1–15 (\*).
- [43] MIYAZAKI, K. et al. 1946 u. 1947. „*Hokkaidō-chihō ni okeru tetsudō ensen ni hassei seru nadare chōsa*,“ (Avalanches by the Japan National Railways in Hokkaido), Memories of the Central Meteorological Observatory, **29** (1), 1–17 u. (2), 1–22 (\*).
- [44] NAKAJIMA, H. 1945. „*Hokkaido ryūboku kanzaiseki-hyō*,“ (Tabelle über die Holzmassen in Hokkaido), 17 u. 34, Sapporo (\*).
- [45] OGASAHARA, K. 1964. „*Snow Survey of Mt. Tateyama and Mt. Tsurugi of the Japanese North Alps—An Essay on the Relation of the topographic Distribution of Snowfall with Vegetation*,“ The Publication of the synthetic Science Research Organization of Toyama Univ., 13.
- [46] OGASAHARA, K. 1965. „*Avalanches of the Kurobe Gorge of the Japanese North Alps —Analysis of Energy of great Avalanche of the Kurobe Gorge*,“ Journ. Jap. Soc. Snow and Ice, **27**, 143–153 (\*\*).
- [47] ONODERA, H. und WAKABAYASHI, R. 1969. „*Preparing Experiment of Twig Bending—Characteristics of Trees on snowcovered Slope (1)*,“ Rep. Hokkaido Bra. Jap. For. Soc., **17**, 114–117 (\*\*).
- [48] OSANAI, T. und KOGI, K. 1965. „*Graphische Darstellung holzmeßkundlicher Faktoren von Laubhölzern in Hokkaido*,“ Ann. Rep. Hokkaido Bra., For. Exp. Stat. (1964), 90–144 (\*\*).
- [49] SAEKI, M. 1970. „*Jyōshūteki zensō-nadarechi no sesshoku*,“ (Snow Erosion of Ground Avalanche Sites), Yamanami (Maebashi Regional Forest Office), **21**, 43–48 (\*).
- [50] SAITO, S. und OOMORI, T. 1969. „*A Report on Tree Damages by Avalanche near a Ridge of Mt. Owkira-yama, Southern Hokkaido*,“ Journ. Jap. Soc. Snow and Ice, **31**, 76–79 (\*\*).
- [51] SATO, D. 1961. „*Edauchi*,“ Ringyō hyakka jiten (The Forest Encyclopedia), 1. Aufl. 45, Tokyo (\*).
- [52] SHIDEI, T. 1954. „*Studies on the Damages on Forest Tree by Snow Pressures*,“ Bull. Gov. For. Exp. Stat., **73**, 8 (\*\*).
- [53] SHIDEI, T. 1956. „*Uranihon no akōzan chitai no ichibu ni sinyōjyurin no ketsujyo suru genin ni tsuite no hitotsu no kangaekata*,“ (Die Ursache der Abwesenheit des Nadelwaldes in einen Teil von der Subalpinenstufe der japaneseitlichen Gegend), Journ. Jap. For. Soc., **38**, 356–358 (\*).

