

**Zeitschrift:** Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse  
**Herausgeber:** Schweizerischer Forstverein  
**Band:** 137 (1986)  
**Heft:** 10

**Artikel:** Zuwachs- und Kronenanalysen an geschwächten Tannen  
**Autor:** Schmid-Haas, Paul / Masumy, Said Alim / Niederer, Markus  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-765187>

### **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:** 15.01.2026

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

# Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen Journal forestier suisse

137. Jahrgang

Oktober 1986

Nummer 10

## Zuwachs- und Kronenanalysen an geschwächten Tannen

Von Paul Schmid-Haas<sup>1</sup>, Said Alim Masumy<sup>1</sup>, Markus Niederer<sup>2</sup> und Fritz Hans Schweingruber<sup>1</sup> Oxf.: 48:56:181.62

### Einleitung

Das Tannensterben wird in einigen Regionen der Schweiz bereits seit vielen Jahrzehnten beobachtet (*Leibundgut* 1974). Die in den letzten Jahren offenkundig werdenden Schwächezeichen bei vielen Baumarten in grossen Teilen Europas haben dem Tannensterben als erstem derartigem Phänomen erneute Aktualität gegeben. In der vorliegenden Studie sollen möglichst verschiedenartige Beobachtungen an den gleichen typisch geschwächten Bäumen durchgeführt werden (Taxierung des Gesundheitszustandes der Kronen auf dem Luftbild, Schätzung der Benadelungsdichte am stehenden und am liegenden Baum, Messung des Zuwachses in verschiedenen Höhen am Stamm, Ermittlung der Zuwachsknicke und anderes mehr). Die bessere Kenntnis der Zusammenhänge zwischen den verschiedenartigen Phänomenen soll einerseits einen kleinen Schritt zur vertieften Kenntnis des Tannensterbens und seiner Entwicklung und damit möglicherweise seiner Ursachen bedeuten und andererseits weitere Grundlagen zur Verbesserung der Methoden für die Erfassung des Gesundheitszustandes von Waldbäumen liefern. Zu diesem Zweck haben in dieser kleinen Studie Spezialisten verschiedener Fachrichtungen zusammengearbeitet.

### Ansprachen und Messungen

#### *Der untersuchte Bestand*

Die Fläche im Stadtwald von Bremgarten AG gehört zum typischen Waldmeister-Buchenwald (*Galio Odorati-Fagetum typicum*) auf gut wasserversorgter tiefgründiger Braunerde aus einer Würmmoräne in einer flachen, nicht vernäss-

<sup>1</sup> Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, CH-8903 Birmensdorf

<sup>2</sup> Botanisches Institut der Universität Basel, CH-4000 Basel

ten Mulde. Nach dem Bonitätsschlüssel von *Keller* (1978) kann für Tanne mit einer Bonität 20 (Oberhöhe im Alter 50) gerechnet werden. Oberhöhenmessungen und Altersauszählungen bestätigen diese Schätzung. Die untersuchten Bäume standen an einem 1978 entstandenen nordexponierten Steilrand in einem etwas mehr als 100jährigen und seit langem kränkelnden Tannenbestand mit eingesprengten Fichten, Buchen und Bäumen mehrerer anderer Baumarten (*Abbildung 2*).

### *Das Infrarot-Farbluftbild*

Der Infrarotfilm hat den grossen Vorteil gegenüber anderen Filmarten, Vegetationsschäden kontrastreich und differenziert darzustellen. Er ist in drei Spektralbereichen (Grün, Rot und nahes Infrarot) sensibilisiert. Das sind die Spektralbereiche, in denen die grüne Vegetation wegen der Absorption photosynthetisch aktiver Blattpigmente und wegen der Blatt- und Nadelstruktur ein spezifisches Reflexionsvermögen aufweist. Daher kann man die grüne Vegetation von den anderen Objekten auf dem Luftbild gut unterscheiden (*Hildebrandt und Kenneweg 1970, Masumy 1983*).

Eine gesunde Tanne erscheint auf dem Infrarot-Luftbild intensiv rot (purpurrot). Bei Nadelverlust oder bei Schädigung und Verfärbung von Nadeln ändert sich die spektrale Reflexion der Tanne, so dass sie im nahen Infrarotbereich weniger reflektiert. Die geschädigten Tannen erscheinen demzufolge je nach Schädigungsgrad in hellroten, grauen oder bläulichen Farbtönen (*Tabelle 1*).

### *Erstellung eines Interpretationsschlüssels*

Vor der Luftbildauswertung muss ein Interpretationsschlüssel erstellt werden. Darin werden die wichtigen Interpretationsmerkmale der betreffenden Baumart in verschiedenen Schadstufen beschrieben. Dabei muss ein Vergleich zwischen dem phänologischen Zustand der Bäume im Gelände und dessen Erscheinungsbild auf dem Luftbild erfolgen (*Masumy 1984*). In *Tabelle 1* wird der für diese Auswertung erstellte Interpretationsschlüssel für Tanne vorgestellt.

### *Das Verfahren der Luftbildauswertung*

Für die Auswertung wurden grossmassstäbliche Infrarot-Luftbilder im Massstab 1:3000 von 1984 herangezogen. Die Luftbildauswertung erfolgte einzelbaumweise mit Hilfe eines Stereoskops Aviopret der Firma Wild. Zuvor wurde eine Kronenkarte erstellt, um die einzelnen Bäume, die im Gelände numeriert worden sind, zu identifizieren.

Jeder Baum wurde in einer der fünf verschiedenen Schadstufen wie folgt beurteilt:

0 = gesund, 1 = leicht geschädigt, 2 = mittel geschädigt, 3 = stark geschädigt, 4 = tot.

*Tabelle 1.* Interpretationsschlüssel für Tanne: Erscheinungsbild der Tanne auf dem Infrarot-Luftbild, Kronenform, Kronenstruktur und -textur.

Je nach Entwicklungs- und Vitalitätsstufe ist die Kronenform kegelförmig, kegelförmig abgerundet bis zylindrisch, die Kronenspitze ist spitz bis abgeflacht. Storchennestbildung kommt bei alten Bäumen (starkes Baumholz) vor, auch wenn sie gesund sind, gilt aber bei jüngeren Bäumen als Schädigungsmerkmal. Die Kronenstruktur ist dachziegelartig «plattig».

*Beurteilung des Kronenzustandes*

<i>Vitalitätsstufe</i>	<i>Merkmale</i>	<i>Farbtöne</i>
0 = gesund	Krone kompakt und geschlossen, kein Einblick ins Kroneninnere, keine luftbildsichtbaren Schäden	einheitliches, intensives Purpurrot
1 = leicht geschädigt	Krone mehr oder weniger geschlossen; einzelne Astpartien ragen aus dem Kronenmantel heraus; einige Astpartien können zum Teil graue Flecken als Folge des leichten Nadelverlustes im unteren Kronenbereich aufweisen («leichte Marmorierung»)	aufgehelltes Purpurrot
2 = mittel geschädigt	Krone aufgelöst; Astpartien mit schmutziggrauen Flecken in der gesamten Krone anzutreffen («deutliche Marmorierung»); insgesamt struppiges Aussehen	Fahlrot mit vielen hellgrauen Flecken
3 = stark geschädigt	Krone stark aufgelöst; dürre Äste in der gesamten Krone erkennbar; stark entnadelte Triebe sind nach oben gerichtet und haben weisse bis schmutziggraue Farbe («starke Marmorierung»); dachziegelartige Struktur verwischt; zunehmend zerzaustes Aussehen	Farbe zunehmend gräulich; diese dominiert über den roten Farbton; «Storchennester» meist rot und heben sich deutlich vom übrigen Kronenteil mit gräulicher Farbtönung ab
4 = tot	a) Baum dürr; aber tote Nadeln vorhanden b) Baumskelett völlig entnadelt	a) grüngelb bis leuchtend gelb b) graubläulich bis blau

*Nadelverlust, Ansprache am stehenden Baum*

Im Gelände wurde der Nadelverlust jedes Baumes mit dem Feldstecher in Prozenten angesprochen. Die Ansprache ist standardisiert nach der Instruktion der Schweizerischen Waldschadeninventur 1984 von einem für diese Methode

speziell ausgebildeten Fachmann durchgeführt worden (*Schmid-Haas 1985*). Die Definition des Nadelverlustes entspricht derjenigen bei der Waldschadeninventur in der Bundesrepublik Deutschland. Aus Gründen der Vergleichbarkeit wurde auch der Begriff Nadelverlust beibehalten. Wir sind uns aber bewusst, dass aus einer einmaligen Erhebung nur der Benadelungszustand erfasst werden kann und nicht der eingetretene Verlust. Zusätzlich ist von jedem Baum die soziale Stellung festgehalten sowie das Vorhandensein von Misteln oder Klebästen notiert worden.

### *Nadelverlust, Ansprache am liegenden Baum*

Unmittelbar nach dem Fällen wurde erneut jede Krone auf ihren Nadelverlust angesprochen. Für diese Ansprache existiert allerdings noch keine standardisierte Methode. Soweit als möglich wurden die gleichen Kriterien wie bei der Stehendansprache verwendet und ähnlich gewichtet. Da die Sichtbedingungen völlig andere sind, muss trotzdem mit systematischen Abweichungen zwischen Stehend- und Liegendansprache gerechnet werden. Die Schäden sind aus der Nähe zum Teil viel deutlicher zu erkennen. Daher sollte die Liegendansprache im allgemeinen ein genaueres Bild des Gesundheitszustandes des Baumes liefern als die Stehendansprache.

