

**Zeitschrift:** Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse  
**Herausgeber:** Schweizerischer Forstverein  
**Band:** 141 (1990)  
**Heft:** 3  
  
**Artikel:** Kronenverlichtung und Waldwachstum  
**Autor:** Schmid-Haas, Paul  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-764972>

### **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:** 14.01.2026

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

# Kronenverlichtung und Waldwachstum

Von Paul Schmid-Haas

Oxf.: 56:531:48

(Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, WSL, CH-8903 Birmensdorf)

## Einleitung

Vor einigen Jahren wurde in grossen Teilen Europas beobachtet, dass Fichten, Tannen und Föhren mehr Nadeln verloren als üblich, einige wichtige Laubbaumarten zeigten fast gleichzeitig stärker verlichtete Kronen. Diese «neuartigen Waldschäden», von manchen als Beginn des «Waldsterbens» taxiert, haben Fachleute und Laien schockiert.

Nach wie vor sind die Ursachen für das beobachtete Phänomen nicht nachgewiesen. Die Erklärung, dass die Kronenverlichtungen einzig und allein eine Folge des warmen und trockenen Sommers 1983 seien, wird desto fragwürdiger, je genauer die möglichen Witterungseinflüsse studiert werden (*Pfister et al.* 1988). Schon die ersten Analysen von nationalen Inventaren konnten plausibel machen, dass weder überalterte Bäume noch schlecht gepflegte Bestände oder eine nicht standortgemässe Baumartenwahl die Schädigungen erklären können (*Schöpfer und Hradetzky* 1984, *Schmid-Haas* 1985). Bisher konnte auch kein Erreger gefunden werden, der für eine so ausgedehnte und breite Pandemie verantwortlich sein könnte. Das legt zwar Immissionen als Hauptursache nahe, aber zumindest in der Schweiz kommen alle bisher untersuchten Schadstoffe im allgemeinen nur in Konzentrationen vor, die bedeutend unter den für die betroffenen Baumarten angenommenen Schadgrenzen liegen (*Landolt, Bucher*, 1984); über die synergistische Wirkung der Schadstoffe unterhalb der nachweisbaren Wirkungsgrenzen weiss man wenig. Allerdings sind vielleicht die grossen Bäume, an denen man Schädigungen im allgemeinen feststellt, anfälliger als Sämlinge, Kleinpflanzen oder einzelne Zweige, an denen man experimentell Schadgrenzen ermitteln kann.

Die aufgrund damaliger Prognosen erwarteten Folgewirkungen sind weitgehend ausgeblieben. Eine allgemeine Erhöhung der Absterberate kann bis jetzt jedenfalls nirgends nachgewiesen werden. Vor allem ist eine allgemeine Zuwachseinbusse, wie sie bei wesentlich verminderter Vitalität der Bäume früher oder später eintreten müsste, bisher nicht erfolgt.

Heute mag man sich bereits an das etwas veränderte Aussehen der Bäume mehrerer Arten gewöhnt haben. Die leichte Erholung, wie sie die Resultate der nationalen Inventuren zeigen, könnten zusätzlich dazu beitragen, das Gesehene und nicht Begriffene zu vergessen und zu verdrängen.

### **Grossräumig auftretende Nadel- und Blattverluste**

Im Laufe der achtziger Jahre haben immer mehr Staaten damit begonnen, landesweit die Kronen anzusprechen. Der statistische Plan der Inventuren ist im allgemeinen einfach und korrekt. Meist wurden systematische Stichproben permanent ausgelegt. Dabei sind Netze von höchstens 16 x 16 km üblich, in der Schweiz beträgt die Maschenweite 4 km.

Die Schadenkarte Europas (*Sanasilva Waldschadenbericht* 1988) zeigt einerseits, dass die Kronenverlichtungen weit verbreitet sind, und macht andererseits deutlich, dass längst nicht alle Resultate vergleichbar sind. Das Hauptschadensgebiet reicht vom Osten Frankreichs bis nach Polen und von den Alpen bis zur Ostsee.

Leider sind die Symptome bei allen untersuchten Baumarten unspezifisch und lassen nicht direkt auf eine spezielle Ursache schliessen. Bei Fichten und Tannen werden die Kronen im unteren und mittleren Bereich durchsichtig, weil ältere und beschattete Nadeln vorzeitig abfallen, während die jungen Triebe fast normal wachsen und einigermassen normal benadelt sind. In begrenzten Gebieten allerdings werden charakteristische Vergilbungen festgestellt, die mit Magnesium- oder Kaliummangel in Beziehung gebracht worden sind. In der Schweiz sind derartige charakteristische Vergilbungen nicht häufig festgestellt worden. Bei den Laubbäumen fällt ebenfalls die schütterere Belaubung auf, teilweise sind die Blätter auffällig klein, und lokal kann eine vorzeitige Vergilbung im obersten Kronenbereich schon im Juli beginnen. In Analogie zu den Nadelverlusten spricht man von Blattverlusten, obwohl das Defizit an Blattmasse nur teilweise durch vorzeitigen Blattfall bedingt ist.

Im allgemeinen werden die nationalen Waldschadeninventuren mit grosser Sorgfalt durchgeführt. Die Taxatoren werden in zentralen Instruktionkursen auf ihre Arbeit vorbereitet. Die Baumkronen werden sorgfältig mit dem Feldstecher begutachtet, entweder von allen Seiten oder jedesmal wieder von der gleichen Seite aus. Regelmässig wird die Arbeit von Kontrollequipen überprüft. Damit kann erreicht werden, dass die Ansprachen innerhalb eines Landes vergleichbar sind. Gemeinsame Instruktionkurse mehrerer Länder und viele Koordinationsgespräche haben auch schon einiges erreicht zur Vergleichbarkeit der Resultate verschiedener Länder. Die wesentlichsten Unterschiede sind durch Meinungsunterschiede bedingt, die nicht leicht zu bereinigen sind:

In einigen Ländern wird das Hauptgewicht auf die Lichtkronen gelegt, weil dieser Teil der Krone besonders viel zur Biosynthese beiträgt und das Aussehen

dieses Kronenteils für den Gesundheitszustand des Baumes charakteristisch ist. In anderen Ländern wird allen Kronenteilen das gleiche Gewicht gegeben, weil die festgestellten Nadelverluste vor allem unten und im Kroneninnern erfolgen und weil Schattennadeln ausfallende Lichtnadeln mindestens teilweise ersetzen können.

Die einen wollen das gesamte Defizit an Nadel- oder Blattmasse erfassen und nur eindeutig erkennbare Ursachen speziell erwähnen, die andern wollen möglichst alle durch Schädlinge, Krankheiten oder Standortsschwierigkeiten bedingte Nadelverluste ausklammern, um die «neuartigen Waldschäden» oder «Waldschäden ohne bekannte Ursache» allein auszuweisen. Im allgemeinen wird allerdings nicht mehr versucht, Immissionsschäden abzuschätzen.

In der Schweiz werden die Nadel-/Blattverluste wie in der Bundesrepublik Deutschland nach dem von Schröter entwickelten Verfahren geschätzt (diverse Instruktionkurse, *Schröter, Aldinger, 1985*). Die Resultate dieser beiden Länder sind daher vergleichbar.

### Die Entwicklung der Nadel- und Blattverluste

Die Entwicklung der Kronenverlichtung zeigt in Deutschland und in der Schweiz ein ähnliches Bild (*Abbildung 1*). In beiden Ländern sind die Nadel-

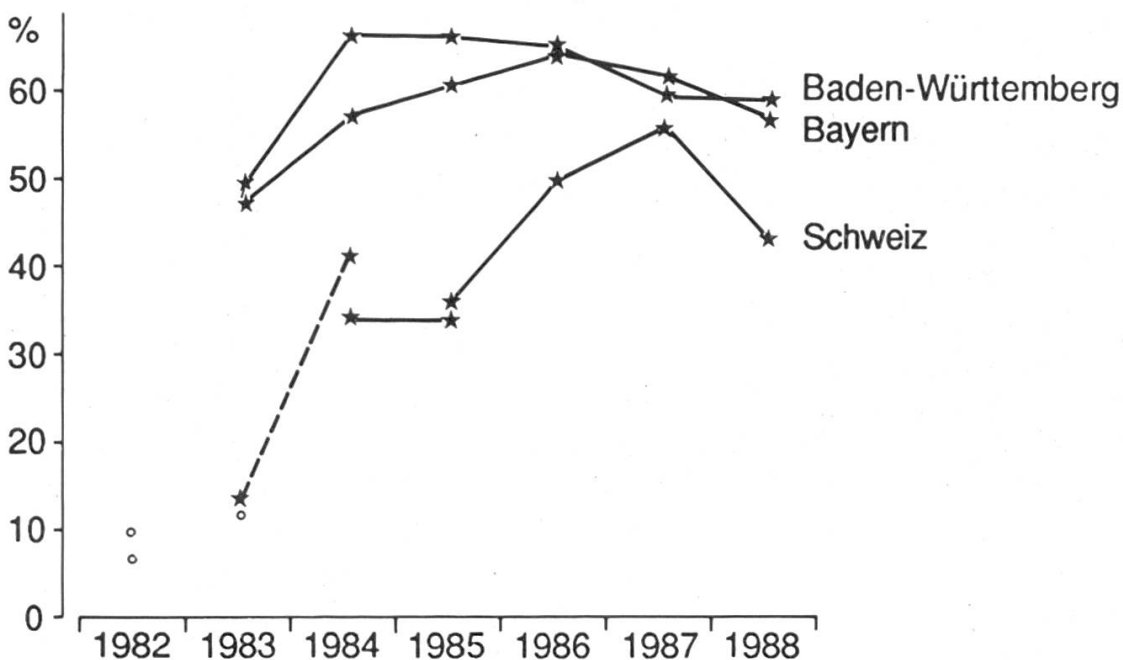


Abbildung 1. Verlauf der Nadel-/Blattverluste in Süddeutschland und in der Schweiz.

