

<b>Zeitschrift:</b>	Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerischer Forstverein
<b>Band:</b>	140 (1989)
<b>Heft:</b>	2
<b>Artikel:</b>	Untersuchungen zur Zerfallsdynamik in unberührten Bergföhrenwäldern im Schweizerischen Nationalpark
<b>Autor:</b>	Brang, Peter
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-764216">https://doi.org/10.5169/seals-764216</a>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 19.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# **Untersuchungen zur Zerfallsdynamik in unberührten Bergföhrenwäldern im Schweizerischen Nationalpark<sup>1</sup>**

Von Peter Brang, CH-8092 Zürich  
(Aus dem Institut für Wald- und Holzforschung der ETH Zürich,  
Fachbereich Waldbau) Oxf.: 228.8: 174.7 Pinus

## **1. Einleitung**

Unter Zerfall versteht man das Absterben von Bäumen auf einer Waldfläche. Kenntnisse über den Ablauf des Zerfalls sind interessant; denn ob ein Waldstück aus Gründen der Rentabilität oder des Naturschutzes sich selbst überlassen werden kann, ist davon abhängig, ob dabei alle geforderten Leistungen des Waldes noch erfüllt werden. Kritisch sind dabei in erster Linie jene Bestandesphasen, in denen Zerfall auftritt.

In der vorliegenden Arbeit werden verschiedene Aspekte des Zerfalls in unberührten Bergföhrenbestockungen im Schweizerischen Nationalpark (Kanton Graubünden) untersucht.

## **2. Methodik**

### **2.1 Beschreibung der Probeflächen**

Innerhalb von zwei Versuchsflächen der Eidgenössischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen (EAFV) im Gebiet von Stabelchod wurden drei Probeflächen von 1 bis 3 Aren Grösse ausgewählt, deren Bestockung im Zerfall begriffen ist. Das Untersuchungsgebiet liegt auf 1920 m ü. M. in der subalpinen Stufe und ist mit 15% nach SSW geneigt. Das Klima trägt kontinentale Züge. Trockenperioden im Sommer und Herbst sind nicht selten. Auf Dolomitschutt haben sich durchlässige Humuskarbonatböden entwickelt.

Reinbestände von Bergföhren (*Pinus montana* Miller, *Pinus uncinata* Ramond) dehnen sich über eine Fläche von über 500 Hektaren aus. Sie sind aus Kahlschlägen im 18. und 19. Jahrhundert hervorgegangen. Es handelt sich um seit Jahrzehnten unberührte Bestände, aber nicht um Urwald. In der Baumschicht fallen die hohe Stammzahl (in den Probeflächen zwischen 430 und 1500 lebende und zwischen 2800 und 5900 lebende und

<sup>1</sup> Zusammenfassung einer Diplomarbeit, die am Fachbereich Waldbau ausgeführt wurde (Brang 1987).

tote Bäume pro ha mit mehr als 5 cm Brusthöhendurchmesser), die geringen Durchmesser (kaum über 30 cm) und die geringe Höhe (Mittel: 10 bis 15 m) auf. In den drei Probeflächen liegt die Grundfläche der lebenden und toten Bäume zwischen 43 m<sup>2</sup>/ha und 82 m<sup>2</sup>/ha. Der durchschnittliche Zuwachs beträgt rund 2 m<sup>3</sup> pro Jahr und ha (nach *Burger* 1950). Die räumliche Verteilung der Bäume ist klumpig.

In den Probeflächen Nr. 1 und Nr. 2 beträgt das Bestandesalter etwa 175 Jahre, in der Probefläche Nr. 3 rund 85 Jahre.

Pflanzensoziologisch müssen die Bergföhrenwälder als *Erico-Pinetum montanae* nach *Ellenberg* und *Klötzli* (1972) angesprochen werden. Die Arve (*Pinus cembra* L.) ist heute nicht an der Oberschicht beteiligt, nimmt aber dank Verbreitung der Samen durch den Tannenhäher bereits gegen 20% der Stammzahl in der Verjüngung ein (nach *Kurth, Weidmann* und *Thommen* 1960).