### *Anzahl benadelte Triebe*

An der breitesten Stelle der Lichtkrone sind drei Äste ausgewählt und die Anzahl der benadelten Triebe ausgezählt worden. Ein Trieb gilt als benadelt, wenn noch mindestens zwei Drittel der Nadeln vorhanden und grün sind.

### *Trieblängen*

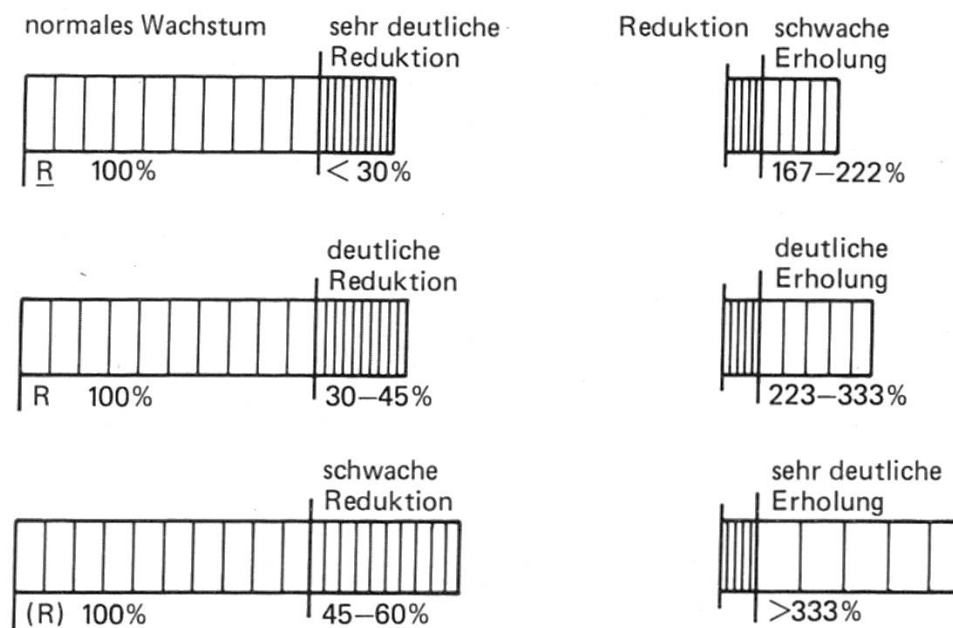
An den gleichen Ästen wurde die Länge der Seitentriebe 1980 bis 1984 gemessen. Soweit das möglich war, wurde bei jedem Baum auch die Länge der Höhentriebe 1979 bis 1984 gemessen. Ein Teil dieser Resultate fehlt allerdings, weil der oberste Teil der Kronen beim Fällen stark zerschlagen wurde.

### *Zuwachsuntersuchungen am Stamm*

Die Stämme wurden in Sektionen zerschnitten. In 1 m Höhe und am Ende jeder Sektion wurde zur genaueren Untersuchung eine Stammscheibe entnommen.

Mit Hilfe der Weiserjahre und dem Zurückzählen der Jahrringe von der Waldkante her konnten fehlende Jahrringe entdeckt und für die weiteren Arbeiten berücksichtigt werden. Nach der Datierung wurden bei allen Stammscheiben an je zwei Radien die Zuwüchse der Jahrzehnte 1951–60, 1961–70 und 1971–80 in mm und der einzelnen Jahre 1981–84 mit einer Messlupe in 1/10 mm gemessen.

Zusätzlich zu diesen Messungen wurden mit einer von *Schweingruber et al.* (1983) entwickelten Methode das Auftreten von abrupten Zuwachsschwankungen (Knicke) datiert sowie deren Dauer und Stärke bestimmt. Die Quantifizierung der Zuwachswechsel erfolgt durch den Vergleich des mittleren Jahrringwachstums vor und nach dem Ereignis (*Abbildung 1*).



*Abbildung 1.* Quantifizierung des Wachstumsrückganges und der Erholung. Erkennbar sind Wachstumsreduktionen um mehr als 40 %.

Auf den Scheiben aus 1 m Höhe wurden zu diesem Zweck vier Radien untersucht, auf den höher gelegenen Scheiben zwei Radien. Zusätzlich wurde bei den untersten Scheiben eine Bohrspanentnahme simuliert. Diese erfolgte, wie in der Praxis, zwischen Ausbuchtungen oder auf der Stammseite mit dem kleinsten Radius. Damit wird die wachstumsschwächste Stelle gewählt.

### Luftbildinterpretation

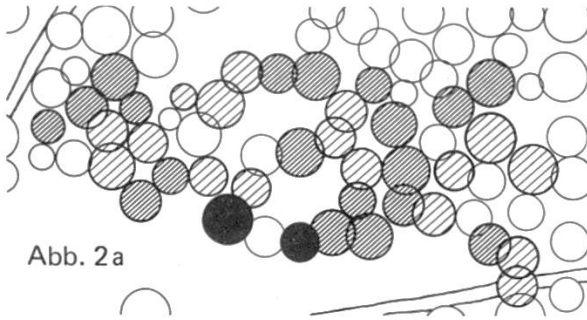


Abb. 2a

- nicht beurteilte Bäume
- ◐ gesund
- ◑ schwach geschädigt

### Stehendansprache

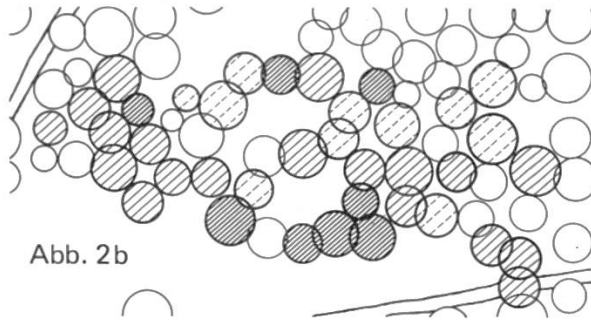


Abb. 2b

- ◐ mittelstark geschädigt
- stark geschädigt

### Liegendansprache

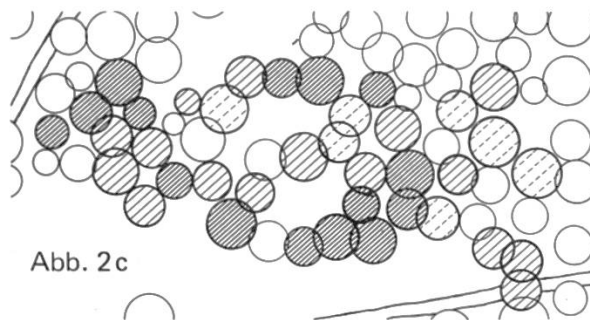


Abb. 2c

- ◐ ohne Schadensmerkmale
- ◑ schwach geschädigt
- ◒ mittelstark geschädigt

### Jahrringbreiten 1984

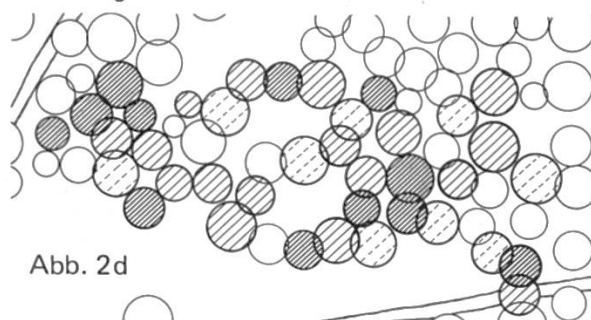


Abb. 2d

- ◐ < 0,5 mm
- ◑ 0,5–1,6 mm
- ◒ > 1,6 mm

### Zuwachsknicke bis 1950

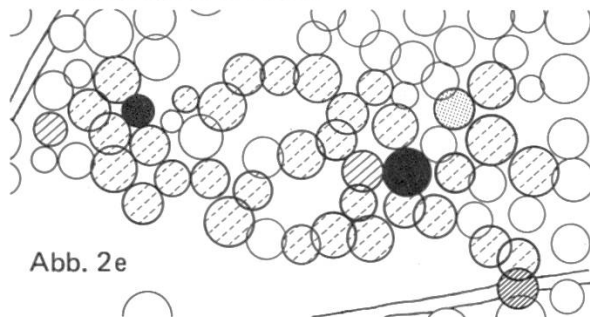


Abb. 2e

### Zuwachsknicke bis 1984

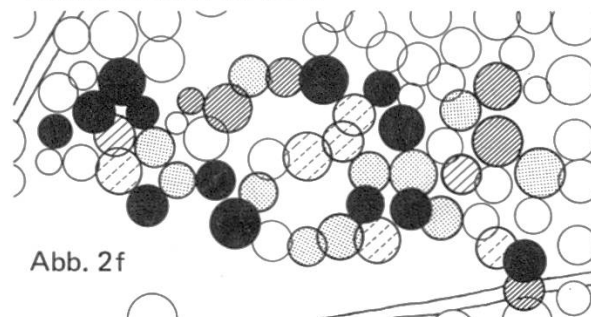


Abb. 2f

- Der Baum befindet sich in einer sehr deutlich reduzierten Wachstumsphase: R.
- ◐ Der Baum befindet sich in einer deutlich reduzierten Wachstumsphase: R.
- ◑ Der Baum befindet sich in einer schwach reduzierten Wachstumsphase: (R).
- ◒ Der Baum befindet sich in keiner reduzierten Wachstumsphase: G.
- ◓ Der Baum zeigt nach einer Wachstumsreduktion wieder verbesserten Zuwachs: E, E, (E).