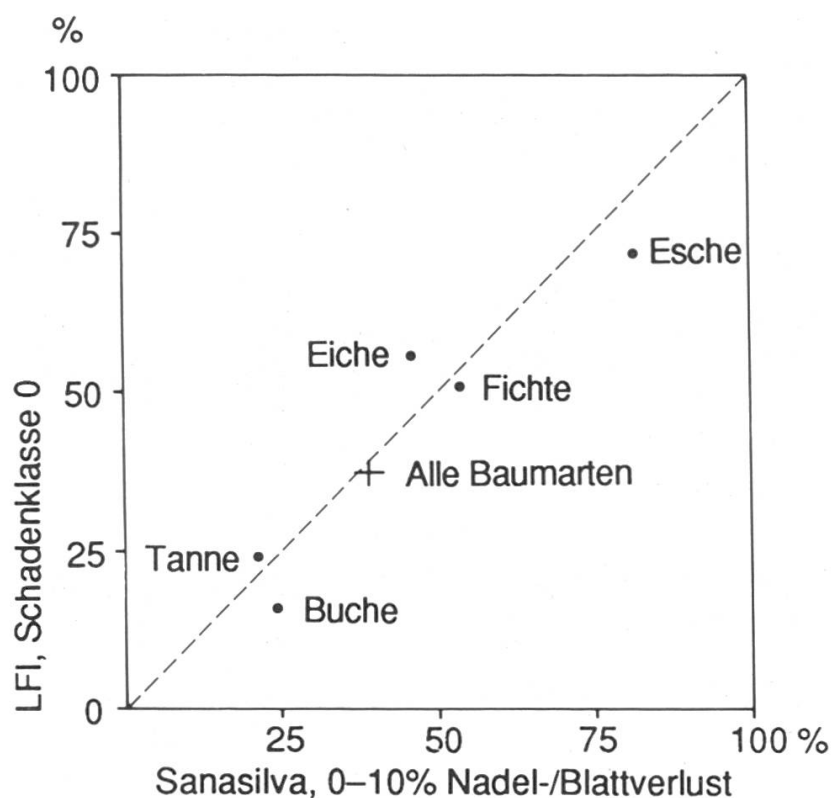
○ Umfragen.

★ Repräsentative Stichprobeninventuren. 1983 bis 1984 (gestrichelte Linie): von der Landesforstinventur 1983 erfasster Drittel der Schweiz, immergrüne Baumarten in öffentlichen und erschlossenen Wäldern. 1984 bis 1985: öffentliche und erschlossene Wälder der ganzen Schweiz; 1985 bis 1988: alle Wälder der Schweiz.



und Blattverluste zuerst stark angestiegen und dann auf hohem Niveau einigermaßen konstant geblieben. Die starke Veränderung hat in der Schweiz erst stattgefunden, als im benachbarten Süddeutschland bereits ein hoher Stand erreicht war, in Polen wurde die neue Entwicklung zwei bis drei Jahre früher beobachtet, im übrigen sieht die Entwicklung aber ähnlich aus.

Leider ist die Unsicherheit über den starken Anstieg der Werte von 1982 auf 1983 in Deutschland gross, weil die Umfrage 1982 nicht mit den späteren Erhebungen vergleichbar ist. Auch in der Schweiz wurde im ersten Jahr (1983) nur eine Umfrage beim lokalen Forstdienst durchgeführt, die 13 Prozent leicht geschädigte Bäume ergab. Die Resultate einer derart dezentral organisierten Inventur sind naturgemäss unsicher. Mit der gleichen Definition hat aber die Mannschaft der Schweizerischen Landesforstinventur 1983 in einem Drittel des Landes in permanenten und systematisch verteilten Stichproben die Kronen der Nadelbäume (ohne Lärche) angesprochen. Im folgenden Jahr wurde diese Klassierung mit der durch die Waldschadeninventur Sanasilva eingeführten Schätzung der Nadelverluste verglichen. Alle 24 Taxatoren der Landesforstinventur und die 16 Taxatoren der Waldschadeninventur haben die gleichen 40 Bäume nach ihrer Methode angesprochen (insgesamt 1600 Ansprachen). Der Vergleich der Resultate zeigte, dass die Klasse der nicht geschädigten Bäume der Landesforstinventur ziemlich genau den Bäumen mit 0, 5 oder 10 Prozent Nadel- oder Blattverlusten entsprachen. Diese Übereinstimmung konnte für alle untersuchten Baumarten festgestellt werden (*Abbildung 2*). Somit ist es möglich, die Resultate 1983 und 1984 wenigstens für die Nadel-



*Abbildung 2.*  
Vergleich der Häufigkeit, mit der Baumkronen in der Landesforstinventur (LFI) als geschädigt angesprochen wurden, mit der Häufigkeit, in der diese Kronen in der schweizerischen Waldschadeninventur mit höchstens 10 Prozent Nadel-/Blattverlust taxiert wurden. Test 1984 an 40 Bäumen mit 40 Taxatoren, insgesamt 1600 Ansprachen. Wenn die beiden Ansprachen immer übereingestimmt hätten, müssten alle Punkte auf der Winkelhalbierenden liegen.

bäume in einem Drittel der Schweiz einigermaßen korrekt zu vergleichen. Der Vergleich ist statistisch einwandfrei, obwohl er auf der Taxation von sehr wenigen Bäumen (8 Fichten und 9 Tannen, je von 40 Personen angesprochen) beruht. Die Taxation erfolgte allerdings im Raum Birmensdorf statt in dem 1983 von der Landesinventur erfassten Gebiet der Schweiz. Vor allem aber steht nicht fest, ob die Mitarbeiter vom Landesforstinventar nicht 1984 etwas strenger taxiert haben als 1983, weil sie durch die breite öffentliche Diskussion des Problems Waldschäden sensibilisiert wurden. Andere Angaben über die Entwicklung der Kronen vor 1984, die mehr Sicherheit brächten, stehen leider nicht zur Verfügung.

Nachträglich kommen aus verschiedenen Gründen Zweifel an der festgestellten Entwicklung auf,

- weil die anfänglich rasante Entwicklung der Nadel- und Blattverluste seit Jahren stagniert, die festgestellten Schäden auf einem hohen Niveau konstant bleiben, obwohl doch Pessimisten ein rasches Fortschreiten der Schäden und ein Absterben der Bäume vorhergesagt hatten und Optimisten hofften, dass die Bäume sich in feuchteren Jahren rasch wieder erholen würden.
- weil der Zuwachs, wie noch gezeigt werden soll, keinen entsprechenden Einbruch erlitten hat.
- weil alle Versuche, die Ursachen dieser markanten Entwicklung zu finden, bisher gescheitert sind.
- weil es Bäume mit kleineren und grösseren Nadelverlusten schon immer gegeben hat. Ansichtskarten aus früheren Jahrzehnten zeigen, dass diese zumindest bei randständigen Bäumen oder freistehenden Baumgruppen in den Alpen und im Hochjura relativ häufig waren (*Schweingruber* 1989).
- weil die Unsicherheit in der Methodik der Ansprachen in den ersten Jahren zu systematischen Verschiebungen geführt haben könnte.

Leider kann die Kronenverlichtung nicht gemessen werden, ihre Ansprache bleibt trotz aller Massnahmen zur Verbesserung der Taxation und trotz quantitativer Erfassung eine okulare Schätzung. Es wird nicht mehr möglich sein, die vergangene Entwicklung zu überprüfen.

Sind wir sicher, dass es überhaupt neuartige Waldschäden gibt, dass die heutigen Blattverluste nicht völlig dem Normalzustand entsprechen?

1. 1983 konnte jeder Fachmann sehen, dass die Kronen sich offensichtlich veränderten, darum wurde begonnen, sie zu taxieren. Die Resultate der ersten Inventare entsprechen dem, was man selbst beobachten konnte. Die riesigen Veränderungen von einem Jahr zum nächsten entsprachen den alltäglichen Beobachtungen und sind daher zu dieser Zeit praktisch von niemandem bezweifelt worden.
2. Die Unterschiede der Resultate der Waldschadeninventare in der Schweiz waren in den ersten Jahren derart gross, dass sie nicht durch Veränderungen in der Taxation erklärbar sind.

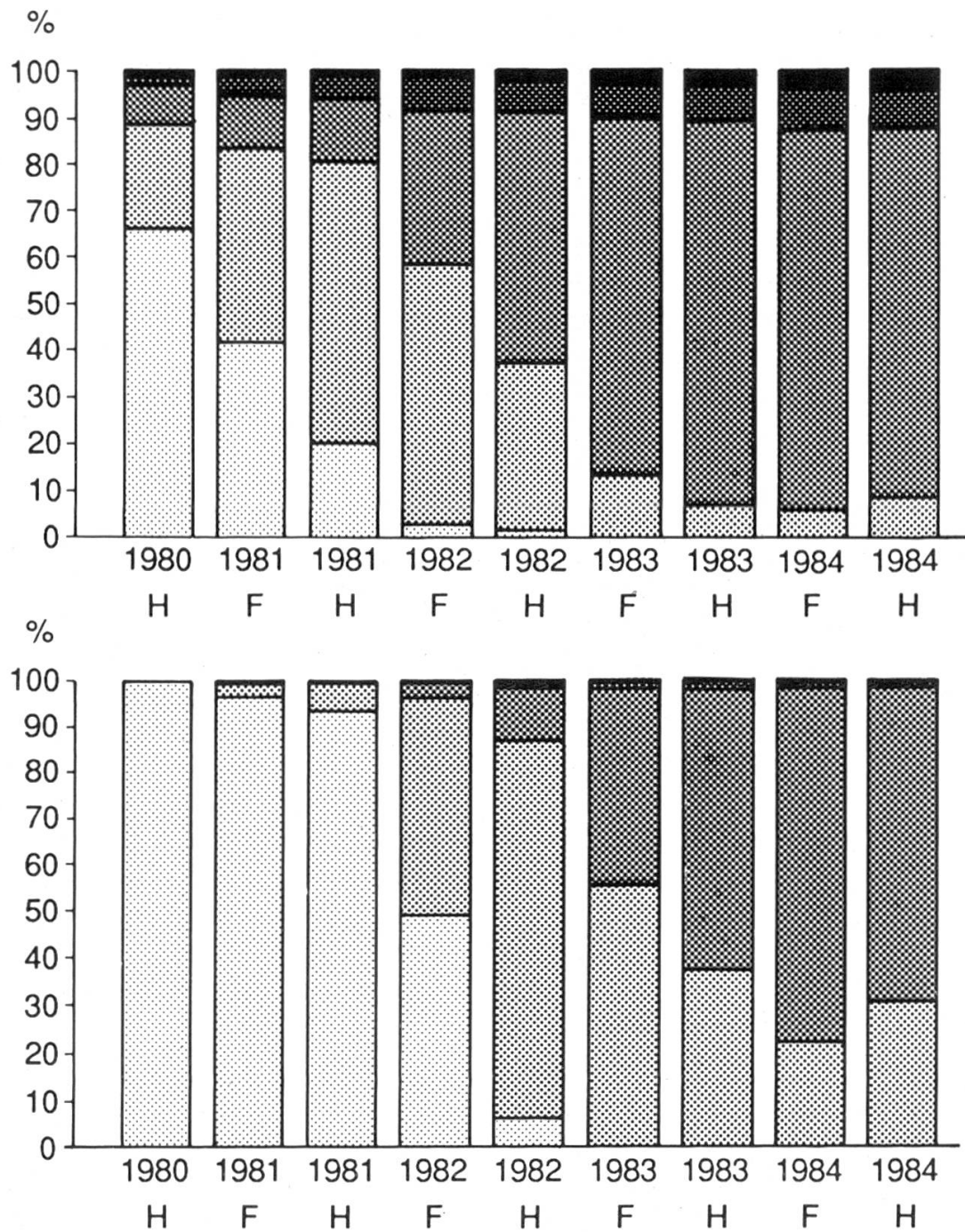
3. Die Entwicklung der Nadel- und Blattverluste ist etwas besser interpretierbar, wenn sie baumartenweise studiert wird. Vor allem kann in intensiv beobachteten Flächen klarer erkannt werden, was wirklich geschehen ist, als bei den grossflächigen nationalen Inventuren. Besonders aufschlussreich sind dabei die Beobachtungsflächen von Schröter in Baden-Württemberg (*Abbildung 3*). Sie zeigen

