



BFW-BERICHTE **132/2004**
Bundesamt und Forschungszentrum für Wald

Untersuchungen zum Schneegleiten in einem Lärchenwald nahe der Waldgrenze

Investigations on Snow Gliding in a Larch Stand Near the Timberline

P. HÖLLER

FDK 116.12:174.7:228.1:(436)



BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT
UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT

lebensministerium.at

Titeländerung:

FBVA-Berichte (Schriftenreihe der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien) wird fortgesetzt als BFW-Berichte (Schriftenreihe des Bundesamtes und Forschungszentrums für Wald)

Der neue Serientitel wird mit der Nummer 127/2002 fortgesetzt. Die Titeländerung erfolgt aufgrund der Namensänderung der Institution mit dem 1. Juni 2002

Change of title:

FBVA-Berichte (Schriftenreihe der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien) is continued as: BFW-Berichte (Schriftenreihe des Bundesamtes und Forschungszentrums für Wald).

The new title is therefore issued with number 127/2002 and is the consequence of the change of name of the organization as of June 1st 2002

Empfohlene Zitierung:

Untersuchungen zum Schneegleiten in einem Lärchenwald nahe der Waldgrenze /
P. Höller / BFW-Berichte; Schriftenreihe des Bundesamtes und Forschungszentrums
für Wald, Wien, 2004, Nr. 132, 26 S.

ISSN 1013-0713

Copyright 2004 by

Bundesamt und Forschungszentrum für Wald

Für den Inhalt verantwortlich:

Dienststellenleiter Dipl.-Ing. Dr. Harald Mauser

Herstellung und Druck:

Bundesamt und Forschungszentrum für Wald

Seckendorff-Gudent Weg 8

A-1131 Wien

URL: <http://bfw.ac.at>

Bestellungen und Tauschverkehr:

Bundesamt und Forschungszentrum für Wald

Bibliothek

Seckendorff-Gudent Weg 8

A-1131 Wien

Tel. + 43-1-878 38 1216

Fax. + 43-1-878 38 1250

E-mail: gudrun.schmidberger@bfw.gv.at

Online Bestellungen: http://bfw.ac.at/db/bibliothek_publikationen.bestellung

Nachdruck mit Quellenangabe gestattet

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	1
Abstract.....	1
1. Einleitung und Aufgabenstellung.....	1
2. Methodik	4
2.1. Untersuchungsgebiet	4
2.2. Messungen	7
2.3. Auswertungen.....	8
2.3.1. Statistische Tests.....	8
2.3.2. Berechnung von Gleitbewegungen.....	9
3. Ergebnisse und Diskussion.....	9
3.1. Temperaturverhältnisse	9
3.2. Schneegleiten	10
3.3. Statistische Analyse.....	12
3.3.1. Einfluss der Temperatur auf das Schneegleiten	12
3.3.2. Einfluss des Bestandes auf das Schneegleiten	14
3.3.3. Extremwertanalyse zur Bestimmung der maximal möglichen Gleitraten	16
3.4. Berechnung der Gleitraten nach McClung	18
3.4.1. Annahme der Parameter	18
3.4.2. Gegenüberstellung	19
3.5. Bestimmung von Gleitfaktoren.....	19
3.6. Umlegung der Erkenntnisse auf andere Gebiete	22
4. Schlussfolgerungen	24
4.1. Schutzmaßnahmen.....	24
4.2. Prioritätenreihung der Standorte für Schutzmaßnahmen	25
5. Literaturverzeichnis.....	25

Untersuchungen zum Schneegleiten in einem Lärchenwald nahe der Waldgrenze

P. HÖLLER

Institut für Naturgefahren und Waldgrenzregionen, Bundesamt und Forschungszentrum für Wald, Wien

Kurzfassung. Ziel der Arbeit war es, das Schneegleiten im Bereich südexponierter Lärchenwälder einer genauen Analyse zu unterziehen. Die dazu erforderlichen meteorologischen und nivologischen Messungen wurden in den Jahren 1992 - 2000 in der Nähe der Kaserstattalm (Gemeinde Neustift im Stubaital) im Bereich eines nach Süden exponierten Lärchenwaldes (ca. 1900 m) durchgeführt. An drei markanten Punkten (Bestand, Lücke, Freifläche) wurden Messungen der Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit, Globalstrahlung und Strahlungsbilanz durchgeführt. An fünf weiteren Standorten wurden Schneegleitbewegungen registriert.

Es zeigte sich, dass die Gleitbewegungen umso geringer sind, je dichter der Bestand ist. Insgesamt traten in Gebieten mit homogenen Neigungs- und Expositionenverhältnissen höhere Gleitraten auf.

1. Lärchen(wiesen)wälder an der Waldgrenze mit ihren zum Teil ausgedehnten Lücken und Blößen können grundsätzlich als Gleitschneezonen angesehen werden.
2. Deutlich intensiver ist das Schneegleiten in Lücken mit einer Ausdehnung von zumindestens 50 bis 60 m², sofern eine Hangneigung von zumindestens 30° gegeben ist.
3. Auch innerhalb von lichten Lärchenbeständen sind Gleitbewegungen - wenngleich deutlich geringer als in Lücken und Blößen - möglich; diese erfordern aber keine Gleitschutzbauten.
4. Flächen mit Jungwuchs (Höhe 30 - 50 cm) verringern das Schneegleiten deutlich.

Schlüsselworte: Lawinen, Schneegleiten, Gebirgswälder

Abstract. [Investigations on snow gliding in a larch stand near the timberline.] The purpose of this study was to analyse the phenomenon of snow gliding in larch stands of the Central Alps with special regard to south-facing forests. The investigations were carried out in the years 1992 - 2000; the main study area was near to the Kaserstattalm (Gemeinde Neustift in the Stubaital) at an altitude of about 1900 m. The relevant meteorological and nivological measurements (air temperature, humidity, wind speed, short wave radiation and radiation balance) were carried out on three characteristic zones (forest, forest clearing, open slope); glide rates were measured on altogether 8 sites.

It was found that snow gliding is strongly dependent on the structure of the forest; the more denser the forest the lower the glide rates. The results can be summarized as follows:

1. In principle, larch forests near the timberline are prone to snow gliding and glide avalanches.
2. A significant increase of glide rates can be seen in clearings with a size of at least 50 to 60 m², with the inclination of the slope being at least 30°.
3. Snow gliding is possible also within larch stands, although glide rates are relatively small below trees.
4. Young trees (height of about 30 to 50 cm) lead to a decrease of glide rates.

Keywords: Avalanches, Snow gliding, Mountain forests

1. Einleitung und Aufgabenstellung

Schneegleiten ist aus mehreren Gründen von Bedeutung: Zum einen können starke Gleitbewegungen zu Bodenschurf und Erosion (Ausbildung von Blaiken) beitragen. Auswirkungen auf Hochlagenauflastungen sind ein weiterer negativer Einflussfaktor, weil junge Pflanzen durch länger andauerndes

Schneegleiten aus dem Boden gerissen werden. Schließlich können Gleitschneelawinen durch hohe Gleitraten begünstigt werden. In dieser Arbeit soll vor allem das Gleiten und seine Auswirkungen innerhalb des Gebirgswaldes beleuchtet werden.

Die Erforschung des Schneegleitens setzte bereits in den 50er und 60er Jahren ein. Damals erkannte man, dass starke Gleitbewegungen Auflastungen beeinträchtigen und zum Ausfall der Jungpflanzen

führen können. Man konzentrierte die Arbeit deshalb darauf, Maßnahmen zu entwickeln, mit denen Aufforstungen vor hohen Gleitraten geschützt werden können. Forschungsschwerpunkte waren dem Thema Lawinenschutz und Hochlagenaufforstung gewidmet (IN DER GAND 1968 a,b).

Mitte der 80er Jahre wurde den Schneegleitbewegungen wieder mehr Interesse zuteil, nachdem festgestellt wurde, dass das Schneegleiten auch zu sogenannten Gleitschneelawinen führen kann. LACKINGER (1986, 1988) hat verschiedene Gleitschneelawinen im Raum Innsbruck untersucht und fand örtlich fast identische Risszonen und Gleitschneelawinen in verschiedenen Jahren.

In Japan hat ENDO (1983) den Schneegleitprozess als Auslösemechanismus für Lawinen auf einem mit Bambus-Sträuchern bedeckten Hang untersucht. MCCLUNG et al. (1994) haben in Kanada das Schneegleiten auf steilen Felshängen erforscht. Die Autoren stellten stark fluktuierende Gleitgeschwindigkeitswerte im Fühwinter und Frühling fest. Allerdings konnte nicht geklärt werden, ob die Gleitraten während des Tages größer sind als während der Nacht. NEWESELY et al. (2000) beschäftigten sich mit den Auswirkungen des Auflassens von Alm- und Weideflächen auf das Schneegleiten. Sie zeigten, dass die Gleitraten auf bewirtschafteten Flächen geringer sind als im Bereich nicht bewirtschafteter Gebiete.

Untersuchungen zum Schneegleiten innerhalb des Gebirgswaldes wurden bisher nicht durchgeführt, da man grundsätzlich davon ausging, dass Schneegleitbewegungen im Wald gehemmt sind. Beobachtungen haben aber gezeigt, dass insbesondere auf Südhängen stockende Wälder mit hohem Lärchenanteil das Schneegleiten begünstigen. Erhöhtes Schneegleiten kann auch Auslöser für Gleitschneelawinen sein, das offenbar in lichten Lärchenbeständen nicht gebremst wird. Die Abbildungen 1 und 2 dokumentieren typische Schneegleitbewegungen in einem Lärchenwald oberhalb von Neustift im Stubaital; sie zeigen auch, dass derartige Waldflächen einen unzureichenden Schutz vor Lawinen bieten.

Die Abbildungen 3, 4 und 5 - sie entstanden in Ost/West verlaufenden Tälern wie dem Sellraintal und dem Ventertal - geben einen Eindruck über das Waldbild auf verschiedenen Expositionen. Während man im Bereich der Nordhanglagen geschlossene Bestände vorfindet, sind auf den nach Süden ausgerichteten Hängen ausgedehnte Lücken und Blößen festzustellen. Diese gehen auf die ausgeprägte land-



*Abb. 1:
Schneegleiten in einem Lärchenbestand (Überschirmung 75 %) auf der Versuchsfläche Kaserstattalm;
Datum der Aufnahme: 16.12.92.*



*Abb. 2:
Gleitschneerutsch in einer 20 x 30 m großen Blöße (umgebender Bestand Lärche) auf der Versuchsfläche Kaserstattalm, ausgelöst durch Schneegleiten;
Datum der Aufnahme: 16.12.92.*

wirtschaftliche Nutzung und Bewirtschaftung (Beweidung, Mähwiesen) zurück, wobei durch die Förderung der Lärche neben den Lärchenwiesen (geringer Beschirmungsgrad) lichte Fichtenbestände mit hohem Anteil an Lärchen entstanden sind.

Lückige Lärchenbestände können die Entstehung von Lawinen, insbesondere von Nassschneelawinen (Gleitschneelawinen), begünstigen. So ist z.B. eine nasse Bodenlawine im Gemeindegebiet von Neustift im Stubaital im März 1970 aus den flachen Bergwiesen und schütteten Lärchenwäldern westlich unterhalb der Kaserstattalm angebrochen und bis in den Siedlungsraum vorgedrungen. Verantwortlich dafür dürfte nicht nur das sonnige und warme Wetter (Föhn), sondern auch die schüttete Struktur des Lärchenwaldes gewesen sein.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die Ursachen von Schneegleitbewegungen im Bereich südexponierter Lärchenwälder zu untersuchen.

Folgende Fragen sollen beantwortet werden:

1. Welche meteorologischen und nivologischen Parameter beeinflussen das Schneegleiten in lichten Lärchenwäldern auf südexponierten Lagen?
2. In welchem Ausmaß beeinflussen Bestandesparameter (Beschirmungsgrad, Lückengröße) das Schneegleiten?
3. Welche Auswirkungen hat das Schneegleiten auf die Lawinenbildung im Gebirgswald?
4. In welchen Fällen sind Schutzmaßnahmen zu setzen?



Abb. 3: Bestände an den südexponierten Hängen von St. Sigmund im Sellraintal.



Abb. 4: Bestände an den nordexponierten Hängen von St. Sigmund im Sellraintal.

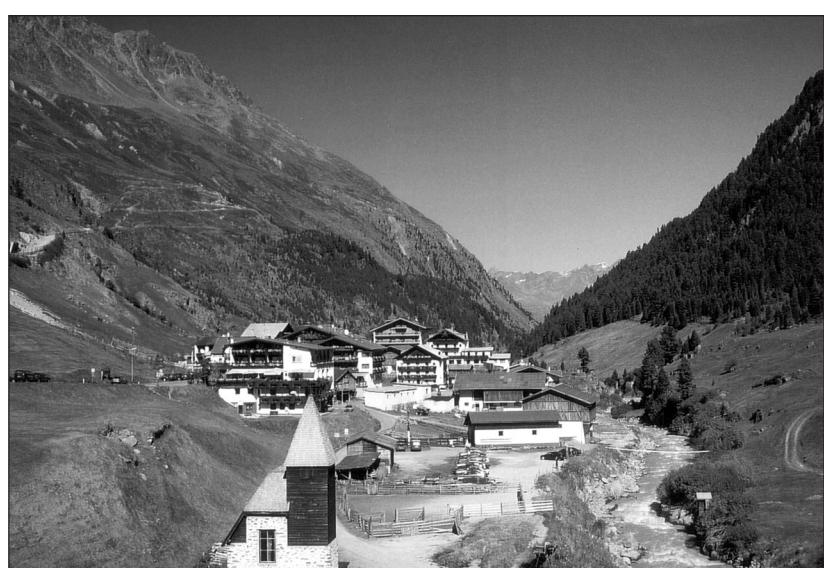


Abb. 5: Bestände im Ventertal (links: südexponiert, rechts: nordexponiert).

2. Methodik

2.1. Untersuchungsgebiet

Zur Untersuchung des Schneegleitens innerhalb südexponierter Waldbestände wurde das Gebiet der Kaserstattalm (Stubaital) ausgewählt. Die Versuchsfläche (Koordinaten: 47°08'N, 11°18'E) befindet sich oberhalb von Neustift im Stubaital (inneralpin) in einer Seehöhe von 1900 m. Das Gebiet ist S - bis SW exponiert. Die Hangneigung beträgt 30° bis 32°, die Flächen sind gleichmäßig geneigt und weisen eine geringe Bodenrauhigkeit auf (Höhe der

Hindernisse 0 bis maximal 0,1 m). Die Lage der Versuchsfläche ist aus den Abbildungen 6 und 7 ersichtlich.

Die Versuchsfläche ist aufgrund der Exposition, Hangneigung und Bodenrauhigkeit prädestiniert für Schneegleitbewegungen und Gleitschneelawinen (dokumentiert u.a. durch das im Kapitel 1 erwähnte Beispiel aus dem Jahre 1970).

Auf der Versuchsfläche wurden 10 typische Messstellen eingerichtet, die in Tabelle 1 beschrieben sind. Hierbei wurden auch Arbeiten von GUFLER (1997) und BITTERLICH (1997) einbezogen (Vegetation). Die Lage der Messstellen ist aus den Abbildungen 8 und 9 ersichtlich.

Abb. 6: Lage der Versuchsfläche Kaserstattalm (Kreis).

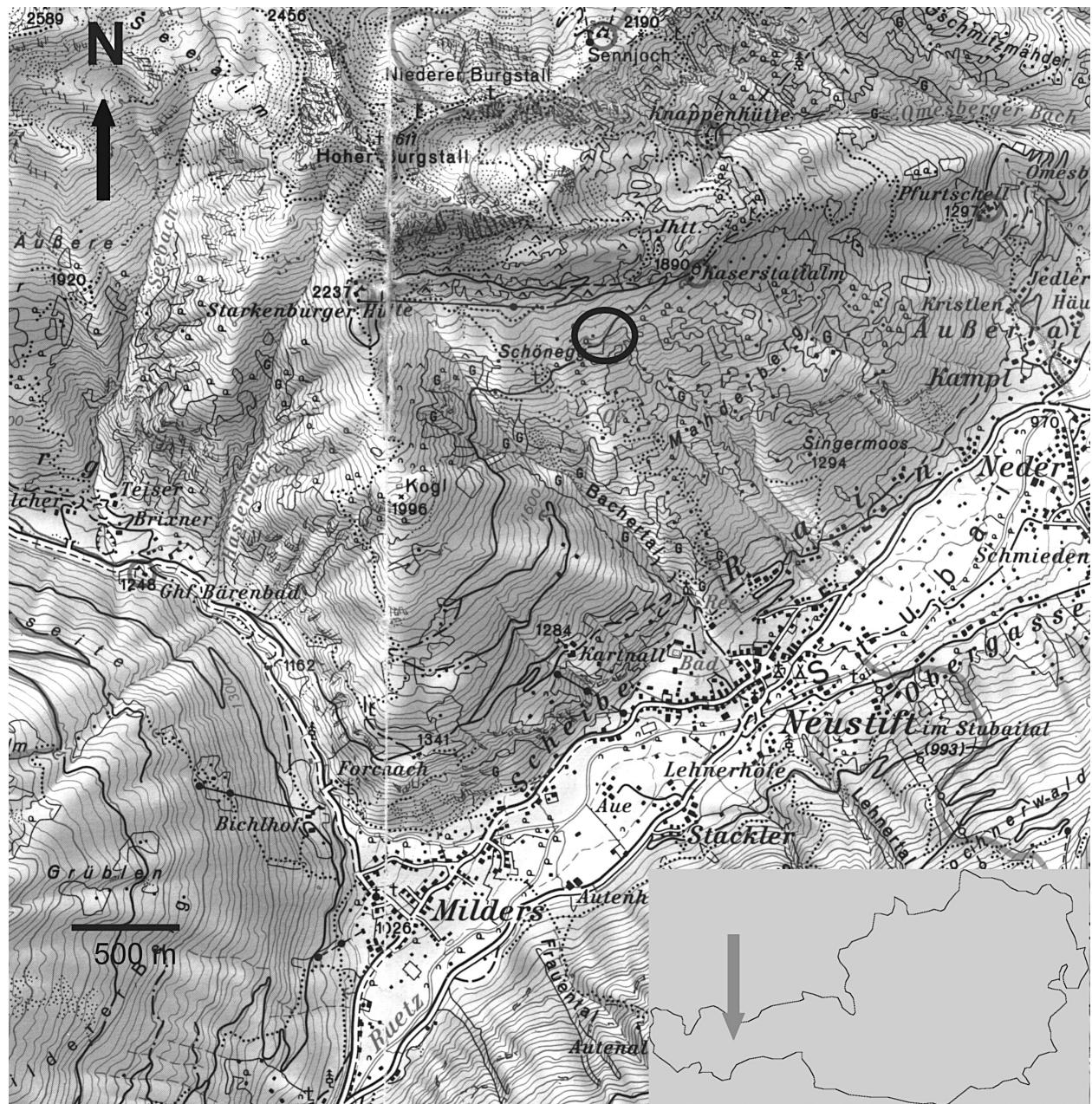
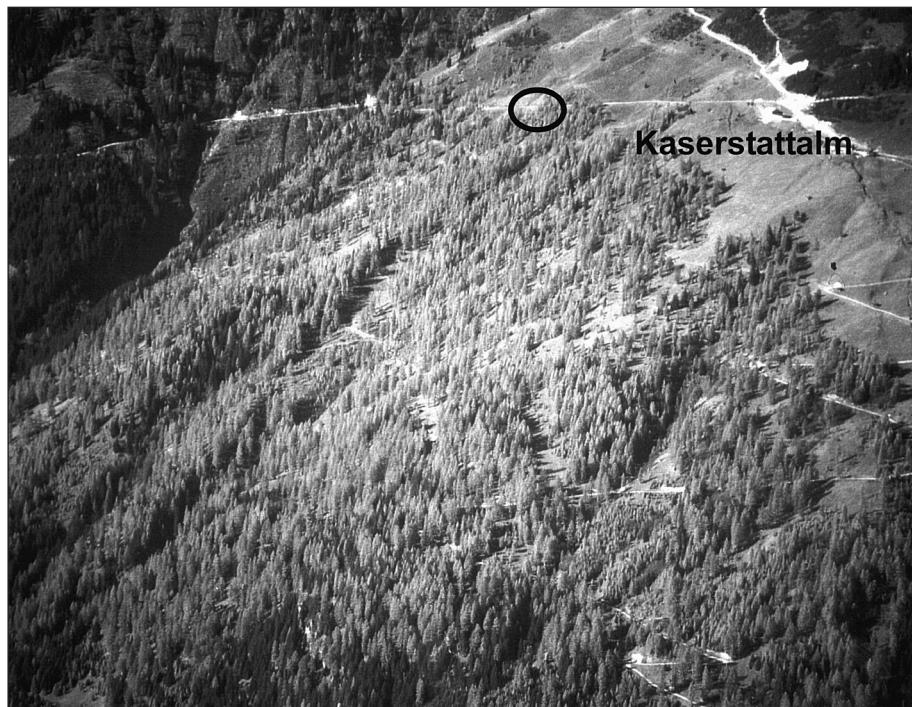


Abb.7:

Lärchen(wiesen)wälder oberhalb von Neustift im Stubaital; die Versuchsfläche befindet sich im Bereich der Waldgrenze in der Mitte des oberen Bildteiles und ist mit einem Kreis markiert.



