

# Waldbauliche Konsequenzen aus Schneebruchkatastrophen

Autor(en): **Rottmann, Michael**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal  
= Journal forestier suisse**

Band (Jahr): **136 (1985)**

Heft 3

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-764465>

## **Nutzungsbedingungen**

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

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

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

## **Haftungsausschluss**

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

## Waldbauliche Konsequenzen aus Schneebruchkatastrophen<sup>1</sup>

Von *Michael Rottmann*

Oxf.: 24:25:423.4

(Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung der Universität München)

### 1. Einleitung

Die «neuartigen Waldschäden» binden heute grosse Teile der Forschungskapazitäten und drängen andere Probleme des Forstschutzes in den Hintergrund. Aber deshalb bleiben die «alten» Forstschutzprobleme nicht nur bestehen, sondern werden künftig durch die Vitalitätsschwächung der Waldbestände verschärft in Erscheinung treten. Zum Problemkreis der sogenannten «alten» Waldschäden gehört auch das Thema Schneebruch. Neben den «neuartigen» Waldschäden sind Schneebruchschäden derzeit besonders aktuell. In den Jahren 1979 bis 1982 fiel Schneebruchholz in folgender Grössenordnung an:

- Bayern 8 000 000 fm
- Oberösterreich 3 500 000 fm
- Tschechoslowakei 6 000 000 fm

Allein in Bayern verursacht der Schneebruch jährlich einen finanziellen Schaden von etwa 25 Mio. DM. Dieser Wert basiert auf einem durchschnittlichen jährlichen Schadholzanfall während der letzten 30 Jahre von über 600 000 fm. Die Hochrechnung erfolgte im Anhalt an eine Risikokostenkalkulation von *Kroth* (1970). Schäden dieser Grössenordnung erzwingen es geradezu, sich mit den Ursachen dieses Geschehens zu befassen und daraus Massnahmen zur Vermeidung des Risikos abzuleiten.

Die in jüngster Zeit publizierten Ergebnisse neuerer Schneeschadenforschungen haben sehr deutlich gezeigt, dass es Merkmale des Einzelbaumes bzw. des Bestockungsaufbaues und der Bewirtschaftung von Beständen gibt, die als Kriterien zur Beurteilung von Schneebruchrisiken besonders geeignet sind.

Deren Einfluss auf das Schneebruchgeschehen in Fichtenbeständen wurde im Stiftungswald der Universität München untersucht. Mit Hilfe einer Stichprobeninventur sind dort die Schneebruchschäden der Jahre 1979 und 1980 aufgenommen und anschliessend ausgewertet worden. Insgesamt wurden auf 240 Probekreisen 10 000 Bäume erfasst. Aufgenommen wurden die in *Tabelle 1* aufgeführten Merkmale.

<sup>1</sup> Referat, gehalten am 25. Oktober 1984 anlässlich der forstlichen Hochschulwoche in München.

*Tabelle 1.* Im Universitätswald aufgenommene Merkmale zur Beurteilung einer Schneebruchdisposition von Einzelbäumen und Beständen.

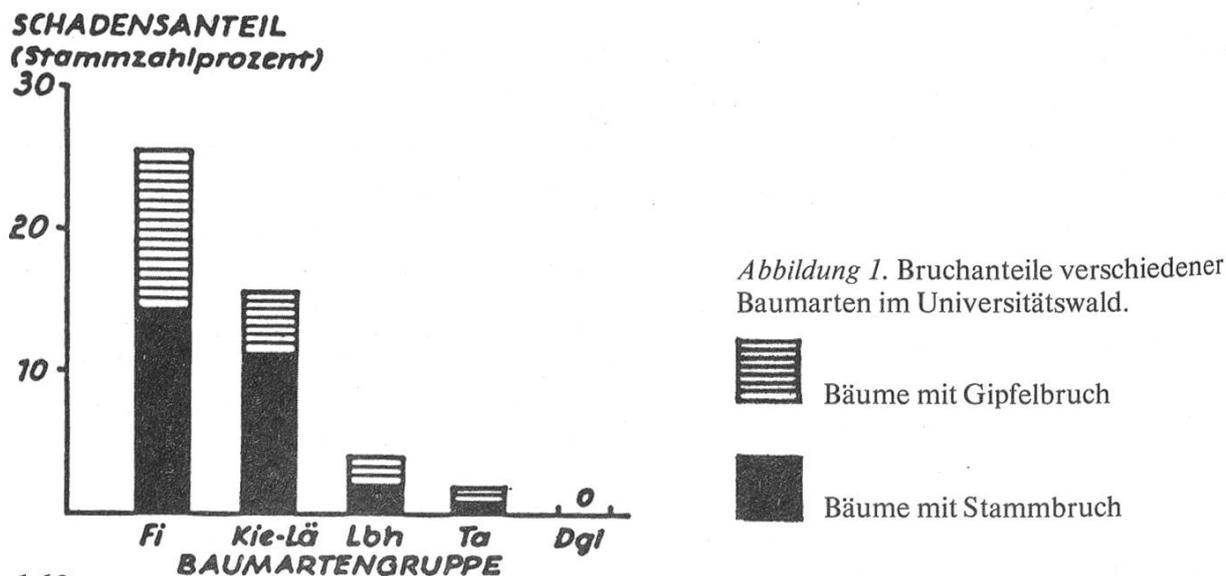
<i>Einzelbaummerkmale:</i>	Baumart, Alter, BHD, Höhe, Schlankheitsgrad, Kronenlänge, Baumklasse;
<i>Bestockungsmerkmale:</i>	Baumartenzusammensetzung, Bestandesdichte, Ertragsklasse;
<i>Bewirtschaftungsmerkmale:</i>	Bestandesbegründung, Durchforstungszeitpunkt, Durchforstungsstärke.
<i>Standortsmerkmale:</i>	Meereshöhe, Exposition, Standortseinheit, Hangneigung, Lage am Hang.

Mit Hilfe verschiedener statistischer Verfahren wurden die Wirkung jedes einzelnen Merkmales auf das Schneebruchgeschehen, aber auch die – zahlreich vorhandenen – Wechselwirkungen zwischen diesen geprüft. Danach kann es als gesicherte Erkenntnis angesehen werden, dass neben der Baumart und dem Alter die Merkmale: Schlankheitsgrad, Kronenlänge, Baumartenzusammensetzung (Bestandesform), Ausgangspflanzverband und Durchforstungsmassnahmen einen besonders grossen Einfluss auf das Schneebruchgeschehen ausüben. Demgegenüber sind andere Merkmale des Einzelbaumes – BHD, Höhe und Baumklasse – ebenso wie Bestandesdichte, Ertragsklasse und – mit Ausnahme der Meereshöhe – auch Merkmale des Standortes von eher untergeordneter Bedeutung. Ein Einfluss dieser Merkmale auf die Stabilität ist zwar nachweisbar, er wird jedoch durch die zahlreich vorhandenen Interaktionen von dem der oben angesprochenen Merkmale teilweise überlagert.

## 2. Untersuchungsergebnisse

### 2.1 Baumart

In *Abbildung 1* sind die Bruchanteile verschiedener Baumarten im Universitätswald zusammengestellt. Angegeben ist der Anteil gebrochener Stämme innerhalb der einzelnen Baumartengruppe.



Aus *Abbildung 1* kann entnommen werden, dass bei den Schneebruchereignissen von 1979 und 1980 im Universitätswald die Fichte deutlich stärker geschädigt wurde als alle anderen Baumarten bzw. Baumartengruppen. Sie erlitt absolut und prozentual die höchsten Gipfel- und Stammbruchprozent. Der Anteil geschädigter Fichten betrug 25 %, wobei kein signifikanter Unterschied zwischen dem Gipfelbruchanteil (11 %) und dem Stammbruchanteil (14 %) bestand.

Kiefern und Lärchen stellten die zweitgrösste Schadensgruppe. Dabei war zwischen Kiefer und Lärche kein unterschiedliches Verhalten feststellbar. Das Schadensprozent der Gruppe Kiefer/Lärche betrug 15 %. Stammbrüche (11 %) traten signifikant häufiger auf als Gipfelbrüche (4 %).

Die Douglasie wurde im Universitätswald überhaupt nicht vom Schnee geschädigt, und obwohl die Anzahl der aufgenommenen Individuen recht gering war, konnte ein höchst signifikanter Unterschied zu den Baumartengruppen Fichte, Kiefer/Lärche und Laubholz nachgewiesen werden.

Ähnliches gilt auch für die Tanne. Sie hatte gesichert geringere Schäden als Fichte und Kiefer bzw. Lärche.

Die Laubhölzer hatten ähnlich geringe Schäden wie die Tanne (4 %). Sie erlitten signifikant weniger Stammbruch als die Fichten, Kiefern oder Lärchen, wurden aber stärker als die Douglasie von Gipfel- und Stammbruch heimgesucht.

