

einige Vorversuche im Institut für Forstbotanik (München) durchzuführen. Herr Prof. Dr. J. JUNG, Herr Privatdozent Dr. K. E. REHFUESS und Herr Ofm. Dr. K. KREUTZER gaben uns wertvolle Anregungen. Allen Herren sind wir zu großem Dank verpflichtet. An den Stoffgruppentrennungen beteiligten sich Fräulein MARIA DEL PILAR DIAZ PALACIO und Fräulein ERIKA CASPERSMEYER.

### Zusammenfassung

Zur Erklärung der Zusammenhänge zwischen Standortmerkmalen und dem Grad des Kernfäulebefalls von Fichtenbeständen wird folgende Arbeitshypothese vorgeschlagen:

Ob die Kernfäuleerreger in eine lebende Fichtenwurzel eindringen können, hängt nicht nur von der Virulenz des Pilzes, sondern in erheblichem Maße auch von der Disposition der Fichte ab. Die Wurzeln sind für eine Infektion disponiert, wenn sie viele tiefgehende Borkenrisse aufweisen und wenn die Konzentration besonders wirksamer Hemmstoffe im Bast niedrig ist. Der für Kernfäule-Standorte bezeichnende Ernährungszustand der Fichte gestattet keine ausreichende Hemmstoffproduktion, vor allem nicht in Zeiten schlechter Wasserversorgung.

Mit Hilfe von Plattentests läßt sich nachweisen, daß Bastscheiben, Bastmehl, chloroformlösliche Stoffe des Bastes und vor allem seine Polyhydroxyphenole (= Piceatannolfraktion) und deren Glycoside das Mycelwachstum des Wurzelschwamms *Fomes annosus* hemmen. Da sowohl die chloroformlöslichen Stoffe als auch das Piceatannol und seine Derivate im sekundären Stoffwechsel aus Kohlenhydraten entstehen, dürfte ihre Produktion und Anreicherung im Bast vom Zuckerüberschuß des Phloems abhängen. Das Zuckerangebot ist bei Wasser-, Stickstoff-, Kalium- oder Manganmangel oder bei sehr großem Stickstoffangebot vermutlich gering.

Mit Hilfe dieser Annahme läßt sich erklären, weshalb Fichtenbestände stark kernfäulegefährdet sind,

1. wenn ihr Wurzelwerk flach streicht und der Boden periodisch stark austrocknet;
2. wenn der Boden bis zur Oberfläche karbonathaltig ist oder wenn bikarbonatreiches Hangzugwasser periodisch im durchwurzelten Bodenbereich auftritt;
3. wenn der Boden reich an Stickstoff ist (Ackeraufforstungen, Basaltlehme).

Wenn Kombinationen der unter 1–3 genannten Standortmerkmale auftreten, ist die Gefährdung besonders groß.

Erst weitere, sehr umfangreiche Untersuchungen können klären, inwieweit Unterschiede in der Konzentration der einzelnen Hemmstoffe des Bastes auf die oben skizzierten Standortmerkmale und auf den Einfluß der Jahreszeit und Witterung zurückgehen und bis zu welchem Grade sie als Reaktion des Baumes auf den eingedrungenen Parasiten oder als genetisch bedingte Variation zu verstehen sind.

### Literatur

BRAUN, H. J., 1958: Forstw. Cbl. **77**, 65-88. — BROWN, S. A., 1964, in: HARBORNE, J. B. (Edit.) *Biochemistry of Phenolic Compounds*, London u. New York, 361-398. — CUNNINGHAM, J., HASLAM, E., und HAWORTH, R. D., 1963: J. Chem. Soc. 2857-2883. — EMBERGER, S., 1965: Forstw. Cbl. **84**, 129-200. — ENDRES, H., 1961: Das Leder **12**, 152-157. — ERDTMAN, H., 1939: Naturwiss. **27**, 130. — HARTIG, R., 1887: Die Zersetzungserscheinungen des Holzes der Nadelbäume und der Eiche. Berlin. — HIGUCHI, T., FUKAZAWA, K., und SHIMADA, M., 1967: IUFRO-Tagung München, Sect. 41, Vortragsmanuskript. — JUNG, J., 1964: Forstw. Cbl. **83**, 358-374. — KORZYBSKI, T., und KURYLOWICZ, W., 1961: Antibiotika. Herkunft - Arten - Eigenschaften. Jena. — KRAMER, P. J., 1964, in: ZIMMERMANN, M. H. (Edit.) *The Formation of Wood in Forest Trees*. New York and London, 519-547. — LAATSCH, W., 1963: Bodenfruchtbarkeit und Nadelholzanbau, München. — MÜNCH, E., 1921: Arb. biol. Reichsanstalt f. Land- u. Forstw. **10**,

1-140. — NEISH, A. C., 1964, in: HARBORNE, J. B. (Edit.) *Biochemistry of Phenolic Compounds*, London and New York, 295-359. — PAECH, K., 1950: *Biochemie und Physiologie der sekundären Pflanzenstoffe*, Berlin. — RATTSJÖ, E. H., 1962: IUFRO, Sect. 24, Conference and Study Tour on *Fomes annosus*, Scotland 1960, 75-80. — RENNERFELT, E., 1948: *Physiol. Plant.* **1**, 245-254. — RENNERFELT, E., und NACHT, G., 1955: *Svensk. bot. Tidskr.* **49**, 419-432. — RISHBETH, J., 1950: *Ann. Bot.* **14**, 365-383. — Ders., 1951: *Ann. Bot.* **15**, 1-21. — ROHMEDE, E., 1937: *Mitt. Landesforstverw. Bayerns*. 23. Heft. — RYPÁČEK, V., 1966: *Biologie holzzerstörender Pilze*, Jena. — YDE-ANDERSON, A., 1962: IUFRO, Sect. 24, Conference and Study Tour on *Fomes annosus*, Scotland 1960, 87-89. — ZECH, W., 1968: *Kalkhaltige Böden als Nährsubstrat für Koniferen*, Diss. Naturw. Fak. Univ. München. — ZIMMERMANN, M. H. (Edit.), 1964: *The Formation of Wood in Forest Trees*, New York, London, S. 237. — ZÖTTL, H., und KENNEL, R., 1963: *Forstw. Cbl.* **82**, 76-100. — ZYCHA, H., und KATÓ, F., 1967: *Schriftenreihe Forstl. Fak. Univ. Göttingen*, **39**.

## Struktur und Einzelbaumzuwachs in montan-subalpinen Lärchen-Fichten-Mischbeständen

VON F. ZÖHRER

*Aus dem Institut für Ertragskunde der Forstlichen Forschungsanstalt München*

Diese Arbeit geht auf eine Anregung von Herrn Prof. Dr. ASSMANN, Direktor des Institutes für Ertragskunde, zurück. Mein ganz besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. ASSMANN, der die Arbeit durch zahlreiche Anregungen förderte.

Sehr zu Dank verpflichtet bin ich ferner Herrn Prof. Dr. H. MAYER für die Mithilfe bei der standörtlichen Beurteilung der Probestflächen, Herrn Dr. FRANZ für die Anleitung bei den statistischen Auswertungen und auch den Herren Oberforstmeistern Dr. KENNEL und SCHMIDT sowie den Herren Assessor des Forstdienstes JOHANN und Forstreferendar WEINLAND für die kollegiale Unterstützung.

Dem damaligen Waldbesitzer Dr. HEINRICH PRINZ zu SCHWARZENBERG und Herrn Forstdirektor Dr. MAYERL danke ich für die Zustimmung zur Anlage von Probestflächen, ebenso Herrn Forstmeister HOFMANN für die tatkräftige Unterstützung sowie allen jenen, die mir bei den Außenaufnahmen freiwillig geholfen haben.

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft förderte die Arbeit durch großzügige Unterstützung, wofür an dieser Stelle geziemend gedankt sei.

Diese Arbeit sowie die in einer der nächsten Nummern erscheinende Abhandlung stellen eine gekürzte Fassung einer Dissertation der Universität München dar. Das ungekürzte Exemplar kann im Institut für Ertragskunde eingesehen werden.

### A. Einleitung

#### 1. Vorbemerkung

Während die Zuwachsleistungen unserer wichtigsten Baumarten in Reinbeständen schon weitgehend bekannt sind, wissen wir nur wenig über den Wachstumsablauf und die Leistung dieser Baumarten in Mischbeständen.

ASSMANN (1961) weist auf die Schwierigkeiten bei Mischbestandsuntersuchungen hin und schreibt dazu in der „Waldetragskunde“: „Sind schon die Wuchsgesetzmäßigkeiten in Reinbeständen nicht leicht herauszufinden, so erscheinen die Schwierigkeiten der Erfassung in Mischbeständen fast unüberwindlich. Bei den ungeheuer zahlreichen Kombinationsmöglichkeiten (etwa nach beteiligten Baumarten, Mischungsformen, Begründungsarten, Altersabständen) können wir günstigstenfalls damit rechnen, gesetz-

mäßige Zusammenhänge bei einigen typischen Mischbestandsformen in absehbarer Zeit aufzuklären.“

Eine solche typische Mischbestandsform ist die Kombination einer oberständigen Lichtbaumart mit einer Schatt- oder Halbschattbaumart, die den Unterstand bildet. In unserem Fall handelt es sich um Mischbestände mit oberständiger Lärche (Saat nach Waldbrand) und unterständiger Fichte (Naturverjüngung unter Lärchen-Schirm). Obwohl derart aufgebaute Mischbestände vor allem im alpinen Verbreitungsgebiet der Lärche nicht nur wirtschaftlich von großer Bedeutung sind, liegen darüber bisher kaum ertragskundliche Ergebnisse vor.

CIESLAR (1904) beurteilt die „unrationelle Vergesellschaftung der Lärche mit der Fichte“ in Tieflagen ziemlich negativ. Auch SCHREIBER (1921) berichtet über ungünstige Erfolge der Vergesellschaftung der Lärche mit der Fichte im künstlichen Anbaugbiet der Lärche.

TSCHERMAK (1924) hat in seine Untersuchungen über die Lärche in den Ostalpen auch den Grubacher Wald einbezogen (in dem sechs der Probeflächen angelegt wurden) und fand für den damals 71jährigen Lä-Fi-Mischbestand hervorragende Wuchsleistungen. KLAMROTH (1929) schreibt über schlechte Erfahrungen mit der Mischung Lärche-Fichte im Harz, besonders bei gleichzeitiger Begründung. Für einen nachträglich mit Fichte unterbauten 70jährigen Lä-Bestand stellt er einen Vorrat fest, der den eines reinen Fi-Bestandes übertrifft.

SCHÖBER (1949) berichtet über die schlechten Erfahrungen, die mit der Mischung Lärche – Fichte im künstlichen Anbaugbiet der Lärche (Nordwestdeutschland) gemacht wurden und betont, daß diese im krassen Gegensatz zur Wüchsigkeit der Mischbestände dieser beiden Baumarten in der alpinen und Sudetenheimat der Lärche stehen. Neben den abweichenden klimatischen Bedingungen sei dafür die Tatsache verantwortlich, daß die Lärchen-Fichten-Bestände der Alpen auf steileren Hängen und in viel lichter Bestockung vorkommen, wodurch die Kronen- und Wurzelkonkurrenz wesentlich niedriger sei. Günstigere Ergebnisse zeigten Lärchenbestände mit Laubholz-Unterstand. Der Unterstand leiste zusätzlichen Zuwachs, ohne den Lärchen-Oberstand negativ zu beeinflussen.

Zum gleichen Schluß kommt RÄTZEL (1961) in seiner Auswertung eines Lärchen-Durchforstungsversuches im Nordschwarzwald mit Tanne, Fichte und Buche im Unterstand. Da jedoch die beiden Versuchsflächen stark durchforstet wurden (Absinken der Grundfläche ab Alter 40!) und keine unbehandelte Fläche vorhanden ist, kann die standörtlich maximal mögliche Leistung nicht abgeschätzt werden. Ein Leistungsvergleich mit Reinbeständen ist aber nur bei Kenntnis der standörtlich höchstmöglichen Produktionsleistung einwandfrei.

Die in dieser Arbeit untersuchten Bestände haben demgegenüber den großen Vorteil, daß sie kaum aktiv durchforstet wurden und so zum Teil außerordentlich hohe Grundflächen und Volumina aufweisen. Die Maximalleistung kann deshalb ziemlich genau abgeschätzt werden, wodurch der Zuwachsvergleich erleichtert und auf eine sichere Basis gestellt wird.

## 2. Problemstellung

In dieser Arbeit sollen Wachstum und Struktur montan-subalpiner Lärchen-Fichten-Mischbestände untersucht werden.

Im Lungau, im österreichischen Alpenraum, kommen im Bereich der Schwarzenbergischen Forstverwaltung Ramingstein-Bundschuh nahezu undurchforstete Lärchen-Fichten-Mischbestände mit deutlichem Schichtenaufbau auf großer Fläche vor. Diese Bestände stellen ein ideales Forschungsobjekt dar.

Um aus einer einmaligen Aufnahme von Probeflächen die Wachstumsleistung und

den aktuellen Zuwachs mit hinreichender Genauigkeit herleiten zu können, wurde auf eine exakte Aufnahme- und Berechnungsmethode größter Wert gelegt.

Da es möglich war, die Auswertungsarbeiten an einer elektronischen Großrechenanlage (IBM 7090 in Garching bei München) durchzuführen, konnten verschiedene Lösungswege geprüft werden, die bei normaler Handauswertung (mit Tischrechenmaschine) wegen zu großen Rechenaufwandes nicht berechnet werden könnten. In Verbindung mit regressionsanalytischen Methoden kann so die Berechnung rationalisiert, die Genauigkeit erhöht und ein hoher Informationsgewinn erreicht werden.