Tab. 1: Beschreibung der Messstellen im Bereich der Versuchsfläche Kaserstattalm.

Mess-stelle	Bezeichnung	See-höhe	Nei-gung	Expo-sition	Lage	Vegetation (Deckungsgrad)
1a	Basismessstelle	1900 m	25°	S	freie Fläche	nicht erhoben
1b	Basismessstelle	1890 m	30°	S	freie Fläche	nicht erhoben
1	Freifläche	1880 m	30°	SSE	freie Fläche	60% Gräser 33% Kräuter 7% Zwergsträucher
2	lockerer Lärchenwald	1875 m	30°	SSW	Lärchenwald mit Lücken im Kronendach	55% Gräser 30% Kräuter 15% Zwergsträucher
2a	Lücke	1885 m	25°	SSE	Lücke 3,5 x 7 m	50% Gräser 35% Kräuter 15% Zwergsträucher
3	Lärchenwald	1870 m	30°	S	Lärchenwald	60% Gräser 37% Kräuter 20% Zwergsträucher
3a	Lärchenwald	1875 m	30°	SSW	Lärchenwald	54% Gräser 44% Kräuter 2% Zwergsträucher
6	Lücke	1870 m	30°	SSE	Lücke 6 x 6 m	60% Gräser 39% Kräuter 1% Zwergsträucher
7	Blöße - Rand	1875 m	30°	SSE	Blöße 20 x 30 m (Rand)	42% Gräser 40% Kräuter 18% Zwergsträucher
8	Blöße - Mitte	1870 m	30°	SSE	Blöße 20 x 30 m (Mitte)	60% Gräser 36% Kräuter 1% Zwergsträucher

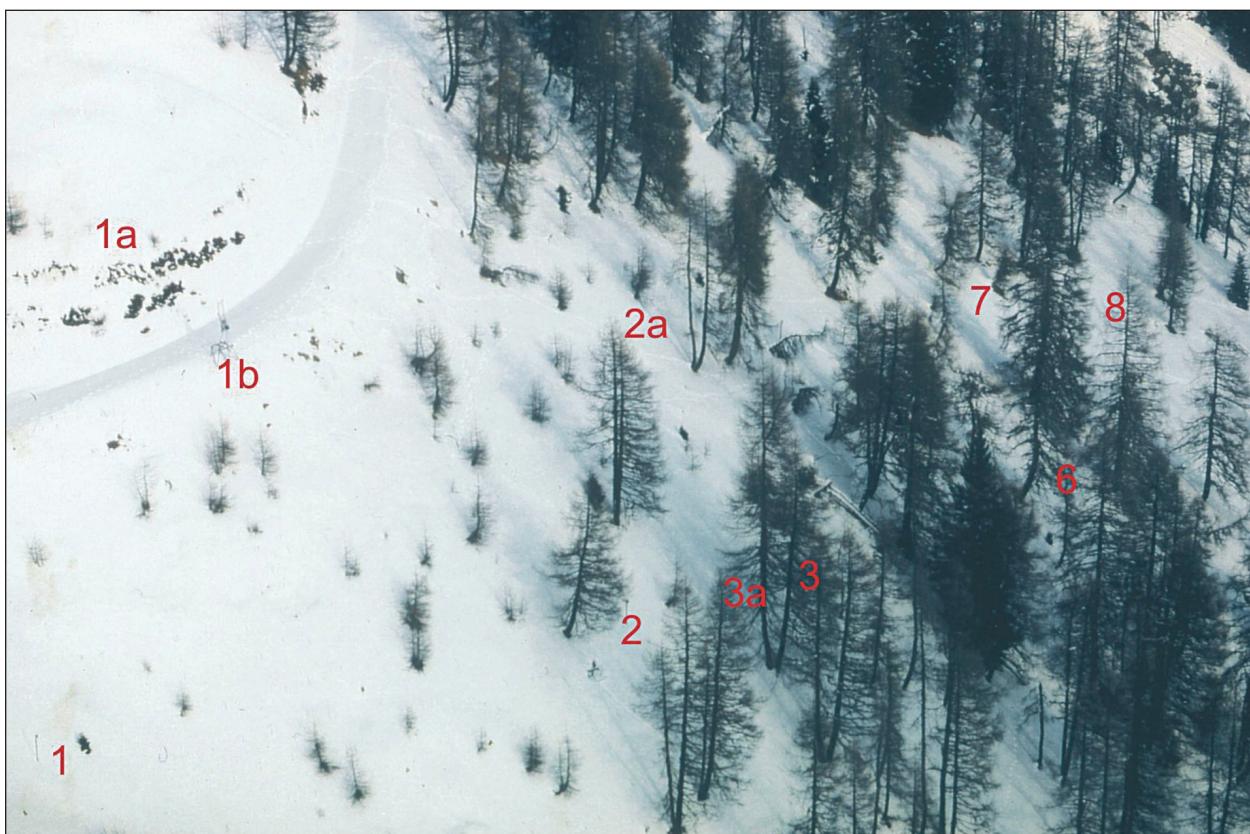
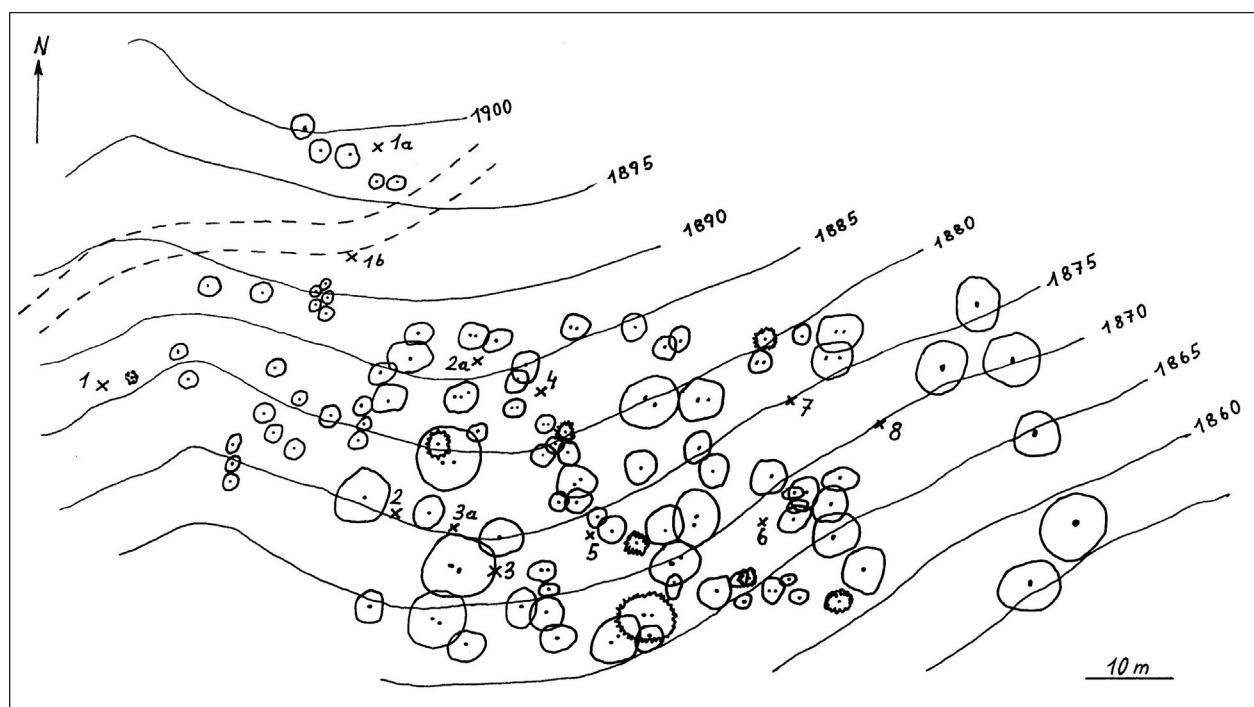


Abb. 8:
Detailaufnahme der Versuchsfläche. Die Ziffern bezeichnen die einzelnen Messstellen; der Grundriss der Versuchsfläche ist in Abbildung 9 dargestellt.

Abb. 9:
Grundriss der Versuchsfläche (ZWERGER 1996). Die Ziffern bezeichnen die einzelnen Messstellen, eine Beschreibung derselben findet sich in Tabelle 1.



2.2. Messungen

Tabelle 2 gibt einen Überblick über die meteorologischen und nivologischen Messungen an den 10 Messstellen in den Versuchszeiträumen 92/93 bis

99/00. Tabelle 3 gibt einen Überblick über die eingesetzten Messgeräte.

Die Speicherung der Messgrößen erfolgte mit drei Dataloggern. Die Speicherkapazität der Logger lag zwischen 42 kB und 170 kB, das Aufzeichnungsinter-

Tab. 2: Übersicht über die an den einzelnen Messstellen durchgeführten Messungen.

Messstelle	meteorologische Messungen	nivologische Messungen	Versuchszeitraum
1a	Strahlungsbilanz reflektierte Strahlung Windgeschwindigkeit	Schneehöhe Schneetemperatur Oberflächentemperatur	Winterhalbjahr 92/93 Winterhalbjahre 94/95 - 99/00
1b	Lufttemperatur Luftfeuchtigkeit Globalstrahlung Windgeschwindigkeit	Bodentemperatur	Winterhalbjahr 92/93 Winterhalbjahre 94/95 - 99/00
1		Schneegleiten	Winterhalbjahr 92/93 Winterhalbjahre 94/95 - 99/00
2		Schneegleiten	Winterhalbjahr 92/93 Winterhalbjahre 94/95 - 99/00
2a	Lufttemperatur Luftfeuchtigkeit Globalstrahlung Strahlungsbilanz Windgeschwindigkeit		Winterhalbjahr 92/93 Winterhalbjahre 94/95 - 99/00
3		Schneegleiten	Winterhalbjahr 92/93 Winterhalbjahre 94/95 - 99/00
3a	Lufttemperatur Luftfeuchtigkeit Globalstrahlung Strahlungsbilanz Windgeschwindigkeit		Winterhalbjahr 92/93 Winterhalbjahre 94/95 - 99/00
6		Schneegleiten	Winterhalbjahr 92/93 Winterhalbjahre 94/95 - 99/00
7		Schneegleiten	Winterhalbjahr 92/93 Winterhalbjahre 94/95 - 99/00
8		Schneegleiten	Winterhalbjahr 92/93 Winterhalbjahre 94/95 - 99/00

Tab. 3: Eingesetzte Messgeräte und Messparameter

	Messprinzip/Gerät	Firma	Type	Messbereich
Lufttemperatur	Thermistor	Vaisala	HMP 31	- 40°C bis +115°C
relative Luftfeuchtigkeit	kapazitiver Sensor	Vaisala	HMP 31	0 bis 100%
Windgeschwindigkeit	Anemometer		Eigenbau BFW	
Globalstrahlung	Pyranometer	Sky	SKS 1110	0,3 µm bis 1,1 µm
Strahlungsbilanz	Strahlungsbilanzmesser	Schenk	8110	0,3 µm bis 60 µm
Schneehöhe	Ultraschall	Campbell	CSMAL 01	0 cm bis 1000 cm
Schneeoberflächentemperatur	Infarotthermometer	Testoterm	pyroterm 55	-30°C bis +150°C
Schnee- Bodentemperatur	Pt 100	Joens	nach Auftrag	-60°C bis +400°C
Schneegleiten	Gleitschuhe		gebaut nach Angaben von In der Gant, 1954	

vall betrug 15 min; es war somit eine kontinuierliche Aufzeichnung von Daten über einen längeren Zeitraum möglich. Das Auslesen erfolgte mit Hilfe eines tragbaren PC. Zur Vermeidung allfälliger größerer Datenverluste wurde ein Ausleseintervall von zwei Wochen gewählt. Die Energieversorgung wurde mit Solarstrom und Pufferbatterien bewerkstelligt.

Die Kontrolle der Messungen wurde nach folgenden Gesichtspunkten durchgeführt:

Die Lufttemperatur wurde kontrolliert, indem Werte im Bereich der Freifläche von zwei unabhängigen Sensoren und von zwei verschiedenen Datenloggern gemessen wurden. Die Werte im Bereich der anderen Standorte (Lücke, Bestand) wurden mit jenen auf der Freifläche verglichen. So konnte festgestellt werden, ob ein ähnlicher Verlauf vorlag.

Die Überprüfung der **Schneeoberflächentemperatur** erfolgte dadurch, dass periodisch (in Zeiträumen, in denen keine Niederschläge zu erwarten waren) zusätzliche Fühler auf die Schneeoberfläche ausgelegt wurden. Damit war es möglich, die mit dem IR-Thermometer gemessenen Werte zumindest während der Nachtstunden zu überprüfen und allfällige Fehlmessungen zu erkennen.

Außerdem wurden die T_s -Werte auf der Basis des Stefan-Boltzmann Gesetzes berechnet:

$$T_s = (I_{\uparrow} / \varepsilon_s \sigma)^{0.25} \quad (1)$$

T_s	Oberflächentemperatur des Schnees [°K]
I_{\uparrow}	Ausstrahlung von der Schneedecke [W m^{-2}]
ε_s	Emissionsgrad des Schnees [0,82 - 0,99]
σ	Stefan-Boltzmann Konstante [$5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2}$]

Da auch die einzelnen Strahlungskomponenten gemessen wurden, war es möglich, die Oberflächentemperatur zu berechnen und so die Messwerte zu kontrollieren.

Die **Schneetemperaturen** wurden durch den Vergleich mit den angrenzenden Temperaturwerten des Gesamtprofils (Messfühler alle 20 cm angeordnet) überprüft. Da die Temperatur in der Schneedecke mit zunehmender Tiefe höher und ihr Verlauf gleichmäßiger (kein Tagesgang) wird, kann man relativ einfach eruieren, wenn ein Messfühler unplausible Werte liefert.

Die Überprüfung der Korrektheit von **Strahlungsmessungen** erfolgte mit den ebenfalls auf der Freifläche gemessenen Werten der reflektierten Strahlung. Da ein nach unten ausgerichtetes Pyranometer kaum mit Neuschnee bedeckt werden kann, ist die Messung der Reflexionsstrahlung über den ganzen Winter nahezu ungestört möglich. Geht man davon aus, dass die Schneedecke 80-95 % der ein-

fallenden Strahlung reflektiert, kann mit Hilfe der Reflexionsstrahlung die von oben eintreffende Sonnenstrahlung bestimmt werden (GUBLER, 1997). Multipliziert man die Globalstrahlungswerte mit dem Faktor von 1,05-1,25 (Kehrwert von 80-95 %), sollte sich ungefähr der Wert der gemessenen Reflexionsstrahlung ergeben.

Die Überprüfung der automatisch registrierten **Schneegleitdaten** erfolgte, indem vor und nach Beginn der Winterperiode die Lage der Schuhe mit einem Maßband vermessen wurde. Die Differenz dieser Messungen ergibt den Gesamtgleitweg und muss somit dem Endstand der jeweiligen Registrierung am Logger entsprechen.

2.3. Auswertungen

2.3.1. Statistische Tests

Die statistischen Tests wurden mit Hilfe des Programmpaketes STATISTICA durchgeführt.

Zunächst erfolgte eine Prüfung auf Normalverteilung der Schneegleitdaten.

Da eine solche nicht gegeben war, wurden für die weiteren Tests nichtparametrische Verfahren angewendet. So wurde der Einfluss der Luft-, Schnee- und Bodentemperatur auf das Schneegleiten mit dem Rangkorrelationskoeffizient Kendall's τ geprüft. In die Berechnung flossen nur Perioden der Winterhalbjahre 92/93, 94/95, 96/97, 98/99 und 99/00 ein, weil in diesen eine durchgehende Schneedecke vorhanden war. Die längsten durchgehenden und verwertbaren Perioden stehen jedenfalls für die Jahre 99/00 (13.12.99 bis 14.4.00), 98/99 (28.1.99 bis 31.3.99) sowie 94/95 (1.1.95 bis 13.3.95) zur Verfügung. In den Jahren 92/93 (20.2.93 bis 17.3.93) und 96/97 (19.12.96 bis 15.1.97) waren sie deutlich kürzer.

Die Überprüfung, ob die Gleitraten an den Messstellen signifikant unterschiedlich sind, erfolgte mit einer Analyse von Kontingenztafeln. Dabei werden die Gleitraten in Klassen eingeteilt und die Häufigkeit in den einzelnen Klassen getestet. Mit dem χ^2 -Test wird dann geprüft, ob eine Gleichverteilung vorliegt.

Zur Beurteilung der extrem möglichen Gleitraten (für die Frage der Lawinenbildung von Bedeutung) wurden die gemessenen maximalen Gleitraten als Grundlage für eine Extremwertanalyse (GUMBEL, 1958) benutzt. Dabei wurde unter Berücksichtigung der maximalen Gleitraten aller 7 Jahre für jede Messstelle eine entsprechende Gleichung berechnet. Die Berechnungen wurden für drei verschiedene

Wiederkehrswahrscheinlichkeiten (100, 150 und 300 Jahre) durchgeführt.

Zur Bestimmung der Korrelationen zwischen gemessenen und gerechneten Gleitraten wurde der Rangkorrelationskoeffizient nach SPEARMAN herangezogen.