Ein anschauliches Bild dieser Wälder vermittelt *Abbildung 1*.



*Abbildung 1.* Blick in Probefläche 1. Die Photographie wurde vom gleichen Standort aus aufgenommen wie das Bild 3 in *Burger* 1950.

## 2.2 Aufnahmen in den Probeflächen

Das Grundkonzept der Untersuchung ist die genaue Rekonstruktion der zeitlichen und räumlichen Bestandesentwicklung auf kleiner Fläche.

Der zeitliche Aspekt des Zerfalls wurde wie folgt erfasst: Von allen toten Bäumen in den Probeflächen wurden insgesamt über 200 Bohrkerne entnommen. An einigen Bohrkernen von lebenden, vorherrschenden Bergföhren wurden die Weiserjahre, also die markanten Jahrringe im Jahrringbild, bestimmt (vgl. *Schweingruber* 1983). Dies erlaubte die Datierung des Todesjahres der toten Bäume durch Vergleich der Jahrringabfolge.

Der Datierungserfolg beträgt wegen spärlicher Weiserjahre, extremer Feinjährigkeit, auskeilender Jahrringe und Vermorschung oder Pilzabbau (Kernfäule) 45%, bei den herrschenden und mitherrschenden Bäumen 56%. Eine Kontrolle der Datierung und eine grobe Datierung von nicht datierbaren Bäumen ist möglich aufgrund von ertragskundlichen Aufnahmen der EAFV von 1946, 1962 und 1977. Divergenzen zwischen der Datierungskontrolle (EAFV-Aufnahmen) und der Bohrkerndatierung weisen auf häufiges Auskeilen der Jahrringe vor dem Tod hin. Die entsprechenden Bäume gelten als nicht erfolgreich datiert.

Der räumliche Aspekt des Zerfalls wurde mit der Situierung der Bäume auf den Probeflächen und mit der Herstellung von Bestandesplänen erfasst.

Alle Bäume in den Probeflächen wurden im weiteren kluppiert und angesprochen auf Vitalität und soziale Stellung, die toten zudem auf den Verwitterungsgrad von Holz und Ästen und die liegenden auf die Höhe einer allfälligen Bruchstelle über dem Erdboden.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Zeitlicher Ablauf des Zerfalls am Einzelbaum

Im folgenden werden einige Aspekte des Absterbens des einzelnen Baumes beleuchtet. Hierbei interessiert nicht der konkurrenzbedingte Ausfall von unterständigen, bei einer Lichtbaumart wie der Bergföhre kaum zukunftsträchtigen Bäumen, sondern in erster Linie das Absterben von schutzwirksamen Bäumen der Oberschicht.

Die Geschwindigkeit des Absterbens des Einzelbaumes kann sehr verschieden sein. Schneelastschäden wie Stammbruch und Entwurzelung führen rasch zum Tod, was sich im Jahrringbild als fehlende Zuwachsreduktion vor dem Tod abzeichnet. Käfer- und Pilzbefall und Überalterung führen zu einem Absterbevorgang, der sich schon Jahre oder Jahrzehnte vor dem Tod im Jahrringbild abzeichnet.

Eine Vorhersage, ob ein bestimmter Baum in den nächsten zehn Jahren absterben wird, ist kaum möglich. Der Fachbereich Waldbau des Instituts für Wald- und Holzforschung der ETH Zürich unterhält ein Netz von Urwaldreservaten und -versuchsflächen. In einer nahe den Probeflächen liegenden Bergföhrenversuchsfläche wurden alle Bäume im Jahre 1978 nummeriert und unter anderem auf ihre Vitalität angesprochen. Von 34 zuflüssig ausgewählten, im Zeitraum 1978 bis 1987 stehend abgestorbenen Bergföhren der Mittel- und Oberschicht waren 1978 13 als sehr vital, 12 als vital und 9 als kümmern angesprochen worden. Innerhalb von 9 Jahren sind somit Bäume aller Vitalitätsklassen abgestorben.

