

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

**Herausgeber:** Schweizerischer Forstverein

**Band:** 138 (1987)

**Heft:** 1

**Artikel:** Zum Einfluss der Durchforstung auf die Waldschäden

**Autor:** Keller, Walter / Imhof, Paul

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-766021>

#### **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>**

# **Zum Einfluss der Durchforstung auf die Waldschäden**

## **1. Teil: Erste Ergebnisse von Waldschadenuntersuchungen in Buchen-Durchforstungsflächen der EAFV**

Von *Walter Keller* und *Paul Imhof*

Oxf.: 48:532:242:412:(494)

(Eidgenössische Anstalt für das forstliche Versuchswesen, CH-8903 Birmensdorf)

### **1. Einleitung**

Von der Verbreitung und dem Fortschritt der neuartigen Waldschäden in der Schweiz haben die Sanasilva-Waldschadeninventuren 1984 (1) und 1985 (2) ausführlich berichtet. Soweit aus Inventuren Schlüsse auf ursächliche Zusammenhänge gezogen werden können, hat dies *Schmid-Haas* (3) eingehend getan. Gewisse Fragen sind aber durchaus noch nicht geklärt. So ist beispielsweise noch offen, welche Art der Durchforstung unter den gegenüber früher veränderten Bedingungen zweckmäßig sei. Insbesondere hinsichtlich der Hochdurchforstung, wie sie in der Schweiz gelehrt und auch praktiziert wird, führen Beobachtungen und Überlegungen zu widersprüchlichen Schlussfolgerungen:

- a) Rechtzeitig begünstigte Bestandesglieder können eine allseitig gut entwickelte Krone ausbilden. Diese Auslesebäume sind ihren Nachbarn überlegen; sie sind vital und können schädlichen Einwirkungen besser Widerstand leisten; zugleich bilden sie das Gerüst des Bestandes: Gut hochdurchforstete Bestände sind widerstandsfähiger als nicht hochdurchforstete.
- b) Die Hochdurchforstung greift bei den herrschenden und mitherrschenden Bäumen ein; sie begünstigt die besten Bestandesglieder und differenziert den Bestand auch nach der Höhe: Das Kronendach wird aufgerauht. Dadurch werden gerade die begünstigten Auslesebäume, welche das tragende Bestandesgerüst bilden, vermehrt dem Schadstoffeintrag ausgesetzt. Sie kränkeln und fallen aus: Hochdurchforstete Bestände werden damit rascher instabil als nicht hochdurchforstete.

Weil die Durchforstung neben der Baumarten- und Provenienzwahl sowie der Jungwuchs- und Dickungspflege die wichtigste der Massnahmen ist, mit

denen der Bewirtschafter Entwicklung und Stabilität der Bestände beeinflussen kann, ist die Klärung der Zusammenhänge zwischen Durchforstung und Waldschäden dringlich: Allein schon wegen des Gebotes der Walderhaltung ist es notwendig, die Durchforstung richtig zur Prophylaxe einzusetzen.

## 2. Fragestellung

In der vorliegenden Untersuchung ist folgende Frage abzuklären: Wie wirken sich Art und Stärke der Durchforstung auf die neuartigen Waldschäden aus? Diese Frage wird am zweckmässigsten in einem Experiment untersucht, in dem hinsichtlich Zusammensetzung, Herkunft, Alter, Standort und Immissionen vergleichbare Bestände verschiedenen Behandlungen unterworfen werden. Würden derartige Versuche heute angelegt, so wären erste Ergebnisse bestenfalls in einem Jahrzehnt greifbar – bei der Ungewissheit über die künftige Entwicklung der Waldschäden keine aussichtsreiche Perspektive. Glücklicherweise verfügt die EAFV in den seit 1888 angelegten Durchforstungsversuchen über – freilich zu anderen Zwecken angelegte – Experimente, welche die gestellte Frage möglicherweise bereits heute schlüssig zu beantworten erlauben. Es handelt sich um sieben Objekte mit insgesamt 18 Einzelflächen. Diese Anzahl ist recht gering; auch wurden vor bald hundert Jahren die Versuche hinsichtlich Flächengrösse, Baumarten, Standort und Wiederholungen nicht so angelegt, wie das heute geschähe. Immerhin können die Objekte als Wiederholungen gelten. Die Vergleichbarkeit der Bestände innerhalb der Objekte ist aber gründlich zu prüfen.

## 3. Versuchsflächen

Von den 71 bisher von der EAFV angelegten Durchforstungsversuchsflächen stehen heute noch 18 in Betrieb; sie wurden seit Jahrzehnten konsequent unterschiedlich behandelt. In den sieben Objekten liegen die Flächen unmittelbar benachbart (Distanzen unter 50 m) in gleicher Exposition. *Tabelle 1* orientiert über Meereshöhe, Standort, Anlagejahr, Flächengrösse, Alter, Durchforstungsgrad und Bonität. Die Flächen der Versuchsgruppe 02 (Murten, Horgen und Orvin) sind Mischbestände von Buche und Fichte (Murten), Buche und Tanne (Orvin) oder Buche und wenig Ahorn, Esche, Eiche und Fichte (Horgen). Die übrigen Durchforstungsversuche (Gruppe 41) betreffen reine Buchenbestände (Embrach, Zofingen, Aarburg). In bezug auf das Alter sind die Flächen innerhalb eines Objektes durchaus vergleichbar. Die grösste Altersdifferenz beträgt fünf Jahre.

Tabelle 1. Durchforstungsversuchsflächen.