Auffällig war, dass zwischen Kiefer und Lärche im Bruchverhalten kein Unterschied bestand. Dies überrascht insofern, als die Lärche in unbenadeltem Zustand von anderen Autoren für weitgehend schneebruchfest angesehen wird. Möglicherweise ist die mangelnde oder ganz unterlassene Pflege im Universitätswald für die geringe Stabilität der Lärche verantwortlich. Eventuell sind aber auch die oft rein okularen Schätzungen oder die mangelnde statistische Überprüfung des Datenmaterials Ursache für nicht zutreffende Folgerungen anderer Autoren. Dies ist um so mehr anzunehmen, als ja auch andere Baumarten im Universitätswald nicht oder mangelhaft gepflegt worden waren, die sich als weitgehend bzw. vollkommen schneebruchfest erwiesen.

## 2.2 Baumartenzusammensetzung (*Bestandesform*)

Die statistischen Untersuchungen zur Aufdeckung von Interaktionen zwischen den untersuchten Merkmalen haben deutlich gemacht, dass neben der Baumart auch die Baumartenmischung für die Bruchdisposition von Waldbeständen ausserordentlich wichtig ist.

Am häufigsten vom Schneebruch heimgesucht werden Reinbestände, vor allem dann, wenn sie einschichtig aufgebaut sind.

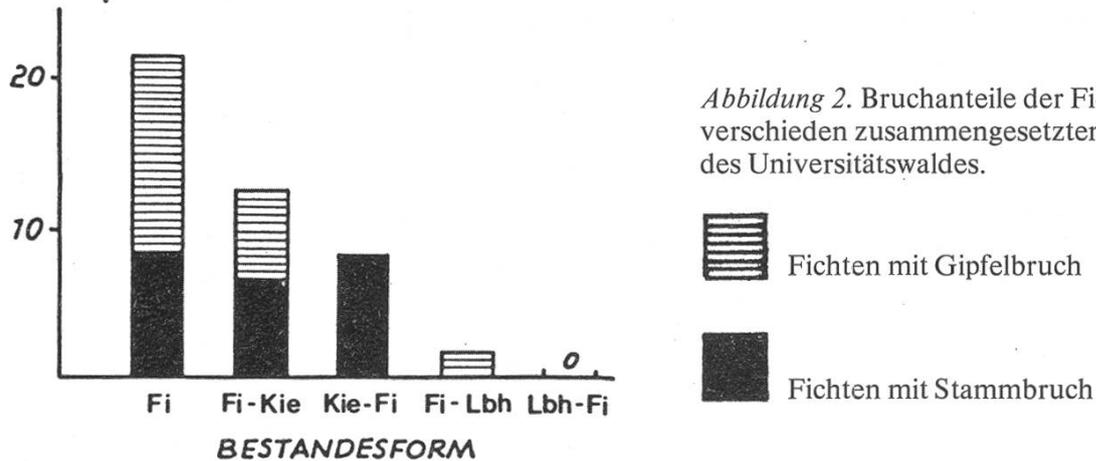
Besonders gefährdet sind Kiefernreinbestände. Ebenso wie im ganzen übrigen Bayern wurden bei den Schneebruchkatastrophen 1979 und 1980 auch im Universitätswald reine Kiefernbestände stark in Mitleidenschaft gezogen. Das lag vor allem daran, dass sie grossenteils auf für die Kiefer ungeeigneten Standorten (Nassschneezonen) angebaut wurden.

Eine annähernd gleich hohe Schneebruchgefahr besteht aber auch in reinen Fichtenbeständen. Da diese vor allem im süddeutschen Raum und in Mittel-

gebirgslagen den grössten Flächenanteil einnehmen, ist das Schadenausmass – absolut gesehen – erheblich höher als bei der Kiefer.

Im Universitätswald wurden die Bruchprozentage der Fichte in verschiedenen zusammengesetzten Beständen untersucht. Der Einfluss der Bestandeszusammensetzung auf die Gipfel- und Stammbruchprozentage der Fichte war höchstsignifikant. Die Ergebnisse zeigt *Abbildung 2*.

**SCHADENSANTEIL  
(Vorratsprozent)**



*Abbildung 2.* Bruchanteile der Fichten in verschiedenen zusammengesetzten Beständen des Universitätswaldes.

Die Stammbruchprozentage der Fichte lagen in Nadelholzbeständen (Fi-, Fi-Kie, Kie-Fi) etwa auf gleicher Höhe (7 bis 9 %), während die Fichten in Beständen mit beigemischem oder führendem Laubholz deutlich weniger Stammbrüche erlitten (< 1 %).

Der höchste Anteil gipfelgebrochener Fichten war in reinen Fichtenbeständen zu verzeichnen (13 %). Traten Nadelbaumarten als Mischbaumarten zur Fichte, gingen die Gipfelbruchprozentage bei der Fichte stark zurück (6 %). Traten Laubhölzer als Mischbaumarten dazu, so fielen sie hochsignifikant weiter ab auf 1 %. Zu Kiefer, Lärche oder Laubholz beigemischte Fichten hatten sogar überhaupt keinen Gipfelbruch mehr.

Aus diesen Ergebnissen können mehrere gesicherte Folgerungen abgeleitet werden:

- Fichten, aber auch Kiefern sind um so mehr durch Schnee gefährdet, je höher ihr Anteil an der Bestockung ist.
- Mischbaumarten mindern die Schneebruchgefahr deutlich. Dies gilt besonders für Laubhölzer, aber auch für beigemischte Nadelbäume.
- Ebenso erleiden die beigemischten Bäume weniger Schäden, als wenn sie die Hauptbaumart sind.
- Ein steigender Anteil von Mischbaumarten verringert das Risiko.

### 2.3 Alter

Schnees Schäden können zwar in allen Altersstufen auftreten, doch sind mittelalte Bestände besonders gefährdet. Diese Aussage ist durch zahlreiche Beobachtungen und Untersuchungen belegt. *Abbildung 3* zeigt die Ergebnisse aus dem Universitätswald.

Es ergibt sich folgendes Bild: Bei der Fichte hatte die jüngste Altersklasse mit grossem Abstand die geringsten Schäden. Diese nahmen sodann laufend zu und erreichten ihr Maximum im Alter zwischen 41 und 50 Jahren. Bei älteren Fichten sanken sie wieder stark ab. Insgesamt betrug der Schadensanteil zwischen 41 und 70 Jahren stets mehr als 25 %. Im Alter zwischen 31 und 50 Jahren war der Anteil der Stammbrüche — der letalen Form des Schneebruches — signifikant höher als der Gipfelbruchanteil, über 50 Jahren kehrte sich das Verhältnis um. Schneebruch in Fichtenbeständen, die die halbe Umtriebszeit überschritten haben, ist auch aus diesem Grund weniger bedeutsam.

Die Bruchprozente waren bei Kiefer, Lärche und Laubbaumarten niedriger als bei Fichte. Die Lichtholzarten Kiefer und Lärche, aber auch Laubbäume hatten das Maximum ihrer Schäden früher als die Fichte, Kiefer und Laubbäume im Alter 31 bis 40, also 10 Jahre vor der Fichte, Lärchen noch vor dem Alter 30, etwa 20 Jahre früher als die Fichten. In über 50jährigen Beständen waren bei allen drei Baumartengruppen praktisch keine Schäden mehr zu verzeichnen.

**SCHADENSANTEIL**  
(Stammzahlprozent)

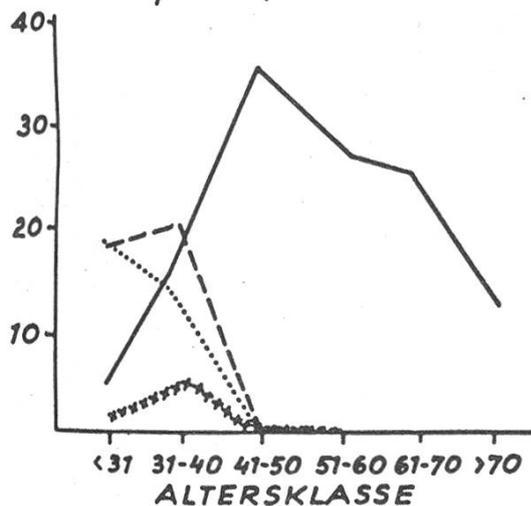


Abbildung 3. Verteilung der Schadensprozente auf Altersklassen für verschiedene Baumarten im Universitätswald.