Ein toter Baum kann bei seinem Tod je nach Todesursache entwurzelt oder gebrochen werden (Schneelast, Sturm) oder ganz stehenbleiben (Käfer, Pilze). Rund 70% der Bäume der Oberschicht in den Probeflächen sterben stehend.

Ob ein Baum gebrochen oder entwurzelt wird, ist von seinem Schlankheitsgrad abhängig. Bei den seit 1963 abgestorbenen liegenden Bäumen – die noch in ihrer vollen Länge erhalten sind – beträgt der Schlankheitsgrad der geworfenen  $80 \pm 6$  (23 Bäume, Irrtumswahrscheinlichkeit  $p = 0,05$ ), bei den gebrochenen  $98 \pm 23$  (5 Bäume,  $p = 0,05$ ). Dieser Unterschied ist signifikant ( $p = 0,05$ ).

Wie lange können tote Bäume stehenbleiben? In den drei Probeflächen stehen 7 Bäume mindestens 70 Jahre seit ihrem Tod. Das Maximum beträgt 94 Jahre. Dies deckt sich mit Angaben von Löw (1975): «... Tatsache ..., dass abgestorbene Fichten und Tannen im Hochlagenbereich ihre Standfestigkeit erst nach sehr langer Zeit einbüßen. Die in Hochlagenbeständen vorzufindenden toten Bäume sind somit das Ergebnis eines zumindest Jahrzehnte dauernden Akkumulationsprozesses ...». Es ist hierbei zu berücksichtigen, dass diese schon lange stehenden Bäume im Stock faulen und sich mit etwas Gewalt von blosser Hand umdrücken lassen. Sie könnten also in einer Steilhanglage – die Probeflächen liegen in fast ebenem Gelände – den Schneebewegungen nicht sehr lange widerstehen. Die stehenden Baumleichen brechen früher oder später im Stockbereich.

Der Verwitterungsgrad der Baumleichen wurde näher untersucht, um allenfalls daraus eine grobe Datierungsmethode für den Baumtod herzuleiten. Die benutzten Verwitterungsgrade beruhen auf dem Erhaltungsgrad der Äste und auf der Vermorschung des Stammes. Folgende Aussagen sind möglich:

1. Liegende Baumleichen verwittern rascher als stehende. Das Holz von stehenden Baumleichen wird – ausser im Stock – nur oberflächlich angewittert und ist darunter noch völlig erhalten, auch wenn der Baum schon jahrzehntelang tot ist. Es vermortscht erst bei Bodenkontakt oder in unmittelbarer Bodennähe.
2. Tote Bäume verlieren ihre braunen Nadeln zum Teil erst nach mehreren Jahren (Maximum 9 Jahre). Datierungsfehler wegen auskeilender Jahrringe können als Erklärung ausgeschlossen werden.
3. Der Verwitterungsgrad kann als grober Anhaltspunkt zur Beurteilung des Todesjahres von Baumleichen dienen. Je weiter das Todesjahr eines Baumes zurückliegt, desto ungenauer wird die Schätzung des Todesjahres aus dem Verwitterungsgrad. Immerhin kann oft festgestellt werden, ob verschiedene Bäume ungefähr zum gleichen Zeitpunkt abgestorben sind, was einer relativen Datierung gleichkommt.