Flächennummer	Höhe	Standort E&K	Anlage- jahr	Flächen- grösse	Alter (1985)	Durch- forstungs- grad	Oberhöhen- bonität $h_{dom50}$
	m ü. M.	Nr.		ha	Jahre		m
Murten							
02-016	520	7	1907	0,33	108	C	22,1
02-017	530	7	1907	0,33	110	D	21,4
02-018	530	7	1907	0,50	106	H	21,3
Horgen							
02-019	630	11	1907	0,20	96	A	25,0
02-020	650	8	1907	0,25	97	C	26,1
02-021	650	7	1907	0,50	99	H	24,3
Orvin							
02-042	670	12	1921	0,50	94	B	19,2
02-043	670	12	1921	0,50	94	H	18,1
Embrach							
41-193	585	7	1905	0,17	136	B	20,1
41-007	590	7	1888	0,25	136	C	19,2
41-194	585	7	1905	0,25	136	H	19,0
Zofingen							
Kohlerweg							
41-017	560	6	1889	0,25	124	C	19,2
41-018	565	6	1889	0,25	124	H	18,8
Zofingen							
Mühletal							
41-014	510	6	1889	0,25	118	B	20,4
41-118	490	6	1893	0,20	113	D	21,1
41-155	510	6	1899	0,25	114	H	20,8
Aarburg							
41-024	485	6	1889	0,25	132	B	21,0
41-022	475	6	1889	0,25	130	H	20,0

Zur Standortsbestimmung wurden in jeder Versuchsfläche zwei bis vier Vegetationsaufnahmen auf 100 m<sup>2</sup> Fläche gemacht und den Waldgesellschaften nach *Ellenberg* und *Klötzli* (4) zugeordnet. Wenn sich auch geringe standörtliche Unterschiede auf dem Niveau der Varianten auch innerhalb der Versuchsflächen feststellen lassen, so sind die meisten Objekte auf Assoziationsstufe homogen: sie gehören dem Galio odorati-Fagetum luzuletosum (6), dem Galio odorati-Fagetum typicum (7) oder dem Cardamino-Fagetum typicum (12) an. Hingegen stimmen die Versuchsflächen Horgen standörtlich nicht überein; sie sind dem Aro-Fagetum (11), dem Milio-Fagetum (8) und dem Galio odorati-Fagetum typicum (7) zuzuordnen. Die Vegetationskarte des Sihlwaldes von *Etter* (5) stellt das fragliche Gebiet als Mischung (Mosaik) von Aceri-Fraxinetum caricetosum pendulae und Fagetum miliетosum sowie nicht näher bestimmmbaren Buchenwäldern dar, was die standörtliche Inhomogenität unterstreicht. Dieser Inhomogenität ist im weiteren Verlauf der Arbeit Rechnung zu tragen.

In jedem Objekt sind einer hochdurchforsteten Fläche (H-Grad) eine oder zwei niederdurchforstete (A-, B-, C- und D-Grad) gegenübergestellt. Dem in den niederdurchforsteten Flächen höheren Volumenzuwachs entsprechen die grösere Oberhöhe und die höhere Oberhöhenbonität (Oberhöhe im 50. Altersjahr); auch wenn die Oberhöhe von der Durchforstung weniger beeinflusst wird als etwa die Mittelhöhe, so ist sie doch nicht unabhängig davon. Nur im Mühletal Zofingen weist der hochdurchforstete Bestand nicht die geringste Oberhöhen- oder Bestandesbonität aller Behandlungsvarianten auf. Die Standortsbonität, wie sie mit (6) geschätzt wird, berücksichtigt behandlungsbedingte Unterschiede der Oberhöhenentwicklung nicht; sie entspricht der Oberhöhenbonität von hochdurchforsteten Reinbeständen. Standörtlich übereinstimmende Versuchsflächen weisen auch bei unterschiedlicher Behandlung gleiche Standortsbonitäten auf.

#### 4. Behandlungsvarianten

Allgemein wird die Niederdurchforstung in der Schweiz weder gelehrt noch bewusst und konsequent praktiziert. Bei den Durchforstungsversuchsflächen der EAFV dürfte es sich daher um die einzigen konsequent niederdurchforsteten Bestände in der Schweiz handeln.

Die Grade der Niederdurchforstung stellen nach *Bühler* (7) auf die sozialen Baumklassen ab:

- |                          |   |
|--------------------------|---|
| 1. Klasse Herrschende    | Vorherrschende oder herrschende Bäume, die am oberen Kronenschirm beteiligt sind, ein gutes Höhenwachstum zeigen und eine allseitig gut entwickelte Krone aufweisen.                                      |
| 2. Klasse Mitherrschende | Bäume, die am oberen Kronenschirm beteiligt sind, deren Krone schwächer und weniger gleichmässig entwickelt ist.  |
| 3. Klasse Beherrschte    | Am oberen Kronenschirm nicht beteiligte Bäume, deren Gipfel nicht mehr im Genuss des Lichtes sind, jedoch mit den Kronen des Hauptbestandes in Berührung stehen.  |
| 4. Klasse Unterdrückte   | Bäume der Unterschicht, deren Gipfel nicht mehr in Berührung mit den Kronen des Hauptbestandes steht. Der Gipfel ist nicht mehr frei, sondern von einem oder mehreren Ästen der Nachbarbäume überwachsen. |
| 5. Klasse Dürre          | Dürre oder absterbende sowie um- und niedergebogene Stämme.   |

Die Durchforstungsgrade der Niederdurchforstung sind dann definiert als:

Grad A Schwache Durchforstung	Entfernt werden nur die Bäume der Klasse 5.
Grad B Mässige Durchforstung	Zusätzlich werden alle Unterdrückten (Klasse 4) herausgehauen.
Grad C Starke Durchforstung	Entfernt werden alle Bäume der Klassen 5, 4 und 3.
Grad D Sehr starke Durchforstung	Zusätzlich wird auch der grösste Teil der Mitherrschenden (Klasse 2) entnommen.

So fundamental sie sich — etwa in der Behandlung des Nebenbestandes — von ihr auch unterscheidet, so bildet die sehr starke Niederdurchforstung doch insofern einen Übergang zur Hochdurchforstung, als sie ebenfalls im oberen Kronenschirm eingreift, worauf auch *Schädelin* (8) hinweist: «Der letzte Vertreter der Niederdurchforstung unter den Theoretikern, Anton Bühler, verfertigte ihr in scheinbar äusserster Folgerichtigkeit seine bekannte schöne ABC-Schablone von kaum zu überbietender Wirklichkeitsferne. Mit seiner D-Durchforstung führte er die alte Niederdurchforstung über ihren möglichen Bereich hinaus.»