Um in die Zuwachsverhältnisse dieser Lärchen-Fichten-Bestände tiefer eindringen zu können, erscheint es unumgänglich, auf die Einzelbaumzuwächse näher einzugehen. Die angefertigten Kronenkarten der Lä-Fi-Probeflächen sollen Einblick in die Struktur der Bestände gewähren und darüber hinaus als Grundlage für die Ermittlung der Kronenschirm- und Standflächen dienen. So können schirm- und standflächenbezogene Zuwachsleistungen hergeleitet werden, deren Abhängigkeit von verschiedenen ertragskundlichen Größen untersucht werden soll. Damit kann auch die Frage nach der Standortökonomie beantwortet werden.

Durch Aufsummierung der Einzelbaumzuwächse erhält man den Bestandeszuwachs, der in Abhängigkeit von den verschiedenen Aufbauformen, Mischungsanteilen und Grundflächenhaltungen zu untersuchen ist.

Die außerordentlich geringen Vornutzungen der Lärchen-Fichten-Mischbestände und der Fichten-Vergleichsbestände gewährleisten einen objektiven Leistungsvergleich, der für die Volumleistung und die Trockenstoffproduktion sowie für die geldwerte Leistung durchgeführt werden soll.

Mit Hilfe mathematisch-statistischer Verfahren wird versucht, in diese komplexen Zusammenhänge einzudringen, wodurch ertragskundliche Erkenntnisse gewonnen werden, die für die waldbautechnische Behandlung und die betriebswirtschaftliche Analyse von Bedeutung sind.

## B. Untersuchungsgebiet

### 1. Geographische Lage, Morphologie

Schwarzenbergisches Revier Ramingstein-Bundschuh, Lungau, Land Salzburg (Österreich). Der Lungau stellt ein inneralpines Becken dar, das ringsum von Bergen umgeben ist; nur gegen Osten besteht eine schmale Öffnung durch das Murtal.

### 2. Geologie

Das Gebiet gehört im Süden zur Einheit von Stadl (THURNER, 1958), die im westlichen Teil Bundschuhmasse genannt wird. Es herrschen Paragesteine der Glimmerschiefergruppe vor. Infolge des hohen Alters der oberostalpinen Gesteinsmasse und der dadurch bedingten geringen Festigkeit finden sich vorwiegend Rückenformen, die zum Namen „Nockgebiet“ führten.

### 3. Klimatische Verhältnisse des Lungau

Die Höhenlage, die Beckenform und die Öffnung nach Osten bedingen das Lungauer Klima, das als kontinental zu bezeichnen ist. Die thermische Kontinentalität tritt dabei stärker hervor als die hygrische.

Mittlere Jahrestemperatur: 5,9° C (St. Michael, mittlere Jahresschwankung 21,0° C 1901–1950). Niederschlag: 831 mm (Thomatal, 1901–1950). Für das Untersuchungsgebiet (mittlere Meereshöhe 1350 m) kann eine jährliche Niederschlagsmenge von etwa 1100 mm angenommen werden.

#### 4. Pflanzensoziologische Charakterisierung

Fast im ganzen Land Salzburg stellt der Wald die Klimaxgesellschaft dar. Im zentral-alpinen Teil gab es schon immer reine Nadelwälder (Fichte), die je nach Exposition und klimatischen Eigenarten des betreffenden Gebietes mit anderen Baumarten durchsetzt waren. Mit zunehmender Kontinentalität nimmt der Lärchenanteil zu und erreicht im Lungau sein Maximum. Hier beträgt der Anteil der Lärche an der Waldfläche 50 % (TSCHERMAK, 1935) gegenüber nur 8 % im ganzen Salzburg. Der Bestockungsanteil der Lärche ist wegen der geringeren Bestockung der höheren Lagen, die besonders lärchenreich sind, geringer: etwa 25 bis 30 %. Die Hauptbaumart ist die Fichte.

Die vorherrschende Leitgesellschaft bildet ein montaner bis subalpiner Hang-Hainsimsen-Fichtenwald (Piceetum montanum / subalpinum luzuletosum albidae). Dieser bildet auf silikatischen Hangschuttböden ohne edaphische Extreme die Schlußwaldgesellschaft. Über 1400 m kommt der subalpine Hainsimsen-Fichtenwald vor. Im montanen und subalpinen Fichtenwald bildet bei regressiver Entwicklung (Windwurf, Schneebruch, Waldbrand, Viehweide) die Lärche mehr oder weniger reine Initialbestockungen, die bei natürlicher Entwicklung nach ein bis drei Generationen von Fichten-Schlußwaldbestockungen abgelöst werden (nach H. MAYER, 1966, und brieflicher Mitteilung).

### C. Aufnahmemethodik

#### 1. Wahl des Aufnahmeverfahrens

Da bei den Lärchen-Fichten-Beständen neben den Bestandeswerten auch die Einzelbaumwerte von besonderem Interesse sind, schienen hier fixe Probeflächen vorteilhafter. Auch für die Herstellung der Kronenkarten ist eine deutlich begrenzte Fläche günstiger. Bei den Fichten-Vergleichsbeständen kommt es vor allem auf die Bestandeswerte an; deshalb wurde hier auf fixe Probeflächen verzichtet. Die Bestandeswerte wurden mit Hilfe von Winkelzählproben nach BITTERLICH hergeleitet. Zu Vergleichszwecken wurden auch die Lärchen-Fichten-Bestände mit einem Netz von Winkelzählproben überzogen.

#### 2. Aufnahme der Lärchen-Fichten-Bestände

Infolge der hohen Stammzahlhaltung der nahezu undurchforsteten Lärchen-Fichten-Bestände schien eine Probeflächengröße von 30×30 m ausreichend. Die Aussteckung wurde mit Winkelprisma, Stahlmeßband, Neigungsmesser und Theodolit durchgeführt.

Aufnahmen innerhalb der acht Probeflächen:

- Baumart: Lärche, Fichte.
- Durchmesser: wegen der größeren Genauigkeit (MATERN, MÜLLER und KENNEL; ASSMANN, 1957 und 1961, S. 216) Umfangmessung mit Stahlband; ca. 1000 Bäume.
- Höhe, Kronenansatz, Basis der Grünast-, Trockenast- und Aststummelzone: mit Blume-Leiss-Höhenmesser; Basis der Trockenast- und Aststummelzone bei niedrigen Bäumen geschätzt; ca. 1000 Bäume.
- Astigheit: stark-, mittel- und grobstig.
- Schnürigkeit: zweischnürig, einschnürig und krumm.
- Benadelungsdichte: gut, mittel und schütter.
- Durchmesserzuwachs: je zwei Bohrkerne pro Baum (von gegenüberliegenden Stammseiten) 45° zur Richtung des größten Durchmessers (STOSTRZONEK, 1958); pro Probefläche je 30

Lärchen und 20 Fichten aus dem oberen Durchmesserbereich, von Fläche IV alle lebenden Bäume; insgesamt ca. 1000 Bohrkerne.

- Höhenzuwachs: bei Fichte über Messung der Astquirl-Stockwerke (Zusammenfassung von je zehn Quirlen) mit dem Spiegelrelaskop.
- Formzahl:  $\frac{f \cdot h}{d}$  -Messung an ca. 200 Lärchen mit dem Spiegelrelaskop.
- Kronenkartierung: Kronenränder mit dem Dachlot von Zeiß-Aerotopograph auf quadratisches Schnurnetz abgelotet.
- Rindenstärke: orientierende Messungen an Schneewurf-Lärchen.
- Stamm- und Höhenanalysen: 18 Lärchen, zur Herleitung des Höhenzuwachses der Lärchen.
- Alter: Jahrringzählung an 77 Stöcken (innerhalb der Probeflächen aufgearbeitete Schneewurfstämme, benachbarte Kahlhiebs), 54 Altersbohrungen (v. a. Fi) und acht Astquirlauszählungen.
- Bodenprofile und Feinwurzelanzahl: zur Absicherung der standörtlichen Vergleichbarkeit der Probeflächen.
- Vegetationskundliche Aufnahmen<sup>1</sup>: zur Ermittlung der pflanzensoziologischen Zugehörigkeit der Probeflächen und zur standörtlichen Beurteilung.

#### 3. Aufnahme der Fichten-Vergleichsbestände

- Winkelzählproben mit dem Relaskop von BITTERLICH: Zählfaktor 4, Netzpunktabstand 20-40 Schritte.  
Aufnahme der WZP-Stämme: Durchmesser (für Durchmesserverteilung), Höhe, Kronenansatz, Zuwachsbohrung (auf der zum Netzpunkt weisenden Stammseite).
- Alter: Stöcke und Bohrungen.
- Bodenprofile und Feinwurzelanzahl.
- Vegetationskundliche Aufnahmen.

### D. Die Lärchen-Fichten-Probeflächen und Fichten-Vergleichsbestände

#### 1. Lage der Probeflächen

Die Lärchen-Fichten-Probeflächen liegen in den Schwarzenbergischen Revieren Ramingstein und Bundschuh. Fichten-Vergleichsbestände konnten nur im Untersuchungsgebiet Bundschuh gefunden werden. Dazu Tabelle 1.

Tabelle 1

Lage der Probeflächen

Revier	Forstort	Probefläche Nr.	Meereshöhe m	Hangneigung %	Expos.
Ramingstein	14 c	I	1245	54	NW
		II	1245	58	NW
		III	1400	34	NW
	20 a	IV	1394	28	NW
		V	1537	38	NW
		VI	1540	45	NW
Bundschuh	20 d	IX (Fi)	1400	30	NW
		VII	1565	40	NW
	20 f	VIII	1570	43	NW
		X (Fi)	1525	55	NW
	19 a	XI (Fi)	1570	30	N

<sup>1</sup> Herrn Prof. Dr. H. MAYER, Wien, sei für die Überlassung sorgfältiger vegetationskundlicher Analysen herzlich gedankt.

## 2. Bestandesgeschichte

### 2.1. Vorgeschichte

Die L-Fi-Bestände verdanken ihre Entstehung einem Waldbrand des Jahres 1841, durch welchen ein großer Teil Ramingsteins sowie 1300 Joch rarische Waldungen vernichtet wurden (KRSINGER, 1853).

### 2.2. Wiederbegründung

Die Begründung der Kahlflchen erfolgte grostenteils durch Sprengsaat (Wirtschaftspläne der Reviere Ramingstein und Bundschuh). TSCHERMAK (1924) konnte aus Akten und Rechnungen der Forstverwaltung Tamsweg feststellen, daß der Lrchensamen zumeist aus Zell am See bezogen wurde. Es dürfte sich also um geeignete Herkünfte handeln. Genaue Altersuntersuchungen erwiesen, daß auf den talnahen Brandflächen früher gesät wurde als auf den entlegeneren. Zwischen Brand und Wiederbegründung verging ein Zeitraum von 6 bis 16 Jahren. Bis dahin dürfte sich ein gewisser Lrchenanflug eingestellt haben. Die geringe Altersstreuung bei Lärche wird so verständlich. Die Fichten der L-Fi-Bestände sind durchwegs jünger als die Lärchen und sind durch Naturverjüngung unter dem lichten Schirm der Lärche angefliegen; zum Teil wurden sie vielleicht eingesät. Die reinen Fichtenbestände, die zu Vergleichszwecken dienen, haben den Waldbrand im Jungwuchsstadium überstanden. Das Bodenfeuer dürfte dabei durch einen kleinen Wassergraben abgestoppt worden sein.

### 2.3. Weitere Entwicklung und Vornutzungen

Im Wirtschaftsplan des Reviere Ramingstein für das Dezennium 1878 bis 1887 wird berichtet, daß sich die Lärchen-Fichten-Bestände in erfreulichem Wachstum befinden. Die Bestände sind stellenweise sehr dicht und an manchen Stellen vom Schneedruck lückig. Die Lärche bildet eine obere Etage (Wirtschaftsplan 1888 bis 1897), die Unterschicht besteht aus Fichten und einzelnen Birken (Durrenrain).

Im Zusammenhang mit der Einstellung des Bundschuher Eisenwerkes<sup>2</sup> im Jahre 1870 wurde auch allmählich der Kohlereibetrieb eingestellt. Damit hörte die wichtigste Verwendungsmöglichkeit für Durrlinge, Lagerholz und Schwachholz auf.

Die Vornutzungen beschränkten sich daher bis in die jüngste Zeit fast ausschließlich auf die Entnahme von Durrlingen, Birken (Wirtschaftsplan 1909 bis 1918, Ramingstein Durrenrain) und einzelnen Windwurf- und Schneebruchholzern, wobei die Holzabgabe zum größten Teil an die Berechtigten erfolgte. In vielen Beständen wurden auch die Durrlinge und Lagerhölzer belassen, da deren Ausformung und Bringung wegen der Entlegenheit und Unaufgeschlossenheit unrentabel gewesen wäre. Aus diesem Grund zeigen die meisten Probeflächen eine extreme Vorratsauffullung. Erst heute besteht durch die Erschließung mittels Forststraßen vor allem im Grubacher Wald die Möglichkeit für eine entsprechende Bestandespflege.

## 3. Standortkundliche Charakteristik

### 3.1. Grundgestein

Während im Durrenrain Biotit-Muskowit-Glimmerschiefer vorherrscht, findet sich im Grubacher Wald hauptsächlich Biotitgneis. Beide Grundgesteine stellen ein nährstoffreiches, relativ leicht verwitterbares Ausgangsmaterial für die Bodenbildung dar.

<sup>2</sup> Der Hauptverwendungszweck des Holzes war damals im oberen Murtal die Erzeugung von Holzkohle für den Bergbau, der in diesem Gebiet sehr florierte.