- dass in vielen Flächen die Verschlechterungen innerhalb eines einzigen Jahres stattfanden und danach eine Stagnation eingetreten ist,
- dass dieses Geschehen in verschiedenen Flächen aber in verschiedenen Jahren erfolgen konnte und vor allem,
- dass die Fichten in den gleichen Flächen die Nadeln meist ein oder mehr Jahre später als die Tannen verloren.

Derartige Unterschiede können nicht als Folge subjektiver Einflüsse gedeutet werden. (Schröter, *Achstetter, Holzappel*, 1985). Die entsprechenden Erhebungen, die in ertragskundlichen Versuchsflächen der Schweiz leider erst seit 1985 durchgeführt werden, bestätigen diese Resultate (*Keller und Imhof* 1987). In den Versuchsflächen haben sowohl bei Tanne als auch bei Fichte die Nadelverluste von 1985 bis 1987 ausnahmslos zugenommen.

Für den Berichtersteller steht zwar fest, dass die Nadelverluste früher viel kleiner waren als heute, aber es wird nie mehr möglich sein, den Normalzustand kennenzulernen. Die Chance wurde verpasst, weil nirgends die Kronen der Waldbäume systematisch erfasst und photographisch festgehalten worden sind, bevor die abrupten Veränderungen eintraten. Auch die berühmten Blattmassenbestimmungen von *Burger* (1927 bis 1953) sind für diesen Zweck nicht brauchbar, weil die Bäume damals nicht repräsentativ ausgewählt worden waren.

In Zukunft werden Veränderungen nur dann sicher und genau genug nachgewiesen werden können, wenn der Vermeidung systematischer Fehler bei der Schätzung von Veränderungen noch mehr Beachtung geschenkt wird. Dazu muss selbstverständlich immer das gleiche Baumkollektiv (permanente Stichproben- oder Beobachtungsflächen) beobachtet werden und die Definition gleich bleiben. Man sollte bewusst darauf verzichten, die Aufnahmemethode jedes Jahr zu verbessern. Die Gefahr ist gross, dass jedes Jahr etwas anders angesprochen wird und sich die Taxation mit der Zeit systematisch verändert, ohne dass man das bemerkt. Mit Hilfe von Photographien einer grossen Zahl von Baumkronen und einzelner Äste kann das vermieden werden. Das *Sana-silva-Kronenbilderbuch* (*Müller* 1986) ist ein Schritt in der richtigen Richtung. Jede Inventurzentrale kann sich eine grosse Diasammlung anlegen und bei jedem Bild die seinerzeitige Taxation notieren. Es genügt, wenn sich die Instruktoren und Kontrolleure jedes Jahr an diesen Bildern einüben und die seinerzeitigen Taxationswerte als Sollwerte betrachten. Die Instruktionkurse



### Nadelverlust

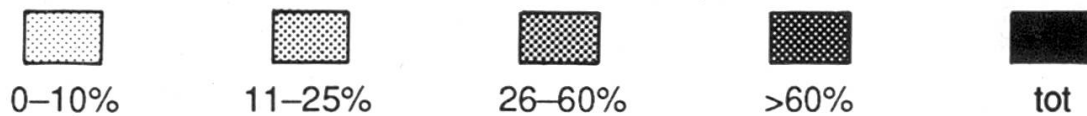


Abbildung 3. Die Entwicklung der Verteilung der Nadelverlustklassen für 1675 Tannen (oben) und 556 Fichten (unten) bei halbjährlichen Aufnahmen (F = Frühling, H = Herbst) 1980 bis 1984 in 27 Tannen-Fichten-Beobachtungsflächen in Baden-Württemberg (Schröter, Achstetter und Holzapfel 1985).

für die übrigen Taxatoren können dann wie gewohnt im Wald stattfinden, da die Instruktoren ja das richtige Mass weitergeben. In der schweizerischen Waldschadeninventur wird das neuerdings berücksichtigt, indem jede Krone in den Instruktionsparcours photographiert und der Sollwert für die neue Taxierung durch Vergleich der alten und neuen Bilder unter Berücksichtigung der Taxierung vom Vorjahr festgelegt wird (persönliche Mitteilung H.-R. Stierlin).

Diese Probleme sind zwar schon früh von massgebenden Fachleuten erkannt worden (Schöpfer 1985, Pollanschütz 1985, Schlaepfer 1985), die Konsequenzen sind aber noch nicht überall gezogen worden. Noch immer werden jährlich nationale Inventuren der Nadel- und Blattverluste mit Methoden durchgeführt, mit denen jährliche Veränderungen nicht eindeutig nachgewiesen werden können.

### Andere Merkmale

Selbstverständlich hat man in vielen Inventuren versucht, auch andere charakteristische Veränderungen im Kronenbild zu erfassen. Der Blattverlust scheint aber neben der Vergilbung das Kriterium zu sein, das sich am stärksten verändert hat. Viele Eigenschaften spielen für regionale oder nationale Inventuren schon deshalb keine Rolle, weil sie vom Boden aus an grossen Bäumen nicht erfassbar sind. Ob Verzweigungsanomalien nach den Kriterien von Roloff (1989), Westman und Lesinski (1985) und anderen für Inventuren brauchbar sind, muss erst noch genauer abgeklärt werden. Dabei muss einerseits untersucht werden, wie sicher ganze Kronen nach diesen Kriterien klassiert werden können und andererseits, ob diese Kriterien physiologisch relevant sind, ob daraus auf die zukünftige Entwicklung und auf die Überlebenswahrscheinlichkeit des Baumes geschlossen werden kann.

Die Mortalität hat möglicherweise zugenommen. Sie wird jedoch nirgends so objektiv und genau erfasst, dass dies für grössere Regionen nachgewiesen werden kann.

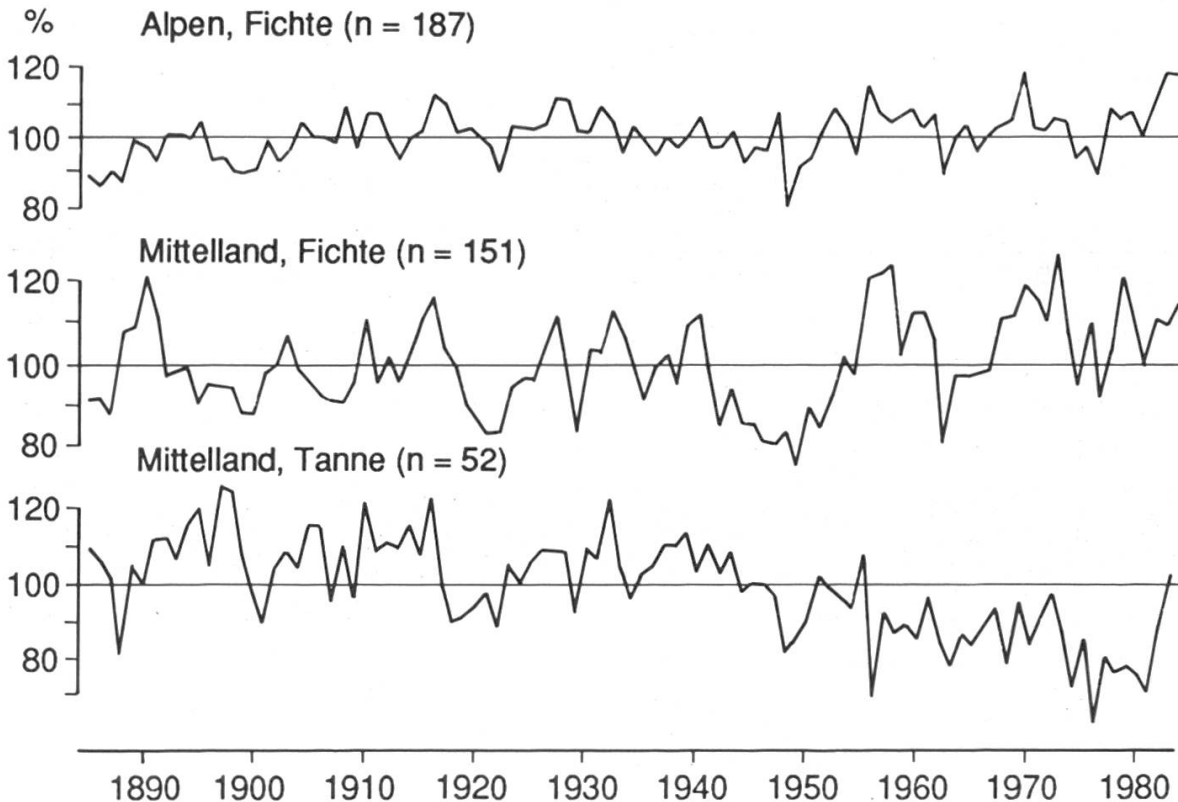
Auch der Zuwachs des Höhentriebes und der seitlichen Triebe lässt sich an hohen Bäumen nicht immer gut erfassen. Noch viel schwieriger ist es, den Wurzelbereich zu untersuchen. Da die Bewurzelungsdichte sehr heterogen ist und Informationen über das Wachstum der Wurzeln und ihr Absterben nur in Intensivuntersuchungen zu beschaffen sind, ist die Untersuchung des Feinwurzelbereiches für grossräumige Inventuren ausgeschlossen.