Die hochdurchforsteten (H-)Flächen werden einer Auslesedurchforstung im Sinne Schädelins unterworfen: «Die Auslesedurchforstung ist eine Hochdurchforstung. Sie kennt keine Stärkegrade» (8). Ihr Ziel ist die Herausarbeitung einer herrschenden Elite durch Elimination der schärfsten Konkurrenten: «Elite ist die endgiltige Auslese aus einer geschlossenen herrschenden Schicht von Anwärtern, die ihrerseits die Sieger sind aus einer Reihe hinsichtlich Schaftgüte immer schärfer auslesender Durchforstungen in einer vormals gesäuberten Bestockung» (8) unter gleichzeitiger Pflege eines dienenden Nebenbestandes.

## 5. Aufnahmemethode

Längst gilt die Verlichtung der Baumkronen als auffälligstes Merkmal der Waldschäden. In der Sanasilva-Waldschadeninventur (1, 2) wird der Nadel- bzw. Blattverlust in 5%-Klassen geschätzt. Aufgrund von Kontrollaufnahmen durch eine zweite Aufnahmegruppe beurteilt *Mahrer* (9) die Schätzungen in der Sanasilva-Inventur als zuverlässig. Die Schätzungsweise wird für die Schadeninventur in den ertragskundlichen Versuchsflächen übernommen. Unterschiede zwischen Aufnahmegruppen fallen hierbei nicht ins Gewicht, weil die Schadenansprache in den Versuchsflächen von nur einem Team (F. Pfäffli, P. Imhof und A. Nussbaumer) ausgeführt wird. Dabei werden an jedem numerierten Baum auch die soziale Stellung, Mistelbefall, Klebäste, Vergilbung sowie offensichtliche mechanische oder biotische Ursachen für Zuwachsein-

bussen erfasst. Für weitere Baumdaten (Durchmesser, Durchmesserzuwachs, Kronengrösse) kann auf die letzten ertragskundlichen Aufnahmen zurückgegriffen werden.

Auch aus semantischen Gründen ist die Verwendung des Begriffs «Nadel- bzw. Blattverlust» fragwürdig; er impliziert einen Vorgang, über den wir doch erst nach mehreren Schadeninventuren konkrete Aussagen machen können. Ein neutraler Begriff wie «Benadelungs- bzw. Belaubungsprozent» würde das, was wirklich geschätzt wird, wesentlich präziser beschreiben. Wir verwenden in der vorliegenden Publikation den Begriff «Nadel- bzw. Blattverlust» lediglich, weil nur so der direkte Vergleich mit Daten aus anderen Publikationen sichergestellt ist.

## 6. Ergebnisse der Schadenerhebung

Anschliessend an die Aufnahmen im Plenterwald (2. Teil) wurde im Sommer 1985 auch in den Durchforstungsflächen die erste Schadenerhebung durchgeführt.

### 6.1 Vergleichbarkeit

Neben dem Standort und dem Alter der Bestände muss bei der Auswertung auch die soziale Stellung der Bäume berücksichtigt werden. Die verschiedenen Grade der Niederdurchforstung und die Hochdurchforstung unterscheiden sich in der Behandlung der Bäume nach ihrer sozialen Stellung: Die soziale Zusammensetzung der Bestände wird von den Behandlungsvarianten beeinflusst. Weil aber der Gesundheitszustand der herrschenden und der mitherrschenden Bäume über die Zukunft des Bestandes entscheidet, muss der Vergleich der Blattverluste vor allem auch getrennt nach sozialer Stellung erfolgen. Der Vergleich der Mittelwerte für den Gesamtbestand ist waldbaulich weniger aussagekräftig. In *Abbildung 1* sind die prozentualen Stammzahlanteile der nach 5%-Stufen erhobenen Blattverluste für die Buchen in den Durchforstungsversuchsflächen von Murten dargestellt. Offensichtlich haben wir es hierbei nicht mit einer Normalverteilung zu tun. Beim Vergleich der Mittelwerte sind deshalb verteilungsunabhängige Testverfahren heranzuziehen; wir prüfen die Unterschiede zwischen den Behandlungen in der Folge durchwegs mit dem Rangtest nach *Wilcoxon* (10).

Auch der Einfluss der Durchforstung auf die soziale Stellung lässt sich an *Abbildung 1* ablesen: In der sehr stark niederdurchforsteten Fläche 02017 sind nur noch herrschende (S1) und mitherrschende Bäume (S2) vorhanden; in der

