

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
Herausgeber: Schweizerischer Forstverein
Band: 136 (1985)
Heft: 5

Artikel: Erfassung der Immissionsschadenentwicklung in einer Forstverwaltung
Autor: Lätt, Niklaus
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-764476>

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: 13.01.2026

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

Erfassung der Immissionsschadenentwicklung in einer Forstverwaltung¹

Von Niklaus Lätt, Lenzburg

Oxf.: 48

1. Ausgangslage

In der Forstverwaltung Lenzburg werden die Wälder der Ortsbürgergemeinden Lenzburg, Ammerswil, Niederlenz und Othmarsingen unter der Leitung eines Forstingenieurs bewirtschaftet. Die bestockte Waldfläche beträgt 985 ha, der Durchschnittsvorrat 324 sv/ha und die Jahresnutzung 9,4 Fm/ha. Ergebnisse der Bewirtschaftung wurden 1961 von *Köstler* (7) und 1973 in dieser Zeitschrift beschrieben (2, 9). Die traditionell meist während langen Zeiträumen tätigen Wirtschaftler (Walo von Greyerz 1847–1897, Walther Deck 1914–1956) sind von den vier Ortsbürgergemeinden direkt angestellt und am Geschick dieses Waldes auch persönlich stark interessiert. (*Tabelle 1*).

Neben der Tanne sind auch hier in jüngerer Zeit verschiedene Nadel- und Laubbaumarten mit neuartigen Schadensanzeichen erkrankt. Schon seit mehreren Jahren war es die Hagebuche, ab 1982 verbreitet die Fichte und ab Blattaustrieb 1983 in starkem Masse die Buche sowie die bei uns ebenfalls wichtige Lärche (diese auch im Jungwald stark) und die Föhre. Der Kanton lässt das Ausmass dieser Schäden gegenwärtig mittels Infrarot-Luftbildern, die im Sommer 1984 aufgenommen worden waren, feststellen und kartieren. Der Zustand unseres Waldes von Mitte 1984, über alle Baumarten und Entwicklungsstufen, sollte also im Laufe des Jahres 1985 bekannt sein.

In einer Technischen Forstverwaltung obliegt dem Forstingenieur die Bearbeitung aller Planungen. Nebst dem Ausmass der Waldschäden sind für ihn Erkenntnisse über die Richtung und das Tempo der Schadensentwicklung unerlässlich, sonst läuft er Gefahr, Handlungsfreiheit zu verlieren. Die rapide Zunahme der Fichtenerkrankung zwischen Herbst 1980 und Frühjahr 1983 auf den Beobachtungsflächen der baden-württembergischen Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt sowie Veröffentlichungen von *Reichelt* (11, 12, 13) wirkten gegen Ende 1983 alarmierend. Würde nämlich bei uns die Erkrankung in

¹ Ergänzttes Referat, gehalten am 26. Oktober 1984 anlässlich der Jahresversammlung des Schweizerischen Arbeitskreises für Forsteinrichtung (SAFE) in Luzern.

gleicher Art wie in Südwestdeutschland zunehmen, so könnten — wenn wir von unseren Sanasilva-Schätzungen vom Herbst 1983 ausgehen — bei Tanne und Fichte bereits 1985 kritische Zustände eintreten, das heisst es gäbe dann praktisch keine gesunden Bäume mehr, und der Anteil der kranken bis absterbenden Bäume läge über 90 %.

Es wurde daher nach einem einfachen und rasch durchführbaren Verfahren gesucht, um Aufschluss über Gesundheitszustand und Entwicklung in unserem Wald zu erhalten. Es wurde ähnlich vorgegangen, wie es Reichelt beschrieb (12).

Es war naheliegend, die Fichte zu untersuchen. Nach damaligem Wissen war anzunehmen, dass ihre Schadensentwicklung auch Hinweise auf andere Baumarten geben könnte. Zudem war zu erwarten, dass vor allem das Starkholz rasch erkrankt. Da die Fichte über 36 cm Brusthöhendurchmesser in unserem starkholzreichen Wald 31 % Anteil am gesamten Starkholzvorrat hat (Stufen 36 und darüber), kann mit dieser Baumart ein erheblicher und wirtschaftlich bedeutender Anteil des voraussichtlich am meisten gefährdeten Vorrates kontrolliert werden.

Tabelle 1. Kluppierter Holzvorrat in der Forstverwaltung.

Stärkeklasse	I		II		III		IV		Gesamt		
BHD	18 + 22		26 - 34		38 - 50		> 54				
Baumarten	Stz.	Sv./Tfm.	Stz.	Sv./Tfm.	Stz.	Sv./Tfm.	Stz.	Sv./Tfm.	Stz.	Sv./Tfm.	%
Fichte	19090	6038	13419	11074	14888	29822	9324	42254	56721	89190	28
Tanne	12327	3978	9224	7419	4809	9109	2388	11078	28748	31582	10
Föhre	382	116	488	453	3317	7319	3748	14876	7935	22762	7
Lärche	2607	800	956	758	1862	4064	4753	22278	10178	27901	9
W'föhre	596	183	283	220	216	459	911	4956	2006	5818	2
Total Ndh	35002	11111	24370	19922	25092	50775	21124	95444	105588	177253	56
Buche	33349	10556	21081	17023	13092	25146	5149	21867	72671	74595	23
Eiche	3366	1116	5599	4806	5625	10787	2967	14232	17557	30938	10
übr. Lbh	24353	7771	15878	12525	6248	11516	1150	4510	47629	36324	11
Total Lbh	61068	19441	42558	34357	24965	47454	9266	40607	137857	141857	44
Gesamt	96070	30554	66928	54276	50057	98228	30390	136046	243445	319110	100
je ha in %	97	31 10	68	55 17	51	100 31	31	138 42	247	324 100	

(Vollkluppierung seit 8, Stehendkontrolle der Nutzungen seit 6 Perioden)

2. Verfahren

Unser Wald stockt auf 355 bis 650 m ü.M., je zur Hälfte in der Ebene (Niederterrassenschotter) und im Hügelgebiet (Molasse). Der westliche Teil liegt dem Ballungsgebiet Aarau—Lenzburg näher als der östliche. Um allfällig unterschiedliche Entwicklungen in diesen Teilen erfassen zu können, lag es auf der Hand, die Bildung von zwei bis vier Gruppen anzustreben, wobei eine Gruppe mindestens 5 Stichproben umfassen sollte. Ein Netz von 700 x 700 m, dessen Ausgangspunkt bei einer Stichprobe des Landesforstinventars liegt (Koordinaten 654/251), ergab 14 Stichproben im ebenen und 13 Stichproben im hügeligen Teil, durchschnittlich eine Stichprobe auf 36,5 ha Wald.