Die einzige weitere Grösse, die wesentlichen Aufschluss über die Vitalität der Bäume geben kann, ist offenbar der Durchmesserzuwachs. Besonders leicht erfassbar ist der Durchmesserzuwachs oder die Jahrringbreite in Brusthöhe.



## Der Zuwachs

In der Schweizerischen Waldschadeninventur von 1984 für den öffentlichen und erschlossenen Wald wurde einem Nadelbaum jeder Probe­fläche ein Bohrspan entnommen. Die Resultate der Analyse dieser Bohrspäne (Bräker, Z'graggen 1990) geben eine gute Übersicht über den Verlauf des Zuwachses von Fichten und Tannen in den einzelnen Landesgegenden. Der Einfluss des Baumalters auf die Mittelwerte der Jahrringbreiten ist in *Abbildung 4* bereits kompensiert.



*Abbildung 4.* Relative Radialzuwächse 1885 bis 1983 herrschender Bäume bei kompensierten mittleren Alterseinflüssen (Bräker und Z'graggen 1990).

- A Fichte (*Picea abies*) in den Schweizer Alpen  $n = 187$
- B Fichte (*Picea abies*) im Schweizer Mittelland  $n = 151$
- C Tanne (*Abies alba*) im Schweizer Mittelland  $n = 52$

In den Alpen war der Radialzuwachs der Fichte im ganzen Jahrhundert etwa gleich gross. Jedenfalls ist zu keiner Zeit ein klarer Trend oder ein Zuwachsknick erkennbar (*Abbildung 4 A*). Im Mittelland war der Durchmesserzuwachs in den letzten 30 Jahren etwa 10 Prozent grösser als früher, ohne klar steigende oder fallende Tendenz in dieser Zeit (*Abbildung 4 B*). Die Veränderung in den fünfziger Jahren kann nicht durch die Witterung erklärt, sondern muss auf anthropogene Einflüsse zurückgeführt werden.

Die Jahrringbreiten der Tanne nahmen von 1950 bis 1980 um etwa 20 Prozent ab und wurden in den ersten Jahren dieses Jahrzehnts wieder etwas grösser (*Abbildung 4C*). Das kann auf das Tannensterben zurückgeführt werden, das seit den fünfziger Jahren in einem Teil der Schweiz grassiert.

Auch in den letzten paar Jahren (1984 bis 1988) war der Zuwachs in den meisten Untersuchungen, deren Resultate bereits bekannt sind, relativ hoch.

Die mittleren Jahrringbreiten sind sehr stark von der waldbaulichen Behandlung der Bestände abhängig, ist doch das Dickenwachstum eines Baumes viel grösser, wenn ihm ein grosser Standraum verschafft wird, als wenn er eingengt bleibt. Die Entwicklung der Jahrringbreiten ist daher nicht nur durch die Veränderung der Altersverteilung, die relativ gut berücksichtigt wird, und die Witterung, sondern auch durch Veränderungen in der Durchforstungstätigkeit beeinflusst. Dieser Einfluss ist besonders schwierig von Wirkungen von Immissionen oder Epidemien zu unterscheiden.

Daher ist es wichtig, neben dem Verlauf des Durchmesserzuwachses von Einzelbäumen auch den generellen Verlauf des Volumen- oder Grundflächenzuwachses aller Bäume einer Fläche zu kennen. In Deutschland wurde in vielen ertragskundlichen Versuchsflächen der flächenbezogene Volumenzuwachs durch wiederholte Durchmesser- und Höhenmessungen langfristig verfolgt. Der Zuwachsgang ist dort vielerorts durch ein ausgeprägtes Zuwachshoch zwischen der Mitte der fünfziger Jahre und den siebziger Jahren, teilweise bis heute anhaltend, gekennzeichnet. Er ist dort bei allen Altersklassen feststellbar. Einzig in stark geschädigten Beständen zeigt der Zuwachs deutliche Rückgänge (*Franz 1988*). Die Resultate aus Baden-Württemberg (*Kenk 1988*) und die relativ spärlichen Resultate von schweizerischen Versuchsflächen bestätigen diese Aussage.

### Nadelverlust und Zuwachs

Landesweit hat sich der Zuwachs nicht den Nadelverlusten entsprechend entwickelt. Mehrfach konnte auch bei der detaillierten Untersuchung einzelner Betriebe oder Bestände beobachtet werden, dass sich der Zuwachs nicht gleichzeitig mit dem Nadelverlust verändert. Oft entspricht dem zunehmenden Nadelverlust ein ungefähr gleichbleibender flächenbezogener Zuwachs. Die Entwicklungen können sogar gegenläufig sein.

Demgegenüber kann fast überall festgestellt werden, dass die Fichten und Tannen mit grösseren Nadelverlusten etwas kleinere Durchmesserzuwächse aufweisen als die im gleichen Bestand oder in der gleichen Probestfläche stockenden Bäume mit geringen oder gar keinen Nadelverlusten. *Dong und Kramer (1985)* stellen sogar einen sehr engen Zusammenhang zwischen dem Gesamtzuwachs einzelner Fichten und Tannen mit der Nadelmasse fest, wenn die Nadelmasse genau erfasst und der Zuwachs auf die Kronenmantelfläche bezogen wird.

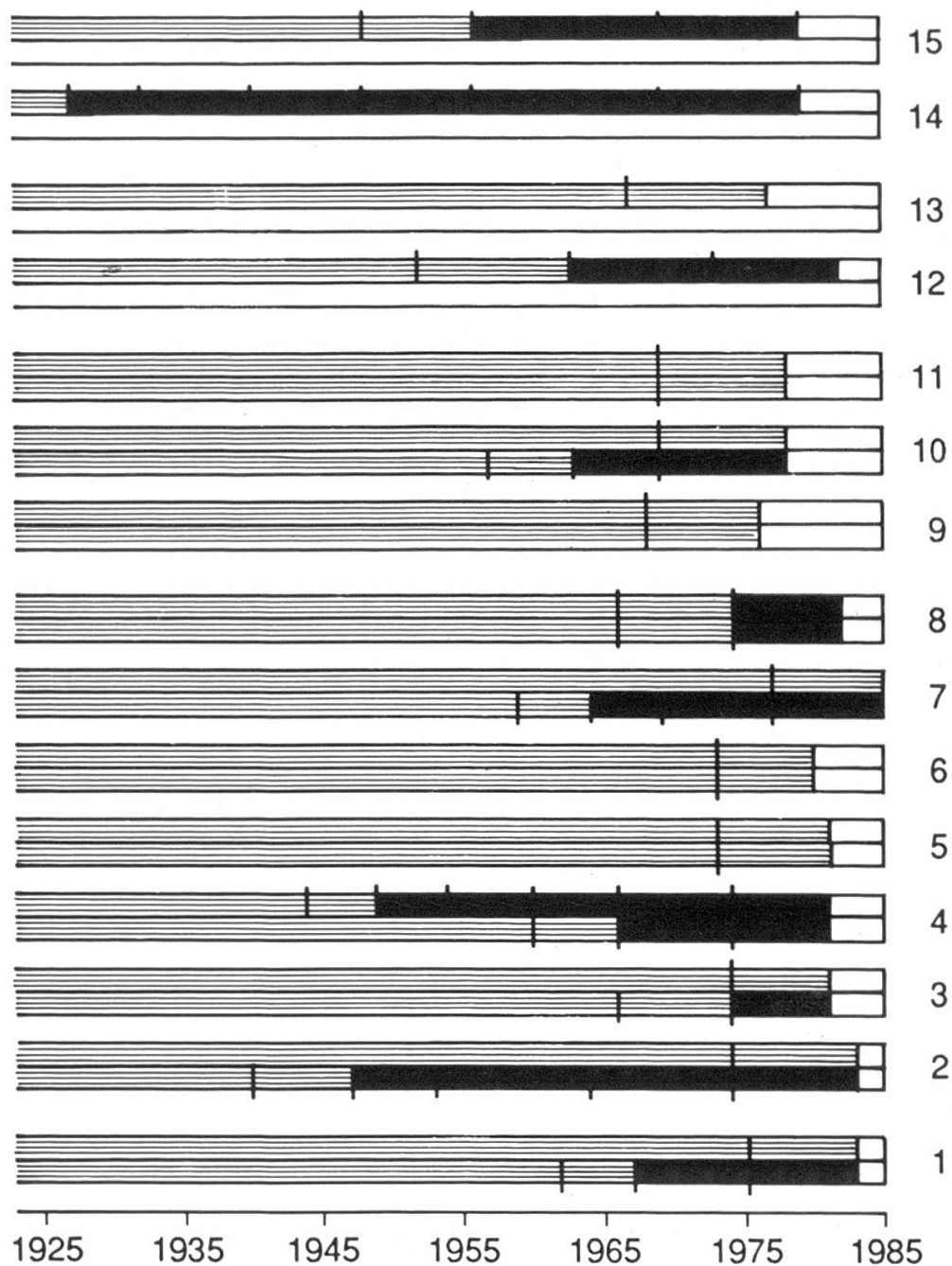


Die Beziehungen zwischen dem Zuwachs und dem Nadelverlust sind sehr verschieden eng. Teilweise sind diese Unterschiede zweifellos durch verschiedenen genaue Taxationen und Messungen verursacht; sie sind aber auch effektiv von Population zu Population sehr verschieden. In Plenterwald-Versuchsflächen mit periodischen Durchmessermessungen waren die Korrelationen zwischen dem Nadelverlust 1985 und dem Durchmesserzuwachs in der letzten Messperiode für Tannen meist signifikant, für Fichten nur in einem Drittel der Bestände (Keller und Imhof 1987). Wo die Nadelverluste mit dem Zuwachs der letzten Messperioden korreliert waren, waren sie meist auch noch mit dem Zuwachs in früheren Messperioden korreliert, manchmal 20 bis 40 Jahre weit zurück, in einem hochliegenden Fichtenplenterwald sogar zurück bis um 1930 (*Abbildung 5*). Die Bäume, die heute unterschiedliche Nadelverluste zeigen, haben sich also schon seit langem in ihrem Zuwachsverhalten unterschieden. Bisher konnte jedoch nicht geklärt werden, ob diese Unterschiede auf spezifische Standortsfaktoren oder Konkurrenzbedingungen zurückzuführen sind.