## 3.2. Boden

Die Böden sind durchwegs Verwitterungsböden am Orte ihrer Entstehung. Es handelt sich um mäßig frische bis frische, nahrkraftige Hangbraunerden. Tendenz zum Semipodsol konnte im Bereich der Probeflächen nicht festgestellt werden. Bodenart ist sandiger Lehm, im Durrenrain lehmiger Sand. Die Böden weisen eine große Wasserkapazität auf, was bei den relativ geringen Niederschlägen von Vorteil ist; sie sind locker und mittel- bis tiefgründig. Eine leichte Tendenz zum Pseudogley zeigen die Böden der Flächen IV und IX. Diese zeigte sich durch Mangankonkretionen im Unterboden.

### 3.3. Durchwurzelung

Wie zu erwarten, durchwurzelt die Lärche (der L-Fi-Bestände) den Boden wesentlich tiefer als die Fichte (der Fi-Vergleichsbestände). Die tiefste Durchwurzelung konnte in den Probeflächen III und IV mit 1,10 m festgestellt werden.

Der unmittelbar benachbarte Fi-Vergleichsbestand IX hingegen durchwurzelt den Boden nur bis 50 cm; auch ist der Oberboden wesentlich dichter, was eine Folge der reinen Fichtenbestockung sein dürfte. Bezüglich detaillierterer Auswertungsergebnisse der Bodenaufnahmen und Feinwurzelanzahlung sei auf die Originalarbeit verwiesen, die im Münchener Institut für Ertragskunde eingesehen werden kann.

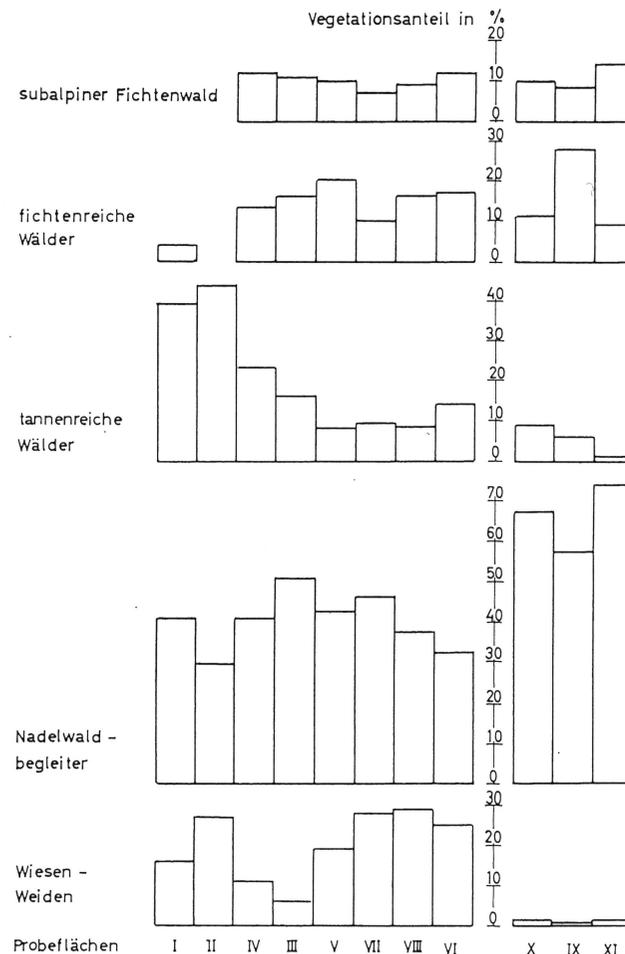


Abb. 1. Soziologische Stellung der Probeflächen (ausgewertet mit Hilfe der Vegetationsweiser)

### 3.4 Vegetationskundliche Charakteristik (nach Prof. H. MAYER)

Die Probeflächen I, II, III und IV können zur Farn-Variante (*Dryopteris linneana*) des hochmontanen Hainsimsen-Fichtenwaldes gestellt werden, die Probeflächen V bis VIII zur Oxalis-Variante des subalpinen Hainsimsen-Fichtenwaldes. Geringes Gewicht von Arten mit Schwerpunkt in Tannenwäldern sowie zunehmendes Gewicht von Arten fichtenreicher Wälder und des

subalpinen Fichtenwaldes (z. B. *Pirola uniflora*) begründen die subalpine Einreihung der zweiten Probeflächengruppe (Abb. 1). Die Flächen III und IV besitzen soziologisch-systematisch eine gewisse montan-subalpine Zwischenstellung.

Mit Hilfe der Vegetationstabelle und der anschließenden Auswertung konnte die standörtliche Vergleichbarkeit der Probeflächenpaare und Fichten-Vergleichsbestände abgesichert werden.

## E. Struktur und Aufbau

### 1. Durchmesserverteilung (Stammzahldiagramme)

Wie bei Lär-Fi-Beständen zu erwarten, finden wir bei Lärche die höchste Frequenz bei wesentlich höheren Durchmesserklassen als bei Fichte (Abb. 2 und 3). Die Durchmesserverteilung der Lärche ist zum Teil ziemlich regelmäßig, zum Teil unregelmäßig und aus zwei überlagerten Verteilungen zusammengesetzt, was z. B. beim Betrachten der Kronenkarte VII (Abb. 7) verständlich wird. Die Häufigkeitsverteilungen der Fichte sind meist linksschief. Das deutet auf eine Zusammendrängung in der Unterschicht hin, wobei nur wenige Fichten diese Schicht überragen. Bei den Flächen V bis VIII deuten sich bei der Fichte Verteilungskurven an, wie wir sie sonst aus ungleichaltrigen Wäldern (z. B. Plenterwald) kennen. In der Tat besteht hier der Fichten-Unterrwuchs aus mehreren

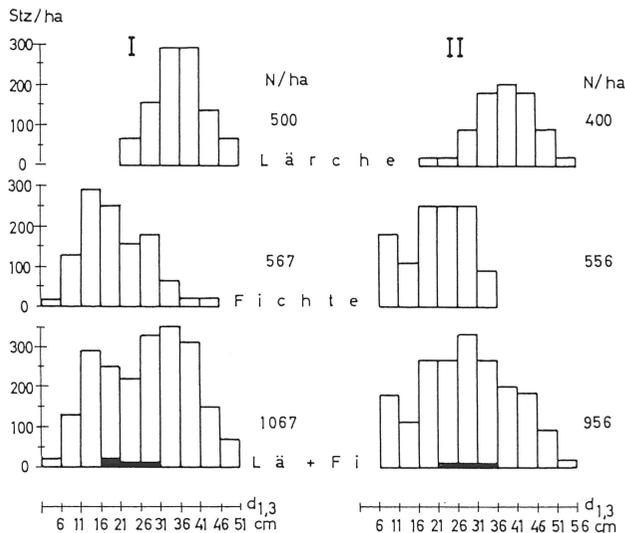


Abb. 2. Stammzahldiagramme I und II; Lärche, Fichte, Lär + Fi (schwarz = abgestorben)

„Generationen“, die auf besonders ergiebige Samenjahre der benachbarten Fichtenbestände zurückzuführen sein dürften.

### 2. Grundfläche und Vorrat

#### 2.1. Berechnungsmethode

Die Bestandesgrundfläche wurde durch Aufsummieren der Einzelbaumgrundflächen erhalten. Die Einzelbaumvolumina ergaben sich durch elektronische Berechnung mit dem Programm WRAP der US-SHARE-Bibliothek. Die dazu benötigte Schaftholzformzahl wurde über eine selbst entwickelte Formzahlfunktion ermittelt (Lärche). Für Fichte kam die bewährte Schaftholzformzahltafel von KENNEL (1965 b) zur Anwendung. Die Integration der Einzelbaumvolumina ergab den Vorrat pro Flächeneinheit.

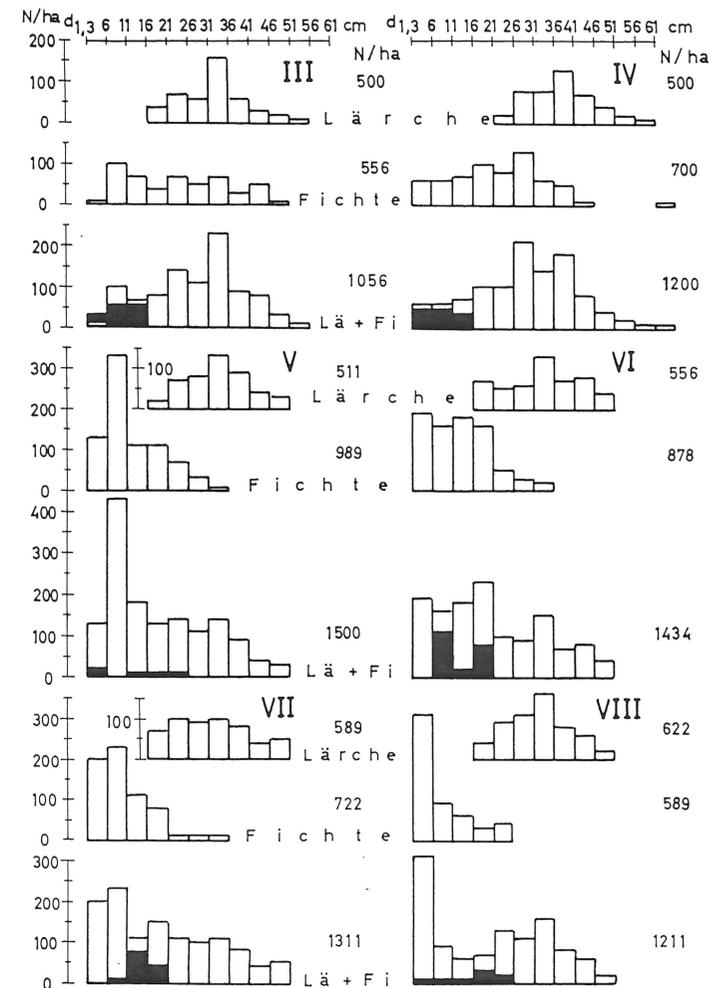


Abb. 3. Stammzahldiagramme III bis VIII; Lärche, Fichte, Lär + Fi (schwarz = abgestorben)

#### 2.2. Berechnungsergebnis

Auffällig sind die sehr hohen Stammzahl-, Grundflächen- und Vorratswerte, wie Tabelle 2 zeigt. So wurde z. B. für die Fläche IV (Meereshöhe 1400 m) eine Grundfläche von 93,4 m<sup>2</sup>/ha und 1344,3 Vfm Schaftholz/ha berechnet. Während die Probeflächen I bis III noch Schaftholzvolumina von rund 1000 Vfm aufweisen, sind die Probeflächen V bis VIII in Meereshöhen um 1550 m mit 730 bis 790 Vfm/ha wesentlich geringer bevorratet. Die Ursache dafür liegt in ihrem geringeren Alter, in der geringeren Ertragsfähigkeit des oberen Mittelhanges und im geringeren Fichtenanteil. Auch diese Vorräte sind noch sehr hoch.

Wir können also im allgemeinen eine extreme Vorratsauffüllung feststellen, die auf geringe Vornutzungen hinweist. Das Fehlen von Schaftverletzungen am Stammfuß, die im Hochgebirge als Folge der Lieferung von Durchforstungshölzern stets in Erscheinung treten, sowie das Vorhandensein zahlreicher abgestorbener Stämme auf den meisten Probeflächen weisen ebenfalls auf sehr geringe Vornutzungen hin. So ergab

Tabelle 2

## Stammzahlen, Grundfläche und Vorrat der einzelnen Probeflächen

Probefläche	Alter (J.)	ha-Werte			G-Mittelst.			
		Stz. (Stück)	G <sub>I</sub> (m <sup>2</sup> )	V <sub>I</sub> (Vfm)	d <sub>m</sub> (cm)	h <sub>m</sub> (m)	f <sub>s m</sub>	
I	Lä ...	117	500	52,05	838,4	36,4	33,6	0,477
	Fi ....	110	567	20,01	200,5	21,2	18,8	0,486
	Sa ...		1067	72,06	1038,9			
II	Lä ...	117	400	47,27	795,1	38,8	34,7	0,479
	Fi ....	110	556	20,48	194,9	21,7	19,1	0,484
	Sa ...		956	67,75	990,0			
III	Lä ...	114	500	43,87	644,4	33,4	30,4	0,474
	Fi ....	97	556	31,37	331,5	26,8	21,1	0,467
	Sa ...		1056	75,24	975,9			
IV	Lä ...	114	500	58,53	950,6	38,6	34,2	0,476
	Fi ....	97	700	34,84	393,7	25,2	21,0	0,472
	Sa ...		1200	93,37	1344,3			
V	Lä ...	107	511	47,49	653,0	34,4	28,3	0,486
	Fi ....	74	989	15,92	98,7	14,3	10,7	0,516
	Sa ...		1500	63,41	751,7			
VI	Lä ...	107	556	51,41	702,2	34,3	27,4	0,488
	Fi ....	73	878	14,69	90,0	14,6	10,0	0,513
	Sa ...		1434	66,10	792,2			
VII	Lä ...	107	589	50,73	704,4	33,1	28,5	0,485
	Fi ....	64	722	7,94	46,2	11,8	8,0	0,534
	Sa ...		1311	58,67	750,6			
VIII	Lä ...	107	622	51,83	710,8	32,6	28,0	0,487
	Fi ....	63	589	4,46	22,2	9,8	5,8	0,557
	Sa ...		1211	56,29	733,0			

<sup>1</sup> Mit Rinde.

eine summarische Berechnung des Vornutzungsprozentes (aus den in den Wirtschaftsplänen aufgezeichneten Vornutzungen) für die Unterabteilung Dürrenrain 14c (I und II) und Grubacher Wald 20a und f (III bis VIII) Vornutzungsprozente von 7,5 bzw. 6,4%. Die Nutzungen bestanden dabei in sehr seltenen und schwachen Durchforstungen, hauptsächlich aber in der Entnahme von dürrer, verbrochenem und lagerhaftem Material sowie in der Nutzung von einzelnen Windwurf- und Schneedruckhölzern. Daraus können wir folgern, daß es sich hier um größtenteils selbstdurchforstete Bestände handelt.