Um möglichst rasch Angaben über die Schadensentwicklung zu bekommen (den regionalen Zustand in einem früheren Zeitpunkt wird uns das Sanasilva-Programm, ergänzt durch die kantonale Kartierung, liefern), wurde versucht, zwischen den üblichen Schadensklassen 0 bis 4 Zwischenklassen (0,5; 1,5 usw.) einzufügen. Bei den Aufnahmen wurde dies so durchgeführt, dass nicht etwa die ohnehin schwierig zu erkennenden Nadelverlust-Grenzwerte halbiert wurden, sondern dass der Baum zuerst in eine ganze Schadensklasse eingestuft wurde. Unter Berücksichtigung der besonders auffallenden Symptome, welche den verschiedenen Schadensklassen zugeordnet werden, wurde hierauf beurteilt, ob die vorgesehene Einstufung «eher zu hoch», «gerade richtig» oder «eher zu tief» war. Im mittleren Fall wurde der Baum dann in die ganze Schadensklasse, in den beiden anderen Fällen in die entsprechende halbe Klasse eingereiht.

Zur Festlegung des Stichprobenumfanges wurde von einer geschätzten Standardabweichung $s = 0,65$ und einem geschätzten Wert $t = 2$ ausgegangen (der ja für eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,05 angenähert ab etwa 12 und mehr Freiheitsgraden gilt). Der Stichprobenumfang ergab sich, bei einem gewünschten Genauigkeitsgrad $e = 0,1$, aus $n \geq \frac{t^2 \cdot s^2}{e^2}$ mit rund 170 Bäumen.

Das dann gewählte Netz von 27 Stichproben zu 13 Bäumen sollte somit für die 14 Stichproben in der Ebene (182 Bäume) wie für die 13 im Hügелgebiet (169 Bäume) für den Genauigkeitsgrad 0,1 genügen, für den Gesamtwald (351 Bäume) nicht mehr als 7 % Abweichung ergeben.

Nach drei durchgeführten Aufnahmen ergibt sich aus den Varianzen der Schadenswerte, dass die gewünschte Genauigkeit eingehalten wird. Die aus den 351 Probebäumen erhaltenen Resultate sind also auf den Gesamtwald übertragbar, sofern es gelungen ist, die Schadensbildbeurteilung zuverlässig in Schadenswerte umzusetzen. Der Verfasser wollte möglichst scharfe Auswerteverfahren anwenden und ist davon ausgegangen, dass die Schadenswerte der Probebäume diskrete (nicht kontinuierliche) Messwerte in einer Skala, die von 0 über 0,5 bis 4 reicht, darstellen. Bei einigen Tests war nur die Rangfolge massgebend (dann wurde also nicht vorausgesetzt, dass die Intervalle in dieser Skala alle gleich gross sind).

Immer mit dem Ziel, rasch Kenntnis über die Schadensentwicklung zu erhalten, wurden zwei Aufnahmen pro Jahr vorgesehen. Es war klar, dass die eine davon beim Höchststand der Benadelung, also im Sommer nach dem neuen Austrieb, erfolgen sollte. Dagegen war es schwieriger, den geeigneten Zeitpunkt für den Tiefststand zu ermitteln (er besteht wohl noch im April vor dem Austrieb, könnte aber, zum Beispiel nach Herbstregen, Novemberstürmen und Frost schon einige Zeit vorher eingetreten sein). Es wurden, auch wegen der Arbeitsbelastung, der Februar und der Juli gewählt.

Die zweite Aufnahme wurde ganz unabhängig von den Bewertungen der Erstaufnahme durchgeführt (diese blieben zu Hause und wurden erst nach er-

folgter Auswertung der Zweitaufnahme wieder angesehen). Bei der dritten Aufnahme nahm der Verfasser zuerst die Beurteilung vor, verglich diese mit den vorangegangenen Bewertungen und setzte sie dann definitiv fest. Die Beobachtung erfolgte mit einem zwölfmal vergrößernden Feldstecher. Schon bei der dritten Aufnahme erwies es sich als sehr nützlich, dass in jeder Stichprobe einzelne günstig stehende Bäume von verpflochten Standorten aus mit Brennweiten von 50 bis 135 mm auf Farbnegativfilm fotografiert worden waren. Von den Kleinbildfilmen wurden sogenannte Archivkopien im Format 56 x 37 mm erstellt und untereinander auf einen Karton geklebt. Dieses Format war zum Vergleichen mit dem neuen Kronenzustand günstig und erleichterte besonders bei schwierigeren Wetter- und Lichtverhältnissen die «Eichung» beim Ansprechen.

3. Aufnahme

Bei jedem der 27 Netzkpunkte wurden die 13 nächststehenden, herrschenden oder mitherrschenden Fichten mit Farbe dauerhaft nummeriert.

Pro Stichprobe wurden festgehalten: Nummer, Waldort und Abteilung, Meereshöhe, Exposition, Hangneigung in % und Standort. Für letzteren bildete die pflanzensoziologische Kartierung die Grundlage; je nach Ertragsfähigkeit wurde die Stichprobe in 1 = gut, 2 = mittel, 3 = gering eingestuft.

Bei der Erstaufnahme wurden für jeden Baum notiert:

- kreuzweise ermittelter Brusthöhendurchmesser,
- die «relative Kronenlänge» als geschätztes Verhältnis zwischen Kronenlänge und Baumhöhe, mit den Werten 1: unter $\frac{1}{4}$, 2: $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$, 3: über $\frac{1}{3}$,
- die «relative Kronenform» mit den Schätzwerten 1: schmal, 2: mittel, 3: breit,
- die Stellung des Baumes, nämlich frei am Bestandesrand, frei innerhalb des Bestandes oder unmittelbar benachbart von einem etwa gleich hohen Baum in einer oder in mehreren Himmelsrichtungen,
- ob beim Baum Nebenbestand vorhanden ist oder nicht (was auch Rückschlüsse auf die Bestandesdichte zulässt)
- sichtbare andere als Immissionsschäden (Wurzelfäule, Rindenverletzungen, Kronenbruch, Blitzeinschlag, Käfer- und Holzwespenbefall).

Bei der Erstaufnahme und jeder Aufnahmewiederholung wurden festgehalten:

- Datum, Zeit und Witterung,
- Einstufung in die Schadensklasse,
- ein bis vier besonders auffallende Symptome (zum Beispiel 12 = beginnende Kronenverlichtung von innen nach aussen, 22 = Lamettazweige 2. Ordnung häufig, 26 = einzelne ganze Zweige und viele jüngere Abschnitte

- braun/rot, 32 = Astverlauf durchgehend sichtbar oder einzelne Äste tot, 42 = Mehrzahl der Zweige nur noch zu $\frac{1}{3}$ der Zweiglänge benadelt usw.),
- Zapfenbehang (alte und/oder neue Zapfen, viel oder wenig),
 - Angaben zu den Fotografien (Weitwinkelübersicht der ganzen Stichprobe und Teleaufnahmen einzelner Kronen).

Für die Erstaufnahme (inklusive Markierungen und Verpflockung) benötigte der Verfasser 1,5 bis 2 Stunden pro Stichprobe, für die Aufnahmewiederholungen knapp die Hälfte davon, inklusive Verschiebezeiten. Dieser Aufwand ist sicher vertretbar.