In zwei Forstbetrieben mit ähnlichen waldbaulichen Verhältnissen und gleicher Art einer systematischen Inventur mit Kontrollstichproben wurden die üblichen Messungen durch die Ansprache der Nadel-/Blattverluste in allen mindestens 60 Jahre alten Beständen ergänzt. In beiden Betrieben ist ein enger Zusammenhang zwischen Nadelverlust und Durchmesserzuwachs nachweisbar (*Abbildungen 6, 7*). Einer Nadelverlustzunahme der Fichte von 0 auf 30 Prozent entspricht in Liestal eine Zuwachseinbusse von 35% und in Bremgarten von 60%. Bei der Tanne sind die Zusammenhänge ähnlich; bei Buche, Eiche, Lärche und Föhre ist die Korrelation zwischen Blatt-/Laubverlust und Zuwachs gering (*Abbildungen 6, 7, 8*). Man würde erwarten, dass die Zuwächse bei denjenigen Baumarten, bei denen ein enger Zusammenhang mit den Nadelverlusten besteht, besonders niedrig waren. Dem ist nicht so. Die mittleren Durchmesserzuwächse der Fichten und Tannen sind sogar verhältnismässig hoch im Vergleich zu den meisten anderen Baumarten und auch im Vergleich zu den Ertragstafelwerten von Fichten und Tannen.

Die Zuwächse vor mehr als 10 Jahren (1972 bis 1976) sind in Bremgarten fast ebenso eng mit den heutigen Nadelverlusten korreliert wie die neueren Zuwächse (1977 bis 1986), beträgt doch die Abnahme des Durchmesserzuwachses 1972 bis 1976 zwischen 0 und 30 Prozent Nadelverlust für die Fichte ebenfalls 60 Prozent (*Abbildung 9*).

Der Zuwachs der Bäume in einem Bestand ist durch ihre Geschichte, genetische Unterschiede, Unterschiede im Mikrostandort und vor allem durch unterschiedliche Konkurrenzverhältnisse beeinflusst. Bisher ist es nicht gelungen, Merkmale zu finden, die eine genügend gute Schätzung des Zuwachses des einzelnen Baumes erlauben würden und in einer Inventur einfach genug erfasst werden könnten. Zudem wird der Zuwachs eines ganzen Baumes durch einen Bohrspan oder eine Umfang- oder Durchmesserdifférenz in Brusthöhe nur ungenau erfasst. Der Zuwachs muss aus diesen Gründen an einer grossen Zahl



signifikante Korrelationen ( $2 P < 0.05$ )  
 nichtsignifikante Korrelationen

Abbildung 5. Prüfung der statistischen Korrelation zwischen dem Nadelverlust 1985 und dem Durchmesserzuwachs in den vorangehenden Messperioden von Einzelbäumen in Plenterwald-Beobachtungsflächen 1 bis 15 (Keller und Imhof 1987). Wo der Zuwachs der letzten Messperiode signifikant mit dem Nadelverlust von 1985 korreliert war, war dies meist auch der Zuwachs früherer Messperioden, in einem hochgelegenen Fichtenplenterwald bis zurück in die zwanziger Jahre. Obere Balken: Fichte, untere Balken: Tanne.

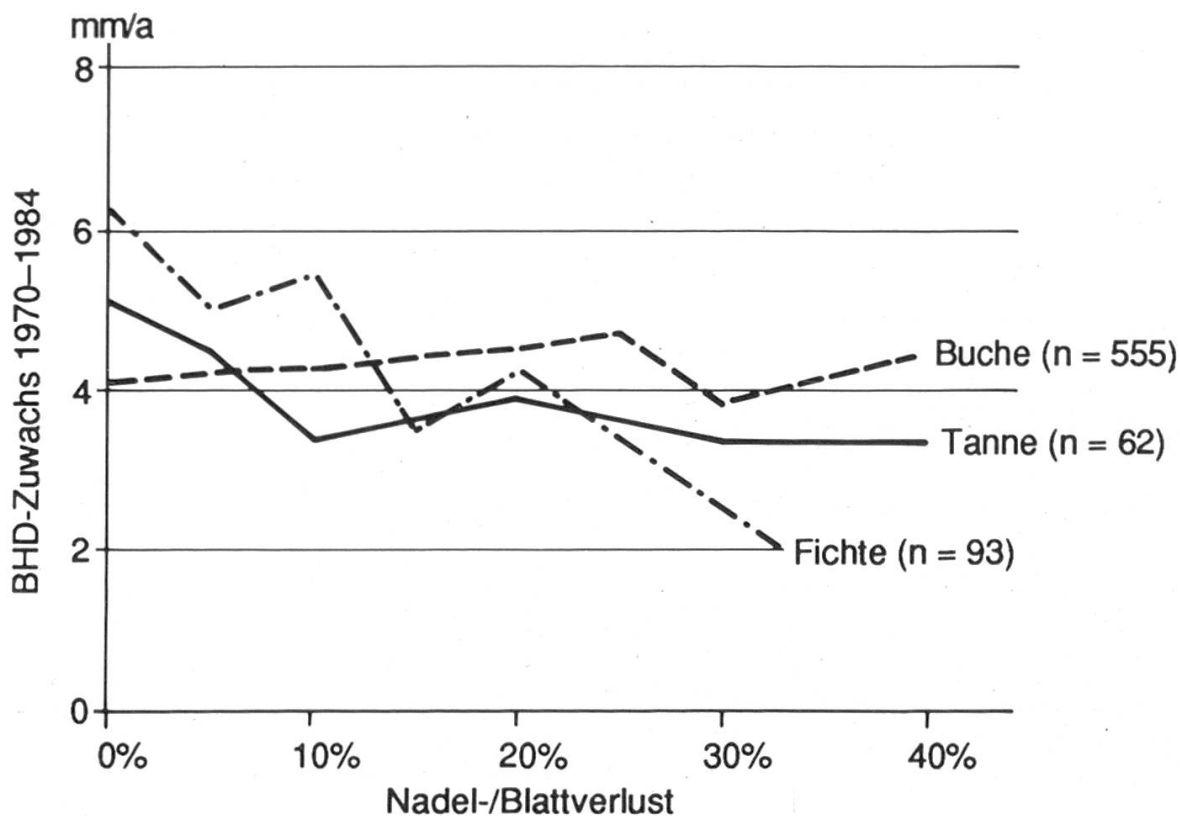


Abbildung 6. Der Durchmesserzuwachs in Brusthöhe, 1970 bis 1984, in Abhängigkeit vom Nadel-/Blattverlust 1985 bei Buchen, Fichten und Tannen in 196 Kontroll-Stichprobeflächen in Liestal (Bestandesalter > 60 Jahre, BHD > 20 cm).

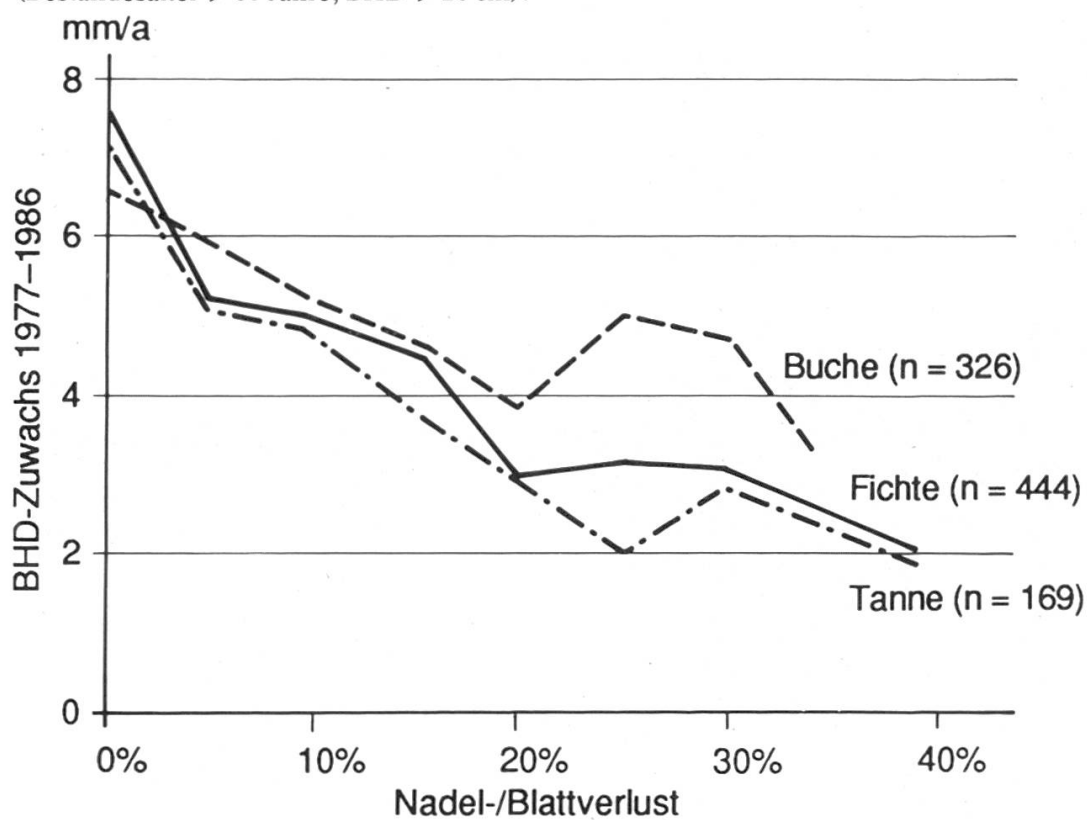


Abbildung 7. Der Durchmesserzuwachs in Brusthöhe, 1977 bis 1986, in Abhängigkeit vom Nadel-/Blattverlust 1987 bei Fichten, Buchen und Tannen in 167 Kontroll-Stichprobeflächen in Bremgarten (Bestandesalter > 60 Jahre, BHD > 20 cm).