### 2.3. Grundfläche – Meereshöhe – Fichtenanteil

Ca. 50 mit dem Spiegelrelaskop von BITTERLICH durchgeführte Winkelzählproben ermöglichten es, die Abhängigkeit der Bestandesgrundfläche von Meereshöhe und Anteil der Fichte an der Grundfläche zu untersuchen. Abb. 4 bringt eine graphische Darstellung der Grundflächenmessungen im Bereich der Probeflächen V und VI. Die Zahlen und die Flächen der Kreise geben die Grundfläche an, der Anteil der Fichte an der Gesamtgrundfläche ist schwarz gekennzeichnet.

Die weiteren Untersuchungen (gestützt durch regressionsanalytische Berechnungen) ergaben, daß die Grundfläche mit steigender Meereshöhe beträchtlich abnimmt, wobei

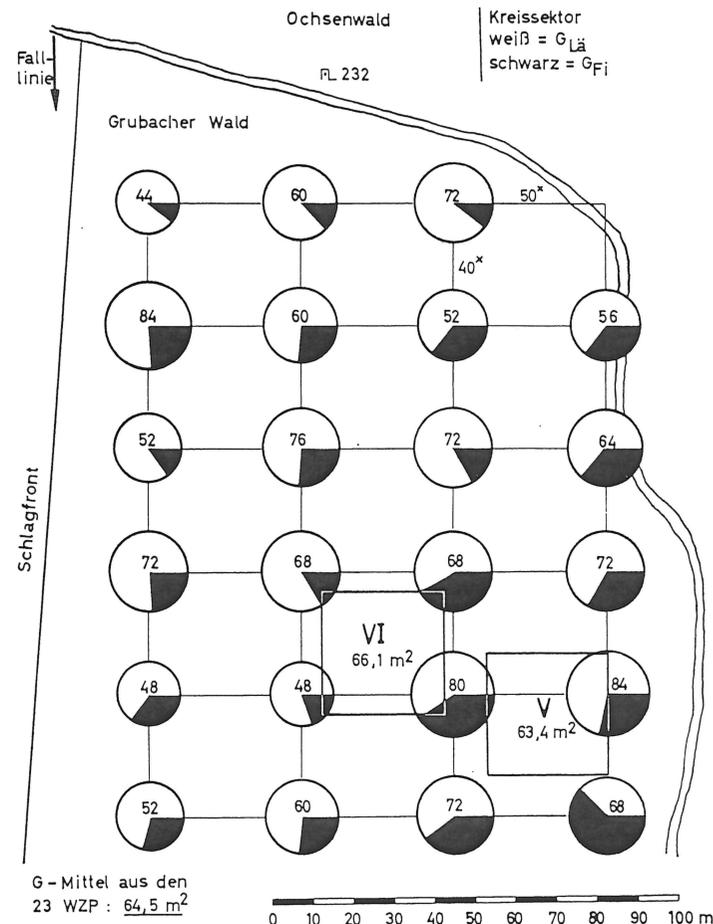


Abb. 4. Graphische Darstellung der Winkelzählproben im Bereich der Probeflächen V und VI. Die Grundflächen der Probeflächen sind bestandesrepräsentativ!

aber die Grundflächen-Standardabweichung zunimmt. Das heißt, daß die unteren Partien des Grubacher Waldes eine dichtere und gleichmäßigere Bestockung aufweisen als die oberen. Gleichzeitig springt ins Auge, daß der Anteil der Fichte an der Grundfläche mit steigender Meereshöhe abnimmt. Daraus können einige wichtige Folgerungen abgeleitet werden:

1. Die Lärche kann eine bestimmte Grundfläche nicht überschreiten. Erst durch das Hinzukommen der Fichte kann eine bedeutend höhere Grundfläche erreicht werden. Offenbar vermag die Mischung Lärche/Fichte den Standort besser auszunutzen.
2. Die optimale Mischung Lä/Fi dürfte bei einem Fi-Anteil von 0,3 bis 0,4 liegen. Bei einem höheren Fi-Anteil geht der zuwachsünstige Schichtenaufbau vermutlich verloren.
3. Die geringere Streuung der G-Messungen in den unteren Hanglagen des Grubacher Waldes weist auf eine gleichmäßigere Vorratsauffüllung hin, wobei die Fichte die Rolle eines „Lückenbüßers“ spielt. An Stellen mit aufgelockertem Lä-Oberstand wurde das Wachstum der Fi-Unterschicht begünstigt und umgekehrt. Auf diese

Art und Weise werden die Unregelmäßigkeiten der L-Grundbestockung bei entsprechendem Fi-Anteil weitgehend ausgeglichen. Dazu die Tabelle 3.

Tabelle 3

Zusammenstellung der G-Messungen im Grubacher Wald

Untersuchungseinheit	III/IV	V/VI	VII/VIII
Meereshöhe (m) .....	1380	1550	1570
Anzahl der WZP .....	11	23	15
$G_{max}, G_{min}^1$ (m <sup>2</sup> ) .....	96/68	84/44	80/32
Mittlere G (m <sup>2</sup> ) .....	81,1	64,5	58,4
G-Standardabweichungen (m <sup>2</sup> ) ....	± 9,5	± 11,5	± 14,0
G-Variationskoeffizienten (%) ....	± 12	± 18	± 24
Anteil der Fi an der Gesamtgrundfläche (%) .....	40	28	16
Fi-%-Standardabweichungen (%) ..	± 7,1	± 12,3	± 10,8

<sup>1</sup> Größter und kleinster Meßwert.

### 3. Vertikaler Aufbau der L-Fi-Mischbestände

Die Bestandesaufrisse der Probeflächen IV und V (Abb. 5) zeigen den deutlichen Schichtenaufbau der untersuchten L-Fi-Mischbestände. Der Aufriß IV ist ungefähr typisch für die montane Probeflachengruppe I bis IV, der Aufriß V für die subalpinen Flächen V bis VIII. Wie ersichtlich, besteht die Oberschicht fast ausschließlich aus Lärchen, deren dicht zusammengedrängte kleine Kronen eine geschlossene Schicht von relativ geringer Mächtigkeit bilden. Die Höhe der Kronenansatze ist ziemlich konstant, die Variabilität der Höhen aber wesentlich größer. Die Kronenlängen der

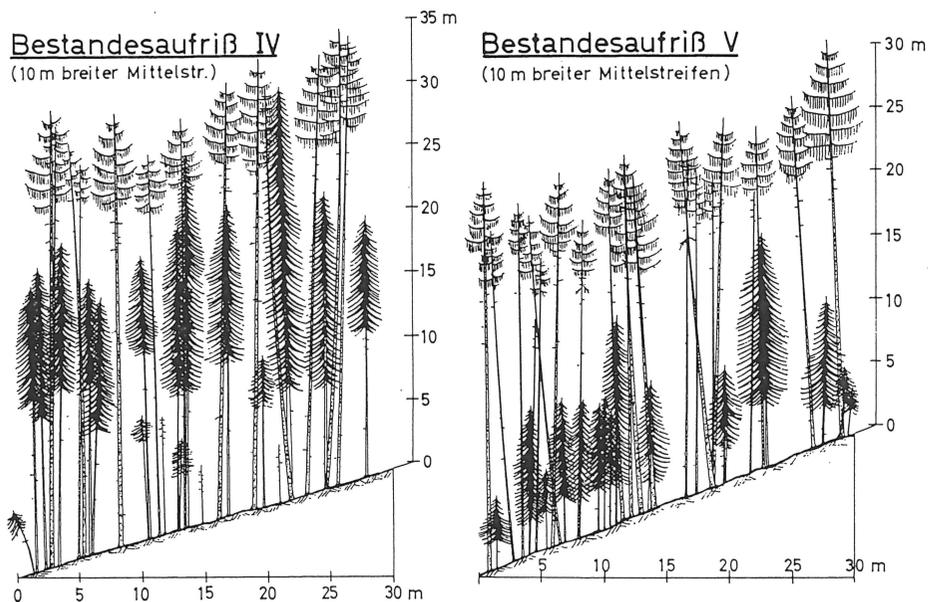


Abb. 5. Bestandesaufrisse der L-Fi-Probeflächen IV und V

Lärchen sind infolge des Stammzahlreichtums sehr kurz. Unter dieser lichtdurchlässigen Lärchen-Oberschicht befindet sich eine ziemlich stark gestufte Fichten-Unterschicht. Bei den Probeflächen I bis IV ist die Stufigkeit des Fi-Unterstandes geringer als bei den höher gelegenen Probeflächen V bis VIII, deren Fichten jünger sind und dabei eine größere Altersstreuung aufweisen. Die Fichten sind sehr stark bekront, die Astreinigung ist – wahrscheinlich infolge geringer Ausgangsstammzahlen – mangelhaft.

Versuchsweise Aufnahmen mit Infrarot-Filmmaterial vom Gegenhang aus zeigten, daß sich diese Technik sehr gut dazu eignet, die Verteilung der Baumarten Lärche und Fichte festzustellen. An den Bestandesrandern der Althölzer wird der zweischichtige Aufbau deutlich erkennbar.

### 4. Höhen- und Kronenansatzkurven

Die unterschiedliche Entwicklung der Baumarten Lärche und Fichte zwang zu einer getrennten Berechnung der Höhenkurven. Dabei erwies sich das Standardprogramm S 16 (Höhenkurven-Testprogramm, Programmautor Oberforstmeister SCHMIDT) für den Elektronenrechner IBM 7090 als sehr zweckmäßig<sup>3</sup>. Von den fünf verschiedenen Ausgleichsfunktionen brachte die Parabelgleichung den besten Ausgleich, besonders bei Fichte.

Die Abb. 6a und b bieten die Höhen- und Kronenansatzkurven für einige Probeflächen. Dargestellt wurde nur die Parabel-Ausgleichsfunktion. Zur Veranschaulichung wurde je ein Baum aus dem unteren und oberen Durchmesserbereich maßstabsgerecht dargestellt. Der Schichtenaufbau kommt dabei deutlich zum Ausdruck, besonders bei den Probeflächen II, V und VII. Hier scheint der untere Kronenrand der Lärchen eine Sperrschicht für das Höhenwachstum der Fichten darzustellen. Bei der Probefläche IV hingegen sind die Fichten schon zum Teil in den Kronenraum der Lärche vorge drungen, vier Fichten ragen sogar mit ihren spitzen Wipfeln aus dem umliegenden „Meer von Lrchenkronen“ heraus (geringer Altersruckstand der Fichte). Der Verlauf der Kronenansatzkurven der Lärche ist fast horizontal, bei V und VII ist sogar ein Absinken der Kronenansatze im oberen Durchmesserbereich festzustellen. Diese Beobachtung machte auch BURGER (1942) in schweizerischen L-Bu-Mischbeständen. Auch KENNEL (1965) konnte in Buchen- und Fi-Bu-Beständen ein Absinken der Kronenansatze bei den stärksten Buchen feststellen.

Die Kronenlänge ist also fast ausschließlich durch die Totalhohe des Baumes (Lärche) bestimmt. Das gleiche gilt für Fichte bei den Flächen V und VII, während wir bei den Probeflächen II und IV ein deutliches Ansteigen der Kronenansatzhohe mit steigendem Durchmesser beobachten können. Bei den größten Durchmessern sinken auch hier die Kronenansatze wieder ab.

Biologisch gesehen sind die großen Kronenlängen der Fichten sicherlich von Vorteil, was auch aus den erheblichen Zuwachsleistungen der unterständigen, zum größten Teil berschirmten Fichten ersichtlich ist.

### 5. Die Kronenkarten und deren Auswertung

#### 5.1. Beschreibung der Kronenkarten

Die in Abb. 7 beispielsweise dargestellten Kronenkarten der Probeflächen IV und VII wurden durch Ablotung der Kronenrander (Dachlot von Zeiss-Aerotopograph) auf ein orthogonales Schnurnetz gewonnen. Bei beiden Flächen kann eine große Variation in

<sup>3</sup> Für die dabei gewährte Unterstützung möchte ich Herrn Dr. FRANZ und Herrn Oberforstmeister SCHMIDT herzlich danken.