Abbildung 2. Kronenkarten mit den Einzelbaumergebnissen von sechs verschiedenen Beurteilungen oder Messungen.



## Ergebnisse

### *Luftbildinterpretation*

Die Interpretationsergebnisse sind auf der Kronenkarte einzelbaumweise eingetragen (*Abbildung 2a*). Alle 38 untersuchten Tannen sind geschädigt. Davon sind 45 % der Tannen leicht, 50 % mittel- und 5 % schwer geschädigt. Bäume der Schadstufe 0 = gesund und der Schadstufe 4 = tot sind in diesem kleinen Kollektiv nicht vertreten.

### *Ansprache der Kronen mit dem Feldstecher*

Bei der Stehendansprache der Tannen wurde ein mittlerer Nadelverlust von 21 % geschätzt, wobei die Werte im Bereich von 5 bis 60 % lagen. Dabei wurden 11 Bäume (29 %) in die Schadstufe «ohne Schadenmerkmale» mit 0 bis 10 % Nadelverlust, 19 Bäume (50 %) in die Schadstufe «schwach geschädigt» mit 15 bis 25 % Nadelverlust und 8 Bäume (21 %) in die Schadstufe «mittelstark geschädigt» mit 30 bis 60 % Nadelverlust eingestuft (*Abbildung 2b*). Die Tannen in diesem Randbestand waren also bedeutend stärker verlichtet als im gesamtschweizerischen Mittel. Die schweizerische Waldschadeninventur 1984 hatte für Tannen einen mittleren Nadelverlust von 12,7 % ergeben, wobei 61 % ohne Schadenmerkmale, 28 % schwach geschädigt und 19 % mittelstark bis stark geschädigt waren (Schmid-Haas 1985). Das schlechte Aussehen, insbesondere der randständigen Bäume, hat den zuständigen Forstmeister zum Entscheid veranlasst, den Bestand vorzeitig zu verjüngen. Der Vergleich dieser Resultate mit denjenigen der Luftbildinterpretation zeigt, dass die Tannen auf dem Luftbild weniger gesund aussehen als im Gelände. Die Abweichungen sind dadurch zu erklären, dass mit den beiden Methoden das gleiche Phänomen verschiedenartig beobachtet und nicht die gleiche Schadstufeneinteilung vorgenommen wurde.

### *Ansprache des Nadelverlustes am liegenden Baum*

Bei der Liegendansprache der Kronen wurde ein mittlerer Nadelverlust von 25 % geschätzt, wobei 7 Bäume ohne Schadenmerkmale, 17 schwach geschädigte und 14 mittelstark geschädigte gezählt wurden (*Abbildung 2c*).

Aus *Abbildung 3* und dem Vergleich der *Abbildungen 2b* und *2c* ist die gute Übereinstimmung zwischen der Stehend- und der Liegendansprache zu sehen. Die Liegendansprache hat durchschnittlich etwas grössere Nadelverluste ergeben als die Stehendansprache. Sie war also noch nicht richtig geeicht, was beim völligen Fehlen von Erfahrungen mit dieser Ansprachemethode allerdings nicht überraschen kann.



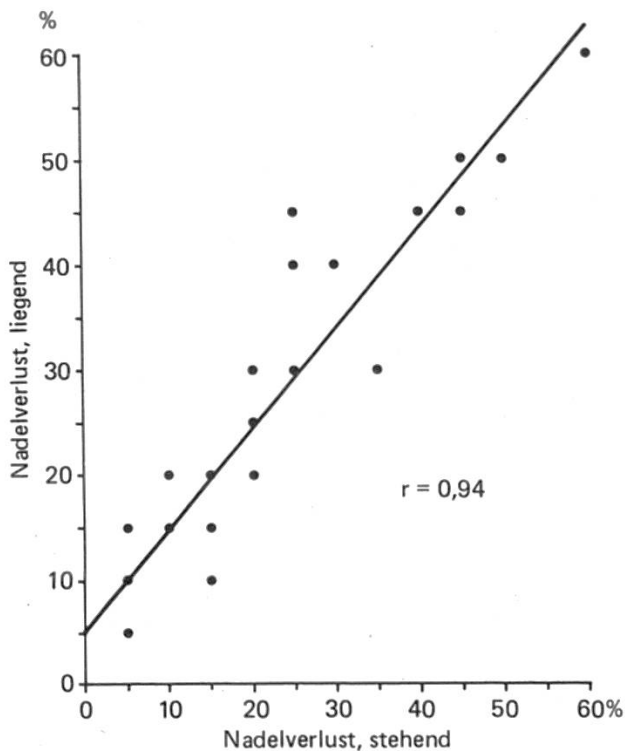


Abbildung 3. Vergleich der Ansprache der Be-nadelungsdichte am stehenden und am liegen-den Baum.

### Anzahl benadelte Triebe

Die untersuchten Tannen hatten drei bis acht benadelte Triebe, durchschnittlich fünf. Dabei ist eine relativ gute Übereinstimmung zwischen der Zahl der benadelten Triebe und dem geschätzten Nadelverlust festzustellen. Die Tannen ohne Schadenmerkmal wiesen im Durchschnitt sechs, die schwach geschädigten fünf und die mittelstark geschädigten vier benadelte Triebe auf.

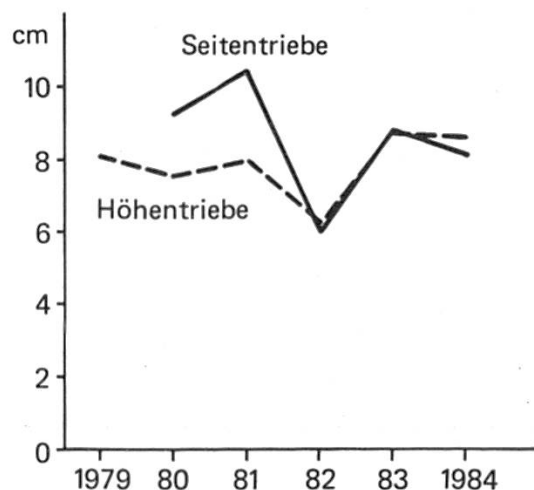
### Höhentriebe

Die Höhentriebe waren im Durchschnitt 8 cm lang und haben sich im Laufe der letzten sechs Jahre wenig verändert. Einzig der Höhentrieb 1982 war durchschnittlich etwas kürzer als in den anderen Jahren (*Abbildung 4*). Bei nicht verlichteten Tannen würde in geschlossenem Bestand bei entsprechender Bonität und Alter 100 ein Höhentrieb von etwa 17 cm erwartet.

### Länge der Seitentriebe

Die mittleren Triebblängen sind in den letzten Jahren ungefähr konstant geblieben und betrugen 8 cm pro Jahr. 1982 waren die Triebe eines Teils der

Bäume auffallend viel kürzer als in den übrigen Jahren, wie dies schon bei den Höhentrieben festgestellt wurde (*Abbildung 4*). Im umliegenden Bestand konnte dieses Phänomen übrigens auch 1985 wieder beobachtet werden.



*Abbildung 4.* Längen der Seiten- respektive Höhentriebe.

#### *Der Zuwachs 1984*

Die mittlere Jahrringbreite 1984 betrug 1,1 mm, gemittelt über 1, 5, 10, 15 und 20 m Höhe am Stamm. Auch nach dem Zuwachs können die Bäume in verschiedene Klassen eingeteilt werden (*Abbildung 2d*). Dabei zeigt ein Vergleich mit den Nadelverlusten eine gute Übereinstimmung. Offensichtlich wuchsen diejenigen Bäume, die grosse Nadelverluste aufwiesen, im allgemeinen viel weniger rasch als die übrigen. Ein Teil der nicht übereinstimmenden Klassierungen kann durch den erhöhten Lichtgenuss der randständigen Bäume erklärt werden. Der Zuwachs der Tannen ohne Schadenmerkmal betrug 2,4 mm, derjenige der schwach respektive mässig geschädigten war 1,1 respektive 0,5 mm. Auch *Kenk et al.* (1984) berichten von grossen Zuwachsunterschieden zwischen diesen Schadstufen.

Der grosse und statistisch signifikante Zuwachsunterschied zwischen den ersten beiden Schadstufen zeigt, dass bei Nadelverlusten von mehr als 10 % von bereits geschädigten Bäumen gesprochen werden muss. Der Vorschlag von *Pollanschütz* (1985), bei der Fichte Nadelverluste von bis zu 20 % nicht als Verlichtung zu betrachten und erst bei mehr als 20 % Nadelverlust von schwacher Verlichtung zu reden, würde bei der Tanne eindeutig zu wesentlichen Informationsverlusten und möglicherweise zu einer falschen Beurteilung der Situation führen.