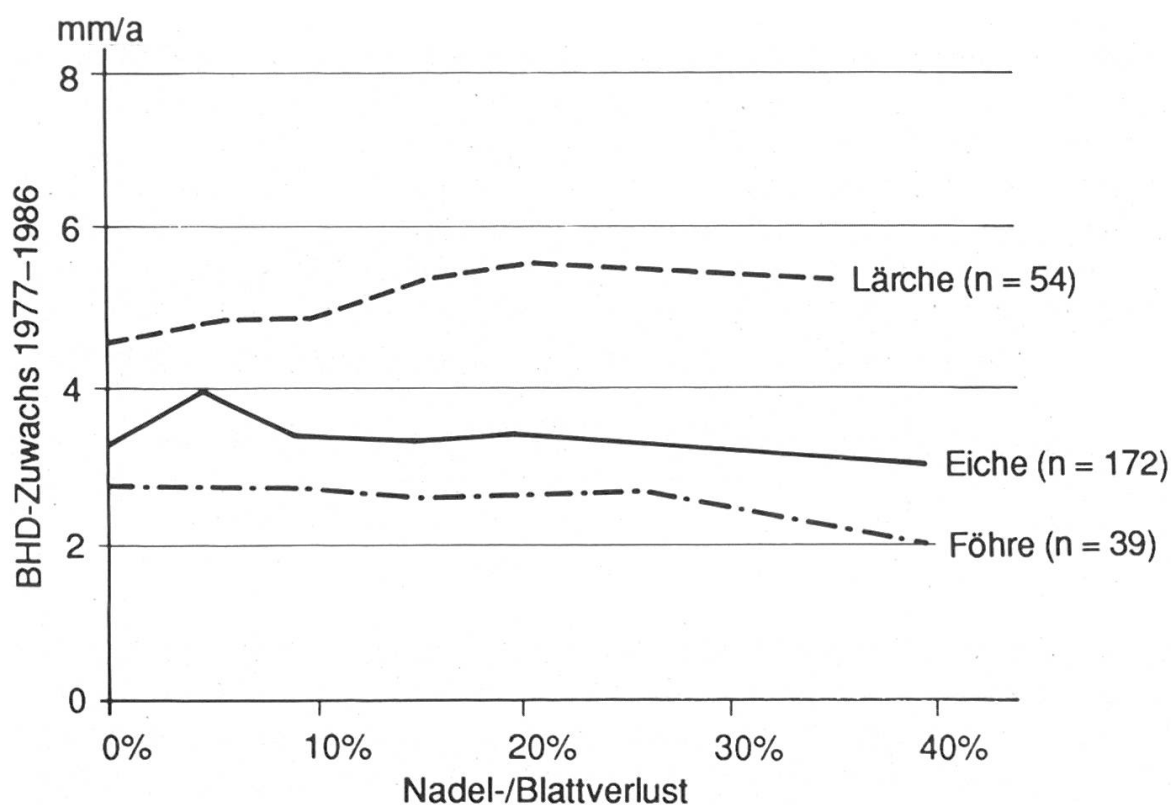


Abbildung 8. Der Durchmesserzuwachs in Brusthöhe, 1977 bis 1986, in Abhängigkeit vom Nadel-/Blattverlust 1987 bei Eichen, Lärchen und Föhren in 167 Kontroll-Stichprobeflächen in Bremgarten (Bestandesalter > 60 Jahre, BHD > 20 cm).

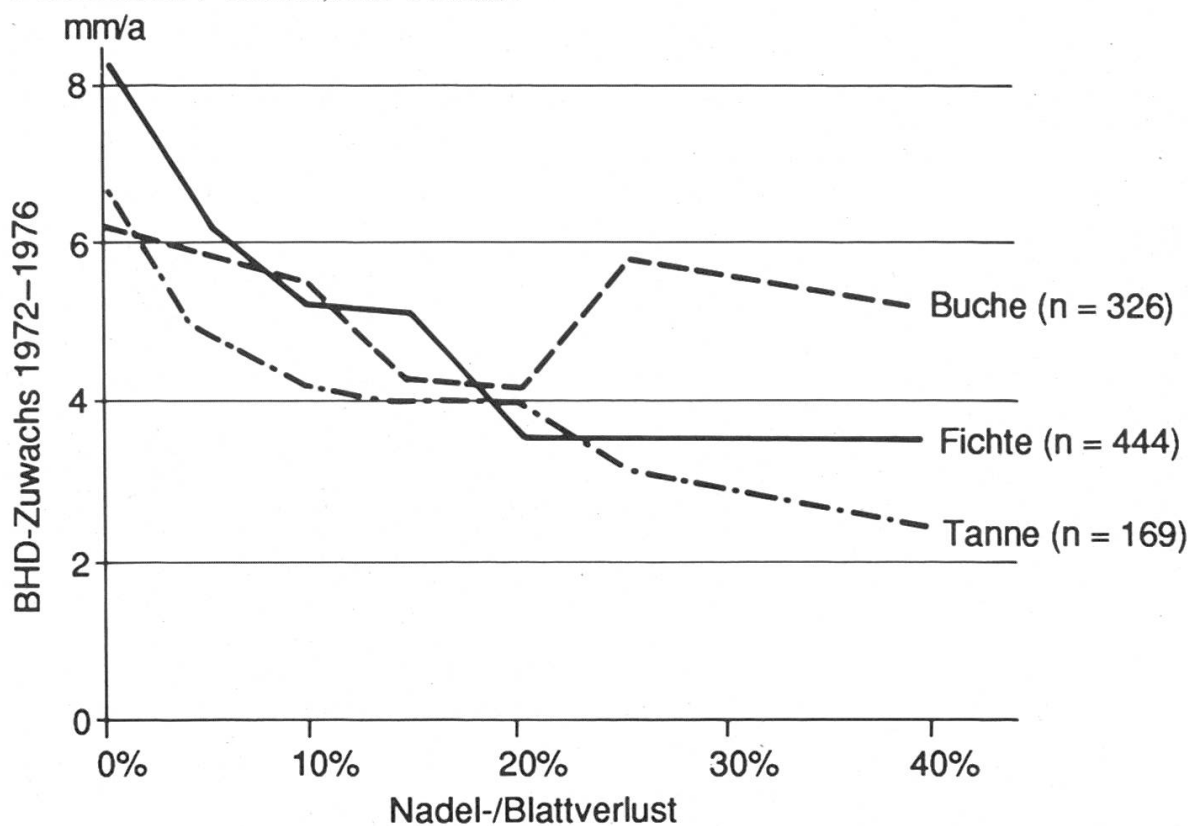


Abbildung 9. Der Durchmesserzuwachs in Brusthöhe, 1972 bis 1976, in Abhängigkeit vom Nadel-/Blattverlust 1987 bei Fichten, Buchen und Tannen in 167 Kontroll-Stichprobeflächen in Bremgarten (Bestandesalter > 60 Jahre, BHD > 20 cm).

von Bäumen gemessen werden. Intensive Untersuchungen mit einer Messung des Zuwachses in verschiedenen Höhen und Richtungen sowie einer detaillierten Erfassung der Kronen- und Konkurrenzbedingungen sind aus Kostengründen nur an kleinen Baumkollektiven möglich. Auch Bohrspanentnahmen und die Messung der einzelnen Jahrringbreiten sind, so wertvoll und unentbehrlich sie für die Untersuchung des Zuwachsverlaufes und des Einflusses von Umweltveränderungen an kleinen Baumkollektiven sind (Eckstein 1985), für die Abklärung der Zuwachsverhältnisse in ganzen Waldungen im allgemeinen mit einem zu grossen Aufwand verbunden. Als Alternative kann der mittlere Durchmesserzuwachs oder der flächenbezogene Volumenzuwachs aller Bäume in periodisch erfassten Versuchsflächen oder Stichprobenflächen berechnet werden. Durch die Summation gleichen sich die Bestimmungsfehler teilweise aus, und vor allem entfällt ein Teil der durch unterschiedliche Konkurrenzverhältnisse bedingten Zuwachsvariation.

Aus ertragskundlichen Untersuchungen ist hinlänglich bekannt, dass der Volumenzuwachs pro Hektare im allgemeinen vor allem von der Standortsbonität, von der Baumartenzusammensetzung, vom Alter und von der Bestandesdichte abhängig ist. Das Resultat der multiplen linearen Regression zeigt, dass der Volumenzuwachs der Stichprobeflächen in Liestal vor allem von der Bestandesdichte abhängig ist (Tabelle 1). Die Bestandesdichte wurde durch den Vergleich des Vorrates in der Probefläche mit dem Sollvorrat nach den schwei-

Tabelle 1. Multiple lineare Regressionen und Korrelationen für den Volumenzuwachs pro Hektare (ab Alter 60).

Einflussgrösse	Liestal (n = 196)			Bremgarten (n = 167)		
	b	r	F	b	r	F
Bestockungsdichte	7,95	0,64	132	5,15	0,67	130
Nadelholzprozent	0,03	0,35	26	0,04	0,50	54
Standortsbonität gemäss Vegetationskarte und Bonitätsschlüssel W. Keller	0,62	0,47	54	0,04	0,25	11
Mittl. Nadel-/Blattverlust	-0,06	-0,17	5,4	-0,10	-0,24	10
Keinen signifikanten Beitrag leisten:	Bestandesalter, Mittlere Kronenmantelfläche, Menge und Zeitpunkt der Nutzung in der Messperiode, Wasserspeicherkapazität im Wurzelraum, Besonnung			Bestandesalter, Menge und Zeitpunkt der Nutzung in der Messperiode, Säuregrad, Drainage-klasse } gemäss Bodenkarte und auch gemäss Vegetationskarte		

b Regressionskoeffizienten in multipler Regression;

r Partielle Korrelationskoeffizienten;

F Resultat der Signifikanzprüfung für den Fall, dass die betreffende Einflussgrösse aus der multiplen Regression entfernt würde (alle angegebenen Werte sind signifikant, im Zweifelsfall wurde mit einem verteilungsfreien Test überprüft).

zerischen Ertragstafeln ermittelt. Weitere wichtige Einflussgrößen sind Standortsbonität und Nadelholzprozent. Der Einfluss des mittleren Nadel- und Blattverlustes in den Probestflächen ist gerade noch knapp signifikant. Der Prozentsatz der auf den Luftbildern als geschädigt angesprochenen Bäume hat hingegen keinen statistisch nachweisbaren Zusammenhang mit dem Zuwachs. Auch die anderen untersuchten Standort- und Bestandesmerkmale leisten keine signifikanten Beiträge, obwohl in jeder Probestfläche die Vegetationseinheit berücksichtigt, das Bodenprofil untersucht, die Wasserspeicherkapazität und anderes mehr berechnet wurden (Keller *et al.*, in Vorbereitung). Für Bremgarten ergibt sich eine erstaunlich ähnliche multiple Regression. Auch hier ist der wichtigste Einflussfaktor die Bestandesdichte, und nach Nadelholzanteil und Standortsbonität hat der mittlere Nadel- und Blattverlust noch einen geringen und schwach signifikanten Einfluss auf den Zuwachs. Auch in Bremgarten leisten die anderen Standort- und Bestandesmerkmale keine signifikanten Beiträge zur Erklärung der Grösse des Volumenzuwachses in den Stichprobestflächen.