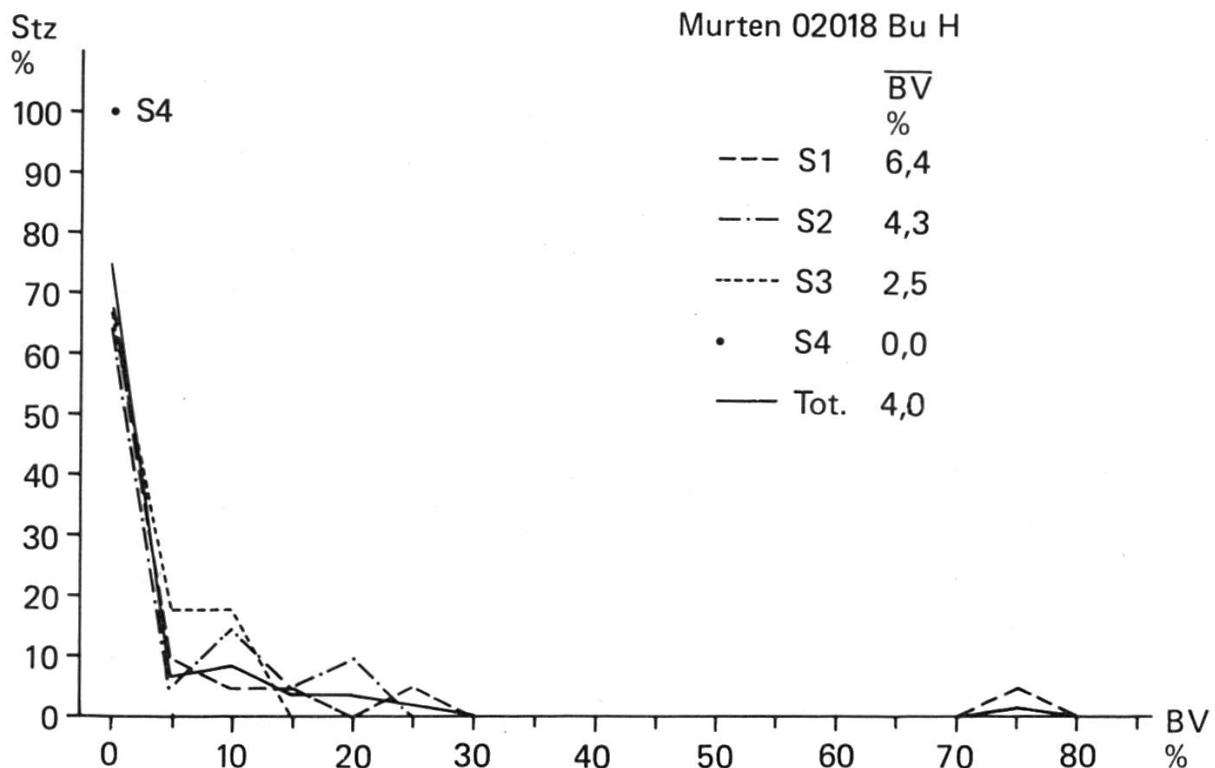
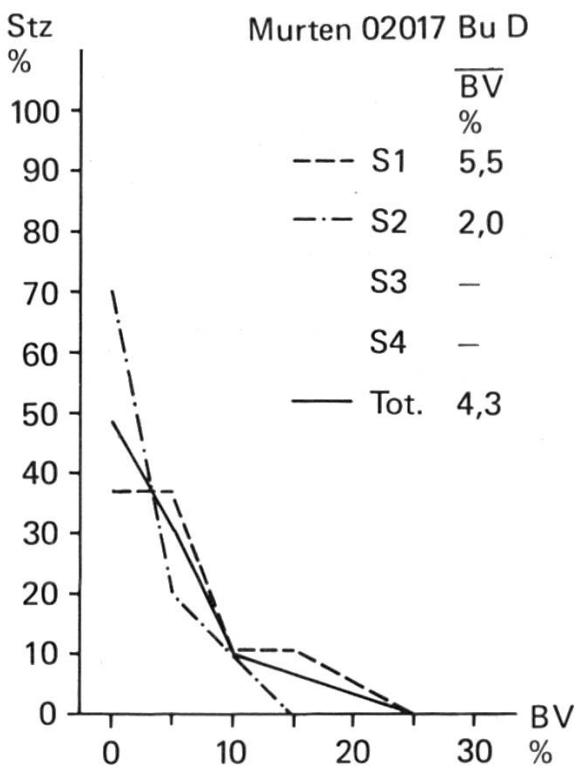
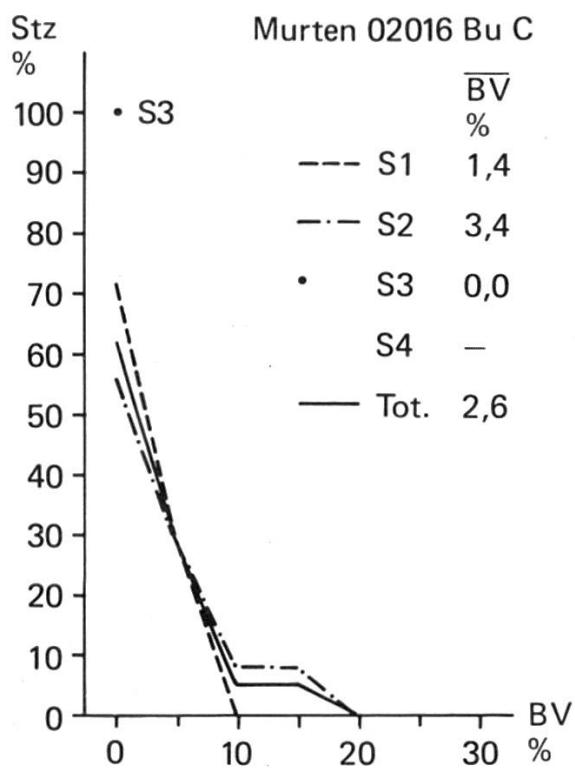


Abbildung 1. Stammzahlanteile nach Blattverlusten in den Durchforstungsversuchsfächern von Murten (C-, D- und H-Grad).

BV = Blattverlust, S1 = Herrschende, S2 = Mitherrschende, S3 = Beherrschte, S4 = Unterdrückte

stark niederdurchforsteten Fläche 02016 ist ein beherrschter Baum (S3) zu finden – er wird bei der nächsten Durchforstung entnommen. Die hochdurchforstete Fläche 02018 weist demgegenüber einen Nebenbestand von sechs beherrschten (S3) und zwölf unterdrückten (S4) Bäumen auf. Weil Bäume geringerer sozialer Stellung durchwegs besser belaubt sind, ergibt der über alle sozialen Stellungen gemittelte Blattverlust bei Hochdurchforstung hier einen geringeren Wert als bei sehr starker Niederdurchforstung, bei der doch die Bäume sowohl der herrschenden als auch der mitherrschenden Schicht stärker belaubt sind.

## 6.2 Blattverluste der Buchen

Aufgrund der Erhebungen vom Sommer 1985 werden in *Tabelle 2* die mittleren Blattverluste der Buchen in den Durchforstungsflächen getrennt nach der sozialen Stellung und gesamthaft verglichen.

Die Herrschenden (S1) sind in den niederdurchforsteten Flächen deutlich (im Mittel um 2,2%) stärker belaubt als in den hochdurchforsteten Vergleichsflächen. Der Unterschied ist stark gesichert (Irrtumswahrscheinlichkeit  $P = 0,01$ ). Auch bei Vernachlässigung der Versuchsflächen von Horgen, die standörtlich nicht übereinstimmen, ist der Unterschied gesichert ( $P = 0,05$ ). Der D-Grad der Niederdurchforstung wirkt sich ähnlich wie die Hochdurchforstung aus. Die (um 2,1%) bessere Belaubung der Mitherrschenden (S2) in den niederdurchforsteten Flächen ist nur unter Berücksichtigung der Flächen von Horgen gesichert ( $P = 0,05$ ). Bei den Beherrschten (S3) sind keine Unterschiede zwischen den Behandlungen erkennbar. Unterdrückte Bäume (S4) finden sich in den hochdurchforsteten Flächen und in der A-Fläche. Bei den wenigen Unterdrückten in den B-Flächen handelt es sich um negative Umsetzer; sie werden bei der nächsten Durchforstung entfernt. Die Unterdrückten sind durchwegs gut belaubt.