### 3.2 Zeitlicher Ablauf des Zerfalls im Bestand

Die Auswertung der Datierung ergab folgendes:

1. Der Zerfall verläuft in Schüben von mehreren Jahren Dauer. In der dazwischenliegenden Zeit sterben nur einzelne Bäume (vgl. Abbildung 2). Auch in grösseren Flächen mit Schneelastschäden ist kein völlig abrupter Zerfallsverlauf festzustellen; es bleiben immer einzelne Bäume lebend, wie es beispielhaft in Abbildung 3 zu sehen ist.
2. Auch wenn nur drei Probeflächen untersucht wurden, so lässt sich doch feststellen, dass der Zerfall in der Oberschicht in Kleinflächen von etwa 1 bis 3 Aren Grösse innerhalb von 25 bis 40 Jahren schon weit fortgeschritten sein kann (vgl. Abbildung 4). Über die Geschwindigkeit der Entwicklung der Bergföhrenbestände orientieren auch situierte, seit dem Jahre 1926 immer wieder aufgenommene Photographien, von denen ein Teil im Jahre 1950 bereits veröffentlicht wurde (Burger 1950).

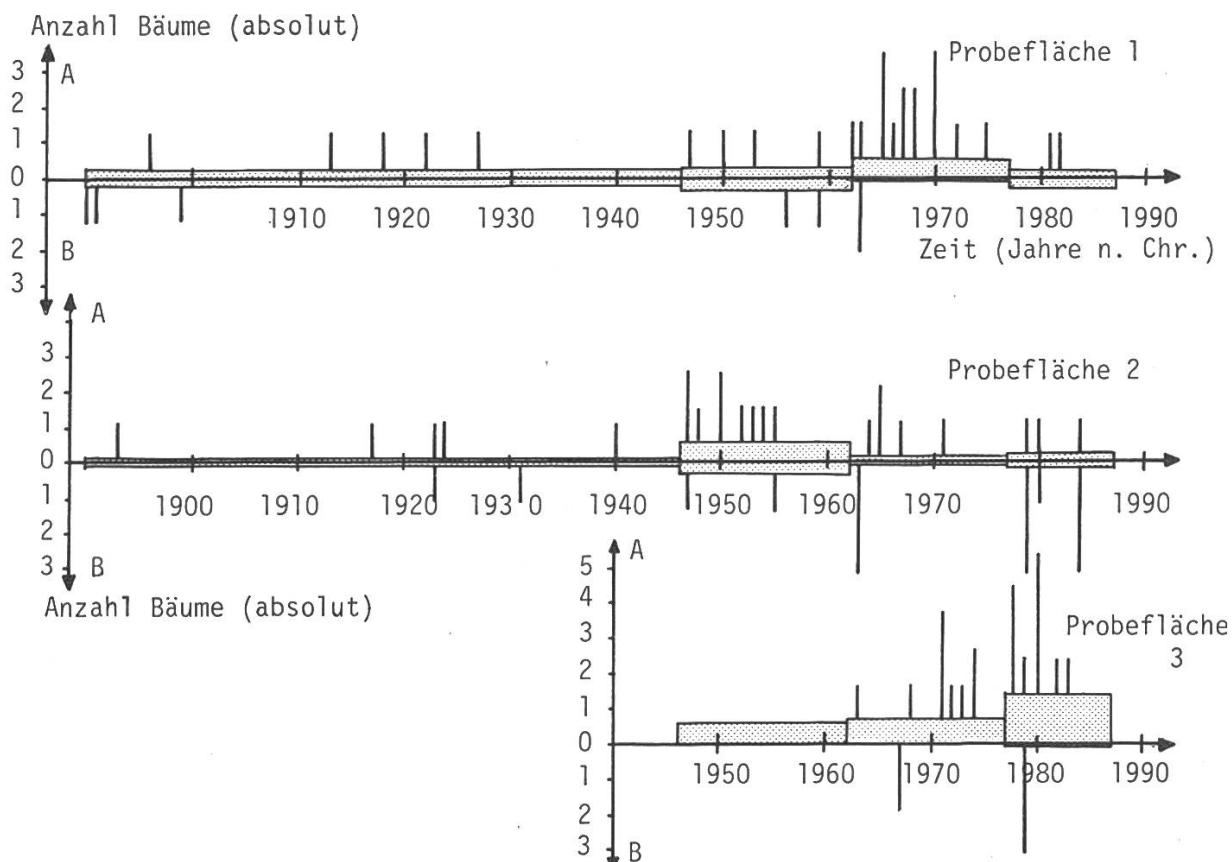


Abbildung 2. Todesjahre der bis 1987 abgestorbenen Bäume in den drei Probeflächen.