4. Auswertung

Anders sah es mit dem Zeitaufwand für die Auswertung aus, wenn man von dem rasch gerechneten Schadensdurchschnittswert absieht. Ein Rechenzentrum mit Statistikprogrammen stand nicht zur Verfügung. In einer Forstverwaltung ist man sich aber gewohnt, auf eigenen Füßen zu stehen und sich in nicht alltäglichen Situationen mit improvisierten Mitteln zu behelfen. Der Verfasser, mit Programmierarbeit zu Hause an seinem 1980 privat angeschafften Mikrocomputer schon ziemlich vertraut, hatte sich aber zu Beginn doch nicht vorgestellt, so viele abendliche und Wochenendstunden mit dem Schreiben und Testen der nötigen BASIC-Programme verbringen zu müssen. Schliesslich standen diese aber doch alle, auf Disketten gespeichert, zur Verfügung, so dass die Auswertung von Aufnahmewiederholungen jetzt nicht mehr viel Mühe bereitet. Bis Freitag, 8. Februar 1985, wurden die Stichproben zum dritten Mal aufgenommen. Am Sonntag darauf lagen die Ergebnisse ausgedruckt vor.

Grundsätzlich könnten die Berechnungen auch auf einem programmierbaren Taschenrechner erfolgen, den wohl viele Forstingenieure besitzen (ein Statistik-Modul ist von Vorteil). Ratschläge in dieser Hinsicht will der Verfasser nicht erteilen, ist er doch als praktisch tätiger Forstmann der alten Generation schon froh, wenn er einen Weg zur Lösung seiner Probleme gefunden hat, auch wenn es nicht der glätteste ist.

5. Ergebnisse

Der mittlere Schadenswert für die herrschenden und mitherrschenden Fichten ist im ersten Halbjahr wenig, im zweiten dagegen stärker angestiegen und liegt jetzt nahe bei 2 = krank. Die Streuung ist von Aufnahme zu Aufnahme enger geworden. Die Verschlechterung ist signifikant, nicht zufällig entstanden (Wilcoxon-Paardifferenztest: $z_{1,2} = 3,4769$, $z_{2,3} = 2,8298$). Obwohl die dritte

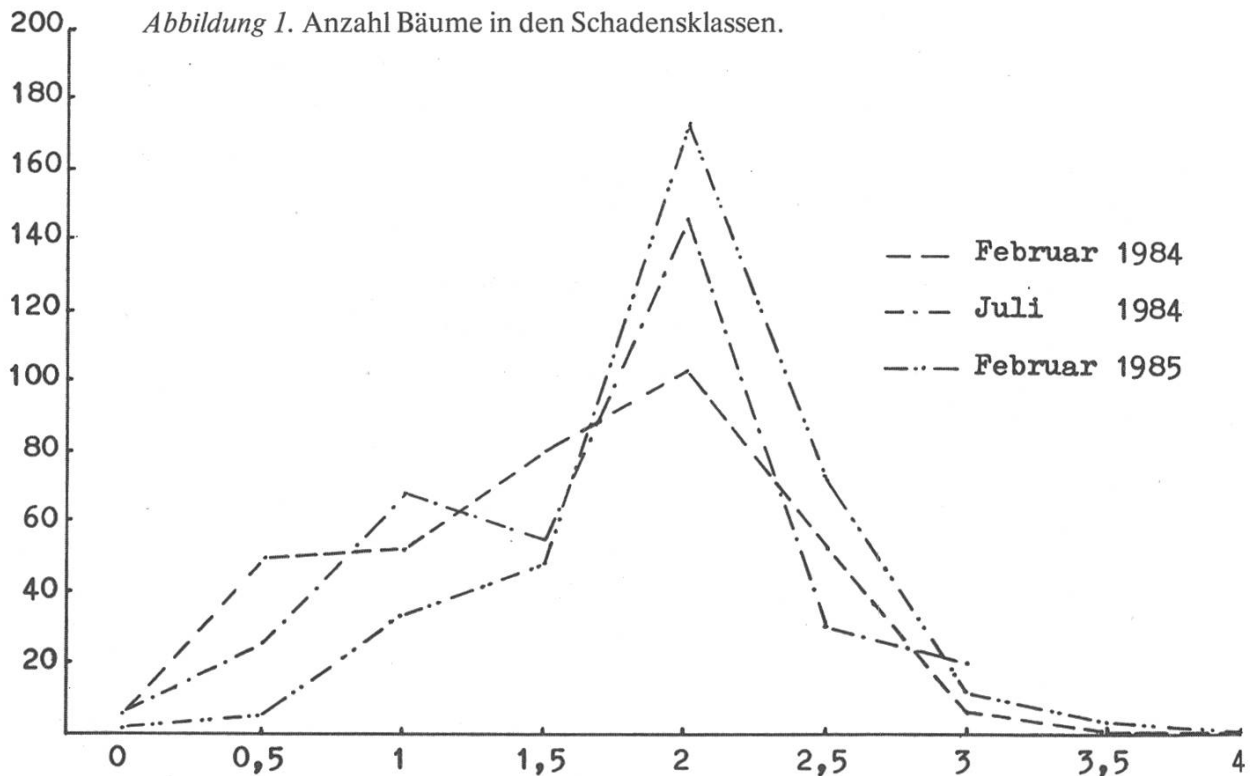


Tabelle 2. Aufnahmeergebnisse.

	1. Aufnahme Februar 1984	2. Aufnahme Juli 1984	3. Aufnahme Februar 1985
Arithmetisches Mittel der Schadenswerte	1,60	1,68	1,94
Standard-Abweichung	0,711	0,668	0,535
Variations-Koeffizient	0,445	0,397	0,276

Aufnahme jeweils in Kenntnis der beiden vorausgegangenen erfolgte, blieb die Zufälligkeit gewahrt (baumweiser Iterationstest zwischen den Aufnahmen). Die Veränderung der Mittelwerte der vier Stichprobengruppen (t-Test für abhängige Stichproben) ist ebenfalls signifikant, zwischen der 1. und 2. Aufnahme allerdings nur schwach (Abbildung 1, Tabelle 2).

Überträgt man die mittleren Schadenswerte auf eine von 1 bis 100 % reichende Schadensindexskala (man könnte mit Vorbehalt auch von einer Nadelverlust-Prozentskala sprechen), so ergibt sich der in Abbildung 2 dargestellte Ablauf.

Schadenswerte

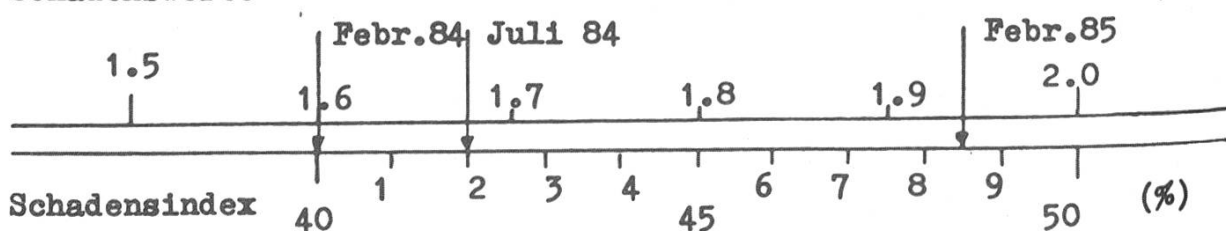


Abbildung 2. Schadensentwicklung.