— Fichte  
 - - - Kiefer  
 ..... Lärche  
 XXXXX Laubholz

Es kann demnach — auch in Anhalt an die Ergebnisse anderer Autoren — als gesicherte Erkenntnis angesehen werden:

- Mittelalte Bestände sind am stärksten gefährdet.
- Fichten sind zwischen 30 und 70 Jahren, am stärksten zwischen 40 und 60 Jahren gefährdet.
- Jüngere Fichten (<50 Jahre) erleiden verstärkt Stammbruch, ältere mehr Gipfelbruch.
- Lichtbaumarten haben das Maximum ihrer Schäden etwa zwischen dem Alter 20 bis 40 Jahre — 10 bis 20 Jahre eher als die Halbschatt- bzw. Schattbaumarten. In älteren Beständen (ab der halben Umtriebszeit) treten Schäden nur noch ausnahmsweise auf.
- Lichtbaumarten sind — mit Ausnahme der Kiefer als Hauptbaumart — über alle Altersklassen hinweg deutlich weniger gefährdet als die Fichte.

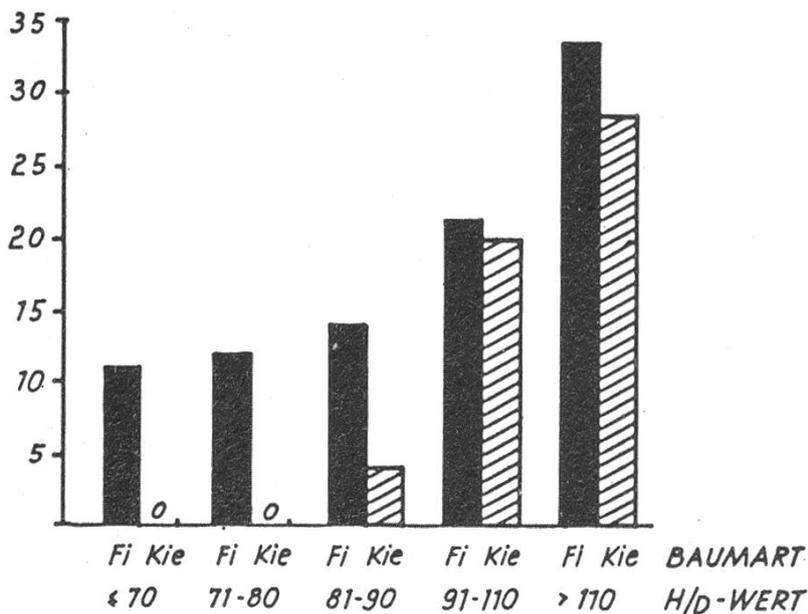
## 2.4 Schlankheitsgrad

Der Schlankheitsgrad ist eine dimensionslose Grösse, die das Verhältnis von Baumhöhe zu Brusthöhdurchmesser angibt (H/D-Wert). Er macht eine Aussage über die Stammform. Je grösser er ist, desto vollholziger ist ein Stamm. Über die Stammform hinaus kennzeichnet dieser Quotient auch Bekronung, soziologische Stellung und Bruchfestigkeit eines Baumschaftes sowie die Zuwachseleistung. Je kleiner der Wuchsraum eines Baumes, je geringer also seine soziologische Stellung ist, desto schlanker ist er im Vergleich zu seinen Nachbarn. Zusätzlich charakterisiert der Schlankheitsgrad auch die statischen Verhältnisse eines Baumes: Untersuchungen über das Biege-Widerstandsmoment von Nadelbäumen im Windkanal konnten nämlich belegen, dass dem Verhältnis von Baumhöhe zu Durchmesser die entscheidende Bedeutung für die Stabilität zukommt.

Der Zusammenhang zwischen H/D-Wert und Bruchfestigkeit konnte auch im Universitätswald nachgewiesen werden (*Abbildung 4*).

### SCHADENSANTEIL (Stammzahlprozent)

*Abbildung 4.* Zusammenhang zwischen dem Schlankheitsgrad und dem Anteil geschädigter Fichten und Kiefern im Universitätswald.



Aus *Abbildung 4* ist eine Zunahme der Schäden bei steigendem Schlankheitsgrad ablesbar. Die rasante Zunahme der Brüche bei Bäumen mit Schlankheitsgraden  $> 90$  ist augenfällig. Dies gilt für Fichten und Kiefern in gleicher Weise.

Vor allem die Stammbrüche nehmen ab einem H/D-Wert  $> 90$  sprunghaft zu, während der Gipfelbruchanteil mehr oder weniger gleich bleibt. Stämme mit niedrigem Schlankheitsgrad sind in der Lage, die bei ihnen auftretenden Gipfelbrüche zu regenerieren. Bäume mit hohem Schlankheitsgrad aber verlieren bei Stammbrüchen oft ihre ganze Krone und haben damit keine Überlebenschancen mehr.

Ungünstige Schlankheitsgrade kommen jedoch keineswegs nur in den un-gepflegten und daher sehr dichten Beständen des Universitätswaldes vor. Sie sind vielmehr typisch für jeden «Ertragstafelbestand». Das sei anhand der Entwicklung der Stammzahlen und Schlankheitsgrade für Fichten der Oberhöhenbonität M 36 nach *Assmann/Franz* (1963) illustriert (*Abbildung 5*). Diese entspricht in etwa der 1.0 Ertragsklasse nach Wiedemann (mässige Durchforstung).

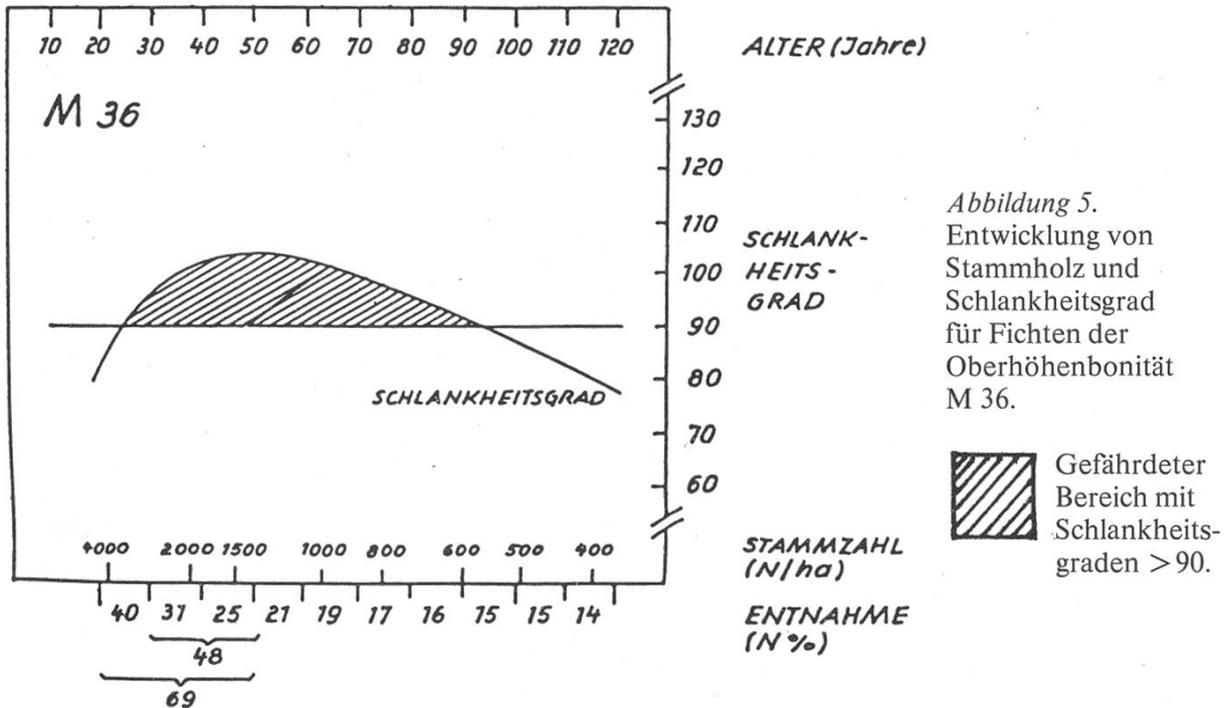


Abbildung 5. Entwicklung von Stammholz und Schlankheitsgrad für Fichten der Oberhöhenbonität M 36.

Bestände, die nach den Vorgaben dieser Ertragstafel behandelt worden sind, weisen Stammzahlhaltungen auf, die — über ein weites Altersspektrum hinweg — mittlere Schlankheitsgrade über der kritischen Grenze von 90 erwarten lassen.

Obwohl nach dieser Ertragstafel in Fichtenbeständen der Oberhöhenbonität M 36 bis zum Alter 50 69 % (in Beständen der Oberhöhenbonität M 40 71 %) der Stammzahl entnommen werden, unterschreiten die H/D-Werte erst in einem Alter von mehr als 90 Jahren die kritische Grenze von 90.