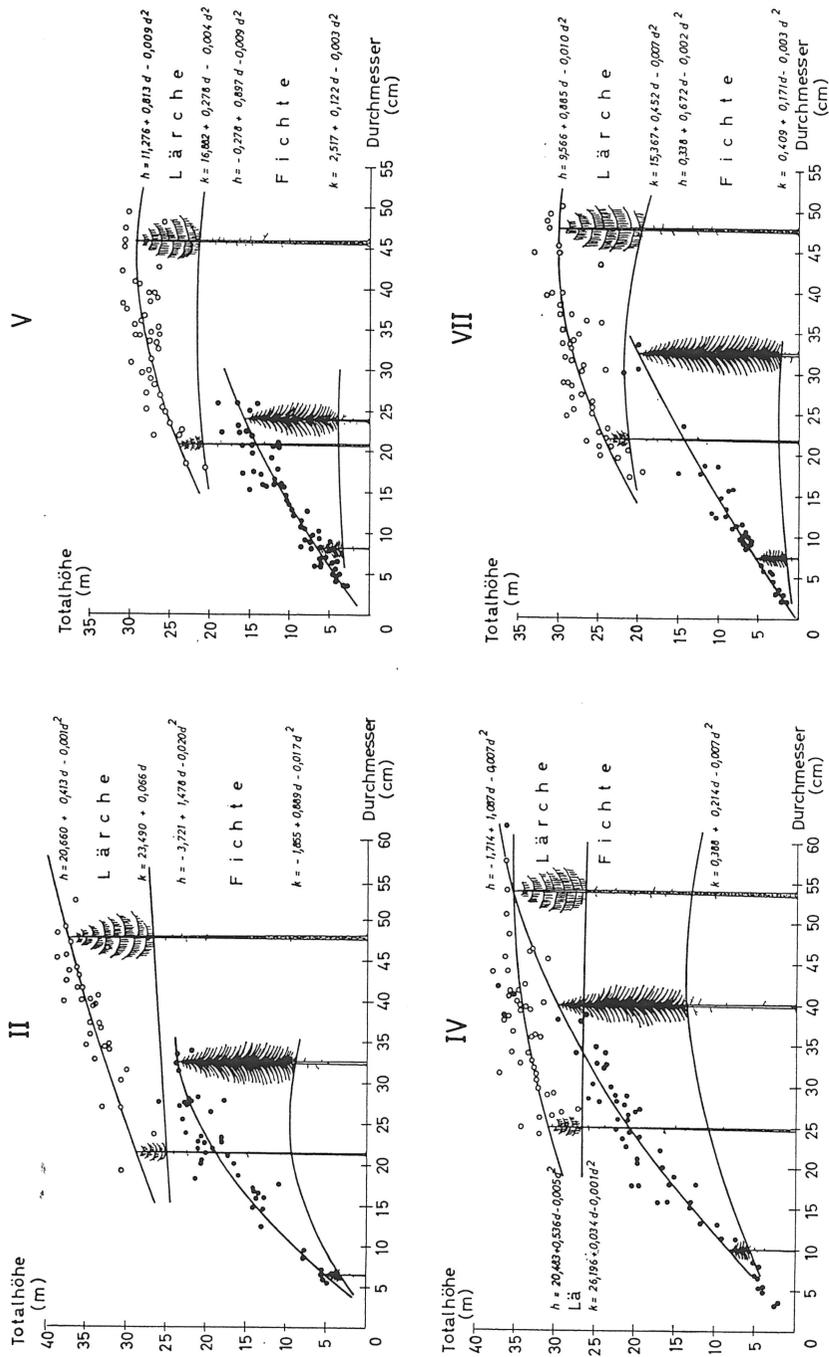


Abb. 6a (links), Höhen- und Kronensatzkurven der montanen Probestflächen II und IV  
 Abb. 6b (rechts), Höhen- und Kronensatzkurven der subalpinen Probestflächen V und VII

Form und Größe der Kronenhorizontalprojektion festgestellt werden. Daß Lärchen mit so winzigen, pinselförmigen Kronen wie z. B. IV/60 und VII/18 überhaupt noch lebensfähig sind, beweist, daß die Probestflächen in einem zum Lärchenoptimum der Zentralalpen gehörigen Gebiet liegen (TSCHERMAK, 1924).

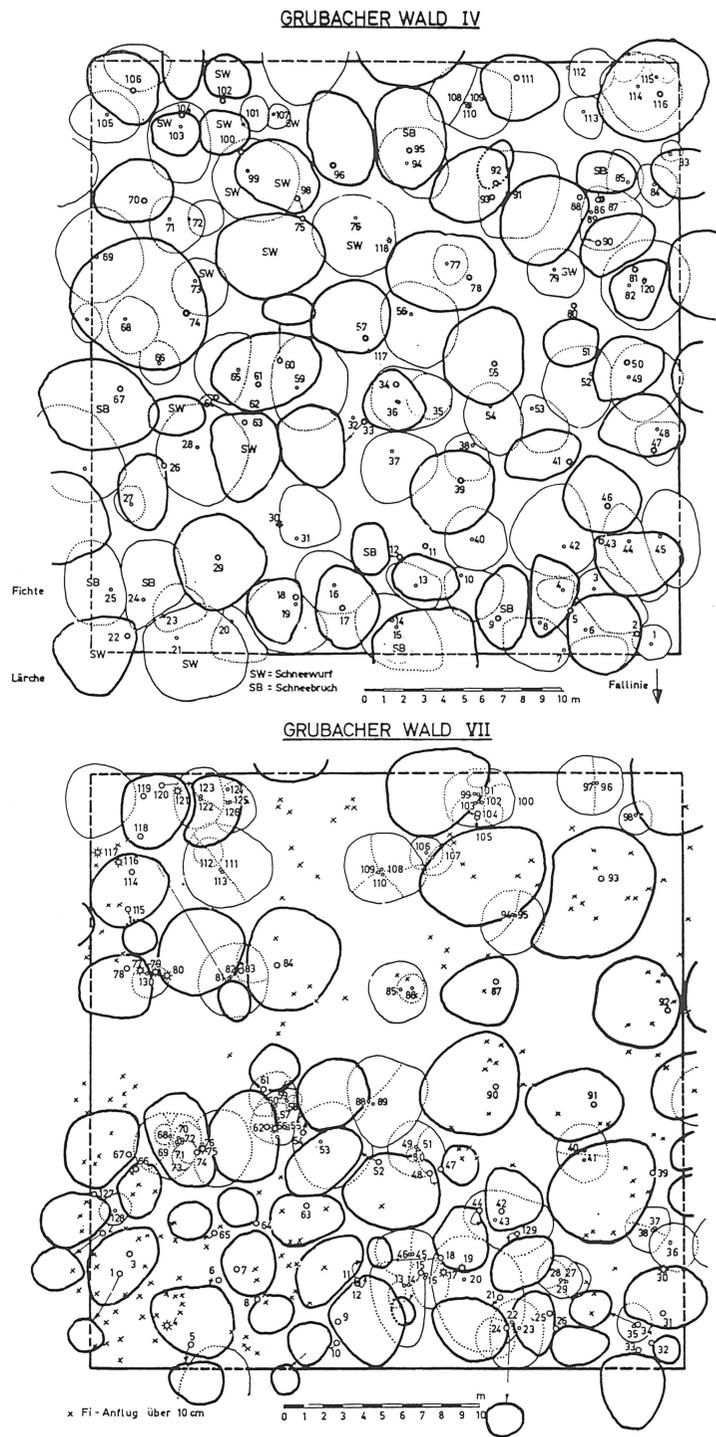


Abb. 7. Kronenkarten der Probestflächen IV und VII

Die Stammfüße und die Projektionen der Kronenmittelpunkte weichen oft erheblich voneinander ab, besonders bei den schwachen Lärchen. Das ist eine Folge phototropischer Wuchskrümmungen sowie von Dauerbiegungen infolge Eigengewicht und Schneelast. Die unterdrückten Lärchen weisen nämlich einen außerordentlich schlanken Schaftbau auf (Schlankheitsgrade bis 160!). Diese schlanken Lärchen sind – wie sich anlässlich einer Schneedruckkatastrophe im Oktober 1964 zeigte – sehr schneebruchgefährdet, während die schiefen Lärchen mit stärkeren Durchmessern (und geringeren Schlankheitsgraden) meist *geworfen* wurden. Siehe dazu Abb. 7, Probefläche IV. Eine detailliertere Auswertung der erhobenen Schneedruckschäden ist im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich.

### 5.2. Ermittlung der Beschirmungsverhältnisse

Die Überschirmungsverhältnisse wurden nicht durch Ausplanimetrieren der einfach und mehrfach überschirmten Anteile der Kronenprojektionen bestimmt, sondern durch zahlreiche repräsentative Stichproben von einem Punktgittersystem (STRAND, 1953, und FRANZ, 1956). Dabei wurde bei den kartierten Flächen am Schreibtisch, bei den nicht kartierten in der Natur gearbeitet.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 4 zusammengestellt. Wie ersichtlich, beträgt der Beschirmungsgrad der Lärchen-Oberschicht 0,47 bis 0,68, während die Fichten-Unterschicht 24 bis 67 % der Fläche überschirmt. Lärche und Fichte zusammen überschirmen eine die Gesamtfläche des Bestandes übersteigende Fläche (I: 129 %), nur die beiden Probeflächen VII und VIII weisen eine geringere Beschirmung auf. Der Beschirmungsgrad, bei dessen Ermittlung auch die doppelten und mehrfachen Überschirmungen nur einfach zu zählen sind, schwankt zwischen 0,62 und 0,88.

Wie wenig der Beschirmungsgrad mit dem Bestockungsgrad bzw. mit der Bestandes-

Tabelle 4

Ermittlung der Beschirmungsverhältnisse und des Beschirmungsgrades

Überschirmungsverhältnisse	in % der ganzen Fläche							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Fi .....	20,0	22,2	33,0	25,1	25,3	19,0	10,7	12,0
Fi über Fi .....	—	0,8	1,0	1,6	2,2	1,0	2,4	—
Fi über Fi/Fi .....	—	—	—	—	0,1	—	0,2	—
Lä .....	27,0	28,1	18,0	29,8	25,3	27,0	37,9	46,0
Lä über Fi .....	38,0	28,3	32,0	23,0	20,1	31,0	9,4	14,0
Lä über Fi/Fi .....	3,0	0,9	1,0	0,5	1,7	5,0	1,1	1,0
Lä über Fi/Fi/Fi .....	—	—	—	—	0,2	—	0,3	—
Lä über Fi/Fi/Fi/Fi .....	—	—	—	—	—	—	0,1	—
Lä über Lä .....	—	—	—	0,2	—	—	—	—
Lä über Lä/Fi .....	—	—	—	0,3	—	—	—	—
Lä insgesamt .....	68,0	57,3	51,0	53,8	47,2	63,0	48,8	61,0
Fi insgesamt .....	61,0	52,2	67,0	50,2	59,5	56,0	24,2	27,0
Lä + Fi (Summe aller Schirmflächen) .....	129	110	118	104	107	119	73	88 %
Fi unüberschirmt .....	20,0	23,0	34,0	26,6	27,6	20,0	13,3	12,0
Lä + Fi (doppelte und mehrfache Überschirmung einfach gerechnet) .....	88,0	80,3	85,0	80,4	74,8	83,0	62,1	73,0
Beschirmungsgrad .....	0,88	0,80	0,85	0,80	0,75	0,83	0,62	0,73

grundfläche korrespondiert, worauf ASSMANN (1961, 1967) immer wieder hinweist, zeigt auch ein Vergleich der Probeflächen VII und VIII:

VII G = 58,7 m<sup>2</sup> (104 %) Beschirmungsgrad = 0,62 ( 85 %)   
 VIII G = 56,3 m<sup>2</sup> (100 %) Beschirmungsgrad = 0,73 (100 %)

### 5.3. Schirmfläche und Standfläche

Die Kronenschirmflächen wurden durch Ausplanimetrieren der Kronenkarten ermittelt. Die Standfläche setzt sich aus der Schirmfläche und dem Anteil des Baumes an der nichtüberschirmten Bestandesfläche zusammen (ASSMANN, 1961). Die Bestandeslücken können durch das Ziehen äquidistanter Linien (zu den Kronenrändern) auf die umstehenden Bäume aufgeteilt werden. Dieses von ASSMANN (1961) angegebene Verfahren hat auch FREIST (1961) vorteilhaft angewendet.

## F. Die Gestalt der Bäume

### 1. Schaftform und Astigkeit

#### 1.1. Stammanalysen

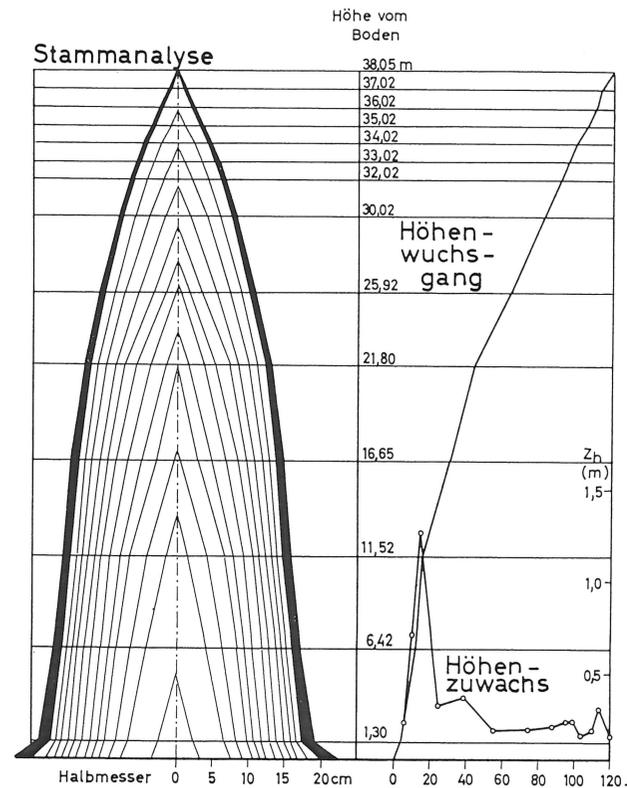


Abb. 8. Stammanalyse und Höhenwuchsgang einer Lärche der Probefläche II

Die Stamm- und Höhenanalysen von vorwiegend herrschenden Lärchen dienen vor allem zur Herleitung des Höhenzuwachses. Abb. 8 bringt als Beispiel eine ziemlich vollformige Lärche der Fläche II. Typisch ist für die extreme Lichtbaumart Lärche der sehr frühe Anstieg der Höhenzuwachskurve, die frühe Kulmination (hier etwa 14 Jahre) und der darauffolgende rasche Anstieg.

#### 1.2. Die Schaftformzahlen der Lärche

Im Abschnitt G/1 wird die Herleitung einer Formzahlfunktion für Lärche beschrieben. Es konnte ein für die Lärche ziemlich hohes Formniveau festgestellt werden, das über dem der Bayerischen Mastentafel und für Durchmesser über 37 cm über dem der Tafel von SCHIFFEL (1905) liegt.