2.3.2. Berechnung von Gleitbewegungen

Theorien zum Phänomen des Schneegleitens wurden von HAEFELI (1939), IN DER GAND und ZUPANCIC (1966), SALM (1977), LACKINGER (1986) sowie von MCCLUNG (1974, 1981, 1994) entwickelt.

IN DER GAND und ZUPANCIC (1966) gehen dabei von einem additiven Zusammenwirken der trockenen und viskosen Reibung aus. Für den gesamten Scherwiderstand (τ) ergibt sich somit folgende Gleichung:

$$\tau = H \cdot \rho \cdot g \cdot \mu \cdot \cos \psi + \eta_L \cdot v / \delta \quad (2)$$

woraus sich die Gleitgeschwindigkeit v ermitteln lässt:

$$v = (\delta / \eta_L) H \cdot \rho \cdot g (\sin \psi - \mu \cos \psi) \quad (3)$$

τ	Scherwiderstand
H	Mächtigkeit der Schneedecke [m]
ρ	Dichte des Schnees [kg m^{-3}]
g	Erdbeschleunigung [m s^{-2}]
μ	Gleitreibungskoeffizient
ψ	Hangneigung [$^\circ$]
η_L	Viskosität der Schmierschicht [Pa.s]
v	Gleitgeschwindigkeit [m s^{-1}]
δ	Stärke der Grenzschicht [m]

MCCLUNG (1974, 1981, 1994) beschreibt den Scherwiderstand mit folgender Formel:

$$\tau = v \cdot \eta_s / D \quad (4)$$

bzw. unter Einbeziehung der Poisson Zahl (v):

$$\tau = 1/[2(1 - v)] v \cdot \eta_s / D \quad (5)$$

woraus sich die Gleitgeschwindigkeit v ableiten lässt:

$$v = H \cdot \rho \cdot g \cdot \sin \psi [2(1 - v)] D \cdot 1/\eta_s \quad (6)$$

τ	Scherwiderstand
v	Gleitgeschwindigkeit [m s^{-1}]
η_s	Scherviskosität [Pa.s]
D	Stagnationstiefe [m]; die Stagnationstiefe ist die Distanz von der Bodenoberfläche zu jenem Punkt wo sich die (in Fortsetzung unter der Bodenoberfläche gedachte) Linie des Kriechprofils mit der z-Achse schneidet. D hängt vor allem von der Geländetopographie ab.
v	Poisson Zahl
H	Mächtigkeit der Schneedecke [m]
ρ	Dichte des Schnees [kg m^{-3}]
g	Erdbeschleunigung [m s^{-2}]
ψ	Hangneigung [$^\circ$]

Der Einfluss des Waldes auf das Gleiten kann in einer ersten Annahme durch Einführung eines konstanten Scherwiderstandes (τ_0) Berücksichtigung finden, wodurch die Gleitgeschwindigkeit reduziert wird (MCCLUNG, 1974).

3. Ergebnisse und Diskussion

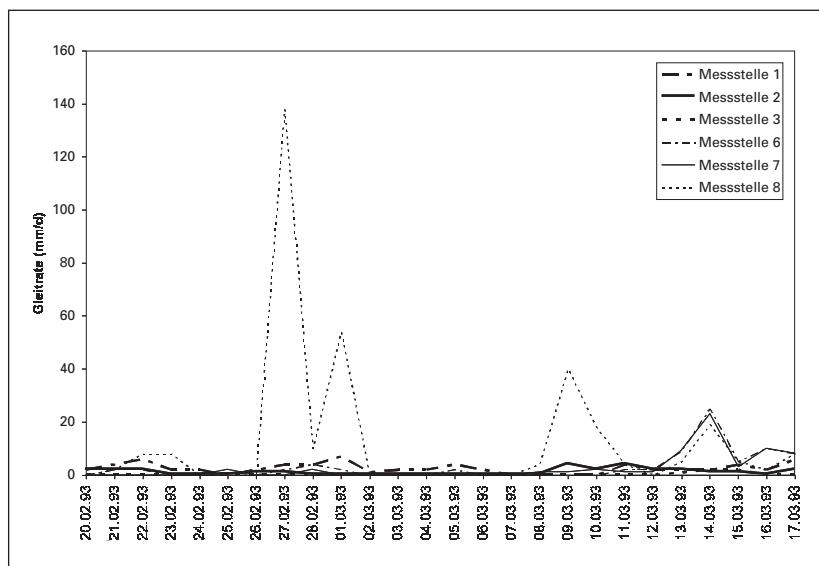
3.1. Temperaturverhältnisse

Wie Tabelle 4 zeigt, waren die kältesten Monate (Mittel unter -5°C) der Jänner 95, der Februar 96, sowie der Februar 99. Die wärmsten Monate (Mittel über 0°C) waren der März 97 und der Februar 98.

Tab. 4:
Mittlere Lufttemperatur (in $^\circ\text{C}$) in den Monaten Jänner bis März der Jahre 1993, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999 und 2000 im Bereich der Messstellen 1b (Freifläche), 2a (Lücke) und 3a (Lärchenwald).

Jahr	Monat	Freifläche	Lücke	Bestand
1993	Jänner	-0,7	-0,7	-1,0
	Februar	-2,4	-2,5	-2,9
	März	-2,6	-2,7	-3,0
1995	Jänner	-5,7	-5,9	
	Februar	-0,7	-0,9	
	März	-3,5	-3,5	-4,0
1996	Jänner	-0,5	-0,6	-0,9
	Februar	-5,9	-6,0	-6,3
	März	-3,6	-3,7	-4,0
1997	Jänner	0,0	-0,3	-0,5
	Februar	-0,7	-0,9	-1,1
	März	0,8	0,8	0,5
1998	Jänner	-2,0	-2,3	-2,5
	Februar	1,4	1,1	0,9
	März	-2,2	-2,3	-2,7
1999	Jänner	-1,9	-2,2	-2,3
	Februar	-6,5	-6,6	-7,0
	März	-0,7	-1,0	-1,2
2000	Jänner	-4,2	-4,7	-4,7
	Februar	-2,5	-3,1	-2,9
	März	-1,0	-1,3	-1,4

Die Lufttemperaturen zeigten nur geringe Unterschiede zwischen Freifläche, Lücke und Bestand. Dabei war es im Bereich der Freifläche durchschnittlich etwas wärmer als in der Lücke (Messstelle 2a). An der Messstelle 3a (Bestand) war es im Mittel am kühlsten, wobei die tieferen Temperaturen im Bestand vor allem tagsüber stärker hervortraten, da das Kronendach der Lärchen zu einer Abschattung und damit zu einer Verringerung der Lufttemperatur führt.



3.2. Schneegleiten

Im Winter 92/93 fiel - abgesehen von den intensiven Gleitbewegungen im Jänner 1993, die vermutlich durch Schneefälle auf zuvor ausgeaperten und warmen Boden ausgelöst wurden - eine Periode Ende Februar auf, in der an einigen Messstellen deutliche Bewegungen beobachtet wurden (Abbildung 10).

Diese dürften eine Folge der Schneetemperaturen gewesen sein. In Abbildung 10 zeigt sich ein plötzlicher Anstieg der Schneetemperatur am 27.2.93 und an Messstelle 8 ein ebensolcher des Schneegleitens. Zwischen 13.00 und 15.00 dieses Tages wurden Gleitbewegungen von 113 mm (entspricht 56 mm h^{-1})

verzeichnet. Im selben Zeitraum stieg die Schneetemperatur von $-2,8^\circ \text{ C}$ auf $-0,8^\circ \text{ C}$. Weitere markante Gleitbewegungen wurden am 9.3. an der Messstelle 8 (Mitte der großen Blöße) gemessen; parallel dazu verlief auch hier der Anstieg der Schneetemperaturen (Abbildung 10).

Im Winter 94/95 waren zwischen dem 14.12 und 17.12. hohe Gleitraten an Messstelle 1 (Freifläche) festzustellen. Ursache dieser Entwicklung dürfte der auf noch relativ warmen Boden gefallene Neuschnee gewesen sein. Bis Mitte Jänner waren keine Schneegleitbewegungen zu beobachten. Erst als die Schneetemperatur anstieg, erhöhten sich die Gleitraten.

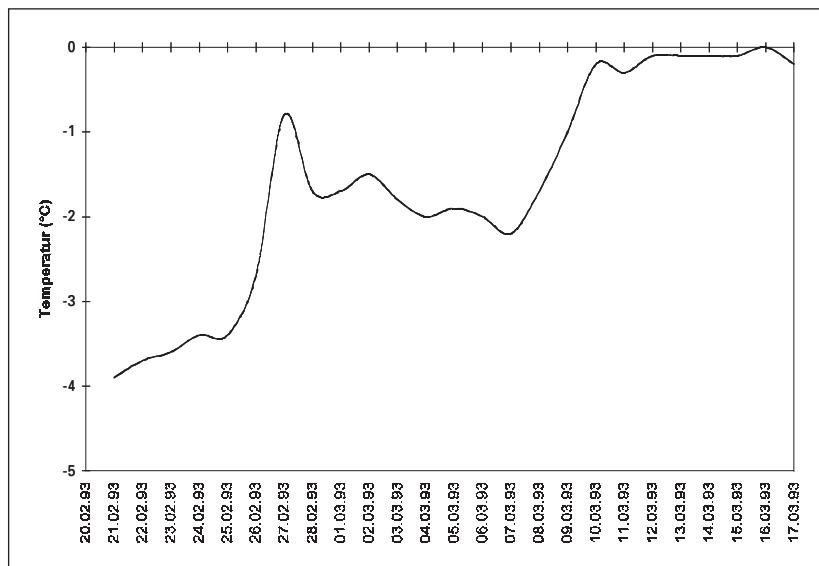


Abb. 10:

Gleitraten [mm d^{-1}] und tägliche maximale Schneetemperatur in 20 cm über der Bodenoberfläche in der Periode zwischen 20.2.93 bis 17.03.93.

Auch im Winter 95/96 waren - so wie bereits im Jahr zuvor - die Gleitbewegungen im Bereich der Freifläche (1) vor allem zu Beginn der Wintersaison sehr hoch. So wurden zwischen 7.11. und 9.11. 1995 Gleitraten bis zu 45 mm h^{-1} registriert. Ausgelöst wurden diese hohen Gleitraten durch frühe Schneefälle Anfang November, als die Bodentemperaturen noch deutlich über dem Gefrierpunkt lagen (bei über $+2^\circ \text{ C}$).

Weiters ist zu erkennen, dass jedes Mal, wenn sich die Schneetemperatur dem Nullpunkt näherte, ein markanter Anstieg der Gleitraten registriert wurde. Weitere Gleitbewegungen Ende November und

Anfang Jänner 1996 waren wenig ausgeprägt. Aufgrund der in der Folge geringmächtigen Schneedecke kam das Gleiten ab Mitte Jänner zum Stillstand.

Im Winter 96/97 wurden - wie schon in den Jahren zuvor - die größten Gesamtgleitwege (etwa 150 mm) an der Messstelle 1 (Freifläche) registriert. Im Zeitraum vom 15. 1. bis 17.1 erreichten sie Werte von knapp über 20 mm h^{-1} . Diese markanten Gleitraten wurden durch Anstiege der Schneetemperaturen bis nahe zum Gefrierpunkt ausgelöst. Weiters zeigten sich vom 19.12. bis 25.12.1996 Gleitraten von zumindest 2 mm h^{-1} , während in den folgenden Wochen kein Schneegleiten auftrat (niedere Schneetemperaturen). Erst als sie am 3.1. wieder Werte in der Nähe des Nullpunktes erreichten, setzte bei einigen Gleitschuhen eine deutlich erkennbare Bewegung ein. Ähnlich war es auch zwei Wochen später (15.1.), als nach einem Anstieg der Schneetemperaturen die Gleitraten auf der Freifläche zunahmen.

Die oben beschriebenen Zusammenhänge zwischen Schneetemperatur und Gleitbewegung konnten im Winter 98/99 bestätigt werden. So zeigte sich im Dezember 1998, dass Bewegungen erst nach einem Anstieg der Schneetemperatur bis in die Nähe des Gefrierpunktes einsetzten. Gleitraten konnten bis 3.12., vom 13.12. bis 19.12.1998 sowie zuletzt am 27.12. registriert werden. Wenngleich diese nur jeweils $1\text{--}2 \text{ mm h}^{-1}$ betragen, zeigt sich doch ein klarer Bezug zur Schneetemperatur, denn an allen anderen Tagen des Dezembers gab es wegen der niederen Schneetemperaturen keine Gleitbewegungen.

In der Abbildung 11 sind die Zusammenhänge von Ende Jänner bis Anfang April dargestellt.

Auch hier ist ersichtlich, dass das Schneegleiten intensiver wird, sobald die Schneetemperaturen ansteigen. Während das Ausmaß der Gleitraten bis ins zweite Drittel des Februars noch gering war, kann

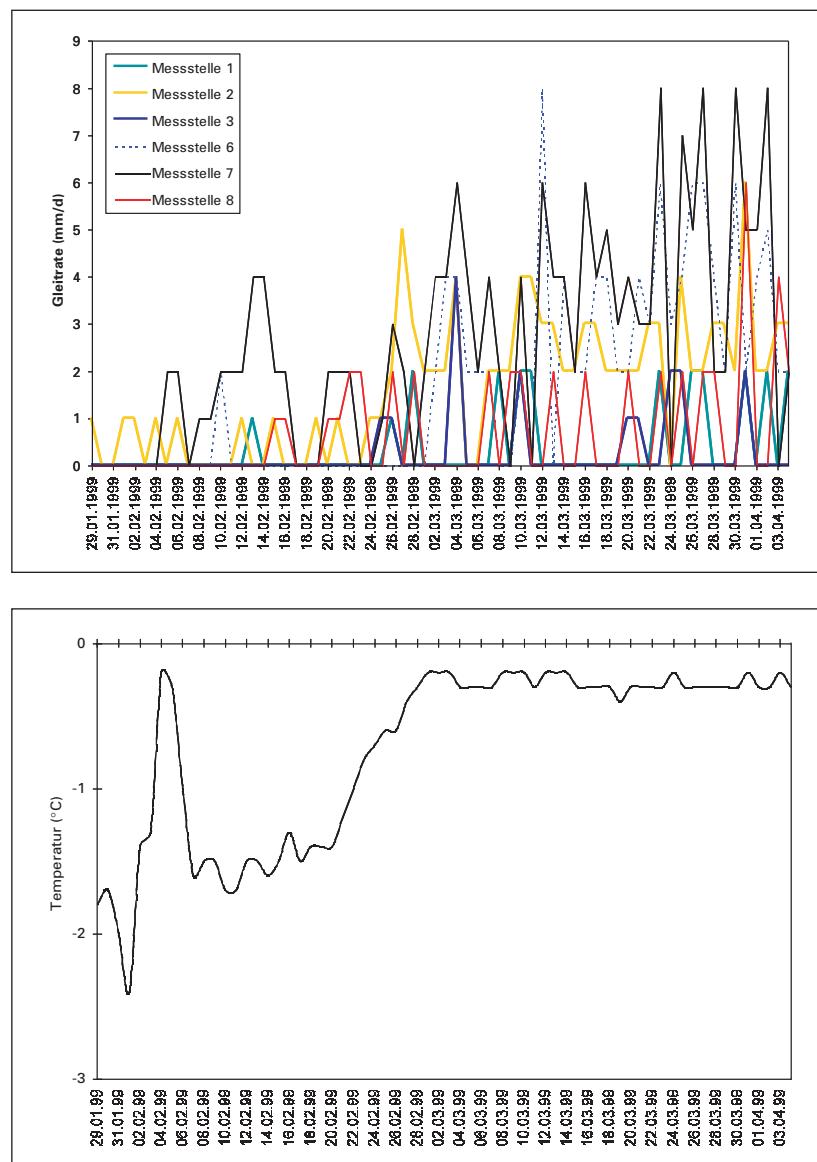


Abb. 11:
Gleitraten (mm d^{-1}) und tägliche maximale Schneetemperatur in 20 cm über der Bodenoberfläche in der Periode zwischen 29.1.1999 bis 03.04.1999.

man eine deutliche Zunahme der Intensität ab Anfang März erkennen. Gerade in diesen 10 Tagen ist ein deutlicher Anstieg der Schneetemperatur von $-1,8^\circ\text{C}$ auf wenige Zehntel unter 0° festzustellen.

Die Gleitraten lagen im März und April zwar nur zwischen 1 und 4 mm h^{-1} , doch waren die Bewegungen kontinuierlich und dauerten ohne Unterbrechungen bis zum Ende der Messperiode an.

Der Winter 99/00 war durch ein sehr kontinuierliches Gleiten gekennzeichnet. Während bis Mitte Jänner 2000 - aufgrund geringer Schneetemperaturen - die Gleitbewegungen noch gering waren (Abbildung 12), begann das Schneegleiten ab

19.1. (Anstieg der Schneetemperatur auf -2 °C); ab 1.2. (Anstieg der Schneetemperatur auf wenige Zehntel unter 0°) wurden die Gleitraten deutlich größer. Eine Phase leicht fallender Schneetemperaturen (auf -1 °C) bewirkte eine Verringerung der Intensität des Schneegleitens (Abbildung 12). Erst als ab 26.2 die Schneetemperaturen Werte zwischen -0,4 und -0,3 °C erreichten (Abbildung 12), nahmen die Gleitbewegungen wieder zu. Die höchsten Gleitraten in diesem Winter lagen bei 4 mm h⁻¹, welche aber nur an wenigen Tagen beobachtet wurden; im Durchschnitt waren Werte von 1 - 2 mm h⁻¹ zu verzeichnen, was auf kontinuierliche Bewegungen hinweist.