## Der Zuwachs in verschiedenen Höhen am Stamm

Abbildung 5 zeigt den Zuwachs der einzelnen Bäume in Abhängigkeit von der Höhe. In 5 bis 10 m Höhe ist der Zuwachs am geringsten. Bei einem Teil der Bäume ist der Zuwachs unterhalb von 5 m viel grösser. Die Unterschiede zwischen den Bäumen sind wegen der grossen Variabilität im untersten Stammteil besonders gross, weil dort die Unregelmässigkeiten der Jahrringe gross sind. Ab 10 m Höhe ist der Zuwachs wieder etwas grösser.

Auffallend ist, dass viele der rasch wachsenden Bäume ihre maximale Jahrringbreite in 1 m Höhe aufweisen, die langsam wachsenden Bäume jedoch in 20 m Höhe zeigen.

Ähnliche Resultate hat Röhle (1985) für verlichtete Fichten festgestellt, nämlich ein mehr oder weniger ausgeprägtes Zuwachsminimum in der Schaftmitte und maximale Durchmesserzuwüchse in den Kronenbereichen. Auch bei der Fichte liegen die Zuwachswerte am Stammfuss häufig ausgesprochen niedrig, und häufig sind mehrere Jahrringe vollkommen ausgefallen.

Der Zuwachs ist in allen Höhen eng mit dem Nadelverlust korreliert. Die Korrelation ist am engsten im Bereich der Krone und am geringsten in etwa 5 m Höhe.

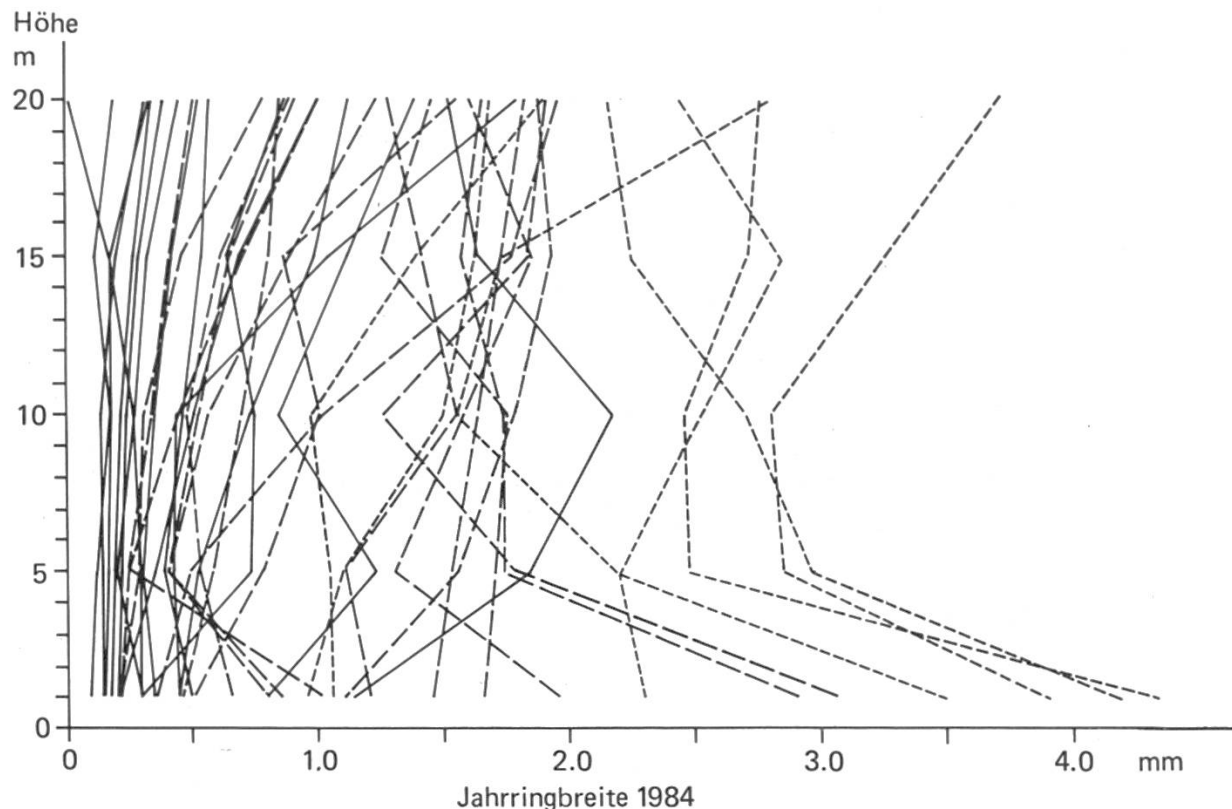


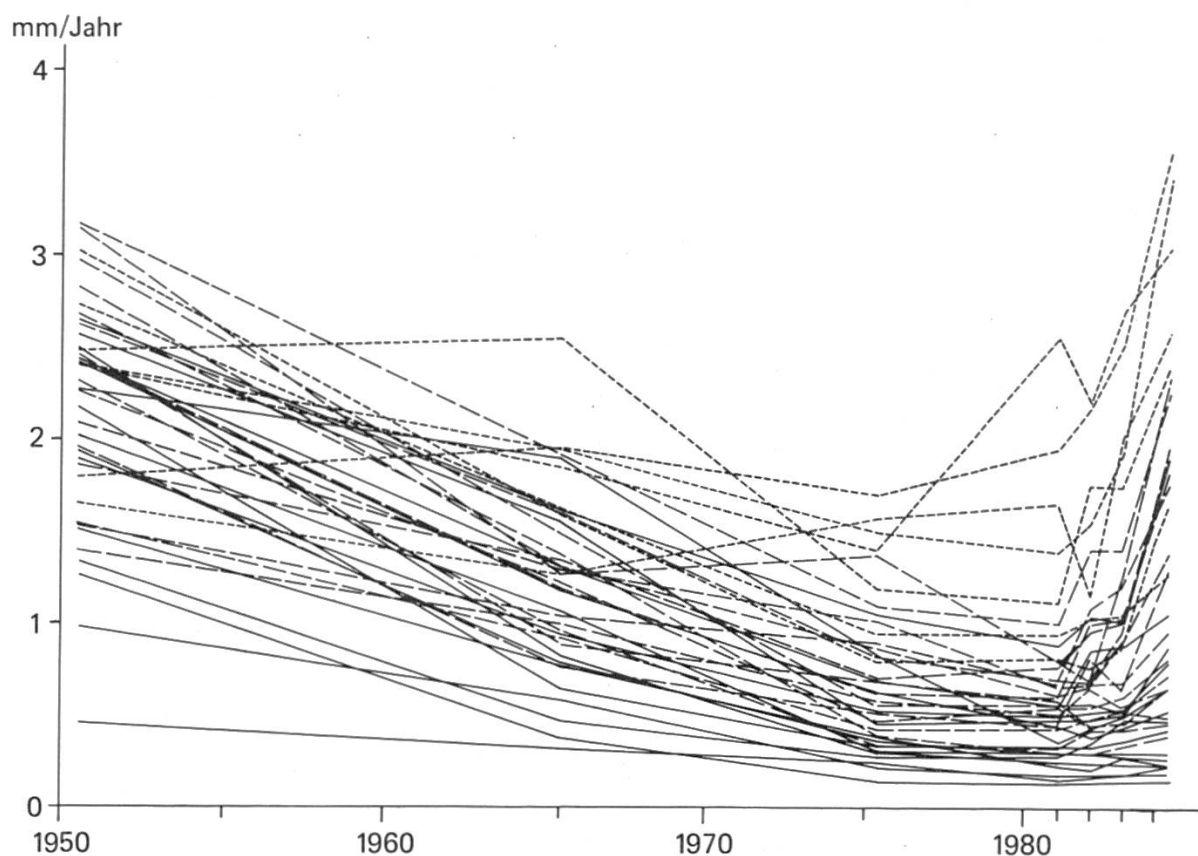
Abbildung 5. Die Breite der Jahrringe 1984 jedes einzelnen Baumes in verschiedenen Höhen am Stamm, kurz gestrichelte Linien für Bäume ohne Schadenmerkmale, lang gestrichelte für schwach geschädigte und ausgezogene für mittelstark geschädigte Bäume.

## Der zeitliche Verlauf des Zuwachses

Von 1950 bis 1980 sank der Zuwachs sehr stark und regelmässig (*Abbildung 6*). Der Zuwachsverlauf ist in diesen drei Jahrzehnten fast bei allen Bäumen sehr ähnlich, obwohl die absolute Grösse des Zuwachses sehr unterschiedlich ist. Das Tannensterben hat also auch in diesem Wald schon nach 1950 eingesetzt, aber es ist erst viel später bemerkt worden. Mit Hilfe von Kontrollstichproben konnten bei der Tanne in mehreren anderen Gebieten der Schweiz ähnlich markante Zuwachsabnahmen beobachtet werden.

Bei etwa der Hälfte der untersuchten Bäume hat sich der Zuwachs seit 1981 wieder völlig erholt. Der Zuwachs ist bei diesen Tannen innerhalb von drei Jahren wieder so gross geworden wie vor 30 Jahren, bei einem kleineren Teil der Bäume ist der Zuwachs jedoch minimal geblieben.