Legende: A = heute noch stehende tote Bäume  
 B = liegende tote Bäume  
 Striche = datierte Bäume  
 Balken = nicht datierte, mittels der ertragskundlichen Aufnahmen der EAFV von 1946, 1962 und 1977 eingeordnete Bäume

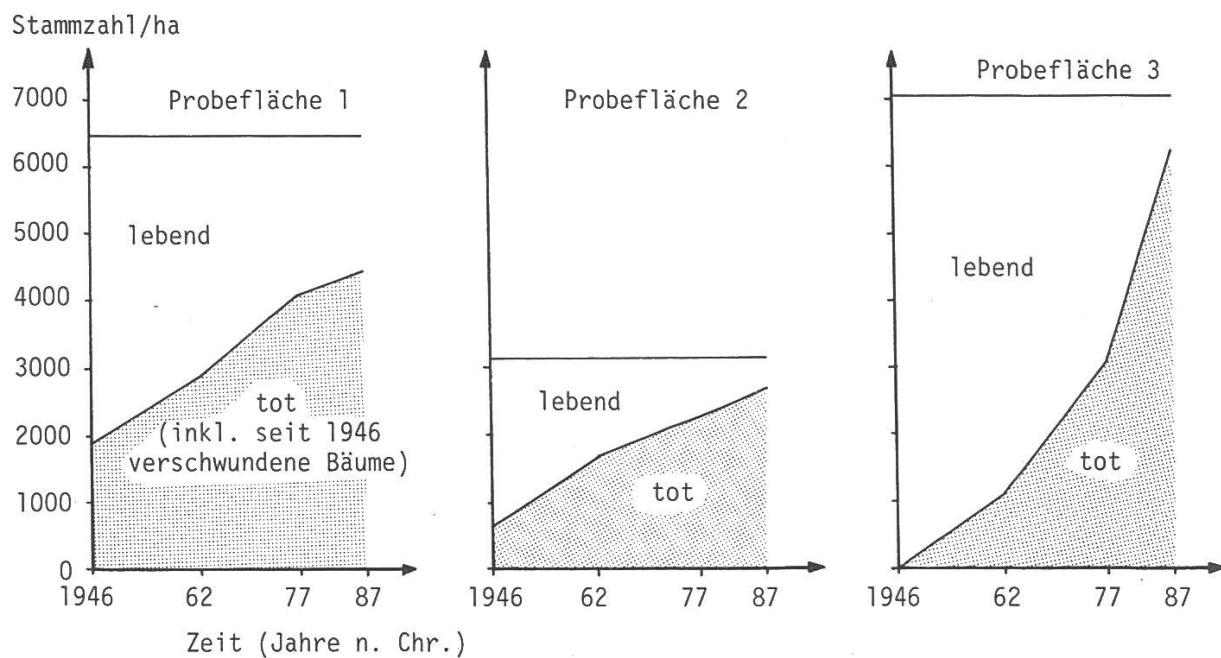
### 3.3 Räumlicher Ablauf des Zerfalls

Bäume mit gleichem oder ähnlichem Todesjahr sind sehr oft direkte Nachbarn. Zu Beginn des Zerfalls steht, sofern nicht flächige Schneelastschäden vorliegen, eine diffuse Verteilung der toten Bäume im Bestand, wobei die soziologisch bedingte Mortalität noch eine Rolle spielt. Später werden die Formen der Flächen, auf denen die Bäume tot sind, einfach, mit wenig Einbuchtungen, also kreisförmig, ellipsenförmig, bananenförmig (vgl. Neumann 1979). Einzelne Bäume der Oberschicht überstehen den Zerfall.