- [54] SHIMAJI, K. 1964. „Mokuzai kaibô zusetu,“ (Holzanatomie), 40-44, Tokyo (\*).
- [55] SHIMIZU, H. *et al.* 1966. „Satsunai-gawa Avalanche, 1965,“ Low. Temp. Scie. Ser. A. **24**, 221-237 (\*\*).
- [56] SHODA, M. 1968. „Nadare kenkyû no keikô,“ (The Trend of Avalanche Studies), Jap. Soc. Snow and Ice, **30**, 189 (\*).
- [57] TAKAHASHI, Keiji. 1960. „Shokusei bumpu to sekisetsu,“ (Plant Distribution and Snow Cover), Shinrin Ritchi **2** (1), 19-24 (\*).
- [58] TAKAHASHI, Keiji. 1965. „Nihon ni okeru shinrin (jyumoku) genkai kôdo oyobi kôzantai to akôzantai tono kyôkai kôdo ni kansuru shiryô,“ (Daten der Waldgrenzhöhen in Japan), Shinrin Ritchi, **6** (2), 17-29 (\*).
- [59] TAKAHASHI, Keiji. und UEDA, M. 1937. „Zensô taisetsu hassei kasho no chikei ni tsuite,“ (Slope Forms of ground Avalanche Sites), Journ. Jap. For. Soc., **19**, 398 (\*).
- [60] TAKAHASHI, T. 1965. „Vertical Distribution of Crawling Pine and its surrounding Air Temperature in Hokkaido Island,“ Ann. Rep. Hokkaido Bra. For. Exp. Stat. (1964), 176-182 (\*\*).
- [61] TAKAHASHI, T. 1968. „Studies on the Forest Faculties to prevent Landslide,“ Bull. Fac. Agr. Shizuoka Univ., **18**, 85-101 (\*\*).
- [62] TATEWAKI, M. 1958. „Forest Ecology of the Islands of the North Pacific Ocean,“ Journ. Fac. Agr. Hokkaido Univ., **50** (4), 371-486.
- [63] WAKABAYASHI, R. 1966. „Snow Avalanche of Rebun Island in Soya District (Hokkaido),“ Journ. Jap. Soc. Snow and Ice, **28**, 163-171 (\*\*).
- [64] WAKABAYASHI, R. 1968. „Rebuntô no hyôshô nadare,“ (The Surface Avalanches at Rebun Island), Soil and Water Conservation, **7**, 24-26, Sapporo (\*).
- [65] WAKABAYASHI, R. 1969. „Hokkaidô no nadare-chi o megutte,“ (Avalanche-hazard Areas in Hokkaido), Hoppo Ringyo, **241**, 11-13 (\*).
- [66] WAKABAYASHI, R. 1969. „Ground Avalanches on northern Hokkaido,“ Journ. Erosion Control Engineering Soc., **73**, 21-24 (\*).
- [67] WAKABAYASHI, R. FUJIWARA, K. und MURAI, N. 1961. „Teshio-Gawa ryûiki ni okeru sekisetsu chôsurei (1),“ (Snow Survey of Teshio River), Rep. Hokkaido Bra. Jap. For. Soc., **10**, 172-174 (\*).
- [68] WAKABAYASHI, R. KIMURA, H. und ONODERA, H. 1969. „Tree-indicator of Snow Avalanches surveyed at the Forests of the Satsunai-gawa Valley,“ Rep. Hokkaido Bra. Jap. For. Soc., **18**, 168-173 (\*\*).
- [69] WAKABAYASHI, R. und MURAI, N. 1970. „Shiretoko kaigan nadare chôsurei,“ (Avalanches of the Shiretoko Coast), Hoppo Ringyo, **253**, 10-13 (\*).
- [70] WAKABAYASHI, R., MURAI, N. und FUJIWARA, K. 1966. „Teshio-gawa shôryûiki ni okeru sekisetsu chôsa (1961~1964),“ (Snow Survey of the small Basin of the Teshio River), Rep. 75th Meeting Jap. For. Soc., 542-544 (\*).
- [71] WAKABAYASHI, R., SAITO, S. und KUDO, T. 1966. „The Vegetation of the Avalanche-hazard Area in Teshio Experiment Forest of Hokkaido Univ.,“ Rep. Hokkaido Bra. Jap. For. Soc., **15**, 78-81 (\*\*).
- [72] WAKABAYASHI, R. und YAMAMURA, M. 1968. „A Feature of Snow Slab Avalanches in Hokkaido,“ Journ. Jap. Soc. Snow and Ice, **30**, 75-80 (\*\*).
- [73] WAKABAYASHI, R. und YAMAMURA, M. 1968. „Snow Avalanches of Hiyama, southern Hokkaido (1),“ Rep. Hokkaido Bra. Jap. For. Soc., 332-334 (\*\*).
- [74] WAKABAYASHI, R. YAMAMURA, M. und KUDO, T. 1967. „Nadare ni yoru rinchi hakai no ichi Kansatsurei,“ (An Observation of Forest Destruction by Snow Avalanche), Rep. 78th Meeting Jap. For. Soc., 332-334 (\*).
- [75] YAMAMURA, M. und SAITO, S. 1967. „Features of Trees on the Avalanche-hazard Area at