Alle Bäume ohne Schadenmerkmale haben sich im Zuwachs sehr gut erholt, aber auch die meisten der schwach geschädigten Tannen weisen 1984 einen normalen oder zumindest einen seit 1981 erhöhten Zuwachs auf. Demgegenüber hat sich nur eine der als mässig geschädigt taxierten Tannen im Zuwachs völlig erholt, während der Zuwachs bei den meisten der mässig geschädigten Tannen minimal geblieben ist.



*Abbildung 6.* Der Verlauf der Jahrringbreiten (gemittelt über alle Höhen am Stamm) der einzelnen Bäume seit 1950, kurz gestrichelte Linien für Bäume ohne Schadenmerkmale, lang gestrichelte für schwach geschädigte und ausgezogene für mittelstark geschädigte Bäume.

Die Zunahme des Zuwachses ist auf ein sehr kleines Gebiet beschränkt und nicht typisch für den Zuwachs der Tannen in dieser Region. Die Ursache für die phänomenale Steigerung des Zuwachses in den letzten drei Jahren, die man den Bäumen überhaupt nicht ansah, soll in einer weiteren Arbeit genauer untersucht werden.

Abbildung 7 zeigt, dass der Zuwachs in allen Höhen am Stamm einen ähnlichen Verlauf zeigt: eine regelmässige starke Abnahme von 1950 bis 1980 und eine rasche Erholung in den letzten drei Jahren. Die Zuwachsabnahme ist in 1 m Höhe etwas weniger ausgeprägt als in den oberen Stammabschnitten. Die Erholung hat überall gleichzeitig und ungefähr gleich stark eingesetzt.

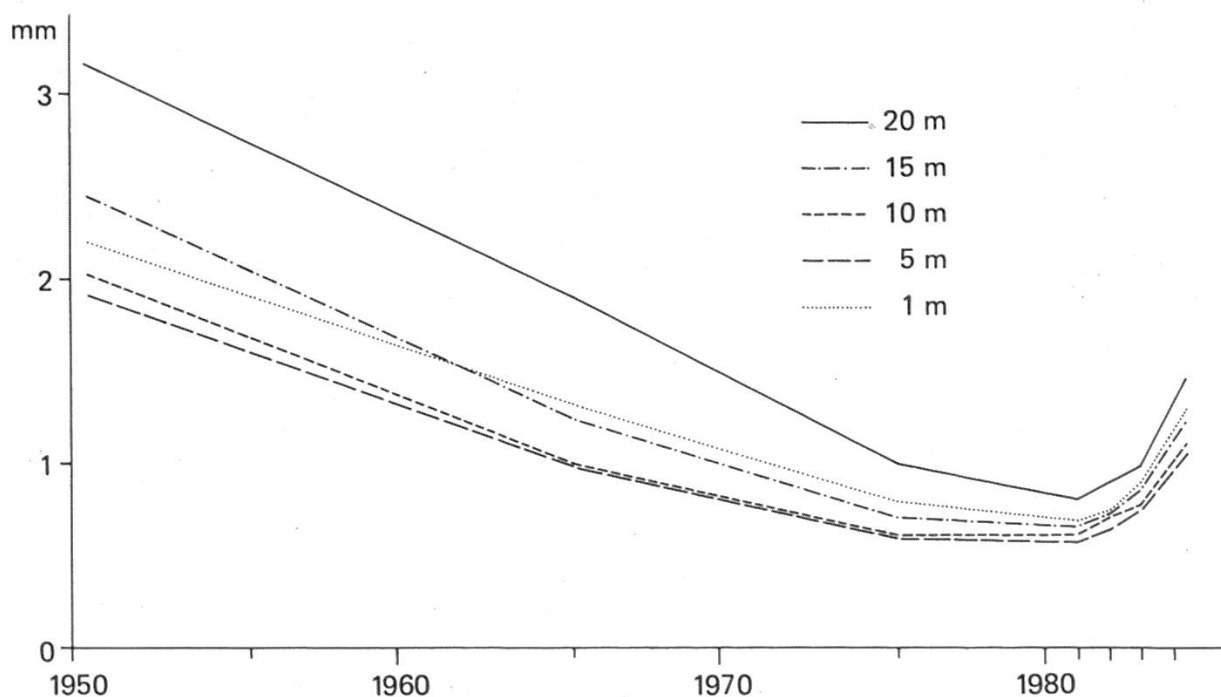


Abbildung 7. Der Verlauf der mittleren Jahrringbreiten in verschiedenen Höhen am Stamm.

### Ausfallende Jahrringe

Bei Bäumen mit langdauernden und intensiven Zuwachsreduktionen sind ausfallende oder auskeilende Jahrringe keine Seltenheit. Solche Ausfälle können von der Stammbasis bis fast zur Kronenregion vorkommen. Im unteren Stammbereich fehlen durchschnittlich weit mehr Jahrringe als im oberen. Auch ist das Erscheinungsbild der Jahrringe innerhalb des Stammes unterschiedlich. Die Jahrringe können im unteren Stammbereich fehlen, im mittleren als

Weiserjahr auftreten (auffallend schmaler Jahrring oder schmales Spätholz) und in der Kronenregion ganz normal ausgebildet sein. Es geht deutlich hervor, wie wichtig die Datierung mit Hilfe der Weiserjahre ist, da das Zählen nur von Jahrringen zu völlig falschen Ergebnissen führen kann.

### *Zeitliche Entwicklung der abrupten Zuwachsreduktionen*

Bei der Aufsummierung von Beginn und Dauer der Zuwachsänderungen kommt die Zuwachsentwicklung im Bestand zum Ausdruck. Wie aus *Abbildungen 8* und *9* hervorgeht, nimmt die Anzahl Zuwachsreduktionen von der Kronenregion zur Stammbasis hin zu. Die maximale Schädigung (= grösster Anteil von Stammscheiben mit Reduktionsphasen) wird in der Krone fünf Jahre später als in der Stammbasis erreicht. Der grösste Erholungsschub 1982 läuft dagegen im ganzen Baum synchron ab. In den tieferen Stammregionen beginnen die Reduktionsphasen bereits 1930 und nehmen ab 1956 stark zu (*Abbildung 8* oben). Das Maximum wird 1976 erreicht. 84 % aller Bäume zeigen reduziertes Wachstum. Seither regenerieren sich die Bäume zum Teil, und 1984 sind nur noch 52 % in einer Reduktionsphase. In der Kronenregion beginnen die Reduktionen 1958 und nehmen ab 1973 stark zu (*Abbildung 9* oben). Sie kulminieren 1981 auf einem Niveau von 63 %. Auch hier sind Regenerationen zu beobachten. Ende 1984 sind noch 52 % der Bäume in einer Reduktionsphase. An der Stammbasis zeichnen sich die Jahre 1956, 1965, 1967, 1970 und 1976 als starke reduktionsauslösende Jahre aus, die Jahre 1982 und 1984 sind Erholungsjahre (*Abbildung 8* unten). In der Kronenregion sind 1973 und 1976 Reduktionsjahre. Eindeutige Erholungsjahre fehlen (*Abbildung 9* unten).

Wenn mit Bohrspänen gearbeitet werden muss, werden die Ergebnisse aufgrund der vorliegenden Untersuchung folgendermassen beeinträchtigt: Bei Stammscheiben weisen 15 % der analysierten Radian keine Zuwachsreduktionen auf, bei Bohrspänen sind es nur 5 %. Die Reduktionen beginnen auf den simulierten Bohrspänen zu 80 % vor oder im gleichen Zeitraum wie diejenigen auf den vier Radian der Stammscheibe. Die Intensität der Reduktionen ist auf den simulierten Bohrspänen in 75 % der Fälle geringer oder im gleichen Bereich wie auf den Radian der Stammscheiben. Die Resultate einer Bohrspänauswertung und einer Stammscheibenauswertung sind durchaus vergleichbar und zeigen nur kleine Unterschiede, die für eine Vitalitätserhebung vernachlässigt werden können. Voraussetzung ist allerdings, dass die Bohrspänentnahme am richtigen Ort und nicht etwa zufällig erfolgt. Geeignet sind Stellen mit geringer kambialer Aktivität, wo sich vitalitätsvermindernde Faktoren am schnellsten abzeichnen. Da sich die Wachstumsknicke in der Kronenregion verspätet und weniger ausgeprägt manifestieren, kommen für Knickuntersuchungen nur die



unteren Stammregionen (aus praktischen Gründen empfiehlt sich Brusthöhe) in Frage. Wachstumsschwache Stellen befinden sich zwischen Wurzelaufläufem auf der Bergseite des Stammes. Sie sind meist auch frei von Druckholz-zonen, die das Jahrringbild störend beeinflussen.