Dieser Schadensindex hat also vom Februar 1984 bis zum Juli 1984 von 40 auf 42 und dann bis zum Februar 1985 auf 48,5 zugenommen.

Für die schwache Zunahme bis zum Sommer gibt es wohl die Erklärung, dass nach dem Austrieb zu den vorher noch vorhandenen 3 bis 4 Nadeljahrgängen etwa ein Viertel der Nadelmasse neu hinzugekommen ist. Wäre die Erkrankung nach dem Februar 1984 stillgestanden, hätte sich demnach der Schadenswert auf etwa 1,2 verbessern müssen. Die tatsächlichen Ergebnisse lassen vorläufig vermuten, dass im Gegenteil die Erkrankung vom Winter zum Sommer stärker fortgeschritten ist als vom Sommer zum Winter. Zur Bestätigung sind zuerst weitere Aufnahmewiederholungen nötig.

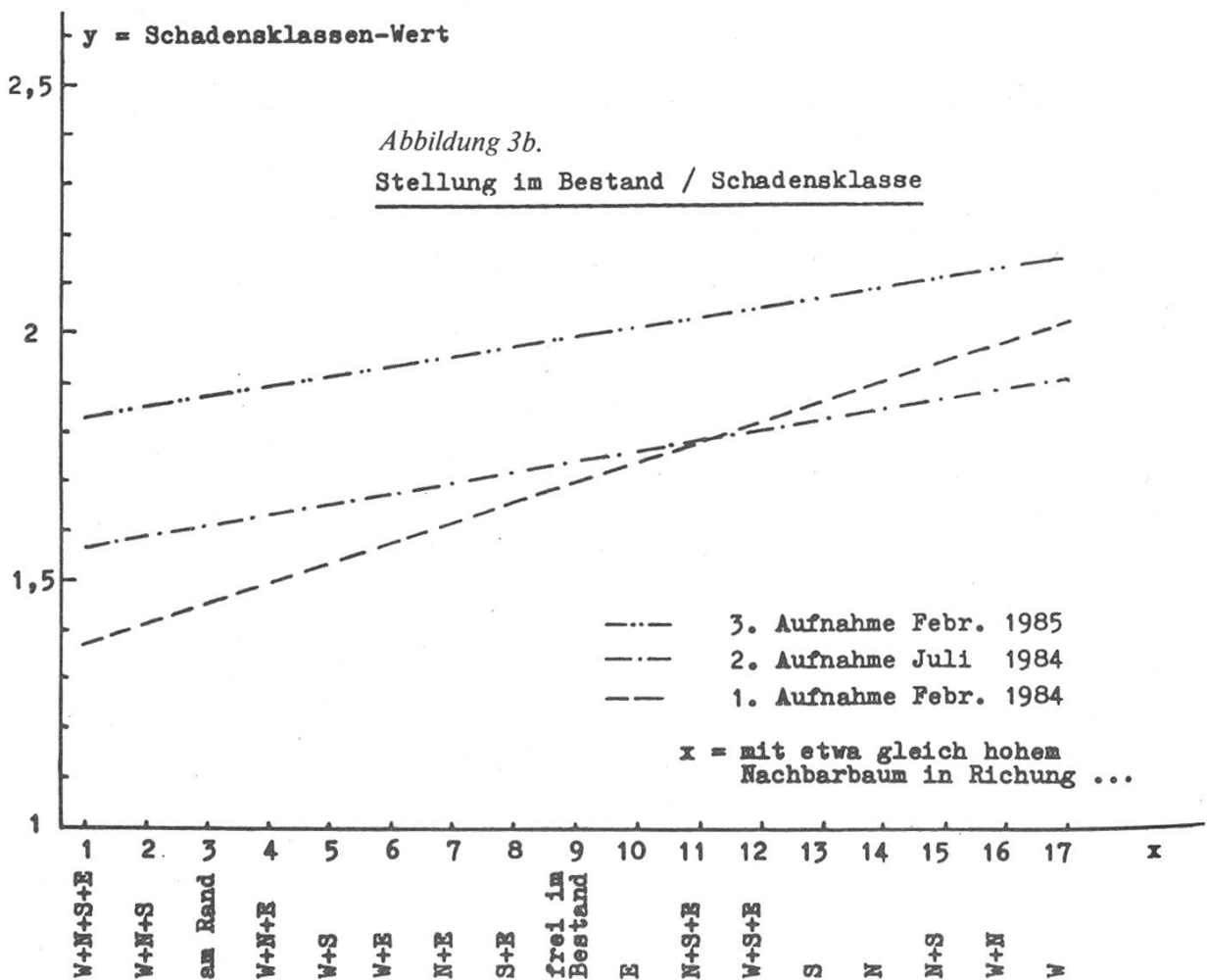
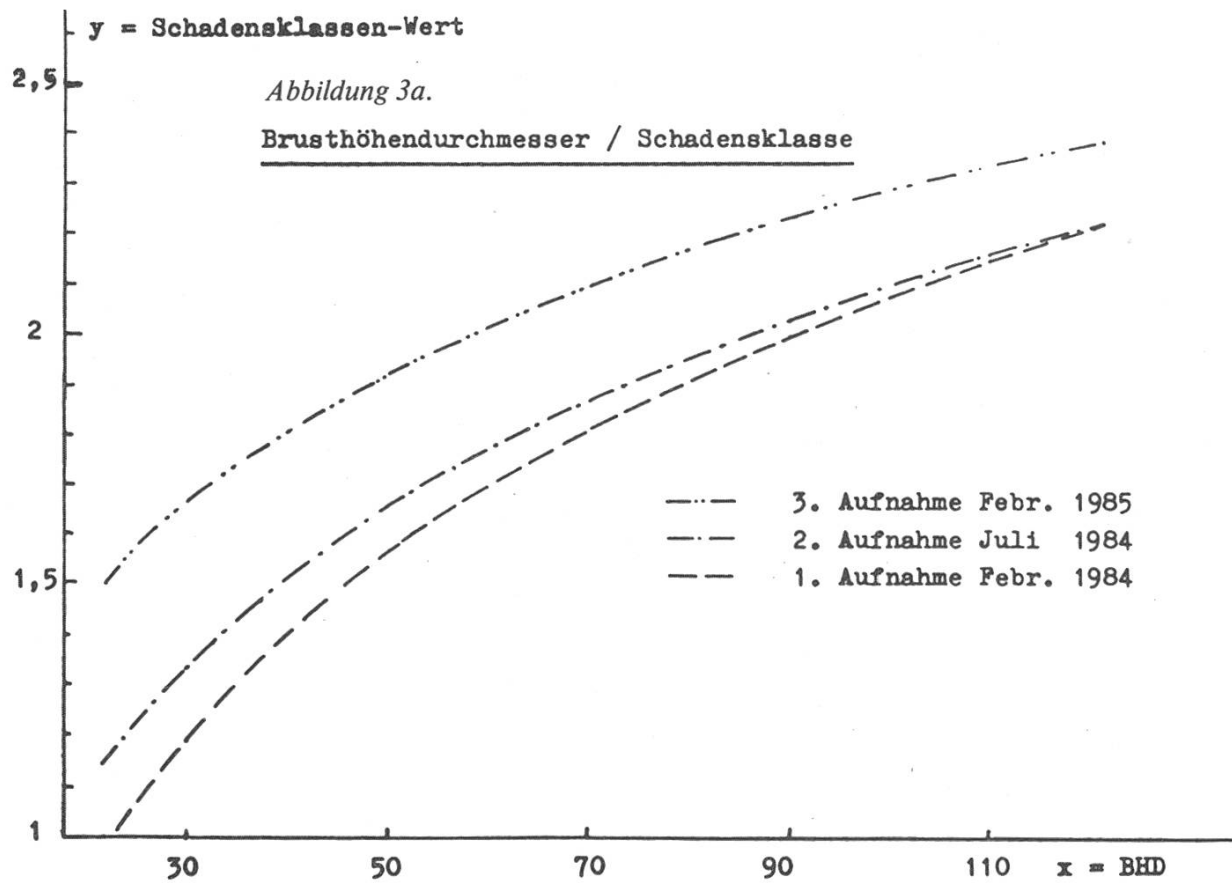
Nach (14) sind an den 556 beigemischten Fichten auf 17 Tannenbeobachtungsflächen in Baden-Württemberg folgende Nadelverluste ermittelt worden:

<i>Zeitpunkt</i>	<i>Herbst</i>	<i>Frühj.</i>	<i>Herbst</i>	<i>Frühj.</i>	<i>Herbst</i>	<i>Frühj.</i>	<i>Herbst</i>	<i>Frühj.</i>
	1980	1981	1981	1982	1982	1983	1983	1984
Nadelverlust	1 %	4 %	7 %	14 %	22 %	28 %	31 %	35 %
Zunahme		3	3	7	8	6	3	4

Zwischen Herbst 1981 und Frühjahr 1983 ist die Erkrankung dort etwa gleich rasch fortgeschritten wie bei uns von Juli 1984 bis Februar 1985.

Drei Aufnahmen, wie wir sie vorläufig haben, erlauben natürlich noch keine gesicherte Prognose. Wir haben trotzdem für die Forstverwaltung ein vorläufiges Modell aufgestellt, wobei wir annahmen, dass — wie in Baden-Württemberg — der Übergang von «kränkelnd» zu «krank» bei der Fichte sehr rasch erfolgt, der Anteil der «kritisch geschädigten» Bäume vorläufig nur langsam zunehmen wird. Aus Platzgründen wird auf seine Wiedergabe verzichtet. Dafür seien noch einige Detailergebnisse bekanntgegeben.

Für die bisherigen drei Aufnahmen wurden Regressionsrechnungen durchgeführt, mit y als jeweiliger Schadensklassenwert jeden Baumes und x als eines der an ihm bzw. an seiner 13er-Gruppe aufgenommenen Merkmale. Ausser der linearen wurden jeweils exponentielle, geometrische und logarithmische Regressionen gerechnet und eine Polynomanpassung bis 6. Grades gesucht. Die statistische Sicherheit der Korrelation wurde mit dem F-Test überprüft (einseitiger Test mit der Alternativhypothese $\sigma_1^2 > \sigma_2^2$ gegen die Nullhypothese $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$). Wo eine lineare Regression signifikant war, ist sie in der nachfolgenden Übersicht enthalten, zudem noch die beste Anpassung anderer Art. Zu den x -Werten ist folgendes zu bemerken (*Abbildung 3*):



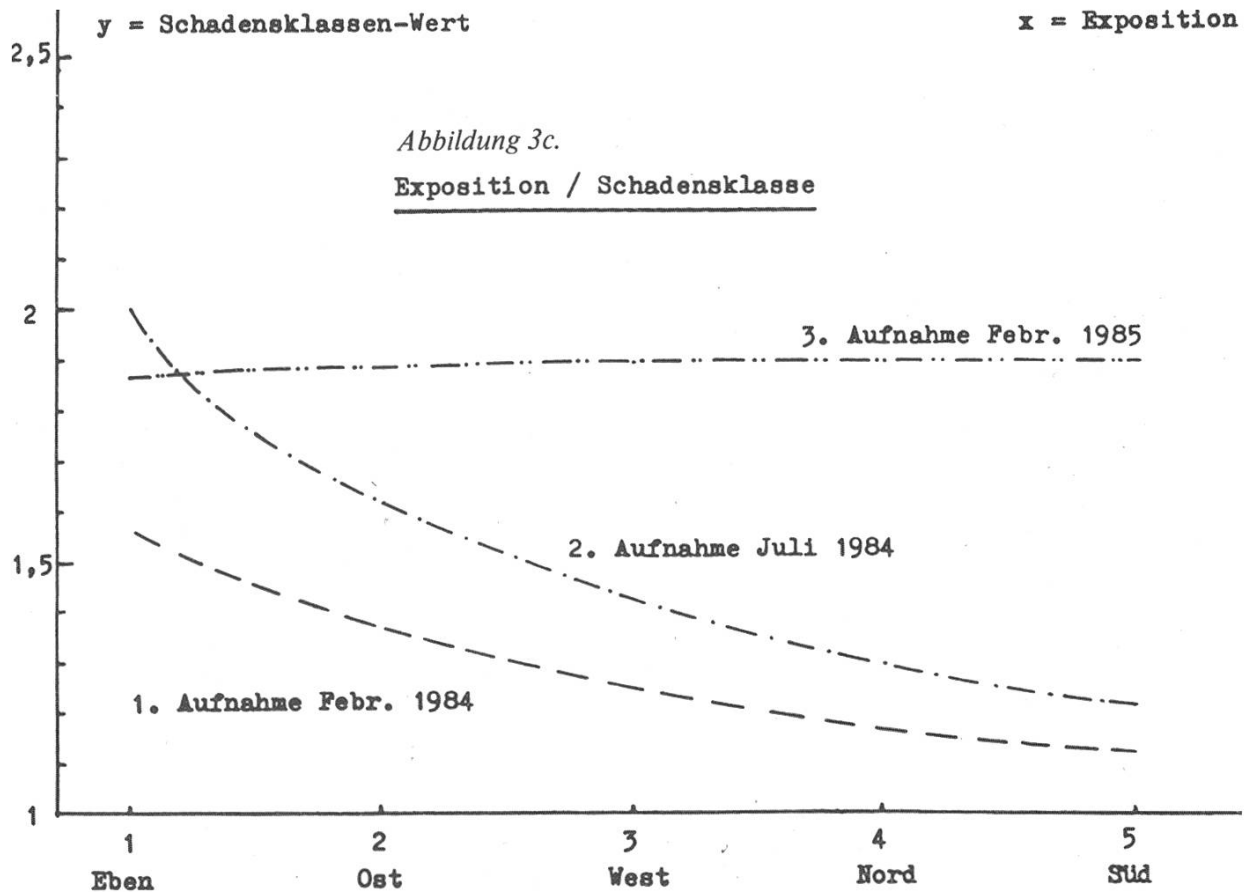


Abbildung 3. Graphische Darstellung von drei Regressionsgleichungen:

- | | | |
|---|---|-----------|
| <ul style="list-style-type: none"> a) logarithmische ($y = a + b \cdot \ln x$) b) lineare ($y = a + b \cdot x$) c) geometrische ($y = a \cdot x^b$) | } | Anpassung |
|---|---|-----------|

BHD

aufsteigend gemessen auf 0,5 cm genau. Linear bei allen 3 Aufnahmen. Signifikant beste Werte mit logarithmischer Regression.