3.3. Statistische Analyse

3.3.1. Einfluss der Temperatur auf das Schneegleiten

In Tabelle 5 sind die Rangkorrelationskoeffizienten Kendall's τ sowie die entsprechenden Signifikanz-Niveaus (p) dargestellt. Es zeigte sich, dass in fast allen Fällen (und an allen Standorten) zunehmende Schneetemperaturen (wenn diese zwischen -1 °C und 0 °C liegen) zu höheren Gleitraten

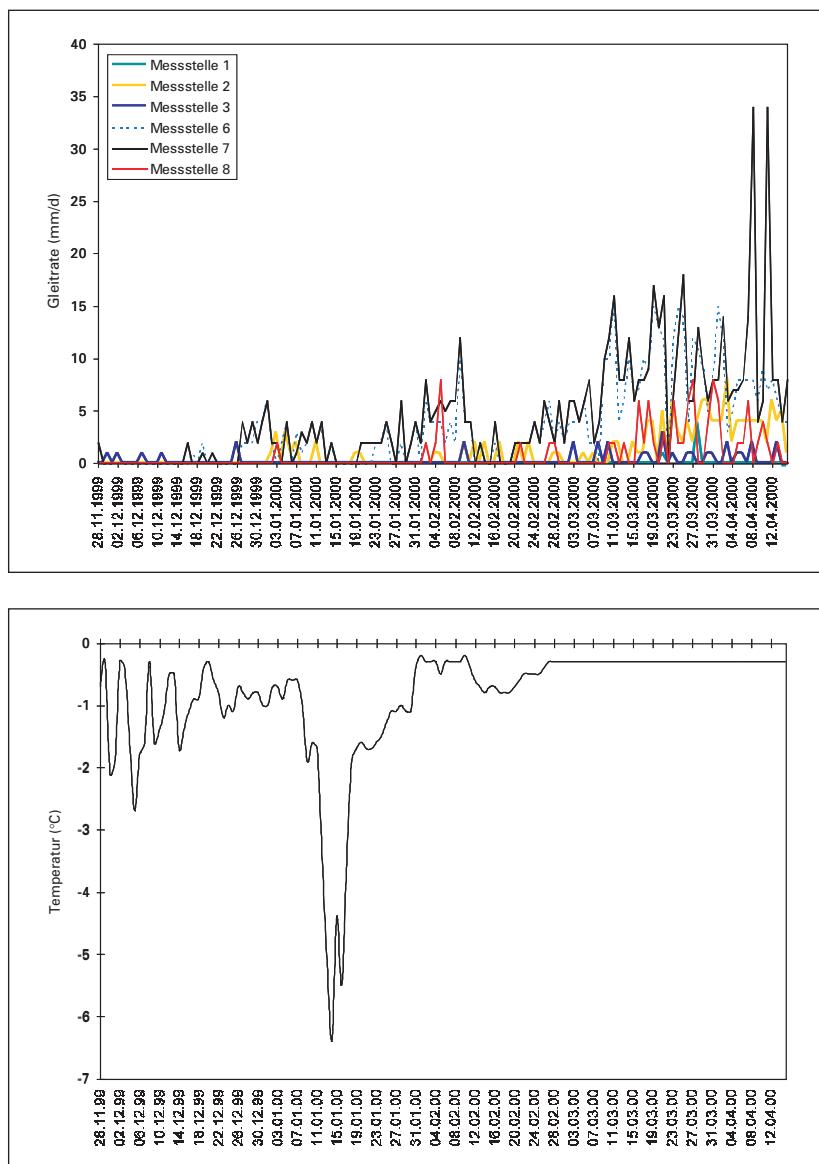


Abb. 12:
Gleitraten (mm d⁻¹) und tägliche maximale Schneetemperatur in 20 cm über der Bodenoberfläche in der Periode zwischen 28.11.1999 und 12.4.2000.

Tab. 5:

Korrelation zwischen Gleitraten und Schneetemperatur (20 cm); die angegebenen Werte sind die Rangkorrelationskoeffizienten Kendall's τ, die Signatur gibt die Signifikanz nach folgendem Schlüssel an:

höchst signifikant	p < 0,005	***
hoch signifikant	0,01 > p > 0,005	**
signifikant	0,01 < p < 0,05	*
nicht signifikant	p > 0,05	n.s.

Messstelle	1992/93	1994/95	1996/97	1998/99	1999/00
1	0,03 n.s.	0,16 ***	0,13 ***	0,06 ***	0,02 n.s.
2	0,44 n.s.	0,08 ***	0,00 n.s.	0,14 ***	0,12 ***
3	0,65 *	0,02 n.s.		0,06 ***	0,08 ***
6	0,14 ***	0,19 ***	0,19 ***	0,14 ***	0,17 ***
7	0,18 ***	0,24 ***	0,20 ***	0,11 ***	0,19 ***
8	0,07 *	0,16 ***	0,05 n.s.	0,04 *	0,10 ***

führen (positive Korrelation). In allen untersuchten Jahren war der Zusammenhang bei den Messstellen 6 und 7 höchst signifikant.

Im Bereich der Messstellen 2 und 3 war die Korrelation nur in den Jahren 98/99 und 99/00 höchst signifikant. Im Bereich der Freifläche zeigte sich eine positive Korrelation zwischen Schneetemperatur und Gleitaten in den Winterperioden 94/95, 96/97, 98/99 (höchst signifikant). Jedoch war im Winter 92/93 eine negative Korrelation zu erkennen (höheren Gleitaten bei abnehmenden Schneetemperaturen). Vermutlich ist dies ein Effekt der geringmächtigen Schneedecke bei Messstelle 1; dadurch verlief die Schneetemperatur in 20 cm nicht gleichmäßig, sondern zeigte einen mehr oder weniger ausgeprägten Tagesgang.

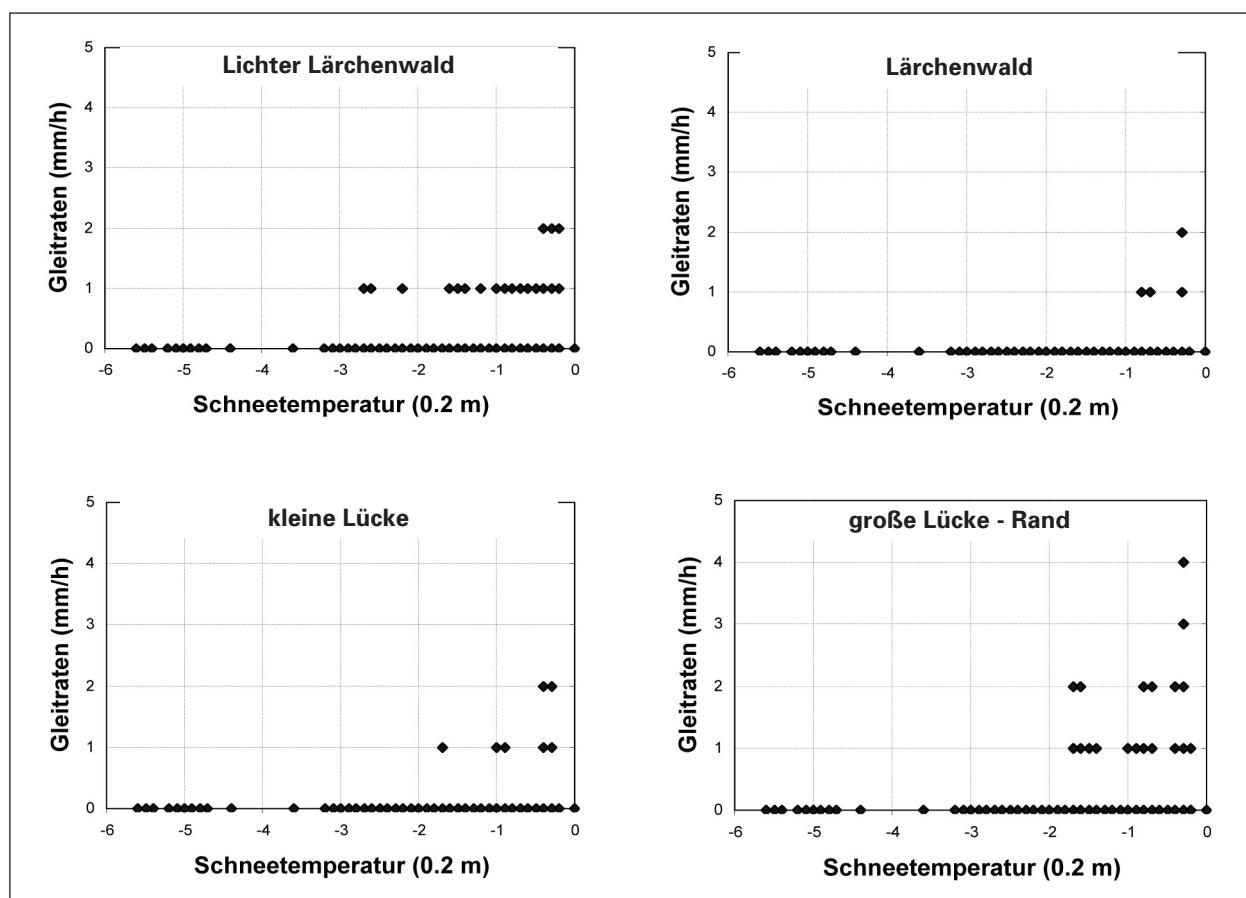
Die Korrelation zwischen Lufttemperatur und Schneegleiten war ähnlich wie jene zwischen Schneetemperatur und Schneegleiten. In den Jahren 94/95 und 98/99 waren die Korrelationen an allen Messstellen signifikant. 92/93 ergaben sich signifikante Zusammenhänge zwischen Lufttemperatur und Schneegleiten nur bei den Messstellen 6 und 7, während 99/00 signifikante Zusammenhänge auch an den Messstellen 2, 3 und 8 gefunden wurden.

Keine signifikanten Zusammenhänge wurden zwischen Bodentemperatur und Schneegleiten festgestellt.

Die folgenden Abbildungen verdeutlichen die Zusammenhänge für ausgewählte Messstellen.

Abb. 13:

Streudiagramme (Schneetemperatur - Gleitaten) für die Messstellen 2 (licher Lärchenwald), 3 (Lärchenwald), 6 (kleine Lücke) und 7 (große Lücke - Rand); Periode 98/99.



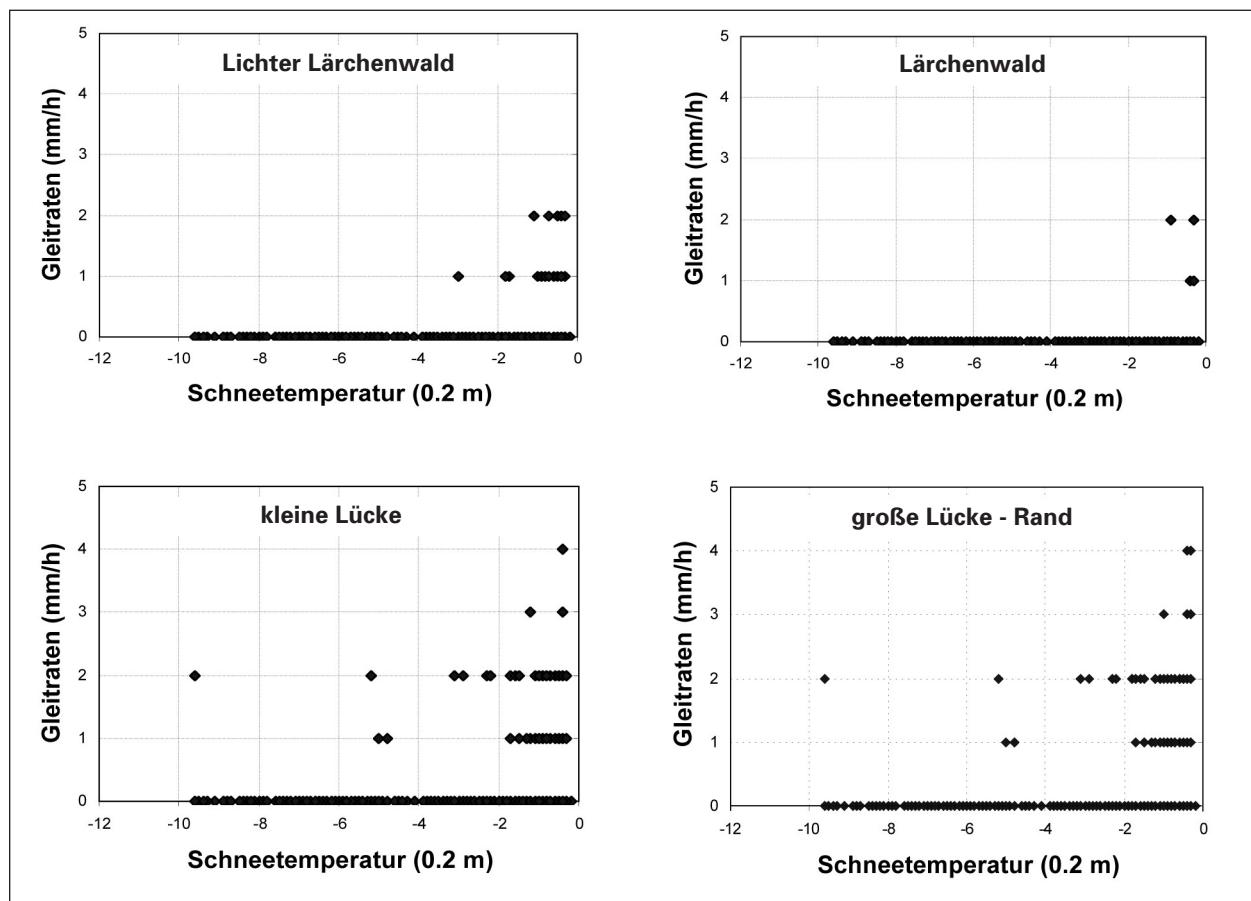


Abb. 14:

Streudiagramme (Schneetemperatur - Gleitraten) für die Messstellen 2 (lichter Lärchenwald), 3 (Lärchenwald), 6 (kleine Lücke) und 7 (große Lücke - Rand); Periode 99/00.

3.3.2. Einfluss des Bestandes auf das Schneegleiten

In Abbildung 15 sind die Häufigkeiten der Gleitraten an den einzelnen Messstellen dargestellt.

Der Unterschied zwischen den einzelnen Messstellen war in allen Jahren höchst signifikant.

Wie man Abbildung 15 entnehmen kann, zeigen sich vor allem im Bereich der Messstellen 1 (Freifläche), 6 (kleine Lücke) und 7 (Rand der großen Lücke) große Häufigkeiten in den Klassen 1 (1 mm h^{-1}) und 2 ($\geq 2 \text{ mm h}^{-1}$). An den Messstellen 1 und 8 waren in den letzten Jahren der Untersuchungen jedoch deutlich geringere Häufigkeiten in diesen beiden Klassen festzustellen. Dies dürfte mit dem Aufkommen von Jungwuchs zu erklären sein. Auf der anderen Seite ist das Schneegleiten an Messstelle 3 (Lärchenwald) durch sehr geringe Häufigkeiten in den Klassen 1 und 2 charakterisiert. Eine ähnliche Häufigkeitsverteilung hätte man auch für die Messstelle 2 (lichter Lärchenwald) erwartet, doch zeigte

sich hier ein etwas differenzierteres Bild: Während sich die Häufigkeiten in Klasse 2 ($\geq 2 \text{ mm h}^{-1}$) an Messstelle 2 kaum von jenen an Messstelle 3 unterschieden, gab es in Klasse 1 Unterschiede zwischen den Messstellen 2 und 3. So sind an Messstelle 2 durchwegs größere Häufigkeiten in Klasse 1 zu erkennen als an Punkt 3. Dies lässt den Schluss zu, dass die Bewegungen an Messstelle 2 insgesamt stärker waren als an Punkt 3 und mit dem geringeren Beschirmungsgrad erklärt werden können.

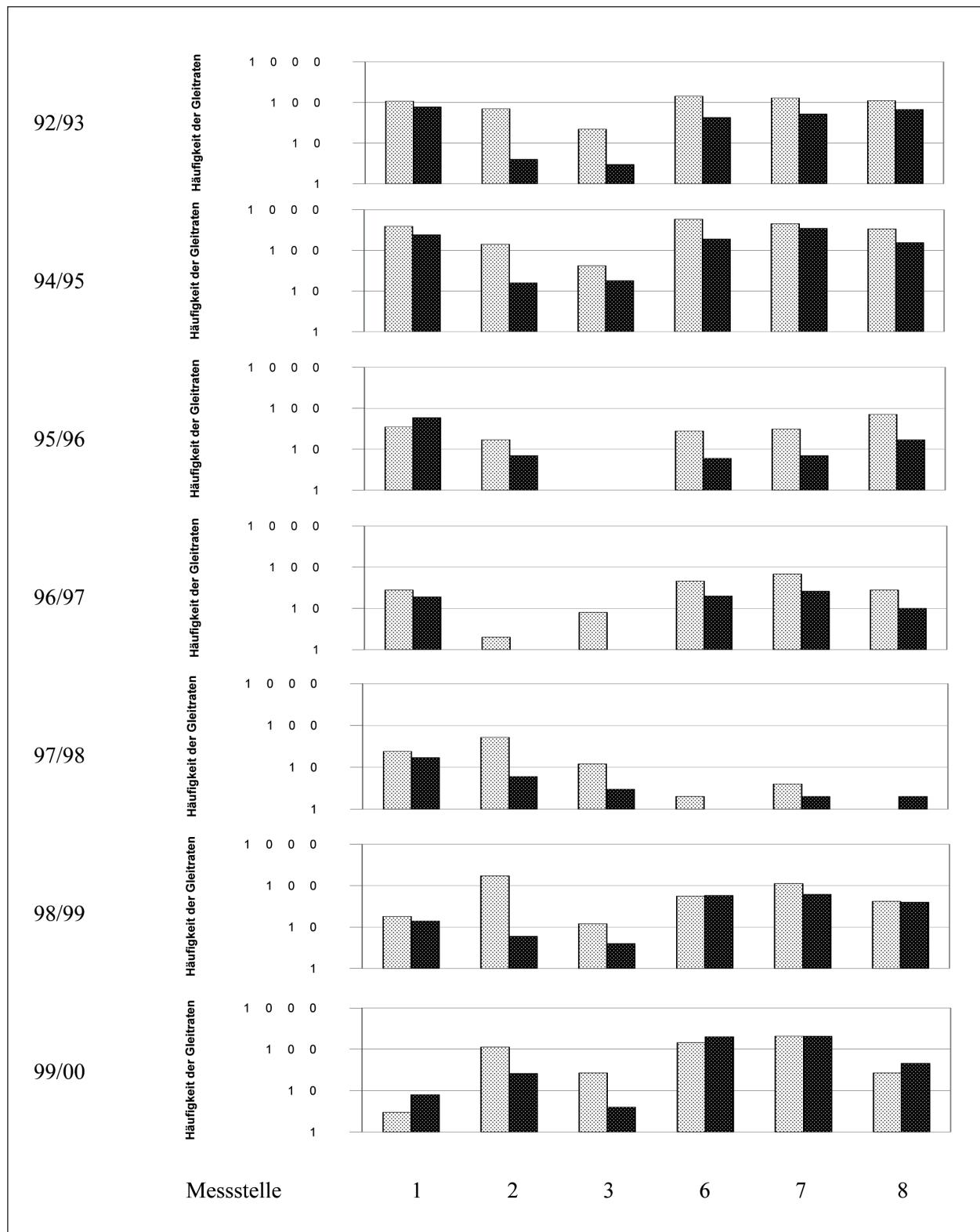
Die im Jahr 97/98 ermittelten höheren Häufigkeiten an den Messstellen 2 und 3 dürfen - aufgrund der überaus geringmächtigen Schneedecke in diesem Winter - als nicht repräsentativ angesehen werden.

Bemerkenswert ist außerdem, dass sowohl im Jahr 98/99 als auch 99/00 an Messstelle 2 in der Klasse 1 hohe Häufigkeiten auftraten (98/99 sogar über jenen der Messstellen 6 und 7). Dies heißt aber noch nicht, dass die Gleitraten an Messstelle 2 insgesamt höher gewesen wären als an den Messstellen 6 und 7, da in

Abb.15:

Häufigkeiten der Gleitraten im Bereich der Messstellen (92/93 - 99/00); man beachte, dass die y-Achse eine logarithmische Einteilung aufweist.

grau Häufigkeiten in Klasse1 (Gleitraten = 1 mm h^{-1}),
 schwarz Häufigkeiten in Klasse 2 (Gleitraten $\geq 2 \text{ mm h}^{-1}$).



Klasse 2 an den Messstellen 6 und 7 wesentlich größere Häufigkeiten als an Messstelle 2 auftraten.