Es muss also bedacht werden, dass sogar das oben genannte, allgemein als «fortschrittlich» bezeichnete und für grosse Teile Bayerns gültige Ertragstafelmodell für schneebruchgefährdete Bestände eine zu hohe Stammzahlhaltung unterstellt. Dies ist vor allem auf die hohen Ausgangsstammzahlen, weniger auf die anschliessend angenommenen Durchforstungsprozente zurückzuführen.

### 2.5 Kronenlänge

Die Ergebnisse der Schneeschadensuntersuchung im Universitätswald haben auch deutlich gemacht, dass die Kronenlänge — neben dem H/D-Wert — von ausschlaggebender Bedeutung für die Bruchdisposition von Fichten ist. Hohe Schlankheitsgrade sind verbunden mit kleinen Kronen, niedrige mit langen Kronen (*Abbildung 6*).

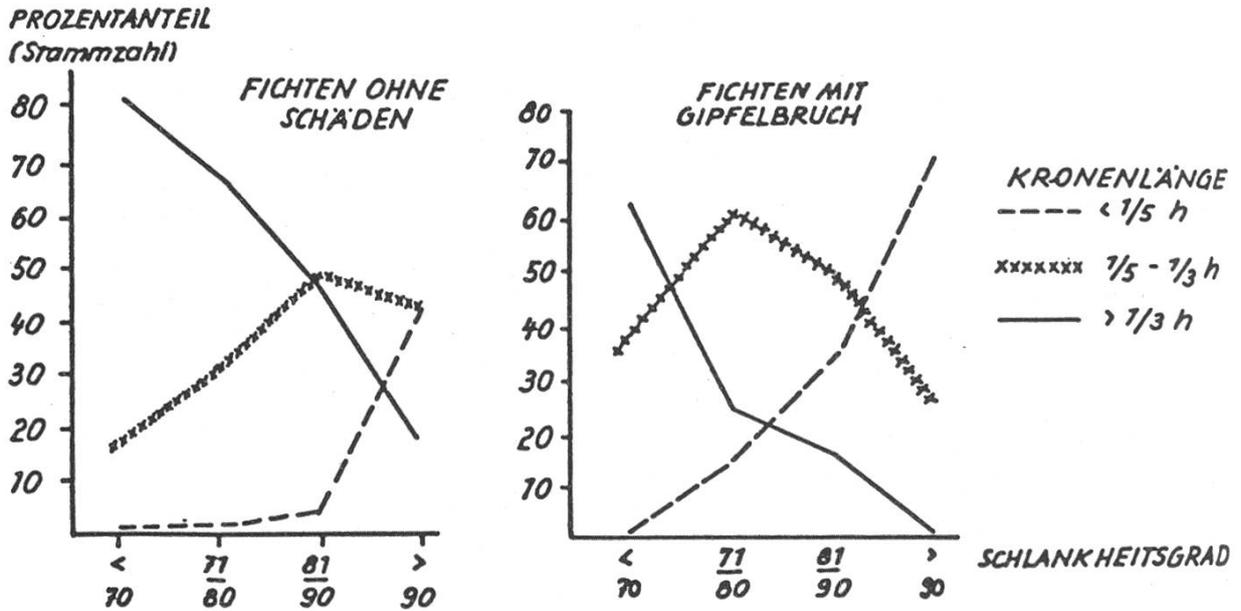


Abbildung 6. Prozentanteile der Fichten ohne Schäden (links) und der Fichten mit Gipfelbruch (rechts) für verschiedene Kronenlängenklassen in Abhängigkeit vom Schlankheitsgrad.

Bei allen Fichten nahm der Anteil kleinkroniger Bäume bei steigendem H/D-Wert deutlich zu, während der Anteil grosser Kronen zurückging. Die höchsten Anteile von Bäumen mit mittleren Kronen finden sich bei mittleren H/D-Werten zwischen 71 und 90. Hierbei ist es gleichgültig, ob Fichten mit oder ohne Gipfelbruch betrachtet werden.

Kleinkronige Bäume sind gefährdeter als gut bekronte. Sie erleiden in allen Durchmesserstufen höhere Schäden als die mittel- und gutbekronte. Diese Aussage deckt sich mit den Beobachtungen anderer Autoren. Lange Kronen hatten – bei mehreren Untersuchungen – stets geringere Schäden zur Folge. Dies gilt für alle Alter, wie *Abbildung 7* zeigt. Dort sind die Ergebnisse aus drei verschiedenen Schneeschadensuntersuchungen in Fichtenbeständen mit verschiedenen Altersspannen zusammengestellt.

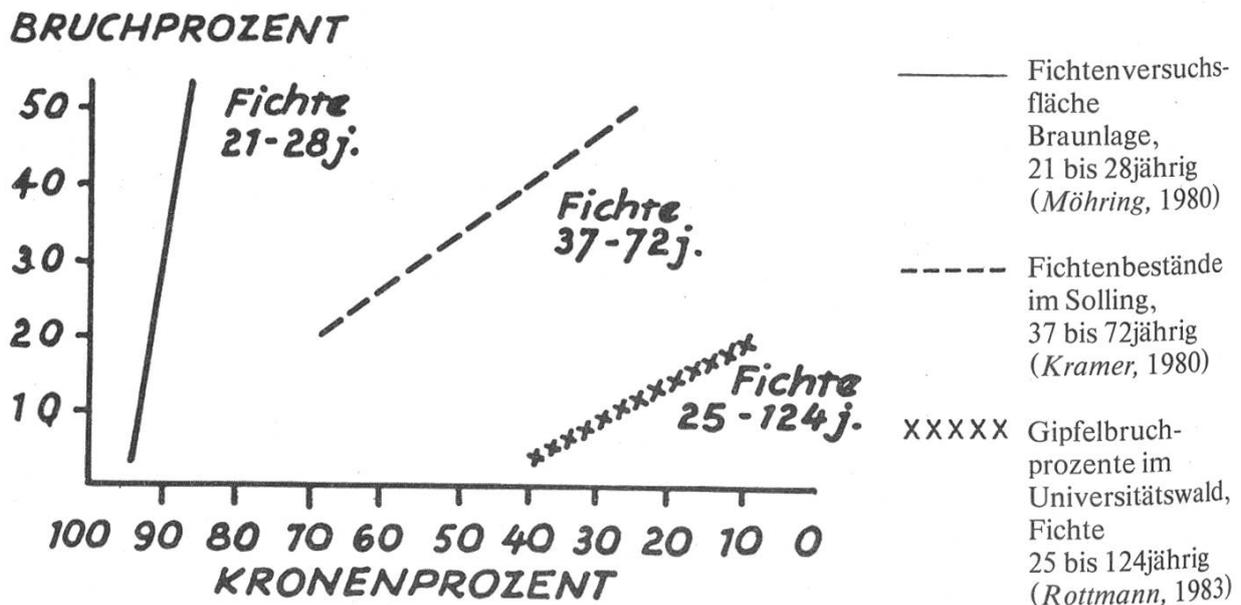
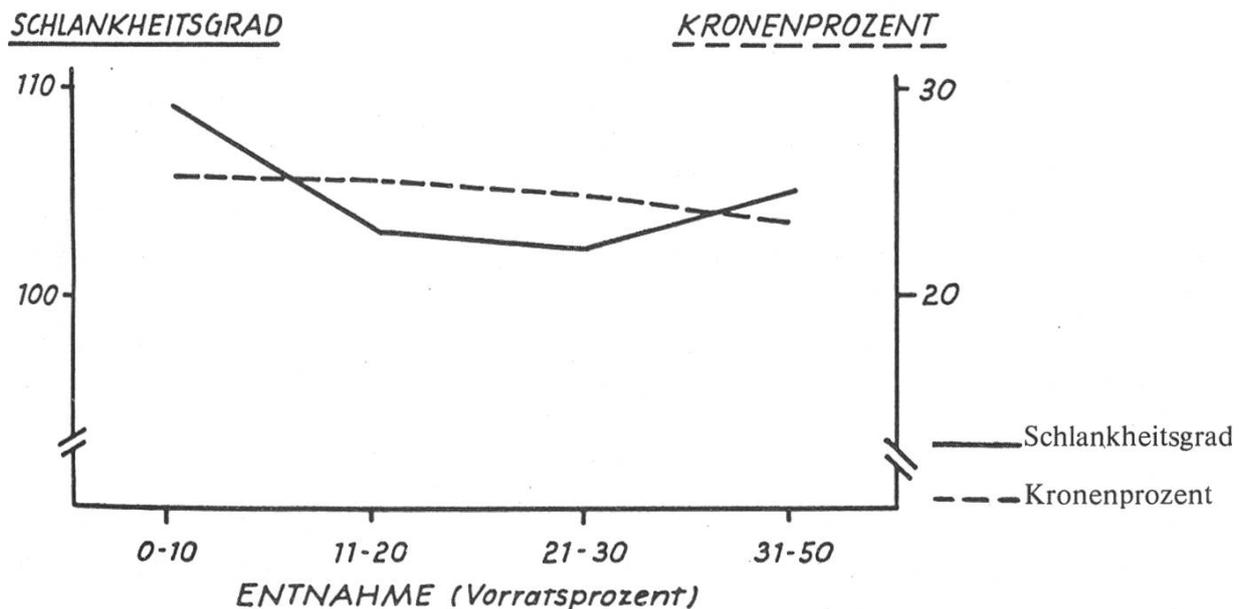


Abbildung 7. Zusammenhang zwischen Kronenlänge und Bruchprozent.