1.3. Schlankheitsgrad

In Abb. 9 sind die durchschnittlichen Schlankheitsgrade (für 5-cm-Durchmesserklassen) beispielsweise für einige Probestellen dargestellt. Die Schlankheitsgrade nehmen mit zunehmendem Durchmesser bei Lärche stark, bei Fichte weniger deutlich ab. Die Werte von BURGER (1942) und H. MAYER (1966) sind ungefähr gleich hoch und zeigen die gleiche Tendenz. Die Schlankheitsgrade der Lärchen sind für gleiche Durchmesser wesentlich höher. Das hängt damit zusammen, daß die Lärchen ihr Höhenwachstum auf Kosten des Durchmesserzuwachses forcieren, während die Fichten-Unterschicht infolge der Übersicherung im Höhenwachstum gebremst wird.

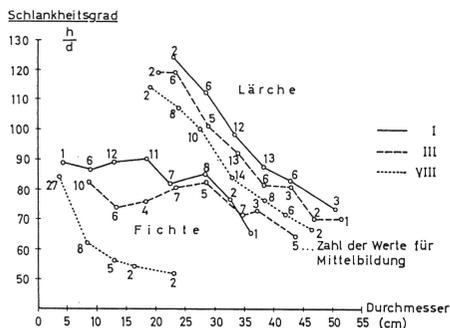


Abb. 9. Schlankheitsgrad (h/d) über dem Durchmesser (Lärche und Fichte, Probestellen I, III, VIII)

1.4. Die Schnürrigkeit der Lärchenschäfte

Nur ein geringer Prozentsatz der Lärchen ist völlig gerade (zweischnürig). Die meisten Lärchen sind nach einer oder mehreren Richtungen leicht gekrümmt. Mit zunehmender Hangneigung vermindert sich der Anteil geradschaftiger Lärchen, wie auch TSCHERMAK (1924) für den ganzen Alpenraum feststellen konnte.

1.5. Astigkeit

Die Astigkeit der Lärchen ist im allgemeinen ziemlich gering. Die Schäfte sind oft – besonders im Dürrenrain – auf große Längen astrein. Die Lärchen des Grubacher Waldes sind astiger, besonders in den subalpinen Probestellen V bis VIII. Wahrscheinlich verläuft in dieser Höhenlage die Astreinigung wegen der ungünstigen Bedingungen für holzersetzende Pilze langsamer, so daß die schon abgestorbenen Äste einwachsen, wodurch Schwarzastigkeit entsteht. Durch frühzeitig begonnene Aufastungen könnte der Wert des Lärchenholzes wesentlich gesteigert werden<sup>4</sup>.

Die Fichten sind viel stärker beastet, was auf geringe Ausgangsstammzahlen zurückzuführen sein dürfte. Sie stehen heute ziemlich locker, so daß sie sich nur selten bedrängen und keine Astreinigung herbeiführen können. Aufastung kommt hier nicht in Frage.

2. Charakteristische Kronenmaße

Abb. 10. bringt eine Zusammenstellung der wichtigsten Kronenmaße in Abhängigkeit von Durchmesser oder Schirmfläche. Die verwendeten Bezeichnungen sind von ASSMANN (1961) vorgeschlagen worden.

Bekronungsgrad: Infolge des Dichtstandes ist der Bekronungsgrad der Lärche niedrig. Er nimmt mit zunehmendem Durchmesser zu und ist bei der zum Teil lichten Fläche VII merklich höher als bei der sehr dicht bestockten Fläche IV. SCHÖBER (1949) und BURGER (1942) konstatieren für ca. gleich alte Lärchenbestände wesentlich höhere

<sup>4</sup> Z. B. mit der automatischen Klettersäge von Fichtel & Sachs, Schweinfurt.

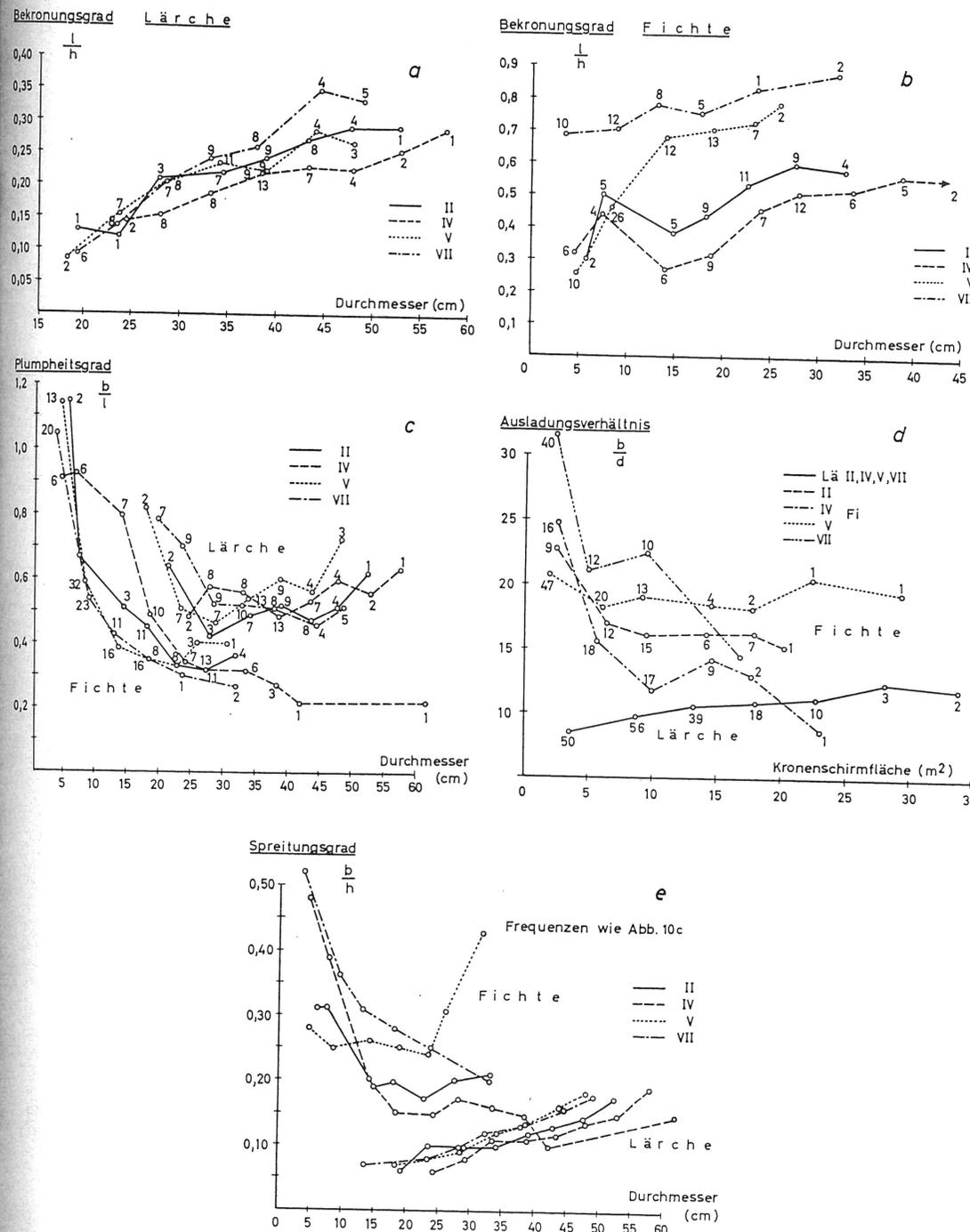


Abb. 10 a-e. Charakteristische Kronenmaße: Bekronungsgrad (1/h), Plumpeitsgrad (b/l), Ausladungsverhältnis (b/d), Spreitungsgrad (b/h)

Werte. Daß unsere Lärchen mit so geringen Bekronungsgraden noch lebensfähig sind, ja erheblichen Zuwachs leisten, ist auf die im Lungau herrschenden optimalen Bedingungen für diese Baumart zurückzuführen. Im Gegensatz zur Lärche sind die Bekronungsgrade der Fichten sehr hoch. Für die Gesamtleistung Lärche + Fichte dürfte diese Tatsache von großer Bedeutung sein.

**Plumpheitsgrad:** Die schlanksten Kronen haben die klein- bis mittelkronigen Lärchen (Durchmesser 25 bis 40 cm). Wie wir später sehen werden, üben diese gleichzeitig die größte Standraumökonomie. Das ist auf ihr günstiges Verhältnis zwischen Kronenmantelfläche und Kroneninhalte zurückzuführen (ASSMANN, 1961). Bei Fichte nimmt die Plumpheit der Kronen mit zunehmendem Durchmesser stark ab.

**Ausladungsverhältnis:** Während das Verhältnis Kronenbreite zu Durchmesser bei Lärche<sup>5</sup> mit steigender Schirmfläche zunimmt, stellen wir bei Fichte bei wesentlich höheren Ausgangswerten das Gegenteil fest. Die kleinen unterdrückten Fichten besitzen bei weit ausgefächerten Kronenformen (plagiotrope Schattenformen) ein sehr hohes Ausladungsverhältnis.

**Spreitungsgrad:** Auch hier zeigen Lärche und Fichte ein gegensätzliches Verhalten. Bei allen Kronenmaßen konnte ein mehr oder weniger deutlicher Alterstrend festgestellt werden.

### G. Vorbereitende Berechnungen zur Bestimmung des Volumzuwachses

#### 1. Formzahlfunktion

Mit dem Spiegelrelaskop durchgeführte  $\frac{f \cdot h}{d}$ -Messungen (relative Formhöhe nach BITTERLICH) ermöglichten einen Vergleich der Schaftholzformzahlen mit der Tafel von SCHIFFEL (1905) und der Bayerischen Massentafel. Dabei zeigten sich erhebliche systematische Abweichungen. Aus diesem Grunde wurde versucht, eine eigene Formzahlfunktion abzuleiten, wobei die Methode der multiplen Regressionsanalyse zur Anwendung kam. Das Computer-Programm WRAP der US-SHARE-Bibliothek ermöglichte es, in relativ kurzer Zeit 14 verschiedene Ausgleichsfunktionen durchzutesten, wobei sich die Funktion

$$\ln f = b_0 + b_1 \cdot \ln d + b_2 \cdot \ln h + b_3 \cdot \ln l + b_4 \cdot \ln^2 d + b_5 \cdot \ln^2 l$$

als sehr gut geeignet erwies. Darin bedeuten

- f = Schaftholzformzahl mit Rinde,
- d = Brusthöhendurchmesser m. R.,
- h = Totalhöhe,
- l = Kronenlänge.

Diese Funktion ist aus dem Ansatz von SCHUHMACHER und HALL (1933) entstanden und wurde um die Glieder 3, 4 und 5 erweitert. Es hat sich dabei herausgestellt, daß die Kronenlänge eine wichtige dritte Größe darstellt. Daß diese Tatsache nicht allgemein gilt, ist bekannt und wurde u. a. von POLLANSCHÜTZ (1965) bestätigt.

Abb. 11 bringt eine graphische Darstellung der Formzahltafel, die für die elektronische Berechnung von Schaftholzvolumen und Volumzuwachs Verwendung fand. Bei Fichte wurde die von KENNEL (1965b) entwickelte Formzahlfunktion für Schaftholzformzahlen Nr. 72 zugrunde gelegt.

<sup>5</sup> Da die Werte der einzelnen Probestellen nur wenig differieren, wurden die vier Flächen

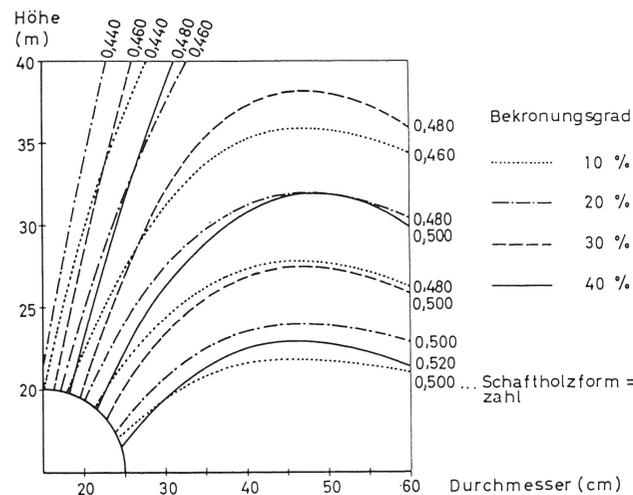


Abb. 11. Graphische Darstellung der Lärchen-Formzahltafel 3 (Schaftholzformzahl in Abhängigkeit von Durchmesser, Höhe und Bekronungsgrad)

Einführung eines quadratischen Gliedes (Parabel 2. Grades) brachte keine Verbesserung des Ausgleiches. Die Gleichungen der Durchmesserzuwachs-Geraden, die für jede Probestelle aufgestellt wurden, lauten:

$$Z_d \text{ o. R.} = b_0 + b_1 \cdot d_{m.R.}$$

worin  $Z_d \text{ o. R.}$  = Durchmesserzuwachs des Zuwachsjahrzehnts 1955 bis 1964 ohne Rinde in cm

$d_{m.R.}$  = Brusthöhendurchmesser mit Rinde (1964) in cm.