Interessant sind die Zuwachsresiduen, die Differenzen zwischen dem gemessenen Volumenzuwachs und dem Zuwachs gemäss multipler linearer Regression (wobei für diesen Zweck Regressionen ohne Term für die Nadel- und Blattverluste benützt wurden). Diese Residuen stellen nach dem statistischen Modell völlig zufällige Abweichungen dar, die weder von den Einflussgrößen in der Regression noch von den nicht in die Regression eingegangenen Merkmalen (ausgenommen Nadel- und Blattverluste) abhängig sind. Wenn diese Residuen auf eine Karte eingetragen werden, zeigt sich, dass sie doch nicht zufällig verteilt sind. In den mindestens 60 Jahre alten Buchenbeständen von Liestal (*Abbildung 10*) sind die Zuwachsresiduen auf den Plateau- und Hanglagen in grösserer Entfernung von Liestal durchwegs positiv. Minderzuwächse zeigen sich hingegen an einem Süd-, einem West- und einem Nordhang, alle unmittelbar über der Ebene von Liestal. Die Lage dieser Zuwachsdepressionen könnte durch rein lokale Immissionen aus dem Stadtbereich von Liestal erklärt werden. Die dem Wind aus der Industrieagglomeration Basel (Entfernung 5 bis 10 km) direkt ausgesetzten Nordhänge im Westen von Liestal weisen hingegen den Standort- und Bestandesverhältnissen einigermaßen entsprechende Zuwächse auf.

In allen Nadelwäldern des schweizerischen Mittellandes, die gegenwärtig genauer untersucht werden (Bremgarten, Buchs, Rohr, Suhr, Härkingen, Neuen-dorf, Niederbuchsiten, Kestenholz, Oensingen, Fulenbach, Wolfwil, Murgenthal) zeigen sich noch grössere und noch systematischere lokale Zuwachsabweichungen, die nicht durch die untersuchten Standort- und Bestandesmerkmale erklärt werden können. Ähnliche Abweichungen treten auch in Buchenbeständen (Burgdorf) und in Fichtenbeständen der Voralpen (Alpthal) auf.



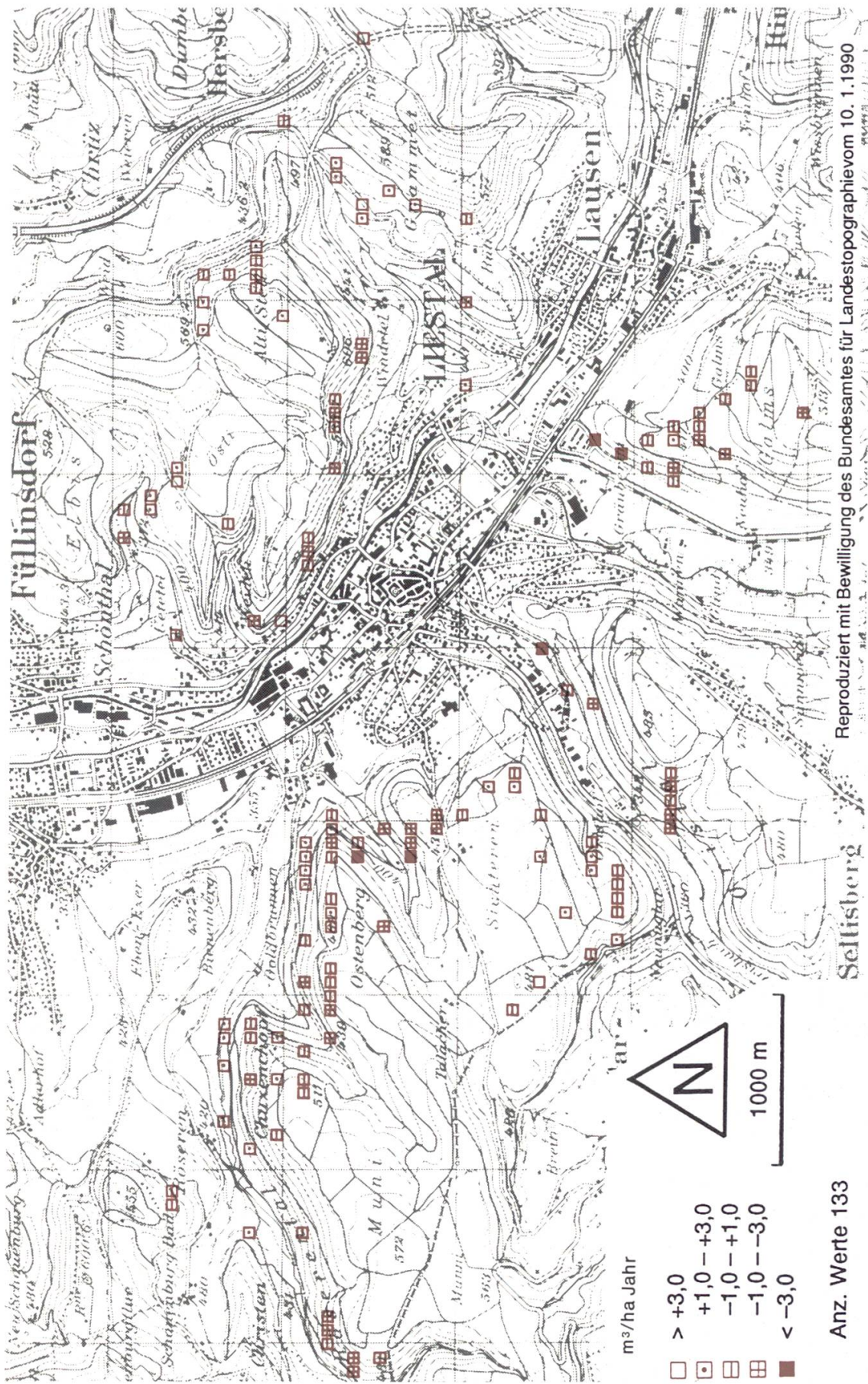


Abbildung 10. Abweichung des Volumenzuwachses pro Hektare 1970 bis 1984 vom für diese Zeit, diese Standorte und Bestockungen erwarteten Volumenzuwachs für mindestens 60 Jahre alte Buchenbestände in Liestal (133 Probestellen).



## Ursächliche Zusammenhänge

Der Durchmesserzuwachs ist ein Mass für die Biosynthese des Baumes, auch wenn durch Veränderungen im Kronen- und Wurzelbereich sowie in den Reserven zeitliche Verschiebungen eintreten können. Grosse Nadelverluste müssen zu einer Beeinträchtigung der Biosynthese und damit schliesslich des Durchmesserzuwachses führen. Solange aber vor allem alte und beschattete Nadeln verfrüht abfallen, sind die Folgen für den Baum nicht klar. Beschattete und alte Nadeln veratmen oft mehr als sie assimilieren, und im Experiment konnte gezeigt werden, dass das Entfernen der untersten grünen Äste zumindest bei jungen Fichten nicht zu einer Abnahme des Zuwachses führt (Keller und Pfäffli 1987). Andererseits könnten Bäume, die anfälliger sind, gleichzeitig mit dem grösseren Nadelverlust auch grössere Produktivitätseinbussen an den bleibenden Nadeln erleiden. Physiologisch bleibt daher offen, ob die beobachteten Nadelverluste erhebliche Zuwachseinbussen am Einzelbaum zur Folge haben müssen oder nicht. Es ist sogar denkbar, dass umgekehrt ein grösserer Zuwachs am Stamm für eine schwächere Reaktion auf Stress verantwortlich ist, weil der Wasser und Nährstoffe leitende Stammquerschnitt grösser ist.

Von ertragskundlichen Versuchen ist ferner hinlänglich bekannt, dass der Gesamtzuwachs eines Bestandes kurz nach einer mässigen Durchforstung wieder auf sein ursprüngliches Niveau steigt, die verbleibenden Bäume also durch vermehrten Zuwachs die gefälltten kompensieren können, weil sie weniger stark konkurrenziert werden. Aus dem gleichen Grund könnte der Minderzuwachs der Bäume mit grossen Kronenverlichtungen zumindest teilweise durch einen Mehrzuwachs der weniger stark verlichteten Bäume kompensiert werden, solange die Nadelverluste nicht insgesamt zu gross werden. Aus Zuwachsunterschieden zwischen verschiedenen stark verlichteten Bäumen darf daher noch nicht auf allgemeine Zuwachsverluste des Bestandes geschlossen werden.

Fichten und Tannen mit Nadelverlusten weisen oft seit Jahrzehnten kleinere Zuwächse auf als solche ohne Nadelverluste. Falls die Nadelverluste für den Minderzuwachs verantwortlich wären, müssten die Unterschiede in den Nadelverlusten schon seit Jahrzehnten bestanden haben. Das ist bei der Fichte jedoch nicht beobachtet worden, wenn man von Hochlagen absieht, bei der Tanne nur in Gebieten mit Tannensterben. Daher sind die beobachteten Zuwachsunterschiede vermutlich nicht oder doch nur zum Teil die Folge von verschiedenen Kronendichten.

Der statistische Zusammenhang zwischen dem langjährigen Zuwachs und dem Nadelverlust ist wohl zum Teil darauf zurückzuführen, dass verschieden vitale Bäume ungleich auf Stress reagiert haben. Die weniger vitalen Bäume, die aus genetischen oder kleinstandörtlichen Gründen seit einiger Zeit weniger rasch gewachsen sind, haben offenbar mehr Nadeln verloren als die vitaleren Bäume. Diese Nadelverluste haben aber nicht zu wesentlichen Zuwachsein-

bussen geführt. Das erklärt, warum die abrupte Zunahme der Nadelverluste zu Beginn der achtziger Jahre nicht zu einem allgemeinen Zuwachseinbruch geführt hat und trotzdem Zuwachs und Nadelverlust der Bäume innerhalb eines Bestandes eng korreliert sein können. Zudem erklärt das, warum unmittelbar nebeneinanderstehende Bäume gleicher sozialer Stellung oft so verschieden stark verlichtet sind, dass die Variation im Nadelverlust zwischen benachbarten Bäumen manchmal ebenso gross ist wie zwischen weit voneinander entfernten, obwohl benachbarte Bäume doch fast identischen Umweltbedingungen ausgesetzt sind.