Bezüglich der sozialen Stellung sind nur die Unterschiede zwischen Herrschenden und Mitherrschenden gesichert ( $P = 0,01$ ). Dies stimmt mit den Ergebnissen der Sanasilva-Waldschadeninventur überein, die bei Buchen die herrschenden Bäume als etwas stärker geschädigt als die mitherrschenden ausweist (3).

Die Hochdurchforstung greift im oberen Kronenschirm ein und begünstigt eine Elite von Herrschenden. Diese Herrschenden weisen grössere Blattverluste auf als Herrschende bei Niederdurchforstung, welche die Herrschenden nicht direkt begünstigt und den oberen Kronenschirm nicht berührt.

Der Vergleich der Blattverluste aller Bäume ohne Berücksichtigung der sozialen Stellung ergibt, dass hochdurchforstete Bestände im Mittel um 0,7% grössere Blattverluste aufweisen als niederdurchforstete; diese Differenz ist gesichert ( $P = 0,05$ ).

### 6.3 Anteil «gesunder» Buchen

Reicht die *Tabelle 2* mit den mittleren Blattverlusten auch völlig zur Abklärung der Versuchsfrage aus, so sind diese Daten vielleicht nicht sehr anschaulich und praxisbezogen. Aus den Sanasilva-Waldschadeninventuren (1, 2) sind die Anteile der Bäume ohne Schadensmerkmale («gesund») bzw. geschädigter Bäume geläufig. In *Tabelle 3* werden deshalb die Anteile der Bäume ohne Schadensmerkmale (Blattverluste von 0 bis 10%) bei verschiedener Durchforstung verglichen. Die Ergebnisse können vom Vergleich der mittleren Blattverluste nicht stark abweichen, weil Blattverlust und Anteil «gesunder» Bäume sehr stark korreliert sind ( $r = 0,95$ ).

Beherrschte (S3) Buchen weisen gesichert einen höheren Anteil «Gesunder» auf als Mitherrschende (S2). Bei diesen ist kein gesicherter Unterschied zwischen Hoch- und Niederdurchforstung festzustellen. Eindeutig sind dagegen die behandlungsbedingten Unterschiede bei den Herrschenden (S1): Berücksichtigt man alle Flächen, so weisen die Herrschenden bei Niederdurchforstung im Mittel 11% mehr «Gesunde» auf als bei Hochdurchforstung. Der Unterschied ist stark gesichert ( $P = 0,01$ ). Lässt man die standörtlich unterschiedlichen Versuchsflächen Horgen ausser Betracht, sind die Unterschiede nur mit  $P = 0,05$  gesichert. Die sehr starke Niederdurchforstung, die ja wie die Hochdurchforstung im oberen Kronenschirm eingreift, stört den Vergleich etwas: Lässt man auch den D-Grad ausser Betracht, so sind die Unterschiede zwischen Hochdurchforstung und Niederdurchforstung (A-, B- und C-Grad) hoch signifikant. Wenn die Durchforstung nicht im oberen Kronenschirm eingreift, ist ein grösserer Anteil der herrschenden Buchen «gesund» als bei Hochdurchforstung.

Dies gilt auch für den Gesamtbestand ohne Berücksichtigung der sozialen Stellung: Niederdurchforstete Buchenbestände weisen um im Mittel 6,1% mehr «Gesunde» auf als hochdurchforstete ( $P = 0,05$ ). Lässt man die beiden D-Flächen weg, ist der Unterschied (im Mittel 8,8% mehr «Gesunde») hoch signifikant ( $P = 0,01$ ). Dieser Befund steht nicht in Widerspruch zur Angabe von Schmid-Haas (3), welche bei der Buche bei grösserer Bestandesdichte geringere Schäden feststellt.

### 6.4 Nadelholz

Charakteristisch für die vorliegende Untersuchung ist ihre Abhängigkeit von Zufälligkeiten, weil sie nicht aufgrund einer neuen Versuchsplanung, sondern mit Hilfe von seit langer Zeit in Betrieb stehenden Versuchsflächen durchzuführen ist. Die meisten zur Verfügung stehenden Durchforstungsversuchsflächen der EAFV sind aber Buchen-Reinbestände. Nur in den Versuchsflächen von Murten und Orvin sind Fichten bzw. Tannen in für eine Aus-

Tabelle 2. Vergleich der mittleren Blattverluste der Buche in den Durchforstungsflächen.

Flächen- nummer	S1 Herrschende			S2 Mitherrschende			S3 Beherrschte			S4 Unterdrückte			Total		
	n	$\overline{BV}$	$\overline{BV} \cdot \overline{BV}_H$	n	$\overline{BV}$	$\overline{BV} \cdot \overline{BV}_H$	n	$\overline{BV}$	$\overline{BV} \cdot \overline{BV}_H$	n	$\overline{BV}$	n	$\overline{BV}$	$\overline{BV} \cdot \overline{BV}_H$	
<b>Murten</b>															
02-016 C	14	1,4	-5,0	25	3,4	-0,9	1	0,0	-2,5				40	2,6	-1,4
02-017 D	19	5,5	-0,9	10	2,0	-2,3							29	4,3	+0,3
02-018 H	21	6,4	-	21	4,3	-	6	2,5	-	12	0,0		60	4,0	-
<b>Horgen</b>															
02-019 A	19	3,2	-4,7	27	3,0	-2,3	17	0,9	-4,1	15	1,3		78	2,2	-3,9
02-020 C	27	3,1	-4,8	27	1,9	-3,4	11	1,8	-3,2				65	2,4	-3,7
02-021 H	31	7,9	-	18	5,3	-	6	5,0	-	6	0,0		61	6,1	-
<b>Orvin</b>															
02-042 B	50	4,6	-2,1	80	1,8	-5,3	71	0,4	-0,4	5	0,0		206	2,0	-3,4
02-043 H	35	6,7	-	19	7,1	-	12	0,8	-	4	0,0		70	5,4	-
<b>Embrach</b>															
41-193 B	17	1,8	-1,6	25	2,2	-0,9	10	3,5	+1,5				52	2,3	-0,8
41-007 C	54	0,9	-2,5	54	0,6	-2,5	15	2,7	+0,7				123	1,0	-2,1
41-194 H	19	3,4	-	16	3,1	-	5	2,0	-				40	3,1	-
<b>Zofingen</b>															
Kohlerweg	19	2,6	+0,1	36	4,4	+3,0	4	1,3	+0,2				59	3,6	+1,9
41-018 H	16	2,5	-	18	1,4	-	9	1,1	-	3	1,7		46	1,7	-
<b>Zofingen</b>															
Mühlental	26	4,2	-3,6	39	1,5	-3,5	19	3,7	-1,3	1	40,0		85	3,3	-3,0
41-014 B	17	9,4	+1,6	7	6,4	+1,4	3	10,0	+5,0				27	8,7	+2,4
41-118 D	23	7,8	-	9	5,0	-	2	5,0	-	8	3,8		42	6,3	-
41-155 H															
<b>Aarburg</b>															
41-024 B	29	6,6	-5,3	27	3,5	-6,5	21	1,4	+1,4	3	0,0		80	3,9	-4,0
41-022 H	27	11,9	-	4	10,0	-	3	0,0	-	12	0,4		46	7,9	-