3.3.3. Extremwertanalyse zur Bestimmung der maximal möglichen Gleitraten

Um die kritischen Zonen im Bereich des Untersuchungsgebietes besser ausweisen zu können, werden auch die maximalen Gleitraten herangezogen. Wie in Tabelle 6 dargestellt, können diese im Bereich der Freifläche 134 mm h^{-1} (94/95) erreichen. Man könnte annehmen, dass die maximalen Gleitraten im Bereich der Lücken deutlich kleiner sind. Gemäß Tabelle 6 betragen die maximalen Werte in der kleinen Lücke und am Rand der großen Lücke die Hälfte der Freifläche, nämlich 67 mm h^{-1} , in der Mitte der großen Lücke beinahe $2/3$ der Freifläche (81 mm h^{-1}). Diese Gleitraten sind also, verglichen mit den entsprechenden Werten im Wald (maximal 6 mm h^{-1}), sehr hoch.

Mess-stelle	Maximale Gleitraten (gemessen) in mm h^{-1} im Bereich der Messstellen (92/93 bis 99/00).						
	1992/93	1994/95	1995/96	1996/97	1997/98	1998/99	1999/00
1	122	134	44	21	2	2	30
2	2	2	2	2	5	2	2
3	3	6	1	1	2	2	2
6	39	67	4	2	2	3	4
7	39	67	4	3	2	4	28
8	81	67	21	2	2	2	5

In Tabelle 7 sind die maximal möglichen Gleitraten für eine 100-, 150- und 300- jährige Wiederkehrswahrscheinlichkeit dargestellt. Daraus kann man entnehmen, dass die maximalen Gleitraten im Wald einen Wert von 10 mm h^{-1} nicht überschreiten, während für die große Lücke 160 mm h^{-1} (150 jährige Wiederkehrswahrscheinlichkeit) und die Freifläche 264 mm h^{-1} (150 jährige Wiederkehrswahrscheinlichkeit) berechnet wurden. Das zeigt deutlich, dass die Gleitraten im Wald selbst bei Unterstellung einer 150 jährigen Wiederkehrswahrscheinlichkeit mehr oder weniger vernachlässigbar sind. Demgegenüber weisen die berechneten Gleitraten in den Lücken (überall mehr als 100 mm h^{-1} möglich) darauf hin, dass diese Flächen im Hinblick auf das Schneegleiten als kritisch zu beurteilen sind.

Tab. 7:

Maximale Gleitraten (berechnet) in mm h^{-1} für eine 100-, 150- und 300- jährige Wiederkehrswahrscheinlichkeit.

Mess-stelle	Wiederkehrs-wahrscheinlichkeit 100 Jahre	Wiederkehrs-wahrscheinlichkeit 150 Jahre	Wiederkehrs-wahrscheinlichkeit 300 Jahre
1	244,5	263,8	277,6
2	7,9	8,5	8,9
3	8,7	9,3	9,8
6	104,3	113,0	119,2
7	108,2	116,9	123,1
8	147,0	159,2	167,8

Frühere Untersuchungen zeigten, dass Gleitraten dieser Größenordnung häufig durch Gleitrisse ausgelöst wurden. Im November 1952 beobachtete IN DER GAND (1954) im Bereich des Parsenn-Gebietes Gleitraten von 168 mm h^{-1} auf einem südsüdost-exponierten Hang (Neigung 38°); im Dezember 1954 fand er mehr als 200 mm h^{-1} auf einem süd-gerichteten Hang in der Nähe von Davos (IN DER GAND 1956). In beiden Fällen wurden die hohen Gleitbewegungen durch Gleitrisse verursacht.

LACKINGER (1988) untersuchte das Schneegleiten auf einem nach südwest- ausgerichteten Hang mit einer Neigung von 36 bis 42° in der Nähe von Innsbruck. Im April 1987 stellte er - nachdem die Schneedecke gerissen war - Gleitraten von bis zu 60 mm h^{-1} fest.

Aus dem oben Gesagten muss angenommen werden, dass die zu erwartenden extremen Gleitraten

Abb.16:

Gleitritt in der großen Lücke (Messpunkt 8) des Versuchsgebietes Kaserstattalm, ausgelöst durch starkes Schneegleiten (Seehöhe 1880m, Exposition SSE, Neigung 30°); Datum der Aufnahme: 16.12.92.

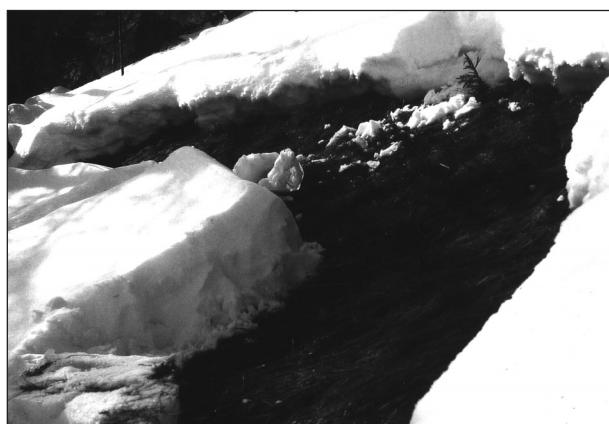
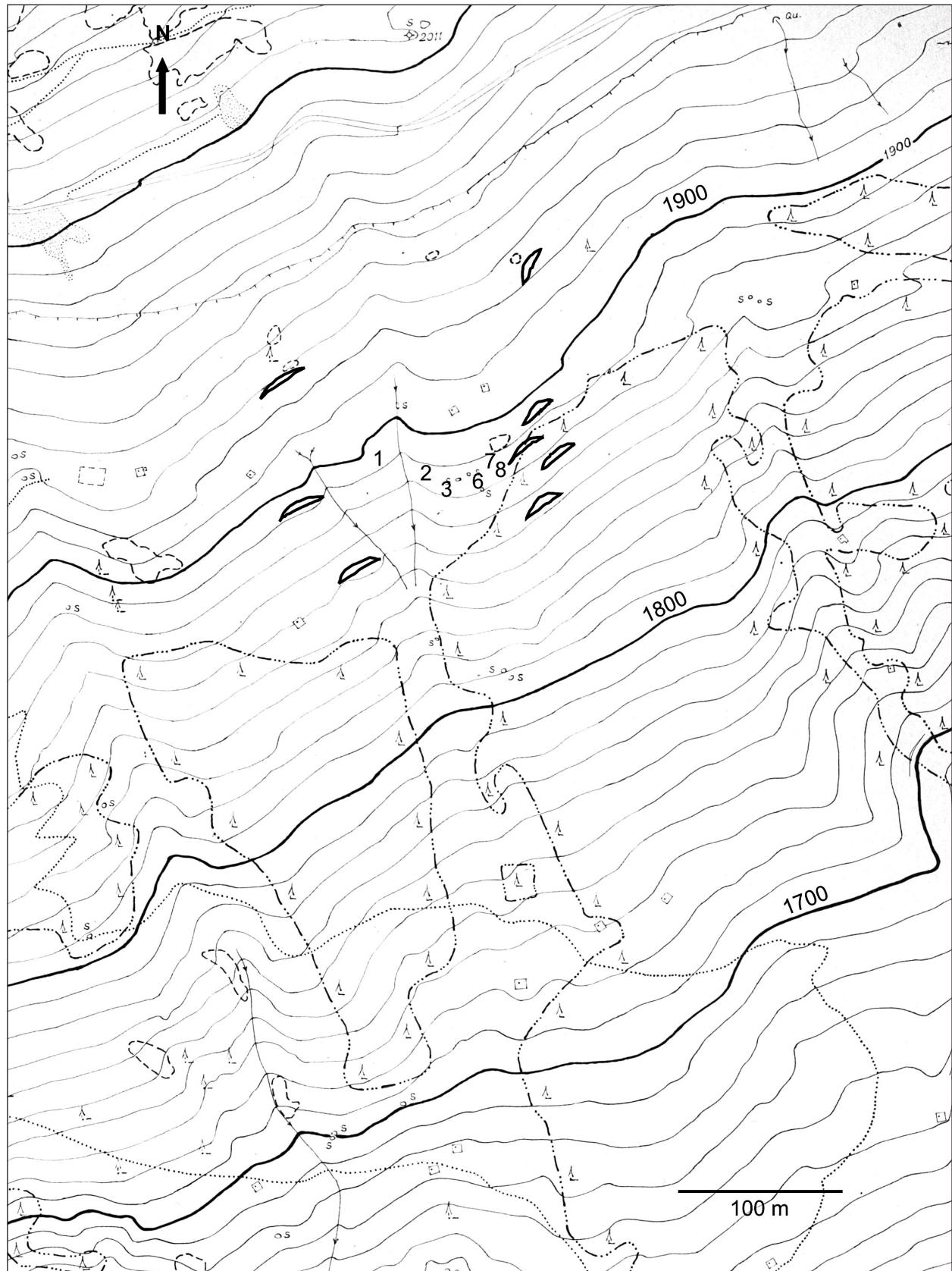


Abb.17:

Gleitrisse und Anbrüche in der unmittelbaren Umgebung der Versuchsstation Kaserstattalm (16. 12. 1992). Gleitrisse sind mit gekennzeichnet. Die Ziffern 1 bis 3 sowie 6 bis 8 geben die Messstellen an. Die damalige Waldgrenze ist durch die strichpunktierte Linie dargestellt.



im Bereich der Standorte 6, 7 und 8 nur durch vorherige Bildung von GleitrisSEN möglich waren.

Dass GleitrisSEN auf diesen Standorten auftreten können, zeigen Beobachtungen (Abbildungen 16 und 17) aus dem Jahr 1992.

Es kann also geschlossen werden, dass nicht nur freie Flächen, sondern auch Lücken ab einem Durchmesser von 8 x 8 m AnriSSzonen von Gleitschneelawinen darstellen können. Standorte im Lärchenwald - auch wenn der Beschirmungsgrad nur bei etwa 90% liegt - sind hingegen als wenig kritisch im Hinblick auf Gleitbewegungen anzusehen.

Somit lässt sich sagen, dass im Bereich südexponierter Lärchenwälder mit einer deutlichen Zunahme des Schneegleitens vor allem in Bestandeslücken ab einer Größenordnung von 50 - 60 m² und mehr zu rechnen ist. Aufkommender Jungwuchs reduziert das Gleiten bereits deutlich. Das Gleiten unterhalb eines Lärchenbestandes ist nur schwach ausgeprägt.

3.4. Berechnung der GleitratEN nach McClung

3.4.1. Annahme der Parameter

Folgende Annahmen wurden für die Berechnung getroffen:

- Der Parameter H ρ entspricht dem Wasserwert. Dieser wurde - aus Gründen der Vereinfachung - für den Beginn der jeweiligen Periode mit 100 mm angenommen und ein kontinuierlich steigender Wasserwert bis Ende März respektive Anfang April vorausgesetzt.
- Die Hangneigung betrug bei allen Messstellen 30°.
- Die Poisson Zahl wurde in Übereinstimmung mit McClung et al. (1994) und SALM (1978) mit 0,2 festgelegt.
- Für die Viskosität wurde ein Wert von $1 \cdot 10^{10}$ Pa s (bei -10°) angenommen.

Der zeitliche Verlauf der Viskosität wurde mit Hilfe der gemessenen Schneetemperaturen und unter Verwendung der Beziehung nach ARRHENIUS

$$\eta_{Tk} / \eta_{To} = \exp(Q/R (1/T_k - 1/T_o)) \quad (7)$$

berechnet.

η_{Tk}	Viskosität bei der Temperatur T _k
η_{To}	Viskosität bei der Temperatur T _o
Q	Aktivierungsenergie
R	allgemeine Gaskonstante

- Die Stagnationstiefe D wurde mit Hilfe des Ansatzes von SALM (1978) sowie unter Berücksichtigung gemessener Stagnationstiefen von McClung (1974) festgelegt.

Nach SALM (1978) lässt sich D mit folgender Gleichung bestimmen:

$$D = 1/(2\pi)^3 \cdot (\lambda_o/A)^2 \cdot \lambda_o \quad (8)$$

D Stagnationstiefe [m]

A Amplitude der Hindernisse [m]

λ_o Distanz zwischen den Hindernissen [m]

Da die Hindernisse im Bereich der Messstellen maximal 0,1 m (A) hoch waren und die Länge zwischen den Hindernissen (Wellenlänge - λ_o) mindestens 1 m betrug, ergibt sich für D ein Wert von 0,4. McClung (1974) hat in den Cascade Mountains (British Columbia, Kanada) auf einer glatten nur 20° geneigten Fläche einen Wert von 0,33 und auf verschiedenen verbuschten Flächen Werte von 0,20 bis 0,36 bestimmt. Aufgrund dieser Angaben sowie unter Berücksichtigung obiger Berechnungen wurde für die Messstelle 6 ein Wert von 0,3, für den Messpunkt 7 ein Wert von 0,35 und für die Messstelle 8 Werte zwischen 0,3 bis 0,2 festgelegt (eine Stagnationstiefe von 0,2 resultiert aus dem aufkommenden Jungwuchs an dieser Messstelle und ist für die letzten Versuchsjahre der Versuchsdurchführungen [98/99 und 99/00] gültig).

Für die Messstellen 2 und 3 wurde ebenfalls ein D von 0,3 zugrundegelegt, zusätzlich wurde aber - wie von McClung (1974) vorgeschlagen - der Term τ_o berücksichtigt. Dieser soll den Einfluss des Waldes berücksichtigen und ist als konstanter Scherwiderstand anzunehmen.

Wird die Gleichung (4) der Term τ_o eingeführt, kann die Gleitgeschwindigkeit wie folgt ange schrieben werden:

$$v = (D/\eta_S) \cdot (\tau - \tau_o) \quad (9)$$

v Gleitgeschwindigkeit [m s⁻¹]

η_S Scherviskosität [Pa.s]

D Stagnationstiefe [m]

τ Scherwiderstand

τ_o konstanter Scherwiderstand

(zur Berücksichtigung des Einflusses des Waldes)

Wie McClung (1974) anführt, ist diese Gleichung in der Form ähnlich der von IN DER GAND und ZUPANCIC (1966) ermittelten Beziehung. Somit kann in einer ersten Näherung der Scherwider stand unter Berücksichtigung des Reibungsbewertes μ berechnet werden.

Nimmt man für μ einen Wert von 0,5 (siehe etwa SALM 1978) sowie die obigen Parameter für Hangneigung und Schneedeckengewicht, ergibt dies für τ_o einen Wert von 433 N m⁻².

Um dem unterschiedlichen Beschirmungsgrad (Bestockung) im Bereich der Messpunkte 2 und 3 Rechnung zu tragen, wurde für den lichten Lärchenwald (Messpunkt 2) obiger Wert etwas verringert (400 N m^{-2}), für die Messstelle 3 (Lärchenwald) dagegen etwas erhöht (500 N m^{-2}).

3.4.2. Gegenüberstellung

Zur Feststellung, ob es mit Hilfe des Ansatzes von MCCUNG (1974, 1994) möglich ist, Gleitraten mit hinreichender Genauigkeit zu bestimmen ohne diese selbst zu erheben, wurden die gemessenen Gleitraten den berechneten gegenübergestellt.

Für die Berechnungen wurden die Zeiträume 28.1.99 bis 31.3.99 und 13.12.99 bis 14.4.00 herangezogen. Auswertungen für die anderen Beobachtungsjahre konnten aufgrund fehlenden Datenmaterials bzw. einer mangelnden Schneedeckung in diesen Zeiträumen nicht durchgeführt werden.

Die Ergebnisse aus den Jahren 98/99 und 99/00 sind in den Abbildungen 18 und 19 dargestellt.

Man sieht, dass die berechneten Gleitraten meist geringfügig über den gemessenen Werten lagen; lediglich an Messstelle 7 waren die gemessenen Gleitraten gegen Ende der Messperiode im Jahr 2000 deutlich höher als die berechneten Werte.

Weiters zeigt sich, dass die durch die Temperaturänderungen verursachten Änderungen der Gleitraten auch durch die Berechnung gut angenähert werden. Z.B. hatte das Fallen der Schneetemperatur zwischen dem 9.1. 2000 und dem 17.1. 2000 einen deutlichen Rückgang der Gleitraten zur Folge, was auch in den Berechnungen gut zum Ausdruck kommt.

Die Korrelationen - berechnet mit dem Rangkorrelationskoeffizienten nach Spearman - ergaben bei den Messpunkten 2, 6 und 7 eine gute Übereinstimmung zwischen gemessenen und berechneten Werten: Die Korrelationskoeffizienten betrugen am Messpunkt 2 zwischen 0,69 und 0,66; am Messpunkt 6 zwischen 0,77 und 0,68 und am Messpunkt 7 zwischen 0,65 und 0,72.

An den Messpunkten 3 und 8 waren die Korrelationen etwas geringer; an Messstelle 3 dürfte dafür die gering signifikante Korrelation zwischen Schneegleiten und Schneetemperatur verantwortlich zu machen sein. An Messpunkt 8 war die Korrelation vor allem im Jahr 98/99 sehr gering (0,34), wobei dies wahrscheinlich mit den in diesem Jahr durchwegs gleichbleibenden Gleitraten von 1 oder 2 mm d^{-1} zu erklären ist.

3.5. Bestimmung von Gleitfaktoren

Zur verlässlichen Bestimmung von Gleitfaktoren müssen neben Gleitmessungen (Geschwindigkeit am Boden) auch Messungen von Kriechbewegungen vorliegen, denn nur durch sie kann auch die Geschwindigkeit an der Oberfläche (Summe aus Gleiten und Kriechen) ermittelt werden.

Die relative Gleitgeschwindigkeit (n), die zur Berechnung der Gleitfaktoren notwendig ist, wird nach HAEFELI (1948) berechnet aus:

$$n = v_u / (v_o - v_u) \quad (10)$$

v_o Geschwindigkeit an der Schneoberfläche
(Summe aus Gleiten und Kriechen)
 v_u Geschwindigkeit am Boden (Gleiten)

Über die kontinuierliche Bestimmung des Kriechens wurde schon in den 30er Jahren (BADER et al., 1939; OECHSLIN, 1937) berichtet. Es zeigte sich jedoch, dass insbesondere registrierende Messmethoden in der Schneedecke schwierig zu handhaben sind.

Zuletzt wurden auch in Österreich im Rahmen des vom BFW durchgeföhrten Projektes „Untersuchungen an Snowgrippern“ drei Anlagen zur Messung des Schneekriechens installiert. Diese auf CONWAY (1998) beruhenden Einrichtungen wurden erstmals im Winter 2002/03 auf der Schmittenhöhe eingesetzt. Wie sich herausstellte, sind auch bei diesen Systemen Adaptierungen für eine kontinuierliche Schneekriechmessung notwendig.

Im Rahmen des vorliegenden Projektes wurde daher auf eigene Kriechmessungen verzichtet.

Rückschlüsse waren z.B. aufgrund der Arbeiten von FIEBIGER (1978, 1979) möglich, der sich mit Walddämmen in den nordöstlichen Randalpen beschäftigt hat. Seine Kriechmessungen (Sägemehlprofile) im Lawinengebiet Schneelahn ergaben, dass sich das Gleiten über die gesamte Sägemehlsäule und über alle Schichten gleichmäßig vollzog. Es fehlte die charakteristische Krümmung des Profils, was darauf schließen lässt, dass keine Kriechbewegungen auftraten. Dies würde aber eine unendliche relative Gleitgeschwindigkeit (n) zur Folge haben, weil der Nenner von Gleichung (10) null wird.