#### 3. Rindenstärke-Geraden

Ein Vergleich der in beschränktem Umfang selbst durchgeführten Rindenstärkemessungen mit Mittelwerten von SCHÖBER (1939) für Lärche und EH (1961) für Fichte zeigte sehr gute Übereinstimmung. Es konnten daher aus den Zahlen der beiden

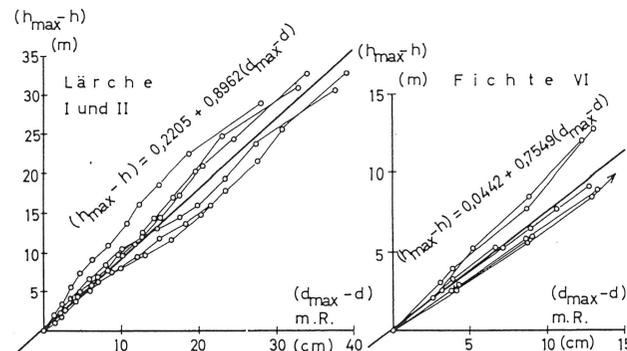


Abb. 12. Höhenzuwachsfunctionen, dargestellt am Beispiel der Probestellen I und II (Lärche) und VI (Fichte)

### 2. Durchmesserzuwachs-Geraden

Das mit einem IBM-Kartenlochergekoppelte Bohrkern-Meßgerät von EK-LUND ermöglichte eine zeitsparende und exakte Auswertung der Bohrkernne. Die mittels einer dazwischengeschalteten Rechenmaschine berechneten Radialzuwächse werden dabei automatisch auf Lochkarten übertragen, die die Grundlage für die elektronische Zuwachsrechnung darstellen. Die Testrechnungen ließen erkennen, daß bei beiden Baumarten ein linearer Ausgleich möglich ist. Die

Autoren Regressionsgleichungen abgeleitet werden, die für die Berechnung des Volumzuwachses verwendet wurden.

#### 4. Höhenzuwachs-Funktion

Stamm- und Höhenanalysen bildeten die Grundlage für die Herleitung des Höhenzuwachses der Lärchen. Der Höhenzu-

wachs der Fichten wurde mit dem Spiegelrelaskop (jeder 10. Astquirl) gemessen. Orientierende Testrechnungen ließen erkennen, daß zwischen dem Durchmesser- und Höhenzuwachs ein sehr enger Zusammenhang besteht. Diese Tatsache wurde bei der regressionsanalytischen Herleitung des Höhenzuwachses vorteilhaft ausgenutzt. Dazu die Abb. 12.

$h_{\max} - h =$  Endhöhe minus Höhe vor n Jahren in m

$d_{\max} - d =$  Enddurchmesser minus Durchmesser vor n Jahren in cm m. R.

## H. Der Volumzuwachs der Einzelbäume

### 1. Berechnungsmethode

Nach den vorbereitenden regressionsanalytischen Berechnungen (Abschnitt G) wurden die Volumzuwächse der Einzelbäume ermittelt. Dafür kamen nur die Bäume in Be-

tracht, deren Durchmesserzuwachs durch Bohrkernentnahme bekannt war. Die dabei angewendete Berechnungsmethode zeigt die Abb. 13. Das Berechnungsschema gilt für beide Baumarten, wobei jedoch bei Fichte der Bekronungsgrad als Eingangsgröße für die Formzahltafel wegfällt. Die Berechnungen erfolgten mit Hilfe des schon mehrmals erwähnten Computer-Programmes WRAP.

### 2. Ergebnis der Zuwachsberechnungen

Wegen Platzmangels ist es nicht möglich, die umfangreichen Datenlisten in dieser Arbeit zu veröffentlichen. Die Originallisten liegen im Münchener Institut für Ertragskunde auf.

#### 2.1. Absoluter Volumzuwachs

Es ergaben sich Einzelbaumzuwächse bei Lärche von 1,5–55 dm<sup>3</sup> pro Baum

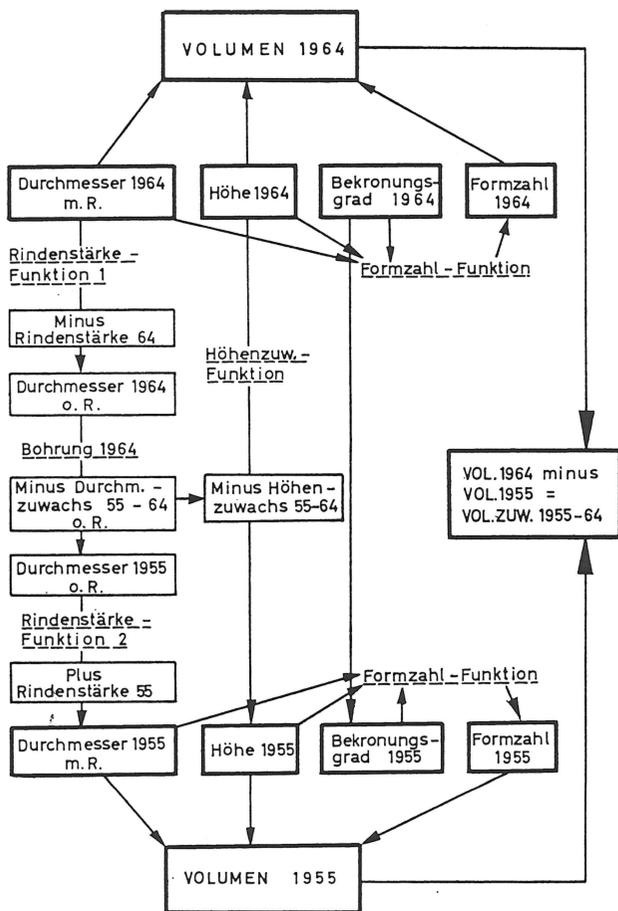


Abb. 13. Flußdiagramm zur Herleitung des Volumzuwachses der Einzelbäume. Rindensstärke-Funktion 1:  $R = f(d \text{ m. R.})$ , Rindensstärke-Funktion 2:  $R = f(d \text{ o. R.})$

und Jahr (Durchschnitt 1955–1964) und bei Fichte von 0,1–40 dm<sup>3</sup>. Obwohl größtenteils überschirmt, ist die Fichte bei gleichem Durchmesser der Lärche im Volumzuwachs bei weitem überlegen. Die Lärchen haben die Phase der Vollkraft bereits hinter sich, während die Fichten in der Phase der Vollkraft trotz starker Überschirmung durch die Lärchen-Oberschicht bei wesentlich geringeren Höhen beachtlichen Zuwachs leisten.

### 2.2. Schirm- und Standflächenleistung

Während der absolute Volumzuwachs mit zunehmendem Durchmesser (Schirmfläche) stark ansteigt, zeigen Schirm- und Standflächenleistung (= Volumzuwachs pro m<sup>3</sup> Schirm- bzw. Standfläche) ein deutliches Optimum (Abb. 14). Die Lärchen mit den größten Durchmessern und Schirmflächen nehmen so viel Standraum ein, daß ihre flächenbezogene Leistung niedriger ist als bei ihren kleinkronigen Nachbarn (siehe auch BADOUX, 1946, nach ASSMANN, 1961; R. MAYER, 1958; FREIST, 1961; KENNEL, 1965).

Diese Zusammenhänge werden durch die Ausführungen ASSMANN'S (1961) über Standraumökonomie und flächenbezogene Leistung verständlich: Mit zunehmender Vergrößerung der Krone wächst der Kroneninhalte relativ stärker als die Kronenmantelfläche, die aber für die Assimilation maßgeblich ist (Belichtung!). Der schlecht belichtete und nur wenig Nadelmasse beinhaltende Kronenkern nimmt bei großkronigen Bäumen einen relativ größeren Raum ein als bei Bäumen mit mittleren Kronendimensionen.

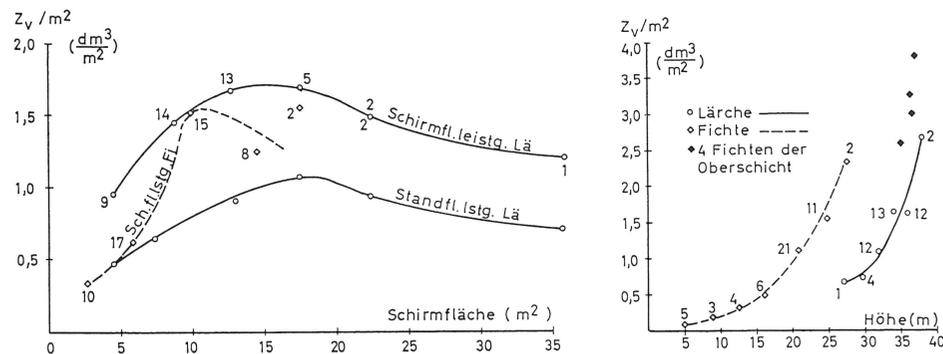


Abb. 14 (links). Schirm- und Standflächenleistung (Stufenmittel), dargestellt über der Schirmfläche. Probestfläche IV (Lä und Fi). – Abb. 15 (rechts). Schirmflächenleistung über der Höhe. IV (Lä und Fi)

Wie sehr die Schirmflächenleistungen mit steigender Höhe zunehmen, zeigt Abb. 15. Der Energiegewinn, der durch Zunahme der Höhe und den damit verbundenen größeren Genuß an gesamtener Strahlungsenergie erzielt wird, scheint den dadurch erhöhten Leitungswiderstand in den Leitgefäßen (Aufstieg des Transpirationsstromes) mehr als wettzumachen. Die geringe Höhendifferenzierung der zum Lichte strebenden (und daher mehr oder weniger in einer Schicht zusammengedrängten) Lichtbaumart Lärche hat wahrscheinlich zur Folge, daß sich auch die Leitungswiderstände der einzelnen Lärchen der Fläche IV nur geringfügig unterscheiden. Hingegen dürfte der enorme „Energiegewinn“, den die Zunahme jedes Dezimeters an Höhe bedeutet (BAUMGARTNER, 1956, 1957, nach ASSMANN, 1961), für die außerordentlich stark transpirierende Baumart Lärche sicherlich eine entscheidende Rolle spielen.

### 3. Die Abhängigkeit des Volumzuwaches von verschiedenen biometrischen Größen (vorwiegend für Lärche)

3.1 Der Zuwachs des Einzelbaumes ist von einer Reihe von Komponenten abhängig, von denen uns allerdings nur wenige genauer bekannt sind. Wir wissen nichts über den Kleinstandort (Wurzelraum!) jedes einzelnen Baumes, über seine individuelle Versorgung mit Nährstoffen, mit Wasser, über seinen Ernährungszustand, seine genetische Veranlagung usw. Es stehen uns aber verschiedene ertragskundlich-biometrische Größen zur Verfügung, die den Zuwachs beeinflussen könnten:

- Biometrische Grunddimensionen des betreffenden Baumes: z. B. Durchmesser, Höhe, Kronenlänge, Benadelungsdichte und Kronenschirmfläche.
- Abstände und Grunddimensionen von vier Nachbarn (Stamm- oder Kronennachbarn): Abstände der Stammfüße von den Nachbarn, deren Durchmesser, Höhen, Kronenlängen und Schirmflächen. Es erwies sich als zweckmäßig, „Stammnachbarn“ und „Kronennachbarn“ zu unterscheiden, da bei den oft schräggestellten Bäumen der Stammfuß und die Vertikalprojektion des Kronenmittelpunktes keineswegs immer zusammenfallen.

#### 3.2. Die einfachen linearen Korrelationskoeffizienten

##### 3.2.1. Die Korrelationskoeffizienten zwischen dem absoluten Volumzuwachs und verschiedenen biometrischen Größen

Es stellte sich heraus, daß der Zusammenhang zwischen Zuwachs und heutigen Dimensionen des Baumes am engsten ist. Das wird verständlich, wenn man bedenkt, daß die gegenwärtigen Dimensionen des Baumes vor allem eine Folge der Nachbarschaftsverhältnisse und der genotypisch bedingten Wuchspotenz sind. Durchmesser, Höhe, Kronenlänge, Benadelungsdichte und Schirmfläche drücken mit ihrer Größe schon gewissermaßen die Nachbarschaftsverhältnisse aus. Das gilt besonders für unsere nicht aktiv durchforsteten Bestände. KENNEL (1966) kommt zum gleichen Schluß. Die Korrelationskoeffizienten sind durchweg gesichert. Dagegen liegen die Korrelationskoeffizienten, die die Nachbarschaftsverhältnisse angeben, fast ausnahmslos unter der Sicherungsgrenze. Am wichtigsten scheinen noch die Stamm- und Kronenabstandswerte zu sein, wobei letztere zum Zuwachs in korrelativ engerer Beziehung stehen als erstere.

##### 3.2.2. Die Korrelationskoeffizienten zwischen der Schirmflächenleistung und verschiedenen biometrischen Größen

Sie sind wesentlich niedriger als die oben erwähnten. Das gilt besonders für die Kronenschirmfläche, die in keinem Fall mit der Schirmflächenleistung in einem gesicherten Zusammenhang steht. Diese Tatsache ist auf den nichtlinearen Verlauf der Schirmflächenleistung über der Schirmfläche (Abb. 14) zurückzuführen. Es soll daher später versucht werden, mit Hilfe der multiplen Regressionsanalyse zu einem zutreffenden Ausgleich zu kommen.

Die wichtigsten Nachbarschaftswerte für die Schirmflächenleistung sind die Stammabstände. Das wird verständlich, wenn wir uns vor Augen führen, daß die durchschnittlichen Stammabstände einen Ausdruck der Stammzahl (pro Flächeneinheit) darstellen. Die durchschnittliche Standfläche (und auch die Schirmfläche) ist aber der Stammzahl umgekehrt proportional.