Mit abnehmendem Bekronungsgrad steigen die Schneeschäden an, in Jungbeständen sehr stark, in mittelalten Beständen weniger dramatisch. In höherem Alter schwindet der Einfluss der Kronenlänge auf das Bruchprozent. Das beweisen die mit steigendem Alter geringer werdenden Steigungen der Regressionsgeraden. Diese Darstellung zeigt ganz klar, dass junge Bestände einen deutlich höheren Bekronungsgrad aufweisen müssen als ältere, wenn Bruchschäden vermieden werden sollen.

## 2.6 Durchforstungsmassnahmen

Die beiden wichtigen Parameter «Schlankheitsgrad und Kronenlänge» können durch Durchforstungsmassnahmen – vor allem, wenn diese verspätet einsetzen – mittelfristig nicht entscheidend verbessert werden (*Abbildung 8*).



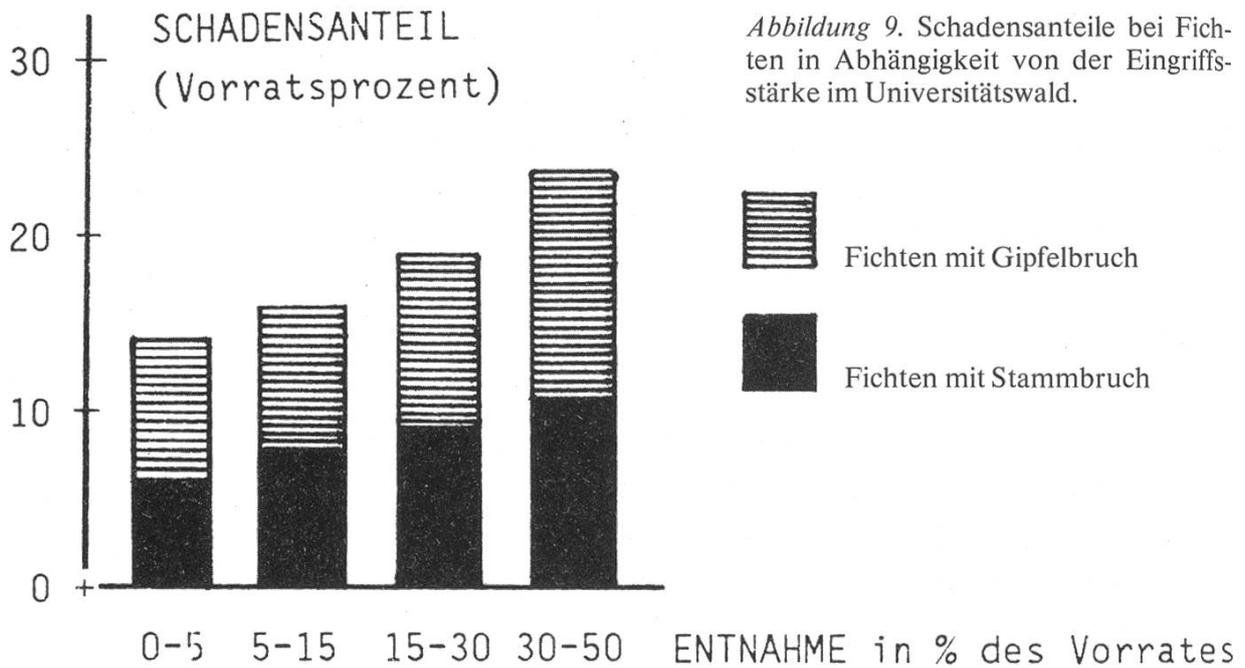
*Abbildung 8.* Entwicklung von H/D-Wert und Kronenprozent in Abhängigkeit von der Eingriffsstärke im Universitätswald.

Im Universitätswald wurden alle Bestände innerhalb von 5 Jahren vor den Schadensereignissen erstmals mit unterschiedlicher Stärke durchforstet.

Aus *Abbildung 8* geht hervor, dass die Unterschiede in den Schlankheitsgraden der Fichten nach unterschiedlich starken Entnahmen recht gering und statistisch nicht nachweisbar waren.

Auf die Kronenlänge wirkten sich die Durchforstungsmassnahmen ebenfalls noch nicht aus. Die durchschnittlichen Kronenprozente schwankten nur in einem kaum erkennbaren Umfang. Ähnlich wie beim Schlankheitsgrad können verspätete Durchforstungen – auch wenn sie stark ausgeführt werden – mittelfristig keine Verbesserung der Kronenprozente bewirken.

Aus diesem Grund können verspätete Durchforstungen kurzfristig keine Verbesserung der Stabilität bisher ungepflegter Bestände bewirken. Mit stärkeren Eingriffen wird sogar meist das Gegenteil erreicht, weil dann das Stützgefüge innerhalb des Bestandes aufgelöst wird (*Abbildung 9*).



Im Universitätswald hatte die Zunahme der Eingriffsstärke vor allem eine Verstärkung der Gipfelbrüche zur Folge. Der Anteil stammgebrochener Fichten wurde hingegen nur geringfügig beeinflusst.

Diese Ergebnisse lassen nur eine Schlussfolgerung zu: Niedrige H/D-Werte und lange Kronen sind Garantien für eine hohe Schneebruchsicherheit. Sie können nicht dadurch erreicht werden, dass irgendwann einmal stark in einen Bestand eingegriffen wird. Das führt auch in längeren Zeiträumen nicht zu einer deutlichen Veränderung von Schlankheitsgrad und Kronenlänge. Vielmehr muss durch eine gezielte Bestandesbehandlung, die möglichst früh einsetzt und regelmässig wiederholt wird, bei jedem mittelalten Einzelbaum ein günstiger H/D-Wert von weniger als 90 und eine Kronenlänge von nicht weniger als  $\frac{1}{3}$  der Gesamtlänge erhalten werden. Dann sind die Bruchprozente vernachlässigbar gering. Eine Wiederholung der Eingriffe wird spätestens dann notwendig, wenn die Pflegewirkung nachlässt. Dies kann – vor allem in jüngeren Beständen – unter günstigen Wuchsbedingungen bereits nach 3 bis 5 Jahren der Fall sein.

## 2.7 Ausgangspflanzverband

Der H/D-Wert ist also für die Stabilität besonders wichtig. Seine Entwicklung hängt entscheidend vom Wuchsraum ab, und zwar wesentlich schon von demjenigen, der bei Bestandesbegründung vorgegeben wird (Abbildung 10).