n = Anzahl Bäume

BV = Blattverlust in %

Tabelle 3. Vergleich der Anteile «gesunder» Buchen in den Durchforstungsflächen.

GP = Anteil der Buchen ohne Schadensmerkmale (0 bis 10% BV) in %

Flächennummer Buche	S1 Herrschende GP GP-GPH		S2 Mitherrschen GP GP-GPH		S3 Beherrschte GP		S4 Unterdrückte GP		Total GP	GP-GPH
Murten										
02-016 C	100,0	+14,4	92,0	+6,3	100,0				95,0	+9,0
02-017 D	84,2	-1,4	100,0	+14,3	100,0				89,6	-0,4
02-018 H	85,6	-	85,7	-	100,0				90,0	-
Horgen										
02-019 A	94,7	+27,0	92,6	+3,7	100,0				96,2	+15,9
02-020 C	96,3	+28,6	100,0	+11,1	100,0				98,5	+18,2
02-021 H	67,7	-	88,9	-	100,0				80,3	-
Orvin										
02-042 B	92,0	+6,3	100,0	+15,8	100,0				98,0	+9,4
02-043 H	85,7	-	84,2	-	100,0				88,6	-
Embrach										
41-193 B	100,0	+5,3	100,0	+6,2	100,0				100,0	+5,0
41-007 C	100,0	+5,3	100,0	+6,2	100,0				100,0	+5,0
41-194 H	94,7	-	93,8	-	100,0				95,0	-
Zofingen										
Kohlerweg										
41-017 C	94,7	+0,9	91,7	-8,3	100,0				93,2	-4,6
41-018 H	93,8	-	100,0	-	100,0				97,8	-
Zofingen										
Mühletal										
41-014 B	92,3	+18,4	97,4	-2,6	100,0				95,3	+10,0
41-118 D	76,5	+2,6	71,4	-28,6	66,7				74,1	-11,2
41-155 H	73,9	-	100,0	-	100,0				85,3	-
Aarburg										
41-024 B	72,4	+13,1	88,9	+13,9	100,0				86,2	+12,3
41-022 H	59,3	-	75,0	-	100,0				73,9	-

wertung genügender Anzahl beigemischt. In *Tabelle 4* ist der Vergleich der Nadelverluste und der Anteile «gesunder» Bäume durchgeführt.

Bei den herrschenden Fichten (Versuchsflächen Murten) wirkt sich die Durchforstung sowohl hinsichtlich der Nadelverluste als auch bezüglich der Anzahl «Gesunder» wie bei der Buche aus: Bei Niederdurchforstung sind die Herrschenden besser benadelt bzw. «gesünder».

Bei der Tanne (Versuchsflächen Orvin) decken sich die Ergebnisse bei den Herrschenden nicht: Zwar sind die mittleren Nadelverluste bei Hochdurchforstung etwas geringer, aber bei Niederdurchforstung sind mehr Bäume ohne Schadensmerkmale anzutreffen. Gesicherte Schlüsse sind aus den spärlichen Daten zum Nadelholz aber ohnehin nicht zu ziehen.

*Tabelle 4.* Nadelverluste und Anteile «gesunder» Nadelhölzer in den Durchforstungsflächen.

Flächennummer	S1 Herrschende			S2 Mitherrschende			S3 Beherrschte		
Fichte		n	$\bar{N}V$	$\bar{N}V-\bar{N}V_H$	n	$\bar{N}V$	$\bar{N}V-\bar{N}V_H$	n	$\bar{N}V$
Murten									
02-016 C	26	4,6	-0,8	26	10,2	+7,7	6	5,8	
02-017 D	25	4,0	-1,4	2	0,0	-2,5			
02-018 H	39	5,4	-	16	2,5	-	5	5,0	
	GP		GP-GPH	GP		GP-GPH	GP		
02-016 C	96,1		+3,8	88,5		-11,5	100,0		
02-017 D	92,0		-0,3	100,0		0,0			
02-018 H	92,3		-	100,0		-	80,0		
Tanne		n	$\bar{N}V$	$\bar{N}V-\bar{N}V_H$	n	$\bar{N}V$	$\bar{N}V-\bar{N}V_H$	n	$\bar{N}V$
Orvin									
02-042 B	13	6,9	+2,1	28	12,3	+5,9	6	12,5	
02-043 H	21	4,8	-	18	6,4	-	1	0,0	
	GP		GP-GPH	GP		GP-GPH	GP		
02-042 B	92,3		+1,9	71,4		-11,9	83,3		
02-043 H	90,4		-	83,3		-	100,0		

n = Anzahl Bäume      NV = Nadelverlust in %

GP = Anteil der Bäume ohne Schadensmerkmale in %

## 7. Diskussion

Herrschende Bäume in hochdurchforsteten Buchenbeständen weisen geringere Belaubung und zu einem geringeren Prozentsatz keine Schadenmerkmale auf als herrschende in niederdurchforsteten Beständen. Dasselbe scheint für die Fichte zu gelten. Dieses Ergebnis beruht auf Erhebungen in seit längerer Zeit

konsequent unterschiedlich behandelten vergleichbaren Versuchsflächen. Es kann deshalb die Frage beantworten, die Schmid-Haas (3) bei der Interpretation der Ergebnisse aus der Sanasilva-Waldschadeninventur offenlassen musste: «Die Resultate unserer Inventur geben wenig Hinweise auf die Auswirkungen der Bestandesgeschichte auf die Schäden. Möglicherweise sind in früheren Jahrzehnten regelmässig und gut durchforstete Bestände vitaler und weniger geschädigt als ungepflegt aufgewachsene.» Alte gut hochdurchforstete Bestände sind anfälliger als niederdurchforstete und auch als ungepflegte (A-Grad). Sie werden damit – folgt man den Überlegungen der Einleitung – rascher instabil, denn es sind gerade die begünstigten herrschenden Auslesebäume, welche das tragende Bestandesgerüst bilden, stärker geschädigt.