- Hiyama Exp. For. of Hokkaido Univ.*, "Rep. Hokkaido Bra. Jap. For. Soc.", 16, 136-140 (\*\*).
- [76] YOGO, M. 1960. „*Hokkaidô no yuki-nadare*,“ (Snow Avalanches of Hokkaido), Hoppo Ringyo, 130, 17-22 (\*).
- [77] YOSHINO, M. und SHIIBA, T. 1968. „*Jyumoku genkai fukin no jyuken to kikô jyôken*,“ (Stammform und klimatische Bedingung an Baumgrenz), Shinrin Ritchi, 2 (2), 1-5 (\*).

\*=Japanisch

\*\*=Japanisch mit englischer od. dt. Zusammenfassung

## 摘 要

### 北海道の林地におけるナダレの研究

これまで北海道にもたらされたナダレの被害は決して少なくない。しかし現地調査に危険を伴うため、ナダレ現象自体の解析は従来断片的にしか試みられず、大部分が未知の状態におかれていたといえよう。

この論文では、北海道の林地におけるナダレ跡の観察に基づいて、先ずナダレ運動過程の特長の分析とナダレの地形的分類とがなされた。さらに、ナダレによる林木の破壊的変形とその後の成長・分布の変化とが検討された結果、空間的・時間的・動力学的の三側面から林木がナダレの情報源として有効であることが論証された。また雪渓と林木の解析を適用することによって、調査者にとって安全性の高い夏季のナダレ調査方法が新たに開発された。

以下に順を追って論文の内容を記す。

1. 林木を一種のナダレ記録計としてナダレ情報収集に用いる方法は、従来の積雪期地上観察方法に比して、安全裡にかつ経済的に林地から多量のナダレ情報を獲得できる可能性がある。ひいては、力学理論によるナダレ予知の困難な今日、人工的ナダレ実験、空中写真や踏査による積雪期のナダレ観察などを補完してナダレの予測および対策に寄与することができると考えられる (1.1)。

2. ナダレは終速度運動の段階になると、高速度で空気流を伴う煙り型か、あるいは低速度で流水状に流下する流れ型の何れかの形態をとる。ナダレの衝撃力はほぼナダレ速度の二乗に比例するので、ナダレによる林地の破壊現象を解析する際には、段階・流下型・速度を大きく支配する地形要因(地形および植生)が先ず分析されなければならない。また、ナダレ発生 of 平面的時間的分布を解析する際には、更に林地の破壊・回復・再破壊という地形要因そのものの時間的変動を十分に考慮すべきである (1.2)。

3. 北海道の降雪量は地形要因に支配された型で分布しており、また地表の積雪分布も局地形・微地形にきわめて敏感に支配されている (2.1)。したがって積雪現象の一種であるナダレの分布も、地形要因と密接な関係がある。既往の資料を整理すると、北海道のナダレ地 (図-

4) は、低山(海岸と丘陵)および高山(山塊と独立峰)という大地形区分にしたがって分布している(2.2)。

4. 礼文島においては、海岸段丘における2冬季のナダレ観察によって、それぞれの冬季卓越風の風背斜面において、吹だまり雪に基づくナダレの発生していることが確認された。またラウス海岸の3冬季にわたるナダレ観察によって、ここでは暴風雪の最中あるいは直後に斜面上部のガリーに発生した表層ナダレが、斜面中部の崩積土地域で拡大発達していることも確認された(3.1)。

5. 天塩山地においては、丘陵における数冬季の観察によって、全層ナダレの発生日は気温の高い日あるいはその翌日の場合が多く、またナダレ発生期の遅速は局地的地形要因によって支配されていることが確認された。すなわち、厳冬初期には小起伏の多い南斜面の地すべり跡地にナダレが発生し、厳冬後期には縦断地形のコンベックスな南斜面に、融雪期には北斜面山脚部に、それぞれナダレの発生する傾向がみられる(3.2)。