##### 3.2.3. Die Korrelationskoeffizienten zwischen den Grunddimensionen und den Abständen zu vier Nachbar-Lärchen

Bei Betrachtung der Abb. 16 wird der relativ große Einfluß des 2. Kronennachbarn auf die Dimensionen und den Zuwachs der betrachteten Lärche offenbar. Zu einem

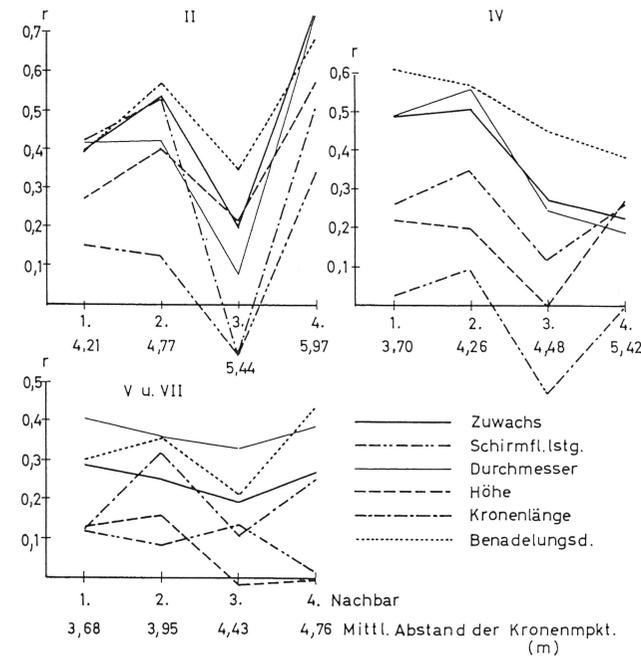


Abb. 16. Einfache lineare Korrelationskoeffizienten für die Beziehung zwischen Kronenabständen von vier Nachbarn und Zuwachs, Durchmesser, Höhe, Kronenlänge und Benadelungsdichte

Korrelationskoeffizienten des Zuwachses entsprechen in Tendenz und Niveau denen von Durchmesser und Schirmfläche. Der enge Zusammenhang zwischen Durchmesser, Schirmfläche und absoluter Zuwachsleistung wird so verständlich.

#### 3.3 Faktorenanalyse

##### 3.3.1. Vorbemerkung

Die Faktorenanalyse ist eine neue mathematisch-statistische Methode, mit deren Hilfe komplizierte Zusammenhänge auf einfachere Vorstellungen zurückgeführt werden können (LORENZ, 1961). Die Faktorenanalyse gehört zu den multivariaten Analysen und verwendet die einfachen linearen Korrelationskoeffizienten als Rechengrundlage. Aus der Korrelationsmatrix werden Faktoren gewonnen, die eine kausale Deutung ermöglichen.

##### 3.3.2. Ergebnisse

Insgesamt wurden acht Faktorenanalysen gerechnet, und zwar je vier für die absolute Zuwachsleistung und für die Schirmflächenleistung. Als Beispiel seien die Ergebnisse der Probestfläche II angeführt (Tabelle 5 und 6). Ohne auf rechtechnische Einzelheiten einzugehen, sollen die wichtigsten Ergebnisse der Faktorenanalyse kurz zusammengefaßt werden:

- Das Rechenergebnis<sup>6</sup> stellt eine Matrix dar (Tabelle 5 und 6), die aus vier bis sechs

<sup>6</sup> Vom Verfasser mit dem Programm BMD 03 M aus der Biomedical Computer Program-Bibliothek der School of Medicine, UCLA, Los Angeles, USA, durchgerechnet.

ähnlichen Ergebnis kommt KENNEL (1966), allerdings mit Stammnachbarn. Auch der 4. Nachbar steht in einem ziemlich engen Zusammenhang zu den erreichten Baumdimensionen, besonders deutlich bei II. Möglicherweise ist hier „Wurzelbund“ im Spiele (nach persönlicher Mitteilung Prof. Dr. ASSMANNs), der bei unmittelbar benachbarten Bäumen zu gegenseitiger „Hilfeleistung“ führt. Es kann aber auch sein, daß dieser Erscheinung statistische Gesetzmäßigkeiten zugrunde liegen.

Schirmfläche, Durchmesser und absoluter Zuwachs werden durch die Nachbarschaftsverhältnisse im Kronenraum weitgehend geprägt. Die

Korrelationskoeffizienten des Zuwachses entsprechen in Tendenz und Niveau denen von Durchmesser und Schirmfläche. Der enge Zusammenhang zwischen Durchmesser, Schirmfläche und absoluter Zuwachsleistung wird so verständlich.

Tabelle 5

## Faktorenanalyse 1

Probe- fläche	Eigenschaft (Variable)	Faktoren					Kommunalität
		1	2	3	4	5	
II	1. Zuwachs .....	-0,666	0,587	0,361	0,150	0,052	0,944
	2. Durchmesser .....	-0,840	0,340	0,327	0,018	-0,169	0,957
	3. Höhe .....	-0,680	0,634	0,152	0,125	0,201	0,943
	4. Kronenlänge .....	-0,569	0,502	0,460	-0,184	0,308	0,917
	5. Benadelungsdichte ....	0,154	-0,801	0,024	-0,099	0,022	0,691
	6. Schirmfläche .....	-0,810	0,084	0,299	0,298	0,169	0,870
	7. Kronenabstand 1 .....	-0,221	0,009	0,701	0,014	-0,026	0,541
	8. Kronenabstand 2 .....	-0,250	0,092	0,674	0,470	0,197	0,785
	9. Kronenabstand 3 .....	-0,062	0,066	0,065	0,767	-0,007	0,601
	10. Kronenabstand 4 .....	-0,499	0,227	0,533	0,482	-0,141	0,837
Eigenwert .....	2,98	1,84	1,80	1,21	0,26		
Kum.A. a. d. Gesamtvarianz	0,30	0,48	0,66	0,78	0,81		

Tabelle 6

## Faktorenanalyse 2

Probe- fläche	Eigenschaft (Variable)	Faktoren					Kommunalität
		1	2	4	3	5	
II	1. Schirmflächenleistung ..	0,187	0,723	0,106	0,350	0,264	0,760
	2. Durchmesser .....	0,862	0,338	0,011	-0,026	0,150	0,881
	3. Höhe .....	0,720	0,566	0,237	-0,093	-0,081	0,910
	4. Kronenlänge .....	0,648	0,449	0,469	-0,102	-0,065	0,855
	5. Benadelungsdichte ....	-0,212	-0,814	0,035	-0,136	0,074	0,732
	6. Schirmfläche .....	0,897	-0,009	0,198	-0,137	-0,088	0,870
	7. Stammabstand 1 .....	-0,054	0,093	0,068	0,863	-0,107	0,722
	8. Stammabstand 2 .....	-0,204	0,224	0,268	0,771	0,244	0,818
	9. Stammabstand 3 .....	0,048	0,199	0,802	0,249	0,161	0,773
	10. Stammabstand 4 .....	0,308	-0,137	0,791	0,083	-0,131	0,764
Eigenwert .....	2,71	1,94	1,67	1,59	0,23		
Kum.A. a. d. Gesamtvarianz	0,27	0,46	0,63	0,79	0,81		

Faktoren besteht. Mit Hilfe dieser Faktoren können etwa 90–95 % der Varianz des absoluten Zuwachses (II: 94,4 %) erklärt werden. Bei der Schirmflächenleistung sind nur ca. 50–75 % der Zuwachsumterchiede auf das Wirken der Faktoren 1 bis 6 zurückzuführen (II: 76 %). Offenbar spielen bei der Schirmflächenleistung die nicht erfaßten ökologischen Faktoren eine größere Rolle als bei der absoluten Zuwachsleistung des Einzelbaumes.

## 2. Die einzelnen Faktoren haben folgende Bedeutung:

**Faktor 1:** In horizontaler Richtung wirksam; hohe Ladungen bei Zuwachs, Durchmesser, Schirmfläche. Dieser Faktor beschreibt vor allem die Breitenausdehnung des Baumes.

**Faktor 2:** In vertikaler Richtung wirksam; hohe Ladungen bei Zuwachs, Höhe, Kronenlänge (die Deutung muß im Zusammenhang mit den anderen Faktorenanalysen gesehen werden!). Dieser Faktor ist ein Ausdruck für die Entwicklung in vertikaler Richtung.

**Faktoren 3 und 4:** Drücken v. a. die Nachbarschaftsverhältnisse aus; zeigen nur geringen Einfluß auf den Zuwachs.

**Faktor 5:** Drückt gewissermaßen die „Vitalität“ aus und tritt bezeichnenderweise bei der Benadelungsdichte mit stärkeren Ladungen in Erscheinung (Ausnahme II).

**Faktor 6:** Nur bei den Flächen V und VII; hier eine Einflußgröße, die die soziale Zugehörigkeit zum Ausdruck bringt.

- Die Faktorenanalysen ergaben, daß der absolute Zuwachs der betrachteten Lärchen zum größten Teil auf Durchmesser und Schirmfläche (in horizontaler Richtung wirkender Faktor) zurückgeführt werden kann, während die Schirmflächenleistung besonders durch Höhe und Kronenlänge (in vertikaler Richtung wirkender Faktor) bestimmt wird. Daraus ergibt sich der große Einfluß der sozialen Stellung auf den schirmflächenbezogenen Zuwachs.
- Die Nachbarschaftsverhältnisse dürften bei stärker durchforsteten Beständen an Bedeutung gewinnen. Sie haben jedoch bei den untersuchten Lärchen keinen großen Einfluß auf den Zuwachs des Einzelbaumes, da dessen Dimensionen schon die Nachbarschaft implizieren.

## 3.4. Multiple Regressionsanalyse

## 3.4.1. Berechnung

Die Berechnungen wurden mit dem schon erwähnten Programm WRAP durchgeführt. Im Gegensatz zu den vorigen beiden Kapiteln wurde hier auch die Fichte in die Berechnungen eingeführt, um einen Vergleich mit der Lärche zu ermöglichen. Der Test verschiedener Funktionen ergab, daß die Gleichung

$$Z_v = b_0 + b_1 \cdot d + b_2 \cdot d^2 + b_3 \cdot h + b_4 \cdot h^2 + b_5 \cdot F + b_6 \cdot F^2 + b_7 \cdot U + b_8 \cdot U^2$$

sehr gut geeignet ist, verschiedenartige Datenfelder auszugleichen.

Darin bedeuten

$Z_v$  a. jährlicher Volumzuwachs in  $\text{dm}^3$  (1955–1964)

b. jährliche Schirmflächenleistung in  $\text{dm}^3/\text{m}^2$

c. jährliche Standflächenleistung in  $\text{dm}^3/\text{m}^2$

d. Brusthöhendurchmesser in cm m. R.

h Totalhöhe in m

F Schirmfläche in  $\text{m}^2$

U Umlichtungsgrad = Standfläche/Schirmfläche (ASSMANN, 1961, S. 104, 117)

Bei Fichte war es nicht möglich, eine sinnvolle Standfläche zu ermitteln, weil die einzelnen Individuen oft sehr weit voneinander entfernt sind und der dazwischenliegende Raum nicht ohne weiteres auf die einzelnen Bäume aufgeteilt werden kann. Es konnte daher auch kein Umlichtungsgrad berechnet werden. Bei Fichte fallen also die beiden letzten Glieder der oben angegebenen Gleichung weg.

Es erscheint wenig sinnvoll, hier die einzelnen Regressions- und Korrelationskoeffizienten anzugeben (die multiplen Korrelationskoeffizienten sind durchweg gut gesichert). Im folgenden soll mit einer möglichst komprimierten Darstellung der Rechenergebnisse eine umfassende Deutung versucht werden.

## 3.4.2. Graphische Darstellung und Deutung der multiplen Regressionsanalyse

## 3.4.2.1 Vorbemerkung

Um unübersichtliche und schwer deutbare Tabellen zu vermeiden, liegt es nahe, die Regressionsgleichungen graphisch darzustellen. Das scheitert aber an der Tatsache, daß der dreidimensionale Raum nur eine Darstellung von drei Variablen gestattet. In unserem Fall wären aber vier oder fünf Dimensionen nötig. Es wurde daher ein anderer Weg eingeschlagen: Durch Einsetzen der Stufenmittel für Durchmesser, Höhe und Schirmfläche kann der Zuwachs für

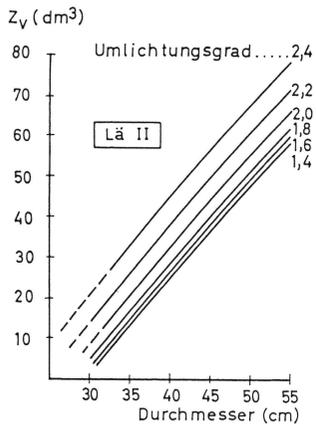


Abb. 17. Absolute Zuwachsleistung (Lärche II) über Durchmesser und Umlichtungsgrad

bestimmte Umlichtungsgrade oder Höhen mit den Regressionsgleichungen berechnet werden. Die resultierenden Zuwachswerte lassen sich z. B. über dem Durchmesser oder über der Schirmfläche darstellen. Die durch die Zufälligkeiten der Stufenmittel bedingten Unregelmäßigkeiten des Kurvenverlaufes können meist leicht ausgeglichen werden.

3.4.2.2. Der absolute Volumzuwachs

Wie zu erwarten, steigt der Volumzuwachs mit zunehmendem Durchmesser stark an (Abb. 17). Die höchsten absoluten Zuwächse erreichen die Lärchen mit den größten Durchmessern und mit den höchsten Umlichtungsgraden. Diese Tatsache gilt für alle Probeflächen, auch für Fichte. Da der absolute Einzelbaumzuwachs für uns nicht so interessant ist, gehen wir zum flächenbezogenen über. Im Zuwachs pro m<sup>2</sup> Schirmfläche (Standfläche) haben wir nach ASSMANN (1961, S. 117 ff.) ein brauchbares Maß zur Beurteilung der Standraumökonomie.