Kronenlänge

in der Reihenfolge $\frac{1}{4} - \frac{1}{3}$, $> \frac{1}{3}$, $< \frac{1}{4}$. Linear nur in der 1. und 3. Aufnahme, geometrisch in allen Aufnahmen signifikant.

Kronenform

keine signifikante Korrelation, auch kein Polynom möglich.

Kronengrösse (als Produkt aus Kronenlänge und Kronenform gerechnet)

keine signifikante Korrelation, auch kein signifikantes Polynom.

Stellung im Bestand

in der aufsteigenden Folge: abgedeckt von Richtung W+N+S+E her, von W+N+S her, am Rand stehend, abgedeckt von Richtung W+N+E her, W+S, W+E, N+E, S+E, frei im Bestand stehend, abgedeckt von Richtung E

her, N+S+E, W+S+E, S, N, N+S, W+N, W, linear hochsignifikante Korrelation in allen 3 Aufnahmen.

Nebenbestand

in der Folge: vorhanden, nicht vorhanden. Signifikanz in allen drei Aufnahmen.

Meereshöhe

signifikant mit exponentieller und geometrischer Regression nur in der 1. und 2. Aufnahme. Polynome möglich.

Hangneigung

keine in allen 3 Aufnahmen signifikante Regressionsform, auch Polynom nur in 2. Aufnahme signifikant.

Exposition

in der Reihenfolge Eben — Ost — West — Nord — Süd linear in der 1. und 2. Aufnahme signifikant, in der 3. nicht. Geometrische Regression in allen 3 Aufnahmen signifikant.

Die engste Korrelation besteht zwischen Schadenswert und BHD sowie zwischen dem Schadenswert und der Stellung des Baumes im Bestand. Diese beiden Merkmale liefern entsprechend die grössten Bestimmtheitsmasse. Die Regressionsfunktionen der Exposition, des Vorhandenseins von Nebenbestand und der Kronenlänge liefern nur wenig Anteil an die Erklärung der Variation des Schadenswertes. Mit der Meereshöhe bestand bei der 1. und der 2. Aufnahme eine Korrelation, solange die unten in der Ebene liegenden Stichproben stärker geschädigt waren, als diejenigen im Hüggebiet. Mit der Kronenform, mit der Kronengrösse und mit der Hangneigung konnte aus den baumweise gerechneten Regressionsfunktionen keine Korrelation des Schadenswertes gefunden werden (Tabelle 3).

Tabelle 3. Ergebnisse der Regressionsrechnungen (y = Schadensklassen-Wert).

Merkmal x	Regress. Gleichung	Februar 1984					Juli 1984					Februar 1985				
		a	b	Best. Mass	Korr. r	Stat. Sich.	a	b	Best. Mass	Korr. r	Stat. Sich.	a	b	Best. Mass	Korr. r	Stat. Sich.
BHD	$y=a+b \cdot x$ $y=a+b \cdot \ln x$	0,8916 -1,3218	0,0130 0,7395	0,095 0,107	0,309 0,327	0,999 0,999	1,0726 -0,8032	0,0112 0,6297	0,081 0,088	0,284 0,296	0,999 0,999	1,4486 -0,1101	0,0091 0,5198	0,082 0,093	0,287 0,305	0,999 0,999
Kronen- länge	$y=a+b \cdot x$ $y=a \cdot x^b$	1,4482 1,3095	0,1009 0,0394	0,029 0,018	0,171 0,136	0,998 0,989	— 1,7566	— -0,2267	— 0,033	0,017 0,181	0,248 0,999	1,8832 1,8734	0,0396 0,0135	0,800 0,011	0,089 0,106	0,910 0,956
Kronen- form	$y=a+b \cdot x$	—	—	—	0,058	0,723	1,4532	0,1154	0,013	0,113	0,968	—	—	—	0,087	0,901
Stellung im Bestand	$y=a+b \cdot x$	1,3302	0,0412	0,100	0,316	0,999	1,5429	0,0215	0,031	0,176	0,998	1,8153	0,0195	0,040	0,199	0,999
Neben- bestand	$y=a+b \cdot x$	1,8807	-0,2460	0,016	0,128	0,984	2,0536	-0,3218	0,032	0,178	0,999	2,1072	-0,1435	0,982	0,999	0,940
Meeres- höhe	$y=a \cdot e^{b \cdot x}$ $y=a \cdot x^b$	33,7858 0,37109	-0,0074 -3,2028	0,056 0,045	0,237 0,213	0,999 0,999	6,9147 0,34105	-0,0038 -1,6742	0,015 0,012	0,121 0,112	0,978 0,966	—	—	—	0,015 0,012	0,218 0,178
Hang- neigung	$y=a+b \cdot \ln x$	1,7230	-0,0649	0,012	0,112	0,966	—	—	—	0,056	0,704	—	—	—	0,038	0,485
Exposi- tion	$y=a+b \cdot x$ $y=a \cdot x^b$	1,6901 1,5682	-0,0088 -0,2065	0,027 0,0185	0,164 0,136	0,997 0,989	1,7622 2,0000	-0,0076 -0,3110	0,022 0,042	0,150 0,206	0,995 0,999	—	—	—	0,057 0,106	0,712 0,955

Tabelle 4. Regressionsgleichung für 7 unabhängige Variablen.

Multiple Regressionsrechnung für die

1. Aufnahme

2. Aufnahme

3. Aufnahme

KORRELATIONSMATRIX

VARIABLE	MITTELWERT	STD. ABWEICHUNG
Sch.Kl.	1.5968661	0.45774704
BHD	54.343305	12.271878
Kr.Länge	2.065271	0.40575272
Kr.Forn	1.985755	0.24140862
Stellungs	5.4757835	2.6948455
Neb.Best	1.1538462	0.25954689
Exposit.	2	1.2709778
Standort	1.4444444	0.64051261

VARIABLE	MITTELWERT	STD. ABWEICHUNG
Sch.Kl.	1.6823362	0.43338605
BHD	54.343305	12.271878
Kr.Länge	2.065271	0.40575272
Kr.Forn	1.985755	0.24140862
Stellungs	5.4757835	2.6948455
Neb.Best	1.1538462	0.25954689
Exposit.	2	1.2709778
Standort	1.4444444	0.64051261

VARIABLE	MITTELWERT	STD. ABWEICHUNG
Sch.Kl.	1.9415954	0.31919519
BHD	54.343305	12.271878
Kr.Länge	2.065271	0.40575272
Kr.Forn	1.985755	0.24140862
Stellungs	5.4757835	2.6948455
Neb.Best	1.1538462	0.25954689
Exposit.	2	1.2709778
Standort	1.4444444	0.64051261

REGRESSIONSGLEICHUNG

ABHÄNGIGE VARIABLE: Sch.Kl.