Die Frage, was die Ursachen der Schädigung seien, kann mit der gewählten Versuchsanordnung selbstverständlich nicht abgeklärt werden: Untersucht wurde einzig der Einfluss der Durchforstung auf die Waldschäden. Die Ergebnisse dieses Experiments würden auch nur dann tangiert, wenn die verschiedenen Versuchsflächen in bezug auf die wirkliche Ursache der Schädigung nicht vergleichbar wären; dies ist aber hinsichtlich Standort, Baumarten, Alter und Immissionen der Fall.

Offensichtlich haben die Behandlung und die von ihr bedingte Bestandestruktur einen Einfluss auf das Ausmass der Waldschäden; weil diese aber bei allen untersuchten Behandlungsvarianten auftreten, kann die Behandlung nicht unmittelbare Ursache sein. Über diese bestehen verschiedene Hypothesen, unter denen die Immissionen im Vordergrund der Diskussion stehen. Aber schon die Frage, ob die Immissionen direkt auf die Nadeln und Blätter oder indirekt durch Veränderung von Biologie und Chemismus des Bodens auf den Baum wirken, kann mit der vorliegenden Untersuchung nicht beantwortet werden. Zwar wird mit der Durchforstung offensichtlich die Kronenkonkurrenz beeinflusst, was unterschiedliche Reaktionen der Bäume auf direkte Immisionswirkungen erklären würde; aber auch in die Wurzelkonkurrenz greift die Durchforstung ein. Die verschiedenen Grade der Niederdurchforstung wirken ja fast nur durch Veränderung der Wurzelkonkurrenz auf die Bestände ein. Weil wir die in Frage stehenden Prozesse im Boden noch viel zu wenig durchschauen (3, S. 267), können wir nicht ausmachen, wie allfällig immisionsbedingte Veränderungen im Wasser- oder Nährstoffhaushalt der Böden auf die Schädigungen unterschiedlich durchforsteter Bestände wirken.

Etwas anschaulicher und klarer sind die Verhältnisse in bezug auf die Hypothese der direkten Schädigung von Nadeln und Blättern durch Schadstoffe aus der Luft. Zwei der von *Schöpfer* und *Hradetzky* (11) als Indizien für den Nachweis aufgeführten Mechanismen, dass die massgebliche Ursache für die Waldkrankung in der Schadstoffbelastung der Luft zu suchen sei, werden durch die Durchforstung beeinflusst. Einmal erhöht sie durch stärkere vertikale Gliederung die Rauhigkeit des Kronendaches, was einen grösseren Schadstoffeintrag bewirkt. Dies würde erklären, warum hochdurchforstete Bestände grö-

sere Blatt- und Nadelverluste aufweisen. Nicht erklärt würde hingegen der Umstand, dass wohl die herrschenden Bäume, nicht aber die mitherrschenden und beherrschten bei Hochdurchforstung stärker geschädigt sind als bei Niederdurchforstung, obwohl diese doch wegen der Turbulenzen im aufgerauhten Kronendach ebenfalls mehr Schadstoffe abbekommen müssten. Also muss die von Schöpfer und Hradetzky als weiteres Indiz aufgeführte Dichte im Kronenraum eine wesentliche Rolle spielen: «Mit abnehmendem Schlussgrad der Kronen verringert sich der gegenseitige Schutz der Bäume der herrschenden Schicht» (11). Der gegenseitige Schutz der Bäume wird aber gerade durch die verschiedenen Arten der Durchforstung wesentlich beeinflusst.

Die Auslesedurchforstung nach Schädelin (8) zielt auf die Herausarbeitung einer herrschenden Elite mit einem dienenden Nebenbestand, die sie fördert durch Eliminierung der schärfsten Konkurrenten. Gerade der schärfste Konkurrent würde aber den Auslesebaum am besten vor Immissionen schützen. Die Ausmerzung des schärfsten Konkurrenten ist eine recht einschneidende Massnahme, die einer «gegenseitig auf das feinste abgestimmten Lebensgemeinschaft» (8) unter den veränderten Umweltbedingungen offenbar nicht gemäss ist. Sie entblösst die Auslesebäume der herrschenden Schicht gezielt teilweise des direkten Schutzes durch die anderen Bestandesglieder: Die herrschenden Elitebäume sind deshalb äusseren schädigenden Einwirkungen weniger gewachsen. Die verschiedenen Grade der Niederdurchforstung (ausser D-Grad) hingegen greifen überhaupt nicht in den oberen Kronenschirm ein.

## 8. Folgerungen

In dem vorliegenden Teil der Untersuchung wurde anhand eines Experiments gezeigt, dass der Blatt- bzw. Nadelverlust, der übliche Massstab für Waldschäden, von der Behandlung in der Durchforstung nicht unabhängig ist. In niederdurchforsteten Beständen weisen herrschende Bäume geringere Blatt- bzw. Nadelverluste auf als in hochdurchforsteten. Wir führen diesen Effekt vor allem auf die Verminderung des gegenseitigen Schutzes der Bestandesglieder durch die Hochdurchforstung zurück.