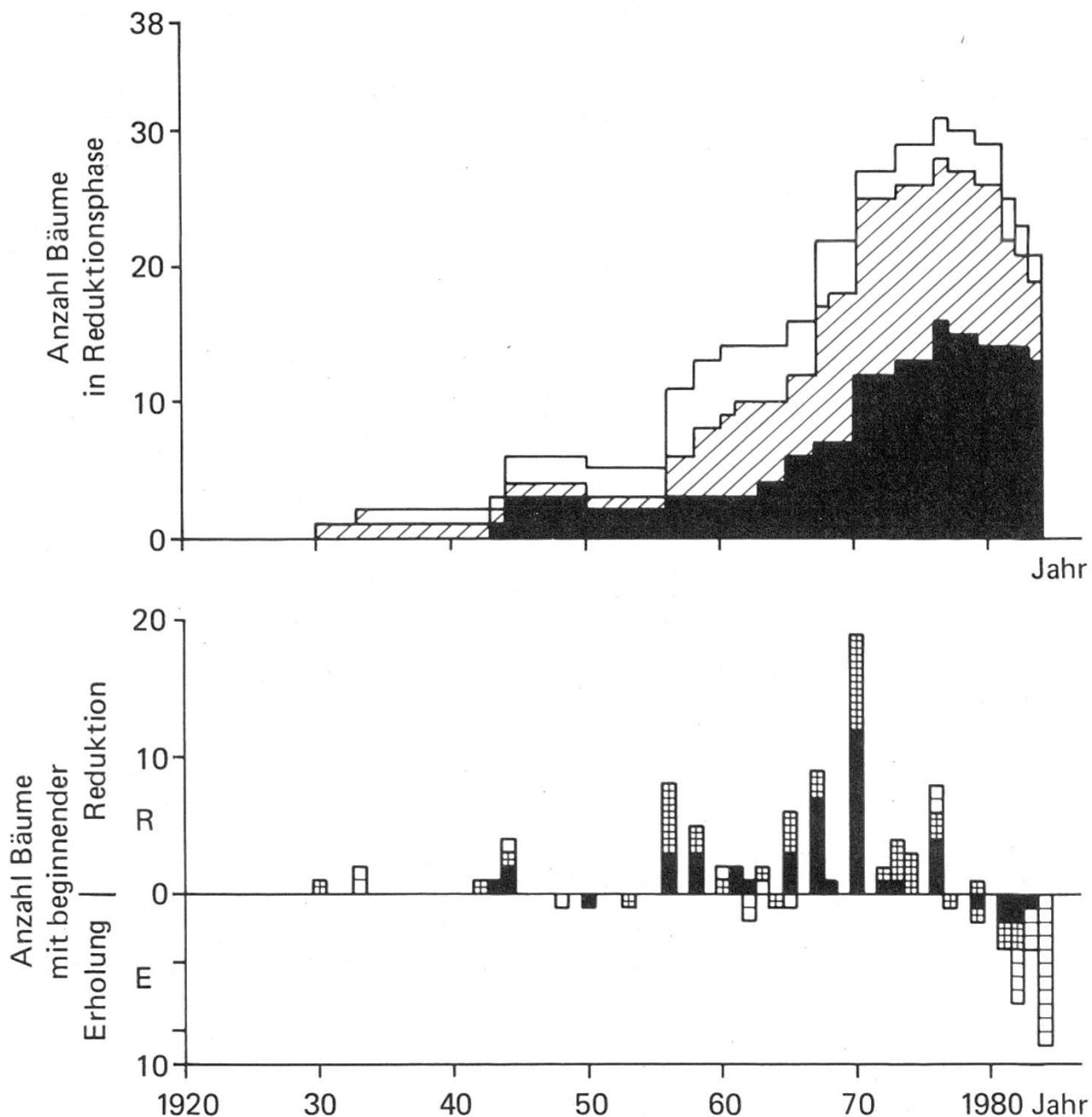
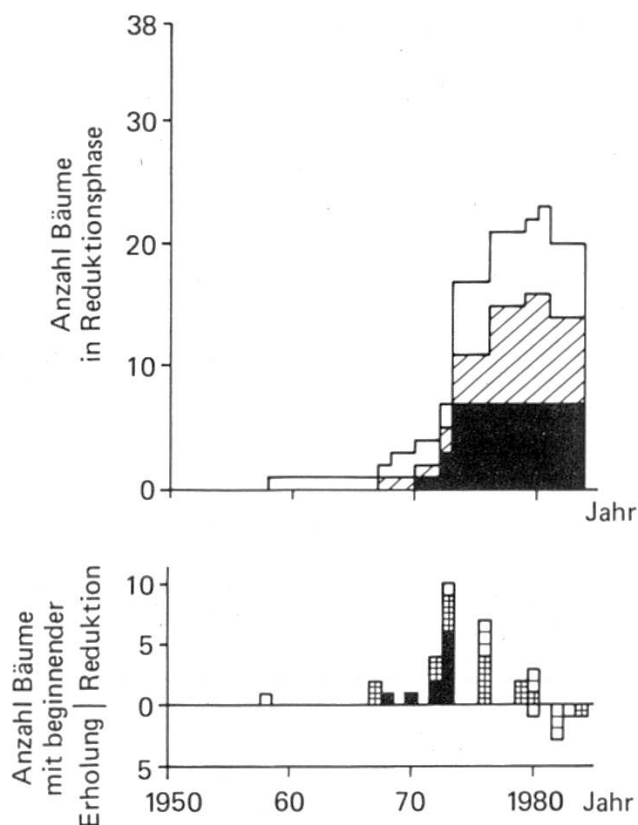


Abbildung 8. Phasendiagramm und Ereignisdiagramm von Zuwachsänderungen der Stammbasis-scheiben (1 m über Boden).

Phasendiagramme sind Summationen der Dauer von Reduktionsphasen. Ereignisdiagramme sind absolute Darstellungen von neu auftretenden Einzelereignissen (Reduktionen und Regenerationen). In beiden Darstellungen sind sehr deutliche (schwarz), deutliche (schraffiert bzw. kariert) und schwache (weiss) Zuwachsänderungen entsprechend der Definition in *Abbildung 2* aufgetragen. 1970 löst die meisten Reduktionsphasen aus.

Abbildung 9. Phasendiagramm und Ereignisdiagramm von Zuwachsänderungen in der Kronenregion.  
1973 löst die meisten Reduktionsphasen aus.



### *Abrupte Zuwachsreduktionen der Individuen im Bestand*

Innerhalb der Untersuchungsfläche zeigt sich ein zeitlich wechselndes Mosaik von Zuwachszuständen. Im Jahre 1950 (Abbildung 2e) zeigen 32 Tannen (84 %) ein regelmässiges Jahrringwachstum. 20 Jahre später sind es noch 10 Bäume (26 %). Die Bäume mit Wachstumsreduktionen kommen gleichmässig verteilt auf der ganzen Fläche vor. 1984 ist das Wachstum bei 11 Bäumen (unter anderem auch bei sehr deutlich reduzierten !) wieder verbessert (Abbildung 2f). Einige davon stehen am Bestandesrand und dürften von der Auflichtung 1978 profitiert haben, aber auch im Bestandesinneren sind Erholungen beobachtbar. In der Kronenregion sind bis Ende 1984 weniger Zuwachswechsel vorhanden als in der Stammfussregion. Fast ein Drittel der Bäume weist nur am Stammfuss einen Wachstumsknick auf, in der Kronenregion hingegen nicht.

### *Korrelationskoeffizienten (Tabelle 2)*

Der Korrelationskoeffizient zwischen den am stehenden und den am liegenden Baum angesprochenen Nadelverlusten ist erwartungsgemäss sehr hoch ( $r = 0,94$ ).

Tabelle 2. Korrelationskoeffizienten.

Korrelationskoeffizienten		NVL	NVS	NVF	AT	TL	HT	Z	R
Nadelverlust liegend	NVL		,94	,72	–,71	–,59	–,48	–,68	,38
Nadelverlust stehend	NVS	,94		,64	–,61	–,57	–,45	–,59	,38
Nadelverlust Luftbild	NVF	,72	,64		–,54	–,47	–,32	–,41	,42
Anzahl benadelte Triebe	AT	–,71	–,61	–,54		,59	,59	,53	–,20
Triebblängen 1981–1984	TL	–,59	–,57	–,47	,59		,52	,56	–,08
Höhentriebe 1981–1984	HT	–,48	–,45	–,32	,59	,52		,52	–,001
Zuwachs 1981–1984	Z	–,68	–,59	–,41	,53	,56	,52		–,38
Reduktionsphasen	R	,38	,38	,42	–,20	–,08	–,001	–,38	

Auch die Korrelation dieser beiden Grössen mit den Schadenklassen nach der Luftbildinterpretation ist mit 0,72 respektive 0,64 noch relativ gut. Das war zu erwarten, weil auf dem Luftbild im wesentlichen ebenfalls der Nadelverlust angesprochen wird, sofern nicht Verfärbungen wesentlich werden. Die reduzierte Korrelation zwischen der Luftbild- und der terrestrischen Auswertung liegt vorwiegend an den unterschiedlichen Auswerteverfahren der beiden Methoden und an den unterschiedlichen Schadstufeneinteilungen. Dazu kommt, dass gewisse Schäden von oben (Vogelperspektive) besser beurteilt werden als vom Boden und umgekehrt. Während man bei der terrestrischen Ansprache die Schäden im oberen Kronenbereich relativ schlecht beurteilen kann, sind auf dem Luftbild die Nadelverluste in den unteren Kronenpartien weniger gut zu erfassen. Da die Nadelverluste bei der Tanne vor allem von innen nach aussen und von unten nach oben fortschreiten, sind sie im Gelände besonders gut zu erkennen. Vergilbungen, die auf Luftbildern oft viel rascher als im Gelände erkannt werden, wurden im untersuchten Bestand kaum festgestellt.