UNABH. VARIABLE	GESCH. KOEFF. %	FEHLER T-TEST
BHD	0.02	70.2
Kr.Länge	-0.3	-39.03
Kr.Forn	0.47	58.72
Stellungs	0.02	7.35
Neb.Best	-0.17	-12.46
Exposit.	-0.02	-2.51
Standort	0.03	3.03
KONSTANTE	0.2341539	

UNABH. VARIABLE	GESCH. KOEFF. %	FEHLER T-TEST
BHD	0.02	74.55
Kr.Länge	-0.29	-35.37
Kr.Forn	0.24	28.8
Stellungs	-0.01	-4.42
Neb.Best	-0.47	-32.1
Exposit.	-0.02	-1.99
Standort	0.11	9.06
KONSTANTE	1.0334785	

UNABH. VARIABLE	GESCH. KOEFF. %	FEHLER T-TEST
BHD	0.02	46.79
Kr.Länge	-0.13	-13.9
Kr.Forn	0.05	5.06
Stellungs	0.01	3.03
Neb.Best	-0.1	-6.02
Exposit.	0.02	1.91
Standort	0.06	4.48
KONSTANTE	1.1380973	

BESTIMMTHEITSKOEFFIZIENT	= 0.46
KORRELATIONSKOEFFIZIENT	= 0.68
F-TEST	= 2.33
FREIHEITSGRADE Zähler	f1 = 7
FREIHEITSGRADE Nenner	f2 = 19
SUMME DER QUADRIERTEN FEHLER	= 0.39

BESTIMMTHEITSKOEFFIZIENT	= 0.5
KORRELATIONSKOEFFIZIENT	= 0.71
F-TEST	= 2.73
FREIHEITSGRADE Zähler	f1 = 7
FREIHEITSGRADE Nenner	f2 = 19
SUMME DER QUADRIERTEN FEHLER	= 0.36

BESTIMMTHEITSKOEFFIZIENT	= 0.44
KORRELATIONSKOEFFIZIENT	= 0.66
F-TEST	= 2.13
FREIHEITSGRADE Zähler	f1 = 7
FREIHEITSGRADE Nenner	f2 = 19
SUMME DER QUADRIERTEN FEHLER	= 0.28

Statistische Sicherheit

(F-Verteilung)

1-seitig:

sigma(1) > sigma(2) S = 0.932975

S = 0.961766

S = 0.910045

Nachdem die Voraussetzungen mit Chi-Quadrat- und Bartlett-Test überprüft worden waren, wurden die Stichproben verschiedenen Varianzanalysen unterzogen (ein- bis dreifache sowie Kovarianzanalyse). Auf die Wiedergabe der umfangreichen Ausdrücke mit den F-Werten wird verzichtet. Als signifikant

erwiesen sich die Korrelationen zwischen Schadenswert und Brusthöhendurchmesser, Kronenlänge, Kronenform, Stellung im Bestand (abgekürzt mit «Stand»), Exposition und Standort. Ausser Betracht fielen Meereshöhe und Hangneigung. Mit 7 unabhängigen Variablen wurden multiple Regressionsrechnungen durchgeführt. Der Computer-Ausdruck ist in *Tabelle 4* zu finden. Das mehrfache lineare Regressionsmodell weist für alle drei Aufnahmen fast gleich grosse Korrelationskoeffizienten auf und erklärt knapp die Hälfte der Variation des Schadenswertes.

Auf die Auswertung der für jede Baumkrone bei allen Aufnahmen notierten «besonders auffallende Symptome» wird hier verzichtet. Ebenso beschränken wir uns zum Zapfenbehang auf einige allgemeine Angaben (*Tabelle 5*).

Tabelle 5. Merkmale der zapfentragenden Fichten.

<i>Merkmal</i>	<i>Mittelwert</i>	<i>Mittelwerte der zapfentragenden Bäume</i>		
	<i>aller 351 Bäume</i>	<i>1. Aufn. (174 Bäume)</i>	<i>2. Aufn. (160 Bäume)</i>	<i>3. Aufn. (60 Bäume)</i>
Schadenswert 1. Aufn.	1,60	1,734		
Schadenswert 2. Aufn.	1,68		1,733	
Schadenswert 3. Aufn.	1,94			2,008
Meereshöhe	459,32	453,64	452,75	448,53
Exposition	2,07	1,798	1,767	1,867
Hangneigung	13,44	10,930	11,258	11,450
BHD	54,3	59,572	58,598	62,567
Kronenlänge	2,07	2,156	2,172	2,383
Kronenform	1,99	2,069	2,037	2,183
Stellung i.B.	5,48	6,664	6,70	7,95
Nebenbestand	1,15	1,162	1,153	1,05
Andere Schäden	1,15	0,983	1,227	0,967
Anzahl Bäume mit				
– neuen Zapfen				
– mittlerer Behang		98	49	27
– sehr viele		4	–	3
– sehr wenig		72	1	30
– alten und neuen Zapfen			75	
– alten Zapfen			35	

Die zapfentragenden Fichten sind stärker als der mittlere BHD aller Probebäume. Von der Blüte 1983 herrührend, trugen 50 % der Bäume Zapfen, von der Blüte 1984 im Februar 1985 noch 17 %; in 68 % aller Fälle waren es Fichten, welche schon 1983 fruktifiziert hatten. Im Februar 1984 waren die Zapfenträger signifikant stärker geschädigt als der Durchschnitt, standen vermehrt in der Ebene und wiesen besonders oft das Merkmal «zahlreiche Zweige rot/braun» auf. Im Februar 1985 waren die Zapfen allgemein viel kleiner als vor einem Jahr. Die fruktifizierenden Bäume hatten signifikant grössere Kronen als der Mittelwert und hatten mehr Nebenbestand um sich, standen damit eher lichter. Nur an der Hälfte der Bäume, bei welchen im Juli 1984 Fruchtausatz beobachtet wurde, konnten im Februar 1985 noch Zapfen festgestellt werden.