Eine wesentliche Frage ist, ob die natürliche Verjüngung in den Zerfallsflächen mit dem Zerfall Schritt halten kann oder nicht. Bergföhre wie Arve sind zur Verjüngung auf eine Auflichtung der dichten Bergföhrenbestände angewiesen. Sie verjüngen sich in den Zerfallsflächen reichlich; einige Auszählungen ergaben Dichten von 1 bis 5 Pflanzen pro m<sup>2</sup>. Voll schutzwirksam werden die Jungpflanzen nach 30 bis 50 Jahren. In dieser Zeit kann der Zerfall schon weit fortgeschritten sein; es stehen aber fast immer noch einzelne lebende Bäume und immer einige tote. Die Verjüngung hat somit genügend Zeit, um die Schutzfunktion der Bestockung zu übernehmen (vgl. Abbildung 3).



*Abbildung 3.* Zerfallsbild mit einzelnen noch lebenden Bäumen und aufkommender Verjüngung.



*Abbildung 4.* Geschwindigkeit des Absterbeprozesses in den drei Probeflächen.

### 3.4 Erklärung des Zerfalls

Die Bedeutung verschiedener Todesursachen ist im Nachhinein oft schwierig festzustellen. Im folgenden werden mögliche Zerfallsabläufe diskutiert.

Überalterung kommt in manchen, gegen und über 200 Jahre alten Beständen als Zerfallsauslöser durchaus in Frage. Die spärlichen maximalen Altersangaben für die Bergföhre in der Literatur gehen kaum über 300 Jahre hinaus (siehe Gausen 1923, Mayer 1984, Schlegel 1985).

Die soziale Stellung eines Baumes kann mitentscheidend sein für sein Ausscheiden. In der sehr stammzahlreichen Probefläche 1 ist das der Fall, in Probefläche 3 hingegen gar nicht, wie in Abbildung 5 zu sehen ist.

Sturm- und vor allem Schneelastschäden sind häufig zu beobachten. Der Schlankheitsgrad der zum Teil sehr dicht aufgewachsenen Bergföhren der Oberschicht liegt zwischen 60 und 120. Gebrochen werden Bergföhren mit einem Schlankheitsgrad von mehrheitlich über 80. Die Wirkung der Schneelastschäden reicht von einer diffusen Auflichtung des Bestandes bis zu Flächenschäden; die grösste beobachtete stark geschädigte Fläche umfasst rund 25 Aren.

Der Hallimasch (*Armillaria sp.*) befällt Bergföhren aller sozialen Stellungen und bringt sie innert weniger Jahre zum Absterben, was schon Gäumann und Campell (1932) beschreiben.

Eine nicht näher bestimmte Kernfäule (Befallsbild ähnlich wie *Phellinus pini* (Thore ex. Fr.) Pilát an *Pinus silvestris* L.) erhöht die Wurzel- und Stammbruchgefährdung. Sie konnte an 19% der toten Bäume in den Probeflächen festgestellt werden.

Unter den Insekten sind als primär schädlich zu betrachten *Myelophilus piniperda* L., der grosse Waldgärtner, und *Pityogenes conjunctus* Reitter, der kleine Arvenborkenkäfer (vgl. Benz 1985). Nach Schneelastschäden werden sie und auch andere Käfer wie *Ips amatinus* Eichh., der kleine Buchdrucker, sekundär in den liegenden und später auch in den stehengebliebenen Bäumen schädlich.