Der Wald muss sehr unterschiedlichen Anforderungen genügen; die Optimierung der Waldbehandlung hat auf sehr viele Kriterien abzustellen. Auch wenn der Gesundheit der Waldbestände in jedem Falle ein hoher Stellenwert zukommt, so würde die Niederdurchforstung kaum den Anspruch einer optimalen Bestandesbehandlung einlösen. Immerhin sind niederdurchforstete Bestände den hochdurchforsteten in der Massenleistung überlegen (siehe *Badoux*, 12); das trifft erst recht zu, wenn sie, jedenfalls ihre herrschenden Bäume, «gesünder» sind. In bezug auf biologische Gesichtspunkte – Gesundheit und Massenzuwachs sind biologische Kriterien – weist die Niederdurchforstung

gegenüber der Hochdurchforstung Vorteile auf. Diese ist dafür hinsichtlich Wertleistung überlegen. Dies ist kein biologischer, sondern ein wirtschaftlicher Massstab. Solange der Wald aber auch legitime wirtschaftliche Interessen zu befriedigen hat, darf dieser Gesichtspunkt bei der Optimierung der Waldbehandlung nicht ausser acht gelassen werden.

Mit den Ergebnissen der Sanasilva-Waldschadeninventur hat Schmid-Haas (3) gezeigt, dass ältere, 80- bis 100jährige Fichten- und Tannenbestände weniger gut benadelt sind als jüngere, bis 70jährige. Von diesem Alter an müssten die Auslesebäume mit den anderen Herrschenden und Mitherrschenden ein möglichst dichtes Kronendach bilden, damit der gegenseitige Schutz gewährleistet ist. Die intensive Auslesedurchforstung in jüngeren Beständen zur Förderung guter, symmetrischer Kronen, der Stabilität und der Durchmesserentwicklung an qualitativ hochwertigen Stämmen ist rechtzeitig abzuschliessen, damit die übrigen Bestandesglieder mit den Elitebäumen in Konkurrenz treten und sie schützen können: spätestens im Alter von 60 bis 70 Jahren sollte die Hochdurchforstung eingestellt und die Bestände möglichst dicht gehalten werden, wenn vermutlich immissionsbedingte grössere Nadel- und Blattverluste zu erwarten sind. Pflege und Auslese müssen möglichst früh einsetzen und im mittleren Baumholz abgeschlossen sein. Diese Folgerungen decken sich völlig mit den Empfehlungen, die *Hugentobler* (13) für den Waldbau unter Berücksichtigung der immissionsbedingten Verhältnisse gibt.

#### *Dank*

An den Schadenaufnahmen in den Versuchsflächen haben die Herren F. Pfäffli und A. Nussbaumer zuverlässig und kritisch mitgewirkt. Herr B. Ramp half uns bei den Auswertungen. Wertvolle Kritik am Manuscript übten Dr. P. Schmid-Haas und Dr. J. Bucher. Allen Beteiligten sind wir zu grossem Dank verpflichtet.

#### **Résumé**

##### **De l'influence de l'éclaircie sur les dégâts aux forêts**

1ère partie: Premiers résultats des recherches sur les dégâts dans les placettes d'essai d'éclaircie de hêtre de l'IFRF.

Depuis des décennies, les placettes d'essai d'éclaircie de l'IFRF ont été traitées de différentes manières. Ces placettes permettent de constater les effets des éclaircies, pratiquées sous diverses formes et intensités, sur les dégâts aux forêts, c'est-à-dire sur l'état sanitaire du peuplement. On a comparé la méthode d'éclaircie par le haut à celle d'éclaircie par le bas qui fut réalisée à divers degrés. Les relevés des dégâts dans les 18 placettes d'éclaircie (surtout des hêtres) ont été exécutés d'après les méthodes de l'inventaire Sanasilva. Les résultats montrent que, dans les peuplements éclaircés par le bas, le feuillage est plus fourni et les arbres sont en meilleure santé que dans ceux éclaircés par le haut. Il est recommandé, pour les peuplements qui semblent exposés aux immissions, de mettre fin aux éclaircies à l'âge de 60 à 70 ans au plus tard.

Traduction: *M. Dousse*

## Literatur

- 1) *Ergebnisse der Sanasilva-Waldschadeninventur 1984*. Bundesamt für Forstwesen und Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen. Bern und Birmensdorf, 1984, 27 S.
- 2) *Ergebnisse der Sanasilva-Waldschadeninventur 1985*. Bundesamt für Forstwesen und Landschaftsschutz und Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen. Bern und Birmensdorf, 1985, 47 S.
- 3) *Schmid-Haas, P.*: Der Gesundheitszustand des Schweizer Waldes 1984. Schweiz. Z. Forstwes. 136 (1985) 4: 251–273.
- 4) *Ellenberg, H., Klötzli, F.*: Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz. Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Mitt., 48 (1972) 4: 587–930.
- 5) *Etter, H.*: Vegetationskarte des Sihlwaldes der Stadt Zürich. Beiheft zur Schweiz. Z. Forstwes. 24 (1947), 22 S.
- 6) *Keller, W.*: Einfacher ertragskundlicher Bonitätsschlüssel für Waldbestände in der Schweiz. Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Mitt., 54 (1978) 1: 3–98.
- 7) *Bühler, A.*: Durchforstungsversuche. Erste Mitteilung. Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Mitt., 3 (1894): 1–106.
- 8) *Schädelin, W.*: Die Auslesedurchforstung als Erziehungsbetrieb höchster Wertleistung. 3. Aufl. Bern und Leipzig, Haupt, 1942, 147 S.
- 9) *Mahrer, F.*: Inventaire Sanasilva des dégâts aux forêts, 1985. Schweiz. Z. Forstwes., 137 (1986) 2: 93–110.
- 10) *Kreyszig, E.*: Statistische Methoden und ihre Anwendungen. Göttingen, Vandenhoeck & Ruprecht, 1965, 422 S.
- 11) *Schöpfer, W., Hradetzky, J.*: Analyse der Bestockungs- und Standortsmerkmale der terrestrischen Waldschadensinventur Baden-Württemberg 1983. Mitteilungen der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, 110 (1984), 148 S.
- 12) *Badoux, E.*: De l'influence de divers modes et degrés d'éclaircie dans les hêtraies pures. Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Mitt., 21 (1939) 1: 59–146.
- 13) *Hugentobler, U.*: Versuch einer angepassten Planung in immissionsgeschädigten Wäldern. Schweiz. Z. Forstwes., 136 (1985) 5: 383–389.