Zusammenfassung

Ein forstlicher Betriebsleiter braucht dringend Antwort auf die Kardinalfrage, wie sich das Waldsterben weiterentwickeln könnte. Es ist für ihn wenig hilfreich, wiederholt zu vernehmen, dies könne jetzt noch niemand genau sagen. Eine einigermaßen plausible Prognose für seinen Betrieb, ja schon einige erhärtete Erkenntnisse über das gegenwärtige Geschehen in seinem Wald, haben für ihn höheren Stellenwert als manches sauber herausgearbeitete Element der Geschichtsschreibung des Waldsterbens, denn er und seine Mitarbeiter leben ja von diesem Wald, möchten unterlassen, was diesen schädigen, und tun, was ihn stärken könnte — und zwar jetzt. Es wird versucht, mit halbjährlichen, im Bestand rasch durchführbaren Aufnahmen an stärkeren Fichten den Gesundheitszustand eines wertmässig bedeutenden Vorratsanteils zu kontrollieren. Seit dem Winter 1983/84 verläuft die Erkrankung in Lenzburg ähnlich rasch, wie aus Baden-Württemberg berichtet wurde. Im Mittel sind die Fichten stärker geschädigt eingestuft als im dortigen Durchschnitt. Stärkere (und damit ältere) Fichten sind kränker als schwächere, Bäume mit langer sind eher kränker als solche mit mittlerer Krone, am stärksten sind aber die kurzkrönigen Fichten geschädigt. Dass breitkrönigere Bäume stärker geschädigt sind, lässt sich nicht nachweisen. Am wenigsten betroffen sind Bäume, welche in allen Richtungen einen vergleichbaren Nachbarn haben, am stärksten solche, bei denen nur in Westrichtung ein entsprechender Nachbarbaum steht (Wirbel- und Rotorwirkung der schadstoffbelasteten Luft hinter jener Krone auf den Probestaum?). Bäume im dichteren Schluss (in der Aufnahme erkennbar an weniger Nebenbestand) sind schwächer geschädigt als lichter stehende. Nach anfänglich höheren Schäden in den tieferen, ebenen Lagen hat in unseren Verhältnissen (370 bis 630 m ü.M.) die Meereshöhe keinen Zusammenhang mehr mit dem Schadenswert, ebenso ist die Hangneigung nicht signifikant, wohl aber (zumindest anfänglich) die Exposition, indem Bäume in ebener Lage stärker, in Südexposition schwächer geschädigt waren. Die sieben genannten Merkmale als Koeffizienten in eine lineare Gleichung gesetzt, lassen (mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,7) auf den Schadenswert schliessen. Ob nach Erreichen des Schadenswertes 2 (krank) durch die Mehrzahl der Bäume eine deutliche Abschwächung des Erkrankungsfortschrittes eintreten wird, kann nach drei durchgeführten Aufnahmen noch nicht gesagt werden, auch nicht, ob die Fichte als Zeiger für andere Baumarten beibehalten werden kann, wie es 1983 angenommen wurde. Von jährlich vorgesehenen Aufnahmen an Buchen und von der Auswertung der Luftbilddaufnahmen von 1984 wird darüber Aufschluss erwartet.

Résumé

Mesure de l'évolution des dégâts dus à la pollution dans une administration forestière

L'étude se base sur les résultats fournis par l'analyse d'un échantillonnage d'épicéas. Deux fois par année, 351 arbres de contrôle sont classés selon leur état de santé dans les classes de dégâts 0 = sain à 4 = dépérissant ou mort. La moyenne obtenue en février 1984 de 1,60, en juillet 1984 de 1,68 et en février 1985 de 1,94. La maladie progresse donc à Lenzburg aussi rapidement que selon des rapports concernant la région de Baden-Württemberg. Des corrélations furent analysées entre degré des dégâts et diamètre à hauteur de poitrine, longueur du houppier, forme du houppier, situation dans le peuplement, exposition et fertilité de la station, et des équations de régressions linéaires multiples purent être établies. L'altitude n'a une influence qu'au départ, la pente du terrain ne joue aucun rôle.

Traduction: E. Zürcher

Literatur

- (1) Härle, E., 1984: Schadensentwicklung und Folgen am Beispiel des Stadtforstamtes Villingen-Schwenningen. Allg. Forstzeitschr., 43/44/1984: 1076—1078
- (2) Kähr, F., Lätt, N. und Wehrli, E., 1973: Waldbau in Verkehrs-, Industrie- und Ballungsgebieten. Schweiz. Z. Forstwes., 124, 9: 621—633
- (3) Kenk, G. und Gallus, M., 1984: Ertragskundliche und forsteinrichtungstechnische Fragen im Zusammenhang mit dem Waldsterben. Allg. Forstzeitschr., 50/1984: 1243—1244
- (4) Kenk, G., Kremer, W., Brandl, H. und Burgbacher, H., 1984: Die Auswirkungen der Walderkrankung auf Zuwachs und Reinertrag in einem Plenterwaldbetrieb des Mittleren Schwarzwaldes. Allg. Forstzeitschr., 27/1984: 692—695
- (5) Kennel, E., 1984: Untersuchung des Höhenzuwachses von Fichten mit Waldkrankheitssymptomen im Bereich der OFD Augsburg. Allg. Forstzeitschr., 19/1984: 468—469
- (6) Knörr, K.H. und Bohr, K., 1983: Wie gewinne ich eine Vorstellung von der Wertentwicklung eines Waldbestandes? Von der Tagung der ANW vom 30. Mai bis 1. Juni 1983 in Solothurn und Lenzburg. Allg. Forstzeitschr., 32/1983: 824—825
- (7) Köstler, J.N., 1961: Die Lenzburger Waldpflege. Forstw. Centralbl. 80, 3/4
- (8) Kramer, H. und Athari, S., 1984: Über die Zuwachsentwicklung in immissionsgeschädigten Fichtenbeständen und ihrer Bedeutung für die Hiebsatzbestimmung. Allg. Forstzeitschr., 27/1984: 685—686
- (9) Lätt, N. 1973: Waldbauliche Wirklichkeit — am Beispiel des Stadtwaldes Lenzburg. Schweiz. Z. Forstwes., 124, 12: 910—918
- (10) Mies, E. und Zöttl, H., 1982: Zur Standortsabhängigkeit der Tannenerkrankung im Südschwarzwald. Allg. Forstzeitschr., 43/1982: 1296—1298
- (11) Reichelt, G., 1983: Wie krank ist unser Wald? BUND information 25, Freiburg i.Br.
- (12) Reichelt, G., 1983: Der sterbende Wald in Südwestdeutschland und Ostfrankreich. BUND information 29, Freiburg i.Br.
- (13) Reichelt, G., 1983: Zur Frage des Waldsterbens in Frankreich. Landschaft + Stadt 15, (4), Stuttgart
- (14) Scheifele, M., 1984: Zum Waldsterben in Baden-Württemberg. Allg. Forstzeitschr., 43/44/1984: 1071—1074
- (15) Schöpfer, W., und Hradetzky, J., 1984: Ergebnisse der ersten Waldschadens-Wiederholungsinventur in Baden-Württemberg. Allg. Forstzeitschr., 51/52/1984: 1268—1273
- (16) Spiecker, H., 1984: Erfassung erkrankter Waldbäume bei der Forsteinrichtung und Folgerungen für die Planung. Allg. Forstzeitschr., 14/15/1984: 369—371