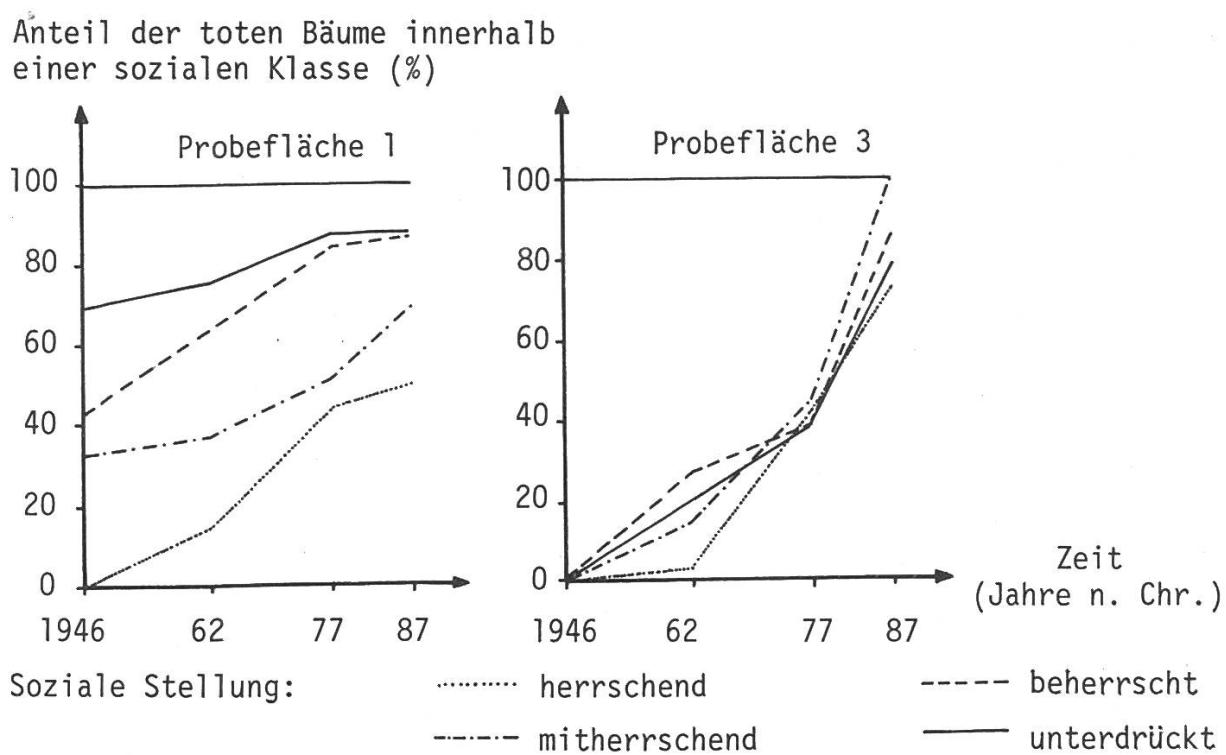
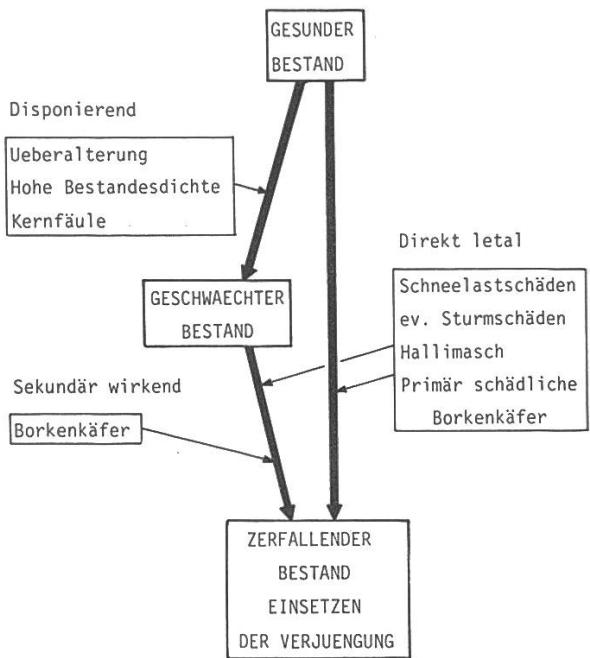


Abbildung 5. Abhängigkeit der Mortalität von der sozialen Stellung in den Probeflächen 1 und 3.



*Abbildung 6.* Modell der Wirkung der zerfallsbestimmenden Faktoren auf die Bestandesentwicklung.