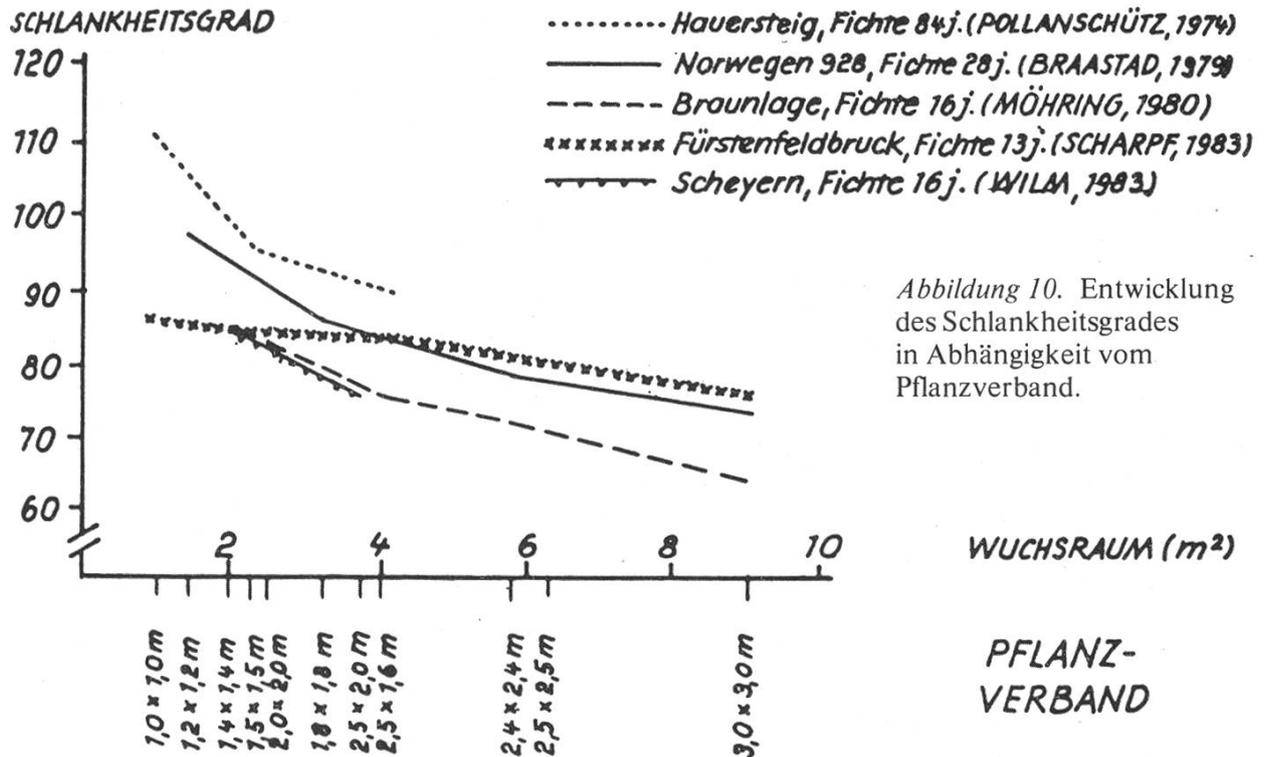


Abbildung 10. Entwicklung des Schlankheitsgrades in Abhängigkeit vom Pflanzverband.

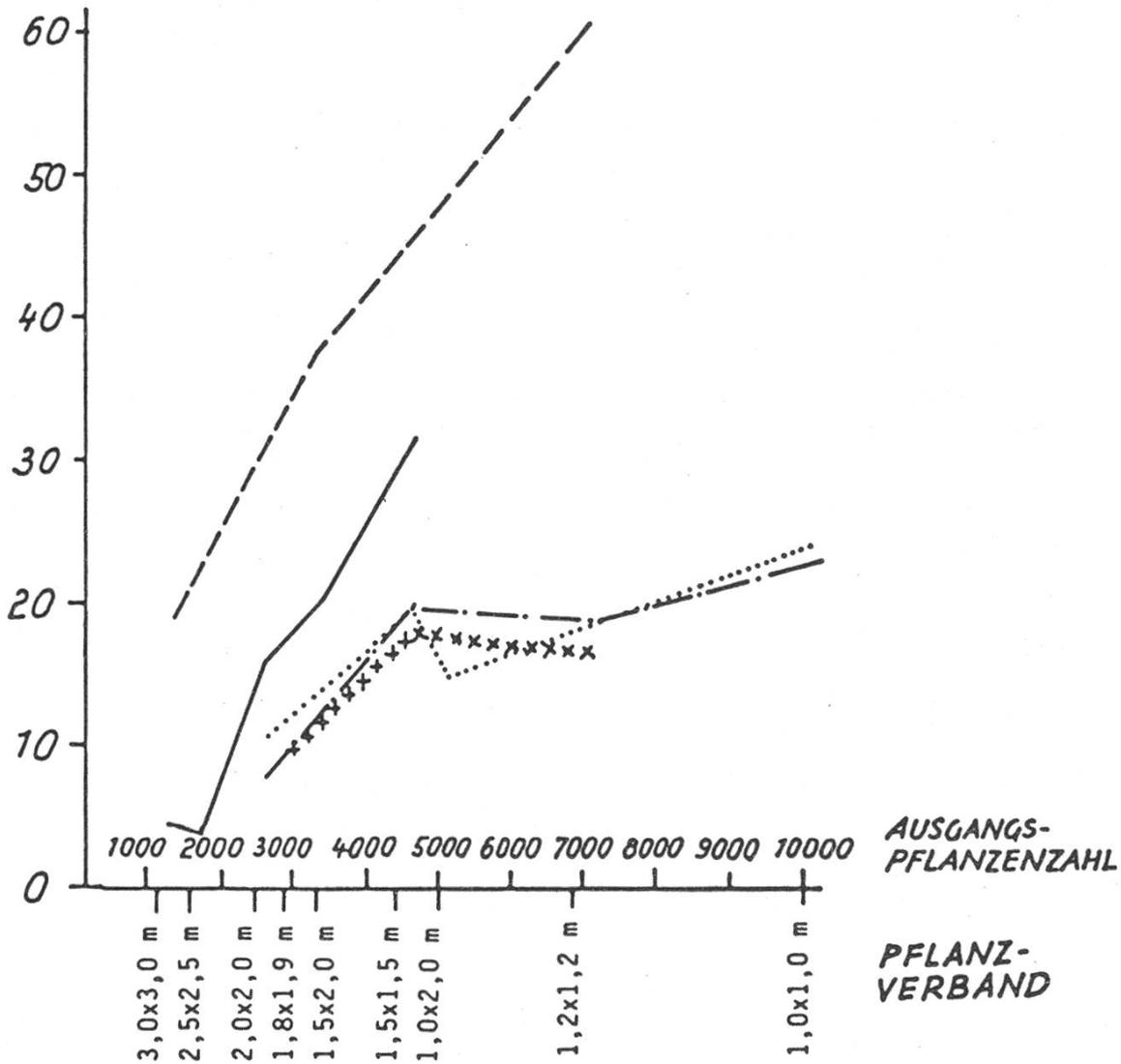
In *Abbildung 10* sind die mittleren H/D-Werte von 5 Fichtenverbandsversuchen über dem Ausgangspflanzverband aufgetragen. Daraus ergibt sich: Je weiter der Pflanzabstand (Wuchsraum) ist, um so günstiger (niedriger) ist auch der mittlere Schlankheitsgrad. Mit zunehmender Bestandesentwicklung nehmen die mittleren H/D-Werte zu, bei gleichen Verbänden haben höhere Bestände auch grössere mittlere H/D-Werte. Bei Beständen gleichen Alters sinkt der mittlere H/D-Wert mit zunehmender Pflanzweite.

Die Ergebnisse zahlreicher Verbandsversuche lassen mithin eine deutlich verbesserte Schneebruchsicherheit weitständig begründeter Bestände erkennen. In *Abbildung 11* sind die in mehreren Verbandsversuchen festgestellten Bruchprozente zusammengefasst. Sie zeigen übereinstimmend und eindeutig den Zusammenhang zwischen Ausgangsdichte und Widerstandsfähigkeit von Fichtenbeständen gegenüber Schnee.

Für alle Versuchsflächen galt, dass die Bruchprozente mit der Ausgangspflanzenzahl zunahmen. Die aus weitständig begründeten Kulturen hervorgegangenen Bestände waren durch Schneebruch weitaus weniger geschädigt worden als Engverbände. Die weiterständig erzogenen Fichten konnten infolge etwas geringerer Schlankheitsgrade sowie gleichgewichtiger Kronen den Nassschneelasten besseren Widerstand leisten.

Die vorliegenden Untersuchungen liefern genügend Material für eine gesicherte Aussage: Dichtstand, der nicht in sehr frühem Stadium der Bestandesentwicklung korrigiert wird, setzt die Schneebruchstabilität langfristig und drastisch herab. Die Ergebnisse der Verbandsversuche belegen, dass die bis vor wenigen Jahren allgemein üblichen hohen Pflanzanzahlen nicht nur wirtschaftlich unsinnig, sondern unter dem Gesichtspunkt der Stabilität auch falsch waren.

## BRUCHPROZENT



### 3. Waldbauliche Konsequenzen

Aus den dargestellten Untersuchungsergebnissen lässt sich die Schneebruchgefährdung beurteilen. Nach Auswertung zahlreicher Schneeschadensuntersuchungen wurde ein Schema zur Beurteilung der Schneebruchgefahr entwickelt, aus dem auch die waldbaulichen Konsequenzen zur Erhöhung der Stabilität ableitbar sind (Tabelle 2).

In Tabelle 2 sind die wichtigsten Beurteilungskriterien aufgeführt, die eine Ansprache des Risikos ermöglichen. Die Ausprägungen der Beurteilungsmerkmale sind in fünf Gefährdungskategorien eingeordnet und einzeln beschrieben. Jeder Kategorie entspricht eine bestimmte Punktzahl, die mit zunehmendem Gefährdungsgrad ansteigt. Anhand dieser Übersicht kann nach Erhebung der angesprochenen Merkmale durch Aufsummieren der Punkte der Gefährdungsgrad eines Bestandes angesprochen werden. Für die Einordnung in Gefährdungsgrade dient folgende Punkteabstufung:

18–23 Punkte: Keine Gefährdung;	62–77 Punkte: Starke Gefährdung;
24–39 Punkte: Geringe Gefährdung;	78–88 Punkte: Sehr starke Gefährdung.
40–61 Punkte: Mittlere Gefährdung;	

Tabelle 2. Schema zur Abschätzung des Schneebruchrisikos.