Die zuwachsträchtigsten, vitalsten Bäume werden früher oder später vorherrschend. Man müsste daher erwarten, dass die vorherrschenden Bäume am wenigsten Nadelverluste aufweisen. In Wirklichkeit sind die vorherrschenden Fichtenkronen jedoch eher lichter als die mitherrschenden; bei der Tanne sind die Unterschiede gering. Das ist nur erklärbar, wenn zwar vitale Bäume weniger Nadelverluste erleiden, exponierte Bäume aber stärker geschädigt werden, wie das vor allem bei Immissionsschäden erwartet werden müsste. Somit können sich die Einflüsse bei vorherrschenden Bäumen teilweise aufheben.

Über die primären Ursachen der Kronenverlichtungen und Wachstumsanomalien weiss man immer noch wenig.

Der mittlere Zuwachs der Waldbestände hat in vielen Gebieten Europas während Jahrzehnten nicht den Erwartungen entsprochen, auch wenn er sich nicht entsprechend den abrupten Veränderungen der Nadel-/Blattverluste entwickelt hat. Die durchschnittlich eher zu grossen Zuwächse können durch eine Überlagerung von Düngerwirkungen der Immissionen, insbesondere von Stickstoff und Kohlendioxid, und Einflüssen schädlicher Immissionen oder nicht erkannter Epidemien erklärt werden. Dabei ist zu bedenken, dass unausgewogene Düngung zu erhöhter Anfälligkeit gegenüber biotischen und abiotischen Störungen führen kann und dass allgemein nicht alle Einflüsse, die zu rascherem Wachstum führen, positiv gewertet werden dürfen.

Die kleinflächig auftretenden und durch natürliche Standortsbedingungen offensichtlich nicht erklärbaren grossen Wachstumsunterschiede müssen zumindest teilweise auf lokale Immissionen zurückgeführt werden. Am Beispiel eines Tannenbestandes, dessen Zuwachs während fast dreissig Jahren bis auf einen Drittel zurückging und sich nach 1980 wieder fast völlig erholt hat, ist es gelungen, die Ursache zu finden: In einer nahegelegenen Grube wurde bis 1980 periodisch PVC abgelagert und verbrannt, wobei sich Chlorgas und Salzsäuredämpfe entwickelt haben (Schmid-Haas 1989).

Abrupt auftretende Kronenverlichtungen und auf Infrarotluftbildern gut erkennbare verfrühte Verfärbungen könnten durch eine Epidemie oder durch neu auftretende Immissionen erklärt werden; sie könnten auch durch die Witterung ausgelöst worden sein, nachdem die Bäume sehr anfällig geworden sind. Negativbegasungen zeigen immerhin, dass die aktuelle Luftverschmutzung

auch in der Schweiz bereits verschiedene nachweisbare Schädigungen an Waldbäumen verursacht (*Flückiger und Braun 1989*).

Die Kronenverlichtungen und Verfärbungen, die grossen Zuwachsveränderungen und die nicht durch natürliche Faktoren bedingten lokalen Zuwachsunterschiede zeigen drastisch, wie weit sich der Wald trotz seiner guten Pufferung schon von seinem Normalzustand entfernt hat. Was auch immer die exakte Ursache dafür sein mag, ohne die seit Jahrzehnten andauernden und immer vielfältiger werdenden Immissionen ist das nicht erklärbar.

## Résumé

### Dégarnissement du houppier et croissance de la forêt

Au début des années quatre-vingt, la perte de la masse foliaire de nombreuses essences a fortement augmenté. Il n'est plus possible aujourd'hui de mesurer l'ampleur de ces modifications car les observations systématiques ont été entreprises trop tard. Sur le Plateau suisse et dans de nombreuses régions du sud de l'Allemagne, l'accroissement moyen de l'épicéa en particulier est resté, durant toute cette période, au niveau élevé où il se trouvait depuis quelques décennies. Le dégarnissement du houppier ne semble donc pas avoir fait chuter la courbe de la croissance des arbres. En outre des études approfondies montrent que, même si d'étroites corrélations statistiques apparaissent parfois, la perte de la masse foliaire n'est pas la seule cause des grandes différences d'accroissement observées entre les arbres. Certaines dépressions, observées localement et qui ne s'expliquent pas par des caractéristiques de la station ou du peuplement, ne se discernent pas toujours sur le houppier. Les dégarnissements du houppier ou les anomalies d'accroissement signifient que la forêt a déjà perdu son état normal sous de nombreuses façons.

Traduction: *M. Dousse*

### Verdankungen

Für angeregte fachliche Diskussionen und Kritiken am Manuskript danke ich vor allem den Herren W. Keller, E. Müller, O. U. Bräker, N. Kuhn und H. J. Schröter.

### Literatur

- Bräker, O. U.; Z'graggen, S.* (1990): Regionale und gesamtschweizerische Zuwachsentwicklung an Fichten und Tannen (in Vorbereitung).
- Burger, H.*, (1927 bis 1953): Holz, Blattmenge und Zuwachs. Mitt., Eidg. Anst. forstl. Versuchswes., 13 Beiträge.
- Dong, P. H.; Kramer, H.*, (1985): Beziehungen zwischen Zuwachs und Kronenparametern in immissionsgeschädigten Nadelholzbeständen. Deutscher Verband Forstl. Forschungsanstalten, Sektion Ertragskunde, Tagung Kaelberborn 1985.

- Eckstein, D. (1985): On the application of dendrochronology for the evaluation of forest damage. In: Inventorying and Monitoring Endangered Forests. IUFRO Conference Zurich 1985, pp. 287–290, Birmensdorf, Eidg. Anst. forstl. Versuchswes.
- Flückiger, W.; Braun, S. (1989): Waldschadensbericht. Untersuchungen in Buchenbeobachtungsflächen 1984–1988. Im Auftrag der Kantone AG, BL, BS, BE, SO, ZG und ZH, 59 S.
- Franz, F. (1988): Vorratsentwicklung und Zuwachsleistung unter dem Aspekt der neuartigen Waldschäden. Allg. Forstz. 47: 1284–1285.
- Keller, W. et al. (in Vorbereitung): Stressprojekt Liestal. Ber. WSL.
- Keller, W.; Imhof, P. (1987): Zum Einfluss der Durchforstung auf die Waldschäden. Schweiz. Z. Forstwes. 138, 39–54 und 293–320.
- Keller, W.; Pfäffli, F. (1987): Zuwachsverhältnisse in zwei Fichtenbeständen nach Grünastung. Mitt., Eidg. Anst. forstl. Versuchswes. 63 (1), 55–84.
- Kenk, G. (1988): Zuwachsuntersuchungen im Zusammenhang mit den gegenwärtigen Waldschäden in Baden-Württemberg. In: Proc. 14th International Meeting for Specialists in Air Pollution Effects on Forest Ecosystem, IUFRO P2.05–00, Interlaken. Eidg. Anst. forstl. Versuchswes., Birmensdorf.
- Landmann, G. (1988): Comment apprécier la vitalité d'un peuplement forestier? Rev. for. franç. XL–4: 265–284.
- Landolt, W.; Bucher, J.; Kaufmann, E. (1984): Waldschäden in der Schweiz bis 1983. Schweiz. Z. Forstwes. 135, 637–653.
- Müller, E. (1986): Kronenbilder mit Nadel- und Blattverlustprozenten. Eidg. Anst. forstl. Versuchswes., Birmensdorf, 72 S.
- Pfister, C.; Bütikofer, N.; Schuler, A.; Volz, R. (1988): Witterungsextreme und Waldschäden in der Schweiz. Bundesamt für Forstwesen und Landschaftsschutz, Bern.
- Pollanschütz, J. (1985): Waldzustandsinventur 1984 – Ziele, Inventurverfahren, Ergebnisse. Mitt. Forstl. Bundes-Vers.anst., Wien: 1–29.
- Roloff, A. (1989): Entwicklung und Flexibilität der Baumkrone und ihre Bedeutung als Vitalitätsweiser. Schweiz. Z. Forstwes. 140, 775–789.
- Sanasilva Waldschadenbericht (1988): Eidg. Anst. forstl. Versuchswes., Birmensdorf, 47 S.
- Schlaepfer, R. (1985): Problems in the planning of forest damage inventories. In: Inventorying and Monitoring Endangered Forests. IUFRO Conference Zurich 1985, pp. 287–290.
- Schmid-Haas, P. (1985): Der Gesundheitszustand des Schweizer Waldes 1984. Schweiz. Z. Forstwes. 136, 251–273.
- Schmid-Haas, P. (1989): Der Nachweis der Ursache des Tannensterbens an einem Beispiel. Forstwiss. Cbl. 108, 244–254.
- Schöpfer, W.; Hradetzky, J. (1984): Analyse der Bestockungs- und Standortmerkmale der terrestrischen Waldschadeninventur Baden-Württemberg 1983. Mitteilungen der Forstl. Versuch- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg 110, 148 S.
- Schöpfer, W., (1985): Überlegungen zur Weiterentwicklung grossräumiger Waldschadeninventuren. In: Die Waldschadensituation in der Bundesrepublik Deutschland, Schriftenreihe der VDI-Kommission Reinhaltung der Luft, Band 1.
- Schröter, H. J.; Aldinger, E. (1985): Beurteilung des Gesundheitszustandes von Fichte und Tanne nach der Benadelungsdichte. Allg. Forstzeitschrift 40, 438–442.
- Schröter, H. J.; Achstetter, L.; Holzappel, W. (1985): Gesundheitszustand von Tannen, Fichten und Buchen auf Dauerbeobachtungsflächen der FVA Baden-Württemberg. Allg. Forst- u. Jagdztg., 156, 123–132.
- Schweingruber, F. H. (1989): Lässt sich fehlendes Datenmaterial zur Waldschadenssituation anhand von Postkarten ergänzen? Allg. Forstztg., Nr. 11.
- Vins, B. (1985): Einheitliches System der Überwachung der Luftverunreinigungseinflüsse auf die Forstwirtschaft in der ČSSR. In: Inventorying and Monitoring Endangered Forests, IUFRO Conference Zurich 1985, pp. 277–280, Birmensdorf, Eidg. Anst. forstl. Versuchswes.
- Westmann, L.; Lesinski, J. (1985): Thinning out of the tree crown—what is hidden in that integrated measure of forest damage? In: Inventorying and Monitoring Endangered Forests, IUFRO Conference Zurich 1985, pp. 287–290, Birmensdorf, Eidg. Anst. forstl. Versuchswes.