Da diese Erkenntnisse zur Bestimmung von Gleitfaktoren nicht herangezogen werden können, wurde versucht, die relative Gleitgeschwindigkeit aus der von SALM (1978) abgeleiteten Beziehung zu bestimmen:

$$n = D/H \quad (11)$$

n relative Gleitgeschwindigkeit
 D Stagnationsstiefe [m]
 H Mächtigkeit der Schneedecke [m]

Abb. 18:

Gemessene (—) und berechnete Gleitraten (....) in mm d^{-1} für die Periode 28.01.1999 bis 31.03.1999. Die Graphiken von oben nach unten bedeuten: Messpunkt 2, Messpunkt 3, Messpunkt 6, Messpunkt 7 und Messpunkt 8.

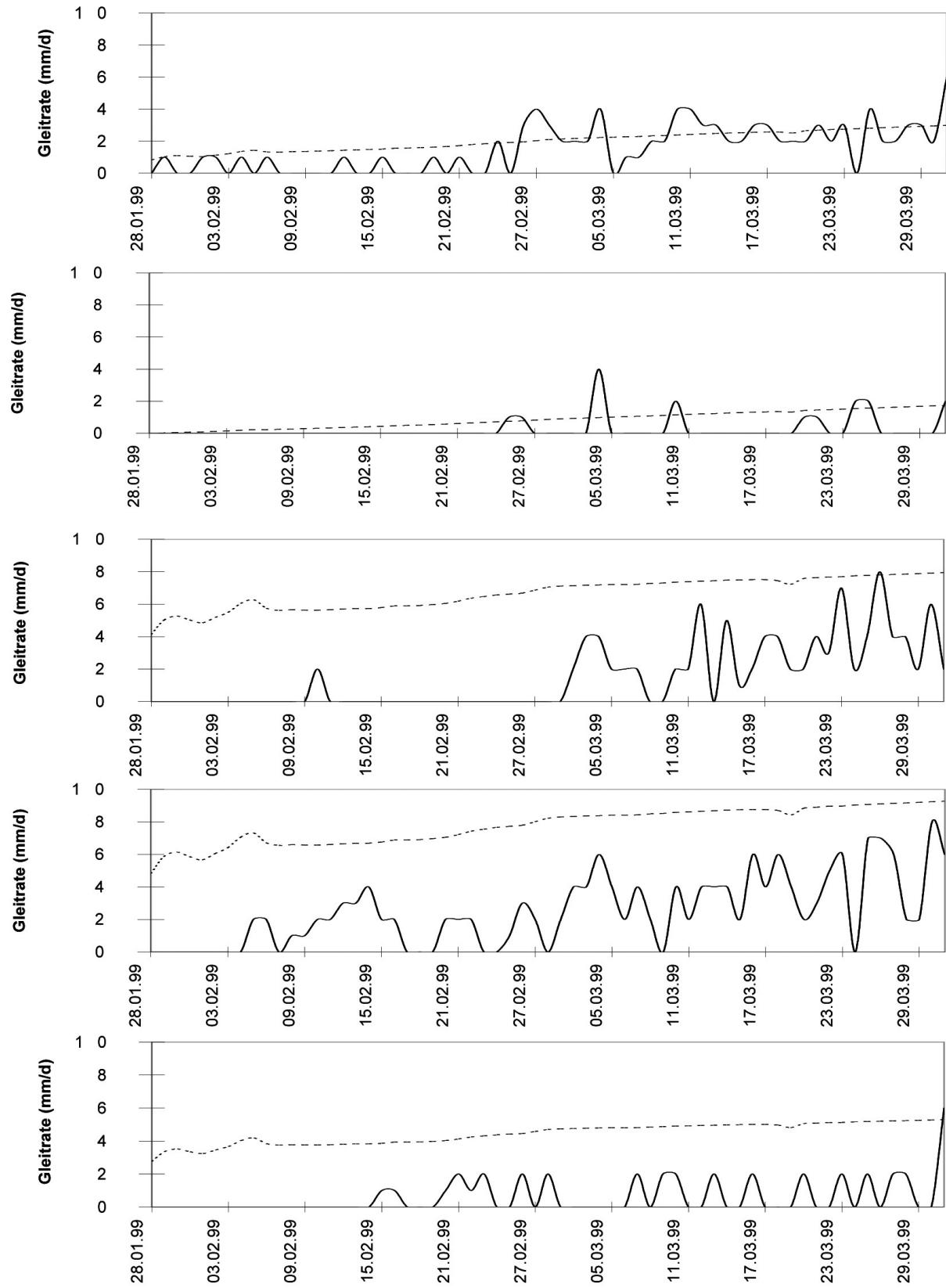
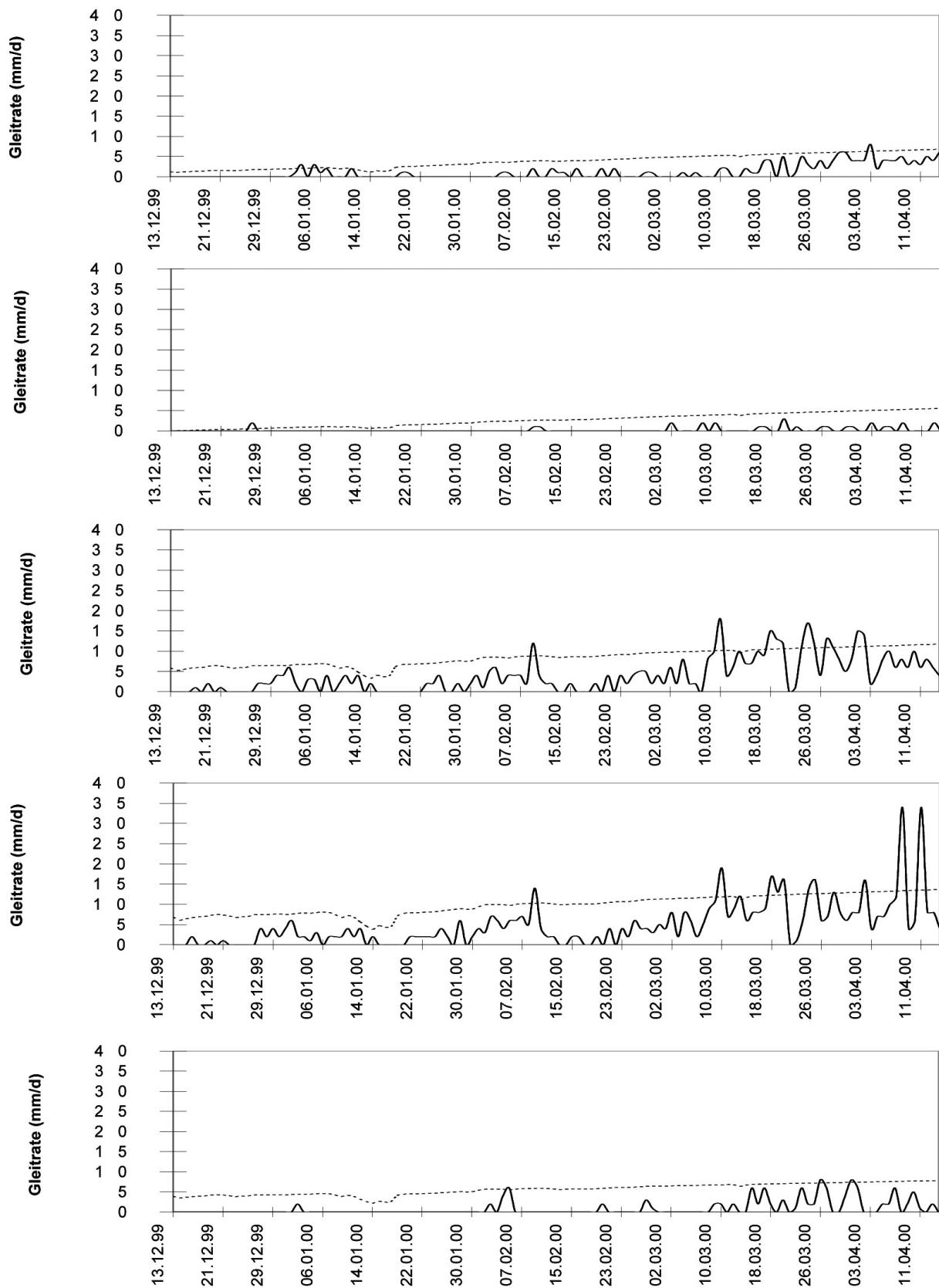


Abb. 19:

Gemessene (—) und berechnete Gleitraten (....) in mm d⁻¹ für die Periode 13.12.1999 bis 14.04.2000. Die Graphiken von oben nach unten bedeuten: Messpunkt 2, Messpunkt 3, Messpunkt 6, Messpunkt 7 und Messpunkt 8.



Der Gleitfaktor (N) kann sodann mit

$$N = (1+3n)^{0,5} \quad (12)$$

berechnet werden.

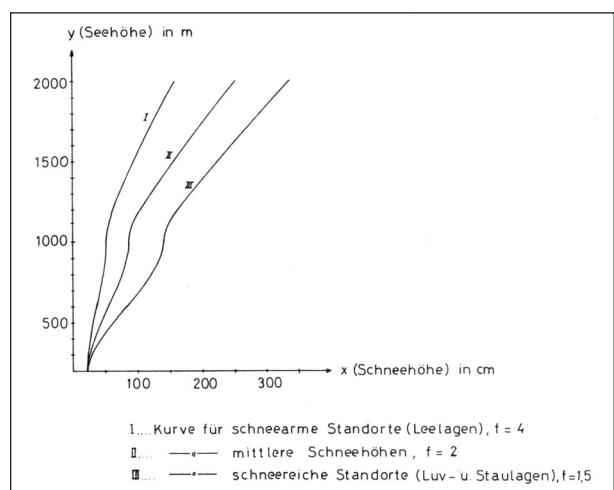
Unter der Annahme einer durchschnittlichen Schneehöhe von 0,8 bis 1,0 m im Versuchsgebiet ergibt sich somit für die Messpunkte 6 und 7 ein Gleitfaktor von 1,5 bis 1,6, für Messpunkt 8 - unter der Voraussetzung, dass der bereits vorhandene Jungwuchs die Rauhigkeit erhöht - ein Wert von etwa 1,3 (andernfalls 1,5 bis 1,6) und innerhalb des Lärchenwaldes (Punkte 2 und 3) ein Gleitfaktor von 1,35 bis 1,45.

3.6. Umlegung der Erkenntnisse auf andere Gebiete

Da der Praktiker Angaben bezüglich Gleitschneezonen nicht nur aus einem relativ eng begrenzten Bereich benötigt, sondern auch nach entsprechenden Informationen aus anderen Gebieten verlangt, wird nun versucht, die vorliegenden Erkenntnisse auch für andere Gebirgswälder anzuwenden. Hingewiesen sei in diesem Zusammenhang auf das Handbuch zum Erkennen schneegleitgefährdeter Standorte im Gebirgswald (HÖLLER 2004), das dem Praktiker behilflich sein soll, derartige Standorte rasch zu erkennen, um entsprechende Maßnahmen zielgerichtet einzuleiten zu können.

Die Gleitgeschwindigkeit nimmt mit zunehmendem Schneedeckengewicht zu (IN DER GAND 1968a). Das Schneedeckengewicht wird vor allem

Abb. 20:
Abhängigkeit der durchschnittlichen maximalen Schneehöhe von der Seehöhe und der Lage zu den wetterbestimmenden Niederschlagsfronten (HÖLLER 1987).



durch die Schneehöhe beeinflusst. Die durchschnittliche maximale Schneehöhe wird nicht nur von der Seehöhe, sondern auch von der **Lage des Gebietes** beeinflusst. Wie Abbildung 20 zeigt, betragen die Schneehöhen in einer inneralpinen Lage nur etwa 40 % jenes Wertes einer vergleichbaren Fläche in einer Staulage. Während in einer Seehöhe von 2000 m in einer typischen Staulage im Mittel eine Schneehöhe von 350 cm erwartet werden kann, sind es in einer inneralpinen Trockenlage in vergleichbarer Seehöhe nur etwa 150 cm. Das heißt, in einer Staulage können die Schneehöhen den 2,4 fachen Wert einer inneralpinen Lage erreichen, was sich naturgemäß auf die Gleitbewegungen auswirkt (vgl. Abbildungen 21 und 22). Die Ermittlung der Gleitraten kann auf der Basis der Schneehöhen erfolgen. Da die Schneehöhe in Gleichung (6) multiplikativ verknüpft ist, kann man davon ausgehen, dass sich die Gleitraten in einer Staulage um etwa den selben Betrag erhöhen (verglichen mit der Kaserstattalm) wie die Schneehöhen (also etwa um den 2,4 fachen Wert). In diesem Fall sind nicht nur Lücken mit der im vorigen Kapitel angegebenen Größe als kritisch zu betrachten, sondern auch Waldzonen mit einem Schlussgrad von weniger als 90 %.



Abb. 21:
Schneegleiten und Gleitschneelawinen in der Nähe von Kaisers (Außerfern)

Aufgrund der Abhängigkeit der Schneehöhe von der Seehöhe (Abbildung 20), müsste man erwarten, dass das Gleiten mit steigender **Seehöhe** wegen der Zunahme der Schneehöhe und damit des Schneedeckengewichtes zunimmt.

Andererseits nimmt die Temperatur mit steigender Seehöhe ab. Daraus ließe sich schließen, dass das Schneegleiten mit steigender Seehöhe eher abnehmen müsste (tiefe Temperaturen hemmen im

Allgemeinen das Schneegleiten). Die höheren Temperaturen in tieferen Lagen wirken auf das Schneegleiten beschleunigend, sie bewirken Schmelzprozesse an der Basis der Schneedecke und somit vermehrte Gleitbewegungen.



Abb. 22:
Schneegleiten in der Nähe von Elbigenalp (Außerfern)

IN DER GAND (1968a) weist darauf hin, dass Nassschnee-Grenzschichten hauptsächlich durch Schmelzprozesse an der Basis der Schneedecke entstehen; diese röhren daher, dass die Bodenoberflächentemperatur im mitteleuropäischen Klimabiet an Sonnenhängen bis gegen 2400 m unter der Bedingung zeitlich normalen Einschneiens nicht unter den Gefrierpunkt fällt.

Damit wird das Schneegleiten nach oben hin begrenzt, da in größerer Seehöhe die Bodenoberflächentemperatur zum Zeitpunkt des Einschneiens häufig schon unter dem Gefrierpunkt liegt. Auch aus einer Untersuchung von NEWESELY et al. (2000) geht hervor, dass die größten Gleitraten auf Standorten unterhalb 1750 m zu verzeichnen waren.

Für einen ersten Überblick, wie Schneetemperaturen das Gleiten beeinflussen, wurde mit dem von MCCLUNG (1974, 1994) entwickelten Ansatz eine einfache Berechnung durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass sich bei einer um 2 °C höheren Schneetemperatur die Gleitraten um 25 % erhöhen würden; umgekehrt würden sich bei 2 °C tieferen Schneetemperaturen die Gleitraten um etwa 20 % verringern.

Allerdings ändern sich die Schneetemperaturen mit der Seehöhe nur geringfügig, sodass der Einfluss auf das Schneegleiten als wenig maßgeblich beurteilt wird. Was die kritischen Flächen betrifft, sind daher keine Änderungen zu den im vorigen Kapitel angegebenen Größen vorgesehen.

Die **Hangneigung** beeinflusst das Schneegleiten wesentlich. So hat etwa NEWESELY et al. (2000) festgestellt, dass das Schneegleiten im Bereich von 35 - 40° maximale Werte erreichen kann, während die Gleitbewegungen zwischen 30 - 35° abnehmen und unter 30° nur relativ geringe Gleitraten zu verzeichnen sind. Mit dem Ansatz von MCCLUNG (1974, 1994) lassen sich Gleitraten für verschiedene Hangneigungen berechnen. Nimmt man den Wert von 30° als Ausgangswert, so betragen die Gleitraten bei einer Hangneigung von 25° nur 85 %, bei 35° 115 % und bei 40° 130 % des Ausgangswertes.

Demnach können bei einer Hangneigung von 40° in großen Lücken Gleitraten von über 200 mm h⁻¹ auftreten, in kleinen Lücken 150 mm h⁻¹; im Bestand lediglich 10 mm h⁻¹. Die oben angegebenen Werte für kritische Zonen behalten auch bei Neigungsverhältnissen von 40° ihre Gültigkeit.

Bei einer Hangneigung von 25° nimmt das Gleiten zwar ab, die Abnahme ist aber mit 85 % noch nicht so bedeutend, dass man daraus ableiten könnte, für die kritische Lückengröße einen höheren Wert anzusetzen.

Neben der Hangneigung übt aber auch die **Exposition** einen nennenswerten Einfluss auf das Schneegleiten aus. Südseitig treten höhere Schneetemperaturen auf als nordseitig. Auch erreichen die Schneetemperaturen nordseitig nicht so rasch den Schmelzpunkt. Da aber eine Annäherung der Schneetemperaturen an den Schmelzpunkt eine sehr wesentliche Voraussetzung für das Gleiten darstellt, ist zu erwarten, dass nordseitig das Schneegleiten nur eine untergeordnete Rolle spielt.

Die Exposition beeinflusst aber auch den Aufbau der Schneedecke und es scheint, dass sich dieser wesentlich stärker auf das Gleiten auswirkt als die Temperaturverhältnisse, weil die Kornformen einen nicht unbedeutenden Einfluss auf die Viskosität haben. Da im Bereich von Schattlagen häufiger kantige Kornformen (Vorstufe des Tiefenreifs) anzutreffen sind als auf Sonnenseiten, sind für die Viskosität nicht $1 \cdot 10^{10}$ Pa.s - wie sie für die nach Süden ausgerichteten Flächen des Versuchsgebietes angenommen wurden - , sondern $5 \cdot 10^{10}$ Pa.s zu veranschlagen. Damit würden die Gleitraten auf Nordseiten aber nur mehr etwa 20 % der Werte der Kaserstattalm betragen. Das heißt, es besteht keine Notwendigkeit, kritische Flächen in nordexponierten Waldflächen auszuweisen, weil dort das Gleiten selbst in größeren Lücken als vernachlässigbar angesehen werden kann.

Die **Baumarten** können das Schneegleiten insoweit beeinflussen, als das Kronendach bzw. der Beschirmungsgrad unmittelbar auf die darunter liegende Schneedecke wirkt. So sammelt sich in winterkahlen Wäldern mehr Schnee auf den Boden an als in immergrünen Nadelwäldern. In ersteren kann die kurzwellige Strahlung die Schneedecke erreichen und auf Südseiten zu Schmelzprozessen führen. Nachdem, wie die Ergebnisse auf der Kaserstattalm zeigen, selbst unter Lärchen die Gleitbewegungen nur geringfügig sind, kann davon ausgegangen werden, dass in wintergrünen Beständen (Fichten, Zirben) das Schneegleiten zu vernachlässigen ist. Auch bezüglich der kritischen Größe von Lücken sind die Baumarten nur von marginaler Bedeutung, da es unbedeutend ist, ob die Lücke von einem Lärchenwald oder von einem Fichtenwald umgeben ist. Das bedeutet, dass der Einfluss der Baumarten auf das Schneegleiten vernachlässigbar ist.

Der Einfluss der **Bodenrauhigkeit** auf das Schneegleiten kann mit Hilfe der von MCCLUNG (1974, 1994) verwendeten Stagnationstiefe (D) bestimmt werden.