Merkmal	GEFÄHRDUNG				
	keine	gering	mittlere	starke	sehr starke
	PUNKTZAHL				
	2	4	6	8	10
<i>Baumart</i>	Douglasie Eiche Roteiche Bergahorn (Laubbaum- arten jeweils unbelaubt)	Strobe Lärche (unbenadelt) Bergahorn (belaubt) Buche Hainbuche Linde (jeweils unbelaubt)	Tanne Roteiche Hainbuche (Laubbaum- arten jeweils belaubt) Esche (unbelaubt)	Lärche (benadelt) Weide Buche Eiche- (jeweils belaubt) Birke Pappel (jeweils unbelaubt)	Fichte Kiefer Birke Pappel Esche Erle (Laubbaum- arten jeweils belaubt)
<i>Alter*) (Jahre)</i>	0–10 (alle Baumarten) > 80 (Fi, Ta) > 60 (Kie, Lä, Laubholz)	11–20 (Fi, Ta) 71–80 (Fi, Ta) 51–60 (Kie, Lä) 41–60 (Laubholz)	31–40 (Lä, Lbh) 21–30 (Fi, Ta) 61–70 (Fi, Ta) 11–20 (Lä, Kie, Lbh)	51–60 (Fi, Ta) 21–30 (Kiefer) 41–50 (Kie, Lä) 21–30 (Lä, Lbh)	31–40 (Kiefer) 31–50 (Fi, Ta)
<i>Schlankheits- grad</i>	< 60	60–70 (Kie) 60–80 (Fi)	70–90 (Kie) 80–90 (Fi)	90–110	> 110
<i>Kronenlänge</i>	> 0,5 h	0,33–0,5 h	0,2–0,33 h	0,1–0,2 h	< 0,1 h
<i>Bestandes- zusammen- setzung</i>	–	Lbh–Ndh, Dgl	Kie–Lbh, Fi–Lbh, Lbh rein, Fi–Ta–Lbh	Ki–Fi, Fi–Ki, Fi–Ta	Fi rein Ki rein
<i>Ausgangs- pflanzverband (m<sup>2</sup>)</i>	> 5 (Fichte) > 2 (Kiefer)	3–5 (Fichte) 1,25–2 (Kiefer)	2–3 (Fichte) 1–1,25 (Kiefer)	1–2 (Fichte) 0,6–1 (Kiefer)	< 1 (Fichte) < 0,6 (Kiefer)
<i>Durchforstung</i>	früh gestaffelt	früh schwach	spät, oft, schwach	spät, selten, schwach	spät, selten, stark

\*) Bei geringen Bonitäten sind die Alter ggf. etwas höher anzusetzen.

#### Zuschläge:

*Provenienz:* Zuschlag für nicht standortgerechtes Saatgut: 5 Punkte.

*Baumklasse:* Ein Einfluss der Baumklasse auf das Schneeschadensrisiko ist zwar feststellbar, jedoch gegenüber den obigen Merkmalen nicht von so grosser Bedeutung. Die Punktzuschläge sind deshalb niedriger (BK = Baumklasse nach *Kraft*):  
BK 1: 1 P.; BK 2: 2 P.; BK 3 + 4: 3 P.; BK 5: 4 Punkte.

*Bestandes-  
dichte:* Die Wirkung der Bestandesdichte auf das Risiko ist unterschiedlich; sie wird von Pflegemassnahmen und vom Schlankheitsgrad überlagert (BG = Bestockungsgrad):  
BG 0,8–1,0: 1 P.; BG 1,0–1,4: 3 P.; BG > 1,4: 2 Punkte.

*Standorts-  
merkmale:* Die Standortsausprägungen sind von untergeordneter Bedeutung für das Schadensrisiko. Dieses ist jedoch insgesamt grösser in Nassschneezonen (Zuschlag: 2 P.), auf N-O-Expositionen, vernässten oder exponierten Standorten und Steilhängen (Zuschlag je 1 Punkt).

Bei der Vergabe der Punkte wurde davon ausgegangen, dass die Baummerkmale Baumart, Alter, Schlankheitsgrad und Kronenlänge und die Bestandesmerkmale Bestandeszusammensetzung, Ausgangspflanzverband und Durchforstungsmassnahmen in ihrer Auswirkung auf die Stabilität ein ähnliches Gewicht besitzen. Andere Merkmale mit einem geringen Einfluss auf das Schadrisiko oder solche, die nur mit erheblichem Aufwand festzustellen sind, wurden durch die Vergabe von Zuschlagspunkten berücksichtigt.

Das Schema wurde also beschränkt auf Merkmale, für deren Einfluss auf das Schadensrisiko einerseits gesicherte Untersuchungsergebnisse vorliegen und die andererseits mit Hilfe von Bestandschroniken oder überschlägigen Messungen bzw. Schätzungen rasch am Objekt erhoben werden können.

Damit kann der Gefährdungsgrad eines Bestandes eingeschätzt werden. Bei einem nicht mehr tolerierbaren Gefährdungsgrad müssen Massnahmen ergriffen werden, die das Eintreten eines konkreten Schadens durch die Herabsetzung der potentiellen Gefährdung verhindern sollen. Nachfolgend werden Vorschläge gemacht, deren Beachtung zur Erhaltung oder Verbesserung der Stabilität vorhandener oder neu zu begründender Bestände beitragen kann. Diese sind in vier Regeln zusammengefasst:

### *3.1 Wahl von Verjüngungsart und Pflanzverband*

Einerseits besteht ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Standraum und Kronenausbildung bzw. Schlankheitsgrad. Andererseits ist eine Zunahme der Schäden bei schlecht bekronten Bäumen mit ungünstigen Schlankheitsgraden festzustellen. Dies legt eine stammzahlarme Bestandsbegründung nahe. Sie ist die Voraussetzung für die Ausbildung langer gleichmässiger Kronen ( $> 1/3$  h) und niedrige Schlankheitsgrade bei den Einzelbäumen (H/D-Wert  $< 90$ ).

Unter dem Aspekt der Schneeschadensgefährdung sind deshalb Naturverjüngungen der künstlichen Bestandsbegründung mit weiten Verbänden unterlegen. Nur durch scharfe Stammzahlreduktion unmittelbar nach Räumung des Altbestandes können die Nachteile zu dichter Naturverjüngungen behoben werden.

Dies ist besonders zu beachten auf sogenannten Negativstandorten (vergleiche Kapitel 3.4). Fehler, die in dieser Hinsicht bei der natürlichen oder künstlichen Verjüngung entstehen, sind in späteren Altersphasen nur mit erheblichen Schwierigkeiten wieder zu beseitigen. Die einmal verlorengegangene individuelle Stabilität kann durch nachgeholte Durchforstungsmassnahmen kurzfristig nicht wieder hergestellt werden.

### *3.2 Entwicklung und konsequente Durchführung eines geeigneten Pflege- und Durchforstungskonzeptes*

Die besondere Gefährdung jüngerer Bestände und schwacher Individuen legt einen frühen Beginn der Bestandespflegemassnahmen nahe. Nur dadurch kann die mit der geeigneten Wahl von Begründungsart und Pflanzverband begonnene günstige Entwicklung der Bekronung und des Schlankheitsgrades weiter fortgeführt werden.

Pflege- und Durchforstungseingriffe lösen im allgemeinen eine Instabilitätsphase mit erhöhtem Schneebruchrisiko aus. Diese hält etwa 2 bis 10 Jahre an. Sie dauert um so länger, je später und stärker der Eingriff geführt wurde. Daher sind häufig wiederkehrende, nicht zu starke Stammzahlreduktionen seltenen, scharfen Eingriffen vorzuziehen. Dies gilt ganz besonders für die – auf grossen Flächen vorhandenen – bisher ungepflegten Bestände der ausgehenden Dickungs- und Stangenholzphase. Verspätet gepflegte Bestände reagieren nämlich besonders empfindlich auf die durch starke Durchforstungen ausgelöste Destabilisierung.

Unter dem Gesichtspunkt der Schneebruchgefährdung erscheinen starke Eingriffe nur zur Stammzahlreduktion in zu dicht begründeten Kulturen und angehenden Dickungen gerechtfertigt. Dagegen sind Durchforstungen nach dem Zeitpunkt der Kulmination des Höhenzuwaches – je nach Ertragsklasse bei Fichte etwa im Alter 15 bis 20 (!) Jahre, bei der Kiefer bereits im Alter zwischen 10 und 15 (!) Jahren – vorsichtig, aber häufig durchzuführen. Erst nach dem Erreichen des Pflegeziels (Kronenlänge  $> \frac{1}{3}$  h; Schlankheitsgrad  $< 90$ ) können die Eingriffe dann unter Beachtung der kritischen Grundflächenhaltung wieder stärker und seltener geführt werden.