Die Längen der Seiten- und Höhentriebe sind nicht sehr eng korreliert mit den Nadelverlusten. Etwas enger ist die Korrelation erwartungsgemäss zwischen den Nadelverlusten und der Anzahl der benadelten Triebe (–0,71 respektive –0,61). Vermutlich wäre diese Korrelation noch bedeutend grösser, wenn die Anzahl der benadelten Triebe an mehr als drei Ästen pro Baum angesprochen worden wäre.

Erstaunlich ist die enge Korrelation zwischen den Jahrringbreiten und den Nadelverlusten. Die bisher besprochenen Merkmale müssen alle miteinander korreliert sein, weil sie verschiedene Aspekte der Benadelung kennzeichnen, Nadelverlust und Holzzuwachs jedoch sind völlig voneinander verschiedene Phänomene. Ein Korrelationskoeffizient von  $-0,68$  muss daher als erstaunlich gross bezeichnet werden, insbesondere wenn man bedenkt, dass der Zuwachs auch noch von der Kronenmantelfläche, vom Mikrostandort, von den Konkurrenzverhältnissen und von den genetischen Eigenheiten des einzelnen Baumes abhängig ist. Die Korrelation zwischen dem Nadelverlust und dem relativen Zuwachs (Zuwachs 1984 dividiert durch Zuwachs 1950 bis 1970) ist ungefähr gleich gross.

Gering ist demgegenüber die Korrelation zwischen dem Vorkommen von Reduktionsphasen und dem Nadelverlust ( $0,38$ ), ja sogar zwischen Reduktionsphasen und Zuwachs ( $0,38$ ). Offensichtlich können die Zuwachsunterschiede zwischen den Bäumen nicht gut mit dem Vorkommen von Reduktionsphasen in Übereinstimmung gebracht werden. Das könnte auch die Erklärung dafür sein, dass in verschiedenen Untersuchungen kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Nadelverlust und den Reduktionsphasen gefunden worden ist (Schweingruber *et al.*, 1983, Schütz *et al.*, 1986), während wiederholt enge Zusammenhänge zwischen dem Nadelverlust und den Jahrringbreiten festgestellt wurden (Kiennen und Schuck, 1983, Kenk *et al.*, 1984). *Tabelle 3* zeigt, dass der Zuwachs in 1 m Höhe etwas besser mit dem Nadelverlust korreliert ist als derjenige am Ende des ersten Trämels in etwa 7 m Höhe, dass der Zuwachs in grösseren Höhen aber noch besser korreliert.

*Tabelle 3.* Mittelwerte des Zuwachses 1981 bis 1984 in verschiedenen Höhen am Stamm und Korrelationen mit dem Nadelverlust.

	Höhe 1 m	Höhe 2 m	Stammscheibe Höhe 3 m	Höhe 4 m (Krone)
Mittelwert	3,55	2,92	3,29	4,52
Korrelation	-,63	-,57	-,64	-,75

Wir dürfen annehmen, dass dieser Korrelationskoeffizient ein gutes Mass für den Informationsgehalt der Zuwachsmessung ist. Eine Zuwachsmessung ist also am wertvollsten im unteren Bereich der Krone und am wenigsten aussagekräftig in 5 bis 10 m Höhe. Wegen der Unregelmässigkeiten im Bereich der Wurzelanläufe ist die Zuwachsmessung unterhalb 1 m wenig sinnvoll.

Knickbestimmungen ergeben im unteren Stammbereich und in der Kronenregion unterschiedliche Ergebnisse (*Abbildung 9*). Obwohl im unteren Stammbereich mehr zufallsbedingte Schwankungen auftreten als im oberen, ist den

Ergebnissen aus diesem Stammbereich mehr Gewicht beizumessen, weil die zu erfassende Zeitspanne weit grösser und die Reaktionsfähigkeit auf äussere Ereignisse anscheinend besser ist.

Am stehenden Baum dürfte eine Zuwachsmessung an einem in Brusthöhe entnommenen Bohrspan am effizientesten sein. Sie ist dort billiger als in allen anderen Höhen und viel billiger als im Kronenbereich. Bei gefällten Bäumen werden mit Vorteil Stammscheiben entnommen und ausgewertet. In diesem Fall ist eine Scheibenentnahme im Bereich der Krone am billigsten, und gleichzeitig scheint dort die Information am grössten zu sein. Zuwachsmessungen in grösseren Höhen haben den weiteren Vorteil, dass dort nicht mit ausfallenden Jahrringen gerechnet werden muss, die in Brusthöhe unter Umständen wesentliche Verfälschungen des Zuwachses oder grossen zusätzlichen Aufwand bewirken können. Allerdings kann man im Kronenbereich weniger weit in die Vergangenheit zurückblicken.

Der Nadelverlust ist mit den Zuwächsen der letzten vier Jahre etwa gleich eng korreliert (Korrelationskoeffizienten 0,66 bis 0,67, *Tabelle 4*). Sogar mit dem Zuwachs im vorhergehenden Jahrzehnt (vor 5 bis 14 Jahren) ist der Nadelverlust noch gut korreliert, und erst in den noch früheren Jahrzehnten geht die Korrelation dann zurück.

*Tabelle 4.* Mittelwerte des Zuwachses über alle Höhen in verschiedenen Perioden und Korrelationen mit dem Nadelverlust.

	1951–1960	1961–1970	1971–1980	1981	1982	1983	1984
Mittelwert	1,86	1,22	,72	,67	,74	,83	1,10
Korrelation	–,42	–,53	–,63	–,66	–,67	–,67	–,67

#### *Der Zuwachs in Abhängigkeit vom Nadelverlust und von anderen Kenngrössen*

Nach *Kramer* (1986) lässt sich der Zuwachs der einzelnen Fichten relativ gut prognostizieren, wenn zusätzlich zum Nadelverlust die Kronenmantelfläche berücksichtigt wird. Weder der Nadelverlust noch die Kronenmantelfläche allein können den Zuwachs der einzelnen Bäume gut genug erklären. Um diese Aussage an unserem Datenmaterial zu überprüfen, wurde eine schrittweise multiple lineare Regression berechnet. Dabei zeigt sich, dass der Korrelationskoeffizient zwischen dem Nadelverlust und der mittleren Jahrringbreite mit 0,7 hoch signifikant und der zusätzliche Einfluss der Kronenmantelfläche, der sozialen Stellung oder der Schattenzahl zwar angedeutet, aber nicht mehr statistisch signifikant ist. Nur bei der separaten Untersuchung des Radialzuwachses in 20 m Höhe wird der Beitrag der Kronenmantelfläche bei der Erklärung der interindividuellen Zuwachsunterschiede schwach signifikant. Die Resultate zeigen allerdings nicht schlüssig, dass die von *Kramer* gefundenen Beziehungen

für die Tanne nicht gelten, da unser Kollektiv für dieses spezielle Problem zu klein und zu homogen war. Die teilweise sehr ausgeprägte Wasserreiserbildung kann bewirken, dass diese Zusammenhänge bei der Tanne weniger leicht nachweisbar sind (*Gerecke 1986*).

### **Zusammenfassung und Folgerungen**

In einem hundertjährigen Tannenbestand wurde der Gesundheitszustand von 38 Bäumen möglichst vielfältig untersucht: Sie wurden auf Infrarot-Luftbildern im Massstab 1:3000 interpretiert, und im Gelände wurden Nadelverlust und Vergilbung nach standardisierter Methode mit dem Feldstecher angesprochen. Am gefälltten Baum wurde die Krone erneut genau untersucht und dabei Nadelverlust, Vergilbung, Anzahl benadelte Triebe, Höhen- und Seitentrieblängen, Mistelbefall und anderes mehr bestimmt. Der Stamm wurde aufgeschnitten, um an Stammscheiben aus verschiedenen Höhen den Zuwachs und seinen Verlauf nach quantitativen und qualitativen Methoden ermitteln zu können.

- Auf dem Infrarotluftbild sind sehr deutliche Farbunterschiede zwischen den Tannen zu erkennen. Im Massstab 1:3000 zeigen sich zudem deutliche Unterschiede in der Struktur der Kronen. Diese Unterschiede stimmen zu einem grossen Teil mit den terrestrisch erkannten Benadelungsunterschieden überein. Störend kann sich ein Mistelbefall auswirken. Einzelne auf dem Luftbild festgestellte Unterschiede konnten terrestrisch nicht gedeutet werden. Die Untersuchung bestätigt, dass das Infrarotfarbluftbild für die grossflächige Erfassung der Schädigung der Tanne ein sehr nützliches Hilfsmittel darstellt, vor allem in Kombination mit terrestrischen Ansprachen. Die Bedeutung des Luftbildes als Dokument und zur Erkennung der Veränderungen ist gross. Sie könnte allerdings noch wesentlich grösser sein, wenn die Filmempfindlichkeit besser standardisiert würde.
- Die Ansprachen der Nadelverluste am stehenden und am liegenden Baum ergaben fast identische Resultate. Diese Ansprachen können bei gut ausgebildetem Personal sehr zuverlässig sein.
- Für die Tanne erweist sich die Bezeichnung «leicht geschädigt» für Bäume mit mehr als 10 % Nadelverlust als gerechtfertigt, ist doch ihr Zuwachs bereits merklich kleiner als derjenige von Bäumen mit kleineren Nadelverlusten.
- Die Nadelverlustprozente sind erwartungsgemäss eng mit der Anzahl der benadelten Triebe korreliert. Die Korrelation ist kleiner mit der Länge der Seitentriebe und noch geringer mit der Länge der Höhentriebe.
- Die Nadelverlustprozente sind erstaunlich eng mit dem Durchmesserzuwachs der letzten Jahre korreliert, am besten mit dem Durchmesserzuwachs im unteren Kronenbereich, am wenigsten eng in 5 bis 10 m Höhe.