Zur Berechnung von D kann Gleichung (8) herangezogen werden. In diese Gleichung geht sowohl die Amplitude (A) der Hindernisse (Höcker) als auch die Distanz zwischen den Hindernissen (Wellenlänge λ_o) ein. Nimmt man für die Rauhigkeitsverhältnisse eine Amplitude von 0 bis maximal 0, 1 m als Ausgangswert, würde das bedeuten, dass sich die Gleitraten bei Hindernissen mit einer Höhe von 0, 2 m auf 25 % und bei Hindernissen mit einer Höhe von 0,5 m gar auf etwa 3 % verringerten.

Demnach können bei Hindernissen mit einer Höhe von 0,2 m in großen Lücken Gleitraten von höchstens 42 mm h^{-1} auftreten, in kleinen Lücken von maximal 30 mm h^{-1} . Bei noch größeren Hindernissen (Höcker mit 0,5 m) würden sich die Gleitraten gar auf 5 mm h^{-1} (große Lücken) beziehungsweise $3,5 \text{ mm h}^{-1}$ (kleine Lücken) verringern.

Daraus lässt sich schließen, dass bei Hindernissen (Höckern) mit einer Höhe von mindestens 0,35 m eine kritische Größe von Lücken nicht mehr anzugeben ist, weil selbst die zu erwartenden extremen Gleitraten in großen Lücken dann nur mehr im Bereich der Werte im Bestand liegen.

4. Schlussfolgerungen

4.1 Schutzmaßnahmen

Zum Schutz vor Anrissflächen, die innerhalb des Gebirgswaldes bzw. unterhalb der Waldgrenze liegen, kommen vor allem Aufforstungen, Aufforstungen mit Gleitschneeschutz und temporäre technische Einrichtungen in Frage.

Für freie Flächen, die innerhalb eines Lärchenbestandes liegen, reichen Aufforstungen ohne Gleitschneeschutz im Allgemeinen aus. Die Gleitraten sind dort so gering, dass eine Beeinträchtigung von Aufforstungen nicht gegeben scheint. Geeignete Baumarten für Aufforstungen in der subalpinen Zone sind vor allem Fichten, Lärchen und Zirben.

In Bestandeslücken und Blößen von zumindest 50 bis 60 m^2 sind hohe Gleitgeschwindigkeiten sowie Gleitrisse und Gleitschneerutschen zu erwarten. Nach IN DER GAND (1968b) ist es für den Schutz von Aufforstungen notwendig, durch geeignete Vorkehrungen extreme Gleitgeschwindigkeiten zu verhindern, die zu Gleitschneerissen und Gleitschneerutschen führen. Daraus ergibt sich, dass auf Standorten dieses Typs Aufforstungen nicht genügen, sondern auch Gleitschneeschutzmaßnahmen getroffen werden müssen. Diese zählen nicht zu den technischen Maßnahmen im engeren Sinne und beruhen darauf, die Rauhigkeit des Bodens zu erhöhen und so bessere Startbedingungen für allfällige Aufforstungen zu schaffen. Die Palette reicht von einfachen Bermen (kleine Terrassen), Verpfählungen, bis hin zu quer gelegten Stämmen. Auch Kunststoffbänder nach HENSLER (1972) können zur Anwendung kommen. Bei Erdterrassen ist es günstiger, die Wellenlänge der Rauhigkeit (λ_o) kurz zu halten (SALM 1978); die Amplitude (A) ist weniger bedeutend. Es ist also besser, viele kleine Terrassen zu bauen als wenige große.

Standorte, auf denen ein stärkeres Gleiten erwartet werden kann (z.B. Lücken in Waldbeständen der typischen Staulagen), werden zusätzlich eines technischen Schutzes bedürfen. Dazu zählt insbesondere der temporäre Stützverbau (Holzwerke bzw. Rundholzschnereerechen). Derartige Maßnahmen weisen bei sachgemäßer Ausführung eine Lebensdauer von 30 bis 50 Jahren auf und können, bis der Wald die Initialphase erreicht hat, einen Schutz vor Gleitschneelawinen bieten.

Tab. 8:
Grad des Schneegleitens in Abhängigkeit vom Standort und erforderliche Maßnahmen.

Gruppe	Beschreibung	Neigung zu Schneegleiten	erforderliche Maßnahmen	Dringlichkeit
1	* Fichten- und Zirbenwälder aller Expositionen und Neigungen * Waldflächen auf N-Expositionen	sehr gering	im Allgemeinen keine oder nur geringfügige Maßnahmen erforderlich	gering
2	* Lärchenwälder * Lücken mit großer Bodenrauhigkeit	gering bis mäßig	je nach Lage Aufforstungen mit Fichte, Lärche und Zirbe	mittel
3	* Lücken und Blößen auf Süd-Expositionen (SE bis SW), in Lagen mit geringer bis mittlerer Schneemächtigkeit (inneralpin)	mittel bis hoch	Gleitschneeschutzmaßnahmen (Bermen, Pflöcke) und je nach Lage Aufforstungen mit Fichte, Lärche und Zirbe	erhöht
4	* Lücken und Blößen in Gebieten mit großer Schneemächtigkeit (randalpin)	sehr hoch	Technische Maßnahmen [Böcke, temporärer Stützverbau (Holz)] und je nach Lage Aufforstungen mit Fichte, Lärche und Zirbe	hoch

4.2 Prioritätenreihung der Standorte für Schutzmaßnahmen

Zur besseren Übersichtlichkeit wurden die Standorte in vier Gruppen in Abhängigkeit vom Grad des Schneegleitens gegliedert (Tabelle 8); in der dritten Spalte sind die erforderlichen Schutzmaßnahmen angeführt, die Dringlichkeit der Maßnahmen kann der vierten Spalte entnommen werden.

5. Literaturverzeichnis

- BADER H., HAEFELI R., BUCHER E., NEHER J., ECKEL O. und THAMS C. 1939: *Der Schnee und seine Metamorphose*. Beiträge zur Geologie der Schweiz - Geotechnische Serie - Hydrologie, Lieferung 3, Kümmerly und Frey, Bern, 340 S.
- BITTERLICH W. 1997: *Auswirkungen unterschiedlicher Bewirtschaftung auf Boden und Vegetation am Beispiel der Kaserstattalm/Neustift i. Stubaital*. Diss. Universität Innsbruck 236 S.
- CONWAY H. 1998: *The impact of surface perturbations on snow-slope stability*. Ann. Glaciol. 26, 307-312.
- ENDO Y. 1983: *Glide processes of a snow cover as a release mechanism of an avalanche on a slope covered with bamboo bushes*. Contributions from the Institute of Low Temperature Science, Series A, No. 32, 39-68
- FIEBIGER G. 1978: *Ursachen von Waldlawinen im Bereich der nordöstlichen Randalpen und ihre Behandlung durch forsttechnische Maßnahmen*. Diss. Universität für Bodenkultur, 406 S.
- FIEBIGER G. 1979: *Messungen an Lawinen im Wald*. Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie, Band 15, Heft 2, 183-194.
- GUBLER H. 1997: *Temporäre Lawinenschutzmaßnahmen: Neue Erkenntnisse und Messmethoden senken das Restrisiko*. Beiträge der 6. Europ. Table Ronde, Lokale Lawinenwarnung, Saas-Fee.
- GUFLER R. 1997: *Vegetationskartierung Kaserstattalm und Umgebung*. Persönliche Mitteilung.
- GUMBEL E. J. 1958: *Statistics of extremes*. Columbia Univ. Press, New York, 375 p.
- HAEFELI R. (1939): *Schneemechanik mit Hinweisen auf die Erdbaumechanik*. In: Der Schnee und seine Metamorphose. Beiträge zur Geologie der Schweiz - Geotechnische Serie - Hydrologie, Lieferung 3, Kümmerly und Frey, Bern, 65-241.
- HAEFELI R. 1948: *Schnee, Lawinen, Firn und Gletscher*. In Bendel, L.: Ingenieur-Geologie, 2. Band, Springer Verlag, Wien, 663-735.
- HENSLER W. 1972: *Erfahrungen bei der Hochlagenauftostung Haggen*. Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt 96, 209 - 219.
- HÖLLER P. 1987: *Ein Beitrag zur differenzierten Schneehöhenermittlung unter Berücksichtigung der Seehöhe und der Lage zu den wetterbestimmenden Niederschlagsfronten*. Wetter und Leben 39, H.3, 139-142.
- HÖLLER P. 2004: *Handbuch zum Erkennen schneegleitgefährdeter Standorte*. In Vorbereitung.
- IN DER GAND H. 1954: *Beitrag zum Problem des Gleitens der Schneedecke auf dem Untergrund*. Winterbericht Eidg. Inst. f. Schnee- und Lawinenforschung 17, 103-117.
- IN DER GAND H. 1956: *Spezielle Lawinen- und Lawinenuntersuchungen im Parsenngebiet*. Lawinen und Gleitschnee. Winterbericht Eidg. Inst. f. Schnee- und Lawinenforschung Nr. 19, 93- 101.
- IN DER GAND H. und ZUPANCIC M. 1966: *Snow gliding and avalanches*. IAHS-Publ. 69, 230-242.

- IN DER GAND H. 1968a: *Neue Erkenntnisse über das Schneegleiten.* Schweizer Bauzeitung, 86 (31), 557 - 661.
- IN DER GAND H. 1968b: *Aufforstungsversuche an einem Gleitschneehang.* Mitteilungen der Schweizer Anstalt für das Forstliche Versuchswesen 44, 233-326.
- LACKINGER B. 1986: *Stability and fracture of the snow pack for glide avalanches.* IAHS-Publ. 162, 229-240.
- LACKINGER B. 1988: *Zum Problem der Gleitschneelawine.* Proc. Interpraevent 1988 (Graz) 3, S. 205-226.
- MCCUNG D. 1974: *Creep and the snow - earth interface condition in the seasonal alpine Snowpack.* In: Snow Mechanics (Proceedings of the Grindelwald Symp., April 1974), IAHS Publ. 114, 236-248.
- MCCUNG D. 1981: *A physical theory of snow gliding.* Can. Geotechn. Journal 18, 86-94.
- MCCUNG D., WALKER S. and GOLLEY W. 1994: *Characteristics of snow gliding on rock.* Ann. Glaciol. 19, 97-103.
- NEWESELY CHR., TASSER E., SPADINGER P. and CERNUSCA A. 2000: *Effects of land-use changes on snow gliding processes in alpine ecosystems.* Basic Appl. Ecol. 1 (1), 61 - 67.
- OECHSLIN M. 1937: *Schneetemperaturen, Schneekriechen und Schneekohäsion.* Schweizer Zeitschrift für das Forstwesen 88, 1, 1-19.
- SALM B. 1977: *Snow forces.* J. Glaciol. 19 (81), 67-100.
- SALM B. 1978: *Snow forces on forest plants.* Proc. IUFRO Seminar Mountain Forests and Avalanches, Davos, 157 - 181.
- ZWERGER P. 1996: *Bestandesbeschreibung - Stubaital/Kaserstat-talm.* Persönliche Mitteilung.

Verfasser: Dr. Peter Höller
Bundesamt und Forschungszentrum für Wald
Institut für Naturgefahren und Waldgrenzregionen
Hofburg- Rennweg 1
A-6020 Innsbruck
e-Mail: peter.hoeller@uibk.ac.at

FBVA-Berichte
Schriftenreihe der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien

			Preis in Euro
1953	1	Forstliche Arbeitslehre und Menschenführung. Referate von der GEFFA-Tagung 1952 in Ort bei Gmunden (Oberösterreich). 137 Seiten	vergriffen
1954	2	FRAUENDORFER, R. Forstliche Hilfstafeln. 167 Seiten	vergriffen
1955	3	LOHWAG, K. Erkenne und bekämpfe den Hausschwamm und seine Begleiter! 61 Seiten	vergriffen
1955	4	GRÜLL, H.; TRAUNINGER, W. Neuzeitliche Forstsaatguterzeugung in Pfpfoplantagen. I. Teil, Plusbaumauswahl und Pfpfung. 73 Seiten	1,45
1956	5	HAFNER, F.; HEDENIGG, W. Planiergerät im forstlichen Straßen- und Wegebau. 75 Seiten	1,45
1957	6	FRAUENDORFER, R. Planung und Durchführung von Stichprobenahmen. 65 Seiten	vergriffen
1958	7	FRAUENDORFER, R. Betriebswirtschaftliche Untersuchungen im steirischen Bauernwald. (Gemeinde Haslau 1955). 157 Seite	3,63
1985	8	POLLANSCHÜTZ, J. Waldzustandsinventur 1984. Ziele - Inventurverfahren - Ergebnisse. 29 Seiten	vergriffen
1985	9	GLATTES, F.; SMIDT, S.; DRESCHER, A.; MAJER, C.; MUTSCH, F. Höhenprofil Zillertal. Untersuchung einiger Parameter zur Ursachenfindung von Waldschäden. Einrichtung und Ergebnisse 1984. 81 Seiten	vergriffen
1985	10	MERWALD, I. Lawinenereignisse und Witterungsablauf in Österreich. Winter 1974/75, 1975/76 und 1976/77. 76 Seiten	5,81
1986	11	STAGL, W.; DRESCHER, A. Wild - Vegetation - Forstschäden. Vorschläge für ein Beurteilungsschema. 19 Seiten	2,18
1986	12	NATHER, J. Proceedings of the International Symposium on Seed Problems under Stressfull Conditions, Vienna and Gmunden, Austria June 3.-8. 1985. 287 Seiten	vergriffen
1986	13	SMIDT, S. Bulkmessungen in Waldgebieten Österreichs. Ergebnisse 1984 und 1985. 32 Seiten	vergriffen
1986	14	EXNER, R. Die Bedeutung des Lichtfaktors bei Naturverjüngung. Untersuchungen im montanen Fichtenwald. 48 Seiten	vergriffen
1986	15	MERWALD, I. Lawinenereignisse und Witterungsablauf in Österreich. Winter 1977/78, 1978/79 und 1979/80. 81 Seiten	6,54
1986	16	HAUK, E.; HÖLLER, P.; SCHAFFHAUSER, H. Lawinenereignisse und Witterungsablauf in Österreich. Winter 1984/85 und 1985/86. 90 Seiten	6,54
1987	17	MERWALD, I. Lawinenereignisse und Witterungsablauf in Österreich. Winter 1980/81 und 1981/82. 74 Seiten	5,81
1987	18	EXNER, R. Erhaltung und Verjüngung von Hochlagenbeständen. Strukturanalysen im subalpinen Fichtenwald (Niedere Tauern, Radstadt/Salzburg). 102 Seiten	7,26

1987	19	HAUPOLTER, R. Baumsterben in Mitteleuropa. Eine Literaturübersicht. Teil 1: Fichtensterben. KREHAN, H.; HAUPOLTER, R. Forstpathologische Sondererhebungen im Rahmen der Österreichischen Waldzustandsinventur 1984-1988. Kiefernbestände - Bucklige Welt.. 73 Seiten	vergriffen
1987	20	GLATTES, F.; SMIDT, S. Höhenprofil Zillertal. Untersuchung einiger Parameter zur Ursachenfindung von Waldschäden. Ergebnisse von Luft-, Niederschlags- und Nadelanalysen 1985. 65 Seiten	vergriffen
1987	21	RUETZ, W.; NATHER, J. Proceedings of the IUFRO Working Party on Breeding Strategy for Douglas-Fir as an Introduced Species. Working Party: S2.02-05. Vienna, Austria June 1985. 300 Seiten	21,80
1987	22	JOHANN, K. Standraumregulierung bei der Fichte. Ausgangsbaumzahl - Stammzahlreduktion - Durchforstung - Endbestand. Ein Leitfaden für den Praktiker. 66 Seiten	4,36
1987	23	POLLANSCHÜTZ, J.; NEUMANN, M. Waldzustandsinventur 1985 und 1986. Gegenüberstellung der Ergebnisse. 98 Seiten	7,26
1987	24	KLAUSHOFER, F.; LITSCHAUER, R.; WIESINGER, R. Waldzustandsinventur Untersuchung der Kronenverlichtungsgrade an Wald- und Bestandesändern. 94 Seiten	7,26
1988	25	JOHANN, K. Ergebnisse einer Rotfäuleuntersuchung in sehr wüchsigen Fichtenbeständen. 88 Seiten	6,54
1988	26	SMIDT, S.; GLATTES, F.; LEITNER, J. Höhenprofil Zillertal. Meßbericht 1986. Luftsadstoffmessungen, Meteorologische Daten, Niederschlagsanalysen. 114 Seiten	8,72
1988	27	SMIDT, S. Messungen der nassen Deposition in Österreich. Meßstellen, Jahresmeßergebnisse, Literatur. 72 Seiten	5,81
1988	28	Forum Genetik - Wald - Forstwirtschaft. Bericht über die 5. Arbeitstagung von 6. bis 8. Oktober 1987. Kongresshaus Innsbruck. 192 Seiten	14,53
1988	29	KRISSL, W.; MÜLLER, F. Mischwuchsregulierung von Fichte und Buche in der Jungwuchsphase. 52 Seiten	3,63
1988	30	MARCU, GH.; TOMICZEK, C. Eichensterben und Klimastress. Eine Literaturübersicht. 23 Seiten	2,18
1988	31	KILIAN, W. Düngungsversuche zur Revitalisierung geschädigter Fichtenbestände am Ostrong. 50 Seiten	3,63
1988	32	SMIDT, S.; GLATTES, F.; LEITNER, J. Höhenprofil Zillertal, Meßbericht 1987. 234 Seiten	18,16
1988	33	ENK, H. 10 Jahre Kostenuntersuchung bei Tiroler Agrargemeinschaften und Gemeindewäldern. 124 Seiten	9,44
1988	34	KREHAN, H. Forstpathologische Sondererhebungen im Rahmen der Österreichischen Waldzustandsinventur 1984-1988. Teil II: Fichtenbestände im Ausserfern (Tirol) und im grenznahen Gebiet des Mühl- und Waldviertels. 60 Seiten	4,36
1988	35	SCHAFFHAUSER, H. Lawinenereignisse und Witterungsablauf in Österreich. Winter 1986/87. 138 Seiten	10,53
1989	36	Beiträge zur Wildbacherosions- und Lawinenforschung (8). IUFRO-Fachgruppe S1.04-00. Vorbeugung und Kontrolle von Wildbacherosion, Hochwässer und Muren, Schneeschäden und Lawinen. 128 Seiten	9,44
1989	37	RACHOY, W.; EXNER, R. Erhaltung und Verjüngung von Hochlagenbeständen. 100 Seiten	7,63
1989	38	MERWALD, I. Lawinenereignisse und Witterungsablauf in Österreich. Winter 1982/83, 1983/84. 92 Seiten	7,26