6. 北海道の丘陵6カ所のナダレ跡における破断線付近のブロック状デブリ(図-21)の形態および雪質を解析した結果、北海道の低山の代表的なナダレである板状全層ナダレの始動段階の特徴が明らかになった。また、ヨーロッパにおいて多くみられる板状表層ナダレとの相違点についても論及した(4.1)。

7. 北海道の低山各地で観察されたナダレ破断線の形状は、地形と密接な関係がある。その典型的な例を4種類に体系づける(図-25)とともにまた雪庇とナダレ破断との関係をも4つの場合(図-28~31)に大別し、それぞれを写真に示した(4.2)。

8. ナダレ発生地の樹木について、叢生状に幹が根元から分岐する樹種(シナノキ・ミズナラ等)と単木状に成長する樹種(イタヤカエデ・ダケカンバ等)とがみられること、樹幹の谷側への著しい倒状、山側の枝条の欠落、樹幹山側の擦痕、根元の幹割れが多いこと、一般林地にくらべて成長が非常に劣っていること、などが確かめられた。さらに、全層ナダレ跡のササは融雪期に枯れており、ナダレの発生しなかった斜面と比較してみると、ササの成長が劣っていること(表-9)が明らかにされた(5.1)。

9. 天塩山地に発生した大規模の板状体崩壊を伴ったナダレ跡地の観察によって、融雪期の全層ナダレによる崩壊の形状、ダケカンバ林の被害、その後の上伸枝(倒れた幹から鉛直方向に萌芽成長する枝)を伴った林木の回復経過などが明らかにされた(5.2)。

10. 高度および積雪深によってその分布範囲の限定されているハイマツは、高山のナダレ発生地推定の際に、重要な位置的情報をもたらすことを論じた。

また、北海道の主要広葉樹は、著者らの実験によれば、(1)たわみやすい樹種(バッコヤナギ・シナノキ・イタヤカエデ)、(2)たわみにくい樹種(シウリザクラ・アサダ・アズキナジ)、(3)それらの中間の樹種(ナナカマド・ミズナラ・ダケカンバ)に大別される。それらとナダレ常習地の優占樹種とを比較照合した結果、「たわみやすい」あるいは「中間」に属する樹種の存

在と匍伏樹形との組合わせが、ナダレ常習地の位置的情報をもたらすことを論証した (6.1)。

11. 樹幹の異常な傾きは、その異常部位の木口において、広葉樹では傾斜の上方に肥大する偏心成長として、針葉樹では傾斜の下方に肥大する偏心成長として、それぞれ現われる。また樹幹が損傷した部位ではカサの形成によって側方への偏心成長が優先する。したがって上伸枝の年輪数と樹幹の異常形態を呈している部位の偏心成長との解析とによって、既往のナダレ発生年およびそのナダレによる樹木損傷の内容を知ることができる (6.2)。

12. ナダレ破壊に関する力学的情報は、林木の根返り・根元折れ・幹折れ・樹冠部の折れなど破壊部位の高さと、曲げ破壊型・せん断破壊型などの折れ口の形態とによって、得ることができる (6.3)。

13. 林木と雪渓とを利用した非積雪期のナダレ調査項目の表-13を作り、それにしたがって冬季調査の困難な日高山地札内川上流および羊蹄山麓の沢ガリー（何れも高山）を夏季に調査した。その結果、この方法によってナダレの分布・流動形態・規模に関する情報が十分に得られることが確かめられた。

さらに、階段状上伸枝 (図-42)、S字型幹折れ、古い擦痕部の幹折れ、などの複雑な形態の樹木の年輪解析によって推定された既往の2,3のナダレ発生年と最深積雪の大きい年とが両調査地において合致していることが確かめられ、林木によるナダレの情報が特に時間的情報としての面ですぐれていることが明らかにされた (7.1~7.3)。