- Die Kronenmantelfläche und andere Baummerkmale können zusätzlich zum Nadelverlust nicht wesentlich zur Schätzung des Zuwachses beitragen.
- Der Zuwachs ist im untersuchten Bestand während 30 Jahren kontinuierlich zurückgegangen und in den letzten vier Jahren wieder stark angestiegen. Der Zuwachsrückgang war an der Stammbasis im Durchschnitt aller Bäume etwas weniger ausgeprägt als in grösseren Höhen. Der Zuwachs der Bäume ohne Schadenmerkmale ist heute an der Stammbasis durchschnittlich am grössten, der Zuwachs der mittelstark geschädigten Bäume ist an der Stammbasis am kleinsten.
- Zuwachsuntersuchungen können mit Erfolg an in Brusthöhe entnommenen Bohrspänen vorgenommen werden. Wenn Bäume gefällt werden, eignen sich Stammscheiben aus der unteren Kronenregion am besten zur Zuwachsmessung, weniger gut hingegen für die Knickbestimmung. Für die Bestimmung des Volumenzuwachses müssen Schaftformveränderungen mit berücksichtigt werden.
- Mit der Bestimmung der abrupten Zuwachsänderungen (Knicke) werden individuelle starke physiologische Änderungen erfasst und zeitlich eingeordnet. Sie besagen, wann und wie viele Bäume auf ein gemeinsames Ereignis durch Wachstumsänderungen reagiert haben. Die Knickbestimmung ist eine einfache und sehr wirksame Methode zur Untersuchung der Zuwachsveränderungen im Laufe der Jahre. Für das untersuchte Kollektiv ergibt die Knickbestimmung: Die Jahre 1956, 1965, 1967, 1970 und 1976 zeichnen sich als starke reduktionsauslösende Jahre aus, die Jahre 1982 und 1984 sind Erholungsjahre. Die Anzahl der Zuwachsreduktionen nimmt von der Kronenregion zur Stammbasis hin zu. Die maximale Schädigung wird in der Krone fünf Jahre später als in der Stammbasis erreicht. Der grösste Erholungsschub (1982) läuft dagegen im ganzen Stamm synchron ab. Die Knickbestimmung eignet sich demgegenüber nicht gut zur Unterscheidung von gut benadelten, rasch wachsenden und schlecht benadelten, langsam wachsenden Tannen. Da die Methode nur Einflüsse auf die Baumvitalität erfasst, die abrupte Zuwachsänderungen auslösen, entgehen ausserdem mögliche latente Schädigungen, die eine kontinuierliche Abnahme der Jahrringbreiten zur Folge haben, der Untersuchung.
- Durch die Datierung der Jahrringe mit Hilfe von Weiserjahren können ausfallende Jahrringe mit relativ grosser Sicherheit festgestellt werden. Diese sind in 1 m Höhe selbst bei herrschenden Tannen häufig, in der Kronenregion fast nie beobachtet worden.

Die wichtigste Folgerung, die diese Untersuchung erneut bestätigt: Für die Beurteilung des Gesundheitszustandes des Baumes sind sowohl sein Zuwachs, seine Zuwachsänderungen als auch das Aussehen seiner Krone, beurteilt im Gelände und auf dem Luftbild, aussagekräftige Merkmale. Um Fehlbeurteilungen soweit als möglich zu vermeiden, sollten immer sowohl die Benadelungsdichte als auch der Zuwachs untersucht werden.

Die vorliegende Studie wurde von H. Kasper angeregt und von P. Greminger koordiniert. Die Kronen sind im Gelände von E. Müller taxiert worden, die Jahrringbreitemessungen hat E. Cereghetti ausgeführt. B. Oester war für die Messung der Kronen auf dem Luftbild besorgt. Viele wichtige Auswertearbeiten wurden von B. Ramp und E. Cereghetti erledigt. Allen sei für ihre sehr wertvolle Hilfe herzlich gedankt.

## Résumé

### Analyses de croissance et de houppiers d'arbres affaiblis

C'est dans un peuplement de sapins, âgé d'une centaine d'années, que 38 arbres ont été examinés, sous les angles les plus divers, afin de déterminer l'état de leur santé. Une interprétation a été faite sur la base de photos couleurs aériennes infrarouges présentées à l'échelle 1:3000. La perte des aiguilles et le jaunissement ont été taxés sur le terrain, à l'aide de la jumelle, conformément à la méthode standardisée. Puis, les houppiers des arbres abattus furent une nouvelle fois examinés. Il s'agissait d'analyser le houppier de manière plus précise et d'observer la perte des aiguilles, le jaunissement, le nombre de pousses munies d'aiguilles, la longueur des pousses latérales et en hauteur, le recouvrement de gui et autres. Le fût a été découpé en tranches de différentes hauteurs; cela nous a permis d'établir, selon des méthodes quantitatives et qualitatives, l'état de la croissance et son évolution.

La conclusion la plus importante que l'on puisse tirer de cet examen est la suivante: lors de l'analyse de la santé des arbres, des critères significatifs résident aussi bien dans les données touchant à la croissance et à ses modifications qu'à l'aspect du houppier examiné sur le terrain et sur la base de photos aériennes. Afin d'éviter, dans la mesure du possible, des erreurs d'interprétation, il faudrait toujours analyser aussi bien le facteur de la densité des aiguilles que celui de la croissance.

## Literatur

- Gerecke, K.-L., 1986: Zuwachsuntersuchungen an vorherrschenden Tannen aus Baden-Württemberg. *Allg. Forst- und Jagdzeitung* 157, 59–68.
- Hildebrandt, G., Kenneweg, H., 1970: Vegetationsschädigungen und ihre Erkennung im Luftbild. *Allgemeine Forstzeitschrift*, Heft Nr. 35, 741–744.
- Keller, W., 1978: Einfacher ertragskundlicher Bonitätsschlüssel für Waldbestände in der Schweiz. *Eidg. Anst. forstl. Versuchswes., Mitt.* 54, 1–98.
- Kenk, G., Kremer, W., Bonaventura, D., Gallus, M., 1984: Jahrring- und Zuwachsanalytische Untersuchungen in erkrankten Tannenbeständen des Landes Baden-Württemberg. *Mitteilungen Forstl. Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg*, Heft 12, 38 Seiten.
- Kiennen, L., Schuck, H.J., 1983: Untersuchungen über die Zuwachsentwicklung bei erkrankten Tannen. *Eur. J. For. Path.* 13 (1983), 289–295.
- Kramer, H., 1986: Beziehungen zwischen Kronenschadbild und Volumenzuwachs bei erkrankten Fichten. *Allg. Forst- u. J.-Ztg.*, 157, 22–27.
- Leibundgut, H., 1974: Zum Problem des Tannensterbens. *Schweiz. Zeitschrift für Forstwesen* 125, 476–484.

- Masumy, S.A.*, 1983: Infrarot-Farbluftbilder als Grundlage zur Inventur der grossräumigen Waldschäden. Allgemeine Forstzeitschrift, Heft Nr. 46/47, 1250–1251.
- Masumy, S.A.*, 1984: Interpretationsschlüssel zur Auswertung von Infrarot-Farbluftbildern für die Waldschadeninventur. Allgemeine Forstzeitschrift, Heft Nr. 27, 687–689.
- Pollanschütz, J.*, 1985: Zur Frage Nadelverluste und Kronenverlichtung bei Fichte. Allg. Forstzeitung, 110–114.
- Röhle, H.*, 1985: Ertragskundliche Aspekte der Walderkrankungen. Forstw. Cbl. 104, 225–242.
- Schmid-Haas, P.*, 1985: Der Gesundheitszustand des Schweizer Waldes 1984. Schweiz. Zeitschrift für Forstwesen 136, 251–273; Eidg. Anst. forstl. Versuchswes., Birmensdorf, Ber. 272.
- Schütz, J.-Ph., Grunder, K., Mandallaz, D.*, 1986: Die Vitalität der Weisstannen und ihre Abhängigkeit von bestandesstrukturellen, ertragskundlichen, ernährungskundlichen und waldbaulichen Variablen. Forstwissenschaftliches Centralblatt. Im Druck.
- Schweingruber, F., Kontic, R., Winkler-Seifert, A.*, 1983: Eine jahrringanalytische Studie zum Nadelbaumsterben in der Schweiz. Eidg. Anst. forstl. Versuchswes., Birmensdorf, Ber. 253, 29 S.