1989	SCHNEIDER, W.		
Sonderheft	Verfahren, Möglichkeiten und Grenzen der Fernerkundung für die Inventur des Waldzustandes. 118 Seiten	14,53	
1989 39	KREHAN, H.		
	Das Tannensterben in Europa. Eine Literaturstudie mit kritischer Stellungnahme. 58 Seiten	4,36	
1989 40	KRISSL, W.; MÜLLER, F.		
	Waldbauliche Bewirtschaftungsrichtlinien für das Eichen-Mittelwaldgebiet Österreichs. 134 Seiten	10,17	
1990 41	KILLIAN, H.		
	Bibliographie zur Geschichte von Kloster, Forstlehranstalt und Forstlicher Versuchsanstalt Mariabrunn - Schönbrunn. 162 Seiten	11,99	
1990 42	JEGLITSCH, F.		
	Wildbachereignisse in Österreich 1974 - 1976 und Kurzfassung der Wildbachereignisse in Österreich in den Jahren 1974 - 1987. 98 Seiten	7,26	
1990 43	Beiträge zur Wildbacherosions- und Lawinenforschung (9).		
	IUFRO-Fachgruppe S1.04-00. Vorbeugung und Kontrolle von Wildbacherosion, Hochwässer und Muren, Schneeschäden und Lawinen. 80 Seiten	5,81	
1990 44	SMIDT, S.; HERMAN, F.; LEITNER, J.		
	Höhenprofil Zillertal. Meßbericht 1988. Luftschadstoffmessungen, Meteorologische Daten, Niederschlagsanalysen. 33 Seiten	2,54	
1990 44A	SMIDT, S.; HERMAN, F.; LEITNER, J.		
	Höhenprofil Zillertal. Meßbericht 1988 (Anhang). Luftschadstoffmessungen, Meteorologische Daten, Niederschlagsanalysen. 230 Seiten	20,34	
1990	KILIAN, W.; MAJER, C.		
Sonderheft	Österreichische Waldboden-Zustandsinventur. Anleitung zur Feldarbeit und Probenahme. 58 Seiten	5,08	
1990 45	NEUMANN, MARKUS; SCHADAUER, K.		
	Waldzustandsinventur. Methodische Überlegungen und Detailauswertungen. 88 Seiten	6,54	
1990 46	Zusammenkunft der Deutschsprachigen Arbeitswissenschaftlichen und Forsttechnischen Institute und Forschungsanstalten. Bericht über die 18.Zusammenkunft vom 18.-20.April 1990. 286 Seiten	24,70	
1991 47	SMIDT, S.		
	Beurteilung von Ozonmeßdaten aus Oberösterreich und Tirol nach verschiedenen Luftqualitätskriterien. 87 Seiten	6,54	
1991 48	ENGLISCH, M.; KILIAN, W.; MUTSCH, F.		
	Österreichische Waldboden-Zustandsinventur. Erste Ergebnisse. 75 Seiten	5,81	
1991 49	Österreichisches Waldschaden-Beobachtungssystem.		
	Ziele, Methoden und erste Ergebnisse. 128 Seiten	9,44	
1991 50	SMIDT, S.		
	Messungen nasser Freilanddepositionen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt. 90 Seiten	6,54	
1991 51	HOLZSCHUH, C.		
	Neue Bockkäfer aus Europa und Asien, I. 33 neue Bockkäfer aus der palaearktischen und orientalischen Region (Coleoptera,Cerambycidae). 75 Seiten	14,53	
1991 52	FÜRST, A.		
	Der forstliche Teil der Umgebungsüberwachung des kalorischen Kraftwerkes Dürnrohr. Ergebnisse von 1981 bis 1990. 42 Seiten	3,23	
1991 53	JEGLITSCH, F.		
	Wildbachereignisse in Österreich 1977-1979. 80 Seiten	5,81	
1991 54	JEGLITSCH, F.		
	Wildbachereignisse in Österreich 1980-1982. 78 Seiten	5,81	

1991	55	WIESINGER, R.; RYS, J. Waldzustandsinventur: Untersuchung der Zuwachsverhältnisse an Wald- und Bestandesändern. 60 Seiten	4,36
1991	56	RACHOY, W.; EXNER, R. Erhaltung und Verjüngung von Hochlagenbeständen. 60 Seiten	6,90
1991	57	SMIDT, S.; HERMAN, F.; LEITNER, J. Höhenprofil Zillertal. Meßbericht 1989/90. 28 Seiten	2,18
1991	58	STAGL, W.; HACKER, R. Weiden als Prosshölzer zur Äsungsverbesserung. 56 Seiten	4,36
1991	59	HOLZER, K.; OHENE-COFFIE, F.; SCHULTZE, U. Vegetative Vermehrung von Fichte für Hochlagenaufforstungen. Physiologische und phänologische Probleme der Anpassung. 73 Seiten	5,45
1991	60	HOLZSCHUH, C. Neue Bockkäfer aus Asien II. 63 neue Bockkäfer aus Asien, vorwiegend aus China und Thailand, (Coleoptera: Disteniidae und Cerambycidae). 71 Seiten	10,17
1992	61	STAGL, W. Auswertung der „Trakte“ zum Staatsvertrag „Vereinbarung zwischen Bund und dem Land Kärnten über gemeinsame Maßnahmen zur Sicherung eines ausgewogenen Verhältnisses von Wald und Wild“. 62 Seiten	7,63
1992	62	JEGLITSCH, F. Wildbachereignisse in Österreich 1983-1985. 72 Seiten	5,45
1992	63	FÜRST, A. Blatt- und nadelanalytische Untersuchungen im Rahmen des Waldschaden Beobachtungssystems. Ergebnisse 1989. 37 Seiten	2,90
1992		DRAGOVIC, N. Sonderheft 1 Terminologie für die Wildbachverbauung. Fachwörterbuch deutsch - serbokroatisch. Terminologija Uredjenja Bujicnih Tokova. Recnik Strucnih Termina Srpskohrvatsko - Nemacki. 43 Seiten	3,63
1992	64	JEGLITSCH, F. Wildbachereignisse in Österreich 1986-1988. 91 Seiten	6,90
1992	65	NATHER, J. (HRSG.) Proceedings of the meeting of IUFRO - WP S2.02-21 on „Actual problems of the legislation of forest reproductive material and the need for harmonization of rules at an international level“. Gmunden / Vienna - Austria, June 10. - 14. 1991. 180 Seiten	14,53
1992	66	JEGLITSCH, F. Wildbachereignisse in Österreich 1989. 60 Seiten	4,36
1992	67	Ökosystemare Studien in einem inneralpinen Tal. Ergebnisse aus dem Projekt „Höhenprofil Zillertal“. 152 Seiten	13,08
1992	68	LUZIAN, R. Lawinenereignisse und Witterungsablauf in Österreich. Winter 1987/88, 1988/89, 1989/90, 1990/91. 188 Seiten	14,53
1992	69	HOLZSCHUH, C. Neue Bockkäfer aus Asien III. 57 neue Bockkäfer aus Asien. Vorwiegend aus China, Thailand und Vietnam (Coleoptera, Cerambycidae). 63 Seiten	8,72
1992	70	Ökosystemare Studien im Kalkalpin. Erste Ergebnisse aus dem Projekt „Höhenprofile Achenkirch“. 103 Seiten	7,26
1992	71	Österreichisches Waldschaden-Beobachtungssystem. Beiträge zum WBS-Seminar vom 23. April 1992. 111 Seiten	8,35
1992	72	VOSHMGIR, D. (BEARB.). Das Schrifttum der Forstlichen Bundesversuchsanstalt. Teil IV: 1974 bis 1990. 115 Seiten	5,81
1993	73	MÜLLER, F. Auswahl und waldbauliche Behandlung von Gen-Erhaltungswäldern. 24 Seiten	1,81

1993	74	Lawinenbericht 1991/92. Dokumentation und Fachbeiträge. 110 Seiten	5,81
1993	75	HOLZSCHUH, C. Neue Bockkäfer aus Europa und Asien IV. 60 neue Bockkäfer aus Asien, vorwiegend aus China und Thailand (Coleoptera:Cerambycidae). 63 Seiten	7,26
1994	76	SCHADAUER, K. Baumartenatlas für Österreich. Die Verbreitung der Baumarten nach Daten der Österreichischen Waldinventur. 160 Seiten	14,53
1994	77	KAIser, A. Projekt „Höhenprofil Zillertal“ Analyse der vertikalen Temperatur- und Windstruktur und ihr Einfluß auf die Immissionskonzentrationen. 95 Seiten	5,81
1994	78	HERMAN, F.; SMIDT, S. Ökosystemare Studien im Kalkalpin. Höhenprofil Achenkirch. Ergebnisse aus dem Bereich Phyllosphäre. 134 Seiten	8,72
1994	79	FÜRST, W.; JOHANN, K. Modellkalkulationen zum Naturverjüngungsbetrieb. 53 Seiten	3,99
1994	80	ANDRECS, P. Schadensereignisse in Wildbacheinzugsgebieten Österreichs 1990 und 1991. 47 Seiten	3,63
1994	81	GEBUREK, T.; MÜLLER, F.; SCHULTZE, U. Klimaänderung in Österreich. Herausforderung an Forstgenetik und Waldbau. 113 Seiten	7,26
1994	82	KILIAN, W.; MÜLLER, F.; STARLINGER, F. Die forstlichen Wuchsgebiete Österreichs Eine Naturgliederung nach waldökologischen Gesichtspunkten. 60 Seiten	5,08
1995	83	JOHANN, K. Ergebnis der Großdüngungsversuche St. Martin und Flachau Ertragskundlicher Abschlußbericht. 102 Seiten	7,26
1995	84	HOLZSCHUH, C. Beschreibung von 65 neuen Bockkäfern aus Europa und Asien, vorwiegend aus Thailand und China (Coleoptera: Disteniidae und Cerambycidae). 63 Seiten	4,36
1995	85	KRISTÖFEL, F.; POLLANSCHÜTZ, J. Entwicklung von Fichtenpflanzen nach Triebrückschnitten. 17 Seiten	1,45
1995	86	CECH, T.; TOMICZEK, C. Forstpathologische Erhebungen im Gebiet Achental. 46 Seiten	3,63
1995	87	HERMAN, F., SMIDT, S. Ökosystemare Studien im Kalkalpin - Bewertung der Belastung von Gebirgswäldern, Schwerpunkt Rhizosphäre. 288 Seiten	32,70
1995	88	CECH, T.; PERNY, B.; DONAUBAUER, E. Wipfelsterben an Jungfichten in Österreich und beteiligte Mikropilze. 32 Seiten	3,63
1995	89	MARKART, G.; KOHL, B. Starkregensimulation und bodenphysikalische Kennwerte als Grundlage der Abschätzung von Abfluß- und Infiltrationseigenschaften alpiner Boden- / Vegetations-einheiten. Ergebnisse der Beregnungsversuche im Mustereinzugsgebiet Löhnersbach bei Saalbach in Salzburg. 38 Seiten	4,36
1995	90	LANG, E. Starkregensimulation - Ein Beitrag zur Erforschung von Hochwassereignissen . 70 Seiten	7,26
1995	91	Luzian, R.; RAMMER, L.; SCHAFFHAUSER, H. Lawinenbericht 1992/93 - Dokumentation und Fachbeiträge. 52 Seiten	5,81
1995	92	SCHIELER, K.; BÜCHSENMEISTER, R.; SCHADAUER, K. Österreichische Forstinventur - Ergebnisse 1986/90. 262 Seiten	18,16
1996	93	NEUMANN, M. (HRSG.) Österreichisches Waldbeobachtungssystem Beiträge zum 4. WBS-Seminar in Wien am 23. November 1995. 177 Seiten	18,89

1996	94	HERMAN, F.; SMIDT, S. Ökosystemare Studien im Kalkalpin Abschätzung der Gefährdung von Waldökosystemen. 291 Seiten	25,43
1997	95	MÜLLER, F. Waldbau an der unteren Waldgrenze. 129 Seiten	13,80
1997	96	LANG, E.; STARY, U.; KOHL, B.; MARKART, G.; PROSKE, H.; TRINKAUS, P.; ANDRECS, P.; GOTTSCHLING, H. Beiträge zur Wildbachforschung. 51 Seiten	5,81
1997	97	RASCHKA, H.-D. Forstliche Biomasseproduktion im Kurzumtrieb. 29 Seiten	6,63
1997	98	KELLER, G. Mykosoziologische Studie über die Mykorrhizapilze der Zirbe - Artenspektrum und Sukzession in der hochsubalpinen Stufe der Tiroler Zentralalpen. 74 Seiten	7,99
1997	99	SMIDT, ST. Lexikon für waldschädigende Luftverunreinigung mit Index Deutsch–Englisch/Englisch–Deutsch. 209 Seiten	23,10
1997	100	KRONFUSS, H. Das Klima einer Hochlagenauforstung in der subalpinen Höhenstufe - Haggen im Sellraintal bei St. Sigmund, Tirol (Periode 1975 - 1994). 331 Seiten	29,06
1998	101	NEUMANN, M. Waldwachstumskundlicher Rauchhärtetest „Arnoldstein“ - Auswertung einer 25jährigen Fallstudie . 42 Seiten	4,36
1998	102	JUNGWIRTH, P. Zuwachsuntersuchungen an Fichte in verschiedenen Seehöhenstufen in den südlichen Zwischenalpen Österreichs . 54 Seiten	5,81
1998	103	SCHULTZE, U. Untersuchung der Angepaßtheit von Fichtensämlingen an die Seehöhe Klimakammertestung der Fichtenbeerntungen der Reifejahre 1991 und 1992. 38 Seiten	4,36
1998	104	ENGLISCH, M. & KILIAN, W. (HRSG.). Anleitung zur Forstlichen Standortskartierung in Österreich. 112 Seiten	12,35
1998	105	HEINZE, B. Molekulargenetische Unterscheidung und Identifizierung von Schwarzpappeln und Hybridpappelklonen. 44 Seiten	5,08
1998	106	HEINZE, B. Erhaltung der Schwarzpappel in Österreich - forstwirtschaftliche, genetische und ökologische Aspekte. 33 Seiten	3,63
1998	107	HOLZSCHUH, C. Beschreibung von 68 neuen Bockkäfern aus Asien, überwiegend aus China und zur Synonymie einiger Arten (Coleoptera: Cerambycidae). 65 Seiten	7,26
1999	108	LANG, E.; HAGEN, K. Wildbacheinzugsgebiet Gradenbach – Analyse des Niederschlag- und Abflußgeschehens 1968 - 1996. 109 Seiten	11,62
1999	104	ENGLISCH, M. & KILIAN, W. (HRSG.). Anleitung zur Forstlichen Standortskartierung in Österreich. 2. erweiterte Auflage, 114 Seiten	12,35
1999	109	ANDRECS, P. Wildbacheinzugsgebiet Graschnitzbach – Hydrologisches Nachschlagewerk mit Kommentaren. 107 Seiten	11,62
1999	110	HOLZSCHUH, C. Beschreibung von 71 neuen Bockkäfern aus Asien, vorwiegend aus China, Laos, Thailand und Indien (Coleoptera, Cerambycidae). 64 Seiten	7,26

2000	111	MÜLLER, F. (Hrsg.) Mariabrunner - Waldbautage 1999 Umbau sekundärer Nadelwälder. 237 Seiten	25,43
2000	112	FÜRST, W. & SCHAFFER, H. Konzept des neuen Österreichischen Waldentwicklungsgesamtplanes „WEP-Austria-Digital“. 22 Seiten	3,19
2000	113	HERMAN, F. (Hrsg.) Forschungsergebnisse und Forschungsbedarf zum Thema „Sustainable Future of Mountain Forests in Europe“. Beiträge für den 3. Internationalen Workshop in Igls/Tirol zur Umsetzung der Resolution S4 am 3.–5. Mai 2000. 83 Seiten	8,72
2000	114	JOHANN, K. † Ergebnisse von Düngungsversuchen nach 30 Jahren ertragskundlicher Beobachtung. 93 Seiten	10,17
2000	115	GARTNER, K. ; STARLINGER, F. Untersuchungen zum Wasserhaushalt einzelner Waldstandorte im Leithagebirge – Ergebnisse der Bodenfeuchtemessungen im nordöstlichen Teil des Leithagebirges in den Jahren 1991 bis 1996. 47 Seiten	5,08
2000	116	HAGEN, K. ; LANG, E. Schneehydrologische Untersuchungen im Einzugsgebiet des Gradenbaches (Kärnten) 67 Seiten	7,26
2000	117	MARKART, G. Der Wasserhaushalt von Hochlagenauforstungen - Dargestellt am Beispiel der Aufforstung von Haggen bei St. Sigmund im Sellrain. 126 Seiten	13,80
2000	118	LUZIAN, R. Lawinenberichte Winter 1993/94 bis 1997/98 – Dokumentation und Sachbeiträge. 61 Seiten	
2001	119	HERMAN, F. ; SMIDT, S. ; ENGLISCH, M. (Hrsg.) Stickstoffflüsse am Mühleggerköpf in den Nordtiroler Kalkalpen. 164 Seiten	18,16
2001	120	NEUMANN, M. (Hrsg.) Österreichische Intensivbeobachtungsflächen – Beiträge zum 5. WBS-Seminar in Wien am 19.10.1999. 81 Seiten	8,72
2001	121	VOSHMGIR, D.; SCHLIEBER, H. Die Forstwirtschaft im Internet. Dynamische Methoden zur Gewinnung forstlich relevanter Informationen im WWW. 67 Seiten	7,26
2001	122	NEUMANN, M., SCHNABEL, G., GÄRTNER, M., STARLINGER, F., FÜRST, A., MUTSCH, F., ENGLISCH, M., SMIDT, S., JANDL, R. & GARTNER, K. Waldzustandsmonitoring in Österreich Ergebnisse der Intensivbeobachtungsflächen(Level II). 235 Seiten	21,80
2001	123	MÜLLER, F. (Hrsg.) Mariabrunner Waldbautage 2000 – Ist die Versorgung mit forstlichem Saat- und Pflanzgut gesichert? 102 Seiten	10,90
2001	124	PRÖLL, W. (Hrsg.) Mariabrunner Forsttechniktage 2000. 68 Seiten	7,26
2001	125	HAGEN, K., STARY, U. Wildbacheinzugsgebiet Mödritschbach Analyse des Niederschlags- und Abflussgeschehen 1968-1995. 119 Seiten	13,08
2002	126	SCHULTZE, U., RASCHKA, H.-D. Douglasienherkünfte für den „Sommerwarmen Osten“ Österreichs – Ergebnisse aus Douglasien-Herkunftsversuchen des Institutes für Forstgenetik FBVA-Wien. 95 Seiten	10,45

BFW-Berichte

(Schriftenreihe des Bundesamtes und Forschungszentrums für Wald)

Fortsetzung von: FBVA-Berichte (Schriftenreihe der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien)

2002	127	ANDRECS, P., BAUER, W., HAGEN, K., KOHL, B., LANG, E., MARKART, G., PORZELT, M., SCHAUER, TH. Beiträge zur Wildbachforschung. 87 Seiten	7,90
2003	128	JANDL, R. Soil Chemistry as Indicator in Forest Ecology. 24 Seiten	2,64
2003	129	HAGEN, K. Wildbacheinzugsgebiet Schmittenbach (Salzburg) - Analyse des Niederschlags- und Abflussgeschehens 1977-1998. 101 Seiten	10,90
2003	130	MÜLLER, F. (Hrsg.) Mariabrunner Waldbautage 2002 - Ist die natürliche Verjüngung des Bergwaldes gesichert? 170 Seiten	15,77
2003	131	KRISTÖFEL, F. Über Anbauversuche mit fremdländischen Baumarten in Österreich. 81 Seiten	7,35
2004	132	HÖLLER, P. Untersuchungen zum Schneegleiten in einem Lärchenwald nahe der Waldgrenze. 26 Seiten	2,86