Zusätzlich zur Erhaltung bzw. Erziehung der individuellen Stabilität durch geeignete Bestandesbegründung und Behandlungskonzepte sind durch entsprechende Mischungsregelung stabile Bestände anzustreben. Winterkahle Mischbaumarten sollten daher generell begünstigt werden. Deren Erhaltung in grösstmöglichem Umfang kann zur Verminderung des Schadensrisikos einen grossen Beitrag leisten.

### *3.3 Beachtung der Baumartenwahl, Mischungsform und Herkunftsfrage*

Da die grosse Gefährdung von Fichte und Kiefer ausser Zweifel steht, ist die Frage eines Baumartenwechsels auf besonders gefährdeten Standorten zu prüfen. Tanne, Douglasie und Laubbaumarten können als Alternativen gelten. Auf Extremstandorten, wo die Walderhaltung das erste Ziel ist, bietet sich eine natürliche Sukzession als billige und ökologisch günstige Lösung an.

In Gebieten, wo Kiefer oder Fichte als Hauptbaumarten aufgrund der Ausgangslage trotz Schneebruchgefährdung unverzichtbar erscheinen, müssen sie

so begründet und behandelt werden, dass das Risiko möglichst gering bleibt. Eine Voraussetzung dafür ist die Verwendung geeigneten Saatgutes. Die damit meist verbundene Minderung der Volumenleistung ist in schneebruchgefährdeten Lagen zur Vermeidung von Risiken notwendig und gerechtfertigt.

Wegen der wesentlich grösseren Gefährdung von Reinbeständen aus Fichte oder Kiefer gegenüber laubholzreichen Mischbestockungen ist auf allen Flächen, wo auf Fichte oder Kiefer nicht verzichtet werden kann oder soll, die Begründung von Mischbeständen vorzusehen.

Mit steigendem Anteil der Mischbaumarten verringert sich das Risiko. Daher ist ein möglichst hoher Anteil dieser Baumarten anzustreben.

Weiter hat sich gezeigt, dass einzeln beigemischte Bäume vom Schnee meist verschont bleiben. Eine einzelne bis höchstens horstweise Beimischung ist deshalb vorteilhaft. Bereits eine kleinflächenweise Mischung schafft «ideelle» Reinbestände mit den bekannten Nachteilen.

### *3.4 Beachtung der standörtlichen Gegebenheiten*

Es gibt bestimmte Negativstandorte, auf denen ein höheres Risiko unterstellt werden muss. Dazu gehören:

- Lagen in Nassschneezonen,
- leeseitig exponierte Lagen (N, NO, O, eventuell SO),
- Standorte, die zu zeitweiliger oder dauernder Vernässung neigen,
- Steilhänge,
- exponierte Lagen an Oberhängen bzw. Hangkanten.

Vor allem, wenn mehrere dieser Merkmale gleichzeitig zutreffen, sind Schäden infolge Schneebruch dauernd zu erwarten. Da eine Beseitigung der Schadensursachen nur im Falle von Vernässung – und auch dort nur in ganz wenigen Ausnahmefällen – möglich ist, muss auf solchen Negativstandorten durch geeignete forstwirtschaftliche Massnahmen bei Baumartenwahl, Bestandsbegründung und Pflege für die Stabilität dort stockender Bestände besondere Sorge getragen werden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass möglichst gut und gleichmässig bekronte Bäume mit niedrigen H/D-Werten die höchste Betriebssicherheit gegen Schnee bieten. Diese ist bei gleichzeitig hohen Erträgen in unseren Nadelholzkunstwäldern nur erreichbar durch die

- Begründung von Mischbeständen mit
- geringen Ausgangspflanzenzahlen und
- frühzeitiger Stammzahlreduktion durch
- gestaffelte Durchforstungen.

Es ist für einen Wirtschaftler unbefriedigend und waldbaulich kurzsichtig, immer nur dem Schneebruch nachzulaufen und gleichzeitig die unterlassene Pflege mit dauernden Aufräumungsarbeiten nach Schneebruch zu entschuldigen. Aus diesem Grunde sind in schneebruchgefährdeten Betrieben eindeutige Behandlungsprioritäten festzusetzen, damit Pflegerückstände nicht entstehen können oder rasch beseitigt werden. Bei Ausnutzung dieser Möglichkeiten zur Vorbeugung lässt sich das Risiko deutlich vermindern.

## Résumé

### Les conséquences des surfaces de bris de neige pour la sylviculture

Les charges pesant sur nos forêts augmentent constamment. Les facteurs abiotiques nuisibles y sont pour beaucoup. A côté des dégâts causés par la pollution atmosphérique et l'acidification du sol, la proportion des dégâts conditionnés par les bris de neige montre une tendance croissante. Les catastrophes de bris de neige des dernières années obligent à se pencher sur les causes du phénomène et à en tirer des mesures visant à éviter les risques.

Une analyse des dégâts causés par la neige, effectuée dans une forêt d'établissement public de l'Université de Munich, ainsi qu'une étude globale de la littérature concernant les bris de neige donnent des résultats sûrs quant à la causalité des dégâts de bris de neige. On peut en tirer plusieurs conséquences sylvicoles.

- Pour estimer les risques de bris de neige, on a relevé les caractères suivants comme particulièrement opportuns: essence, âge, degré d'élancement et longueur de cime; ces caractères se rapportent aussi bien à l'arbre isolé qu'à la composition et l'exploitation des peuplements. D'autre part, la composition des peuplements, l'écartement des plants de départ et les mesures d'éclaircie influencent considérablement l'avènement des bris de neige.
- En obtenant des arbres ayant une cime belle et régulière et un degré d'élancement faible on peut augmenter la sécurité de l'exploitation de manière sensible. La condition requise est de créer des peuplements mélangés avec un petit nombre de plants de départ. De par la réduction précoce et répétée du nombre d'arbres dans le cadre d'éclaircies — aussi échelonnées que possible — on peut, après la phase de régénération, maintenir la stabilité de l'arbre isolé et du peuplement de manière durable.

De par l'utilisation des possibilités exposées, on peut estimer facilement les risques et les diminuer sensiblement par les mesures à disposition.

Traduction: S. Croptier

## Literatur

- Assmann, E. und Franz, F.* (1963): Vorläufige Fichten-Ertragstafel für Bayern. In: Hilfstafeln für die Forsteinrichtung, Bayr. Staatsforstverwaltung, 1981.
- Braastad, H.* (1979): Vekst og stabilitet i et forbandsforsk med gran. Meddelelser fra Norsk Institutt for Skogfors. Nr. 34. 7.
- Dumm, G.* (1971): Der Einfluss des Pflanzverbands auf Astbildung und Schneebruchgefährdung bei Fichte. Allg. Forstzeitschrift, S. 150–152.
- Kramer, H.* (1980): Einfluss verschiedenartiger Durchforstungen auf Bestandessicherheit und Zuwachs in einem weitständig begründeten Fichtenbestand. Schr.Reihe der Forstl. Fak. d. Univ. Göttingen, Bd. 67, S. 224–235.
- Kroth, W.* (1970): Die kalkulatorischen Kosten in der forstlichen Betriebsabrechnung. Forstwiss. Centralblatt, S. 340–349.
- Möhring, B.* (1980): Über die Zusammenhänge zwischen Wuchsform und Schneebruchanfälligkeit bei Fichte. Dipl.-Arb., Univ. Göttingen, 77 S.
- Mracek, Z.* (1980): Bestandessicherheit junger Fichten in Abhängigkeit zu ihrem Wuchsraum. Schriftenreihe der Forstl. Fakultät der Univ. Göttingen, Bd. 67, S. 247–259.
- Pollanschütz, J.* (1974): Erste ertragskundliche und wirtschaftliche Ergebnisse des Fichten-Pflanzweitenversuches «Hausersteig». 100 Jahre Bundesversuchsanstalt, Wien, S. 100–174.
- Rottmann, M.* (1983): Schneebruchschäden bei Fichten – Ergebnisse einer Bestandesaufnahme und Analyse, dargestellt am Beispiel der Schneebruchschäden von 1979 und 1980 im Stiftungswald der Ludwig-Maximilians-Universität München. Diss. Univ. München, 256 + IX S.
- Scharpf, H.* (1983): Einfluss der Begründungsdichte auf Wachstumsgang, Astbildung und natürliche Stammausscheidung junger Fichtenbestände. Dipl.-Arbeit, Univ. München, 124 S.
- Wilm, K.* (1983): Wachstumsunterschiede in Fichtendickungen bei unterschiedlichem Pflanzverband. Dipl.-Arbeit, Univ. München. 97 S.