Legende: Dicke Pfeile = Entwicklungen  
Dünne Pfeile = Wirkungen

Eine Vorstellung vom wahrscheinlichen Zusammenwirken der zerfallsbestimmenden Faktoren vermittelt *Abbildung 6*.

#### 4. Diskussion

Das Todesjahr kann zur Analyse des zeitlichen Verlaufs des Zerfalls von sich auflösenden Beständen verwendet werden, sofern das Klima einen raschen Holzabbau verhindert (analog dazu können Verjüngungen anhand des Markjahres analysiert werden). Der Vorteil dieser Methode liegt darin, dass sich so wichtige Aspekte der Entwicklung eines Bestandes retrospektiv erfassen lassen.

Je nachdem, wie häufig auskeilende Jahrringe vorkommen, reicht es zur Feststellung des Todesjahres eines Baumes nicht, auf Brusthöhe zu bohren; es muss in die Kronenregion ausgewichen werden, wobei die Frage von Aufwand und Ertrag zu prüfen ist.

Wichtig ist die Erkenntnis, dass mit dem Tod eines Baumes sein Nutzen für den Bestand nicht einfach dahinfällt. Ein stehender toter Baum hat unter Umständen während Jahrzehnten hinsichtlich Schneeablagerung und -rückhalt dieselbe Wirkung wie ein lebender Laubbaum.

Im speziellen Fall der untersuchten Bergföhrenbestockungen zeigt sich, dass die Verjüngung mit dem Zerfall Schritt halten kann.

### *Literatur*

- Benz, G. (1985): Das «Arvensterben» 1985 im Raum Samedan-Pontresina als Folge einer Verkettung von Insektenbefallskrankheit. Schweiz. Z. Forstwes. 136, 12: 1035–1038.
- Brang, P. (1987): Untersuchungen zur Abklärung der Auflösungsdynamik beim Zerfall von unberührten Bergföhrenbestockungen im Nationalpark. Diplomarbeit Fachbereich Waldbau, Abteilung für Forstwirtschaft der ETHZ, 75 Seiten, unveröffentlicht.
- Burger, H. (1950): Forstliche Versuchsflächen im Schweizerischen Nationalpark. Eidg. Anst. forstl. Versuchswes., Mitt. 26/2: 583–633.
- Ellenberg, H., Klötzli, F. (1972): Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz. Eidg. Anst. forstl. Versuchswes., Mitt. 48/4: 587–930.
- Gäumann, E., Campell, E. (1932): Über eine Kiefernkrankheit im Gebiete des Ofenberges. Schweiz. Z. Forstwes. 83, 11: 329–332.
- Gaussin, H. (1923): Le pin à crochets dans les Pyrénées. Bulletin de la Société d'histoire naturelle de Toulouse 51: 581–600.
- Kurth, A., Weidmann, A., Thommen, F. (1960): Beitrag zur Kenntnis der Waldverhältnisse im Schweizerischen Nationalpark. Eidg. Anst. forstl. Versuchswes., Mitt. 36/4: 220–378.
- Löw, H. (1975): Zustand und Entwicklungsdynamik der Hochlagenwälder des Werdenfelser Landes. Diss. Univ. München, 200 Seiten.
- Mayer, H. (1984): Waldbau auf soziologisch-ökologischer Grundlage. 3., neu bearbeitete Auflage. Gustav Fischer, Stuttgart, New York, 514 Seiten.
- Neumann, M. (1979): Bestandesstruktur und Entwicklungsdynamik im Urwald Rothwald und im Urwald Corkova Uvala/Kroatien. Diss. BOKU Wien, 132 Seiten.
- Schlegel, J. (1985): Allerlei Interessantes und Erstaunliches über die Bergföhre. Bündner Wald 38, 4: 58–63.
- Schweingruber, F. H. (1983): Der Jahrring: Standort, Methodik, Zeit und Klima in der Dendrochronologie. Haupt, Bern, Stuttgart, 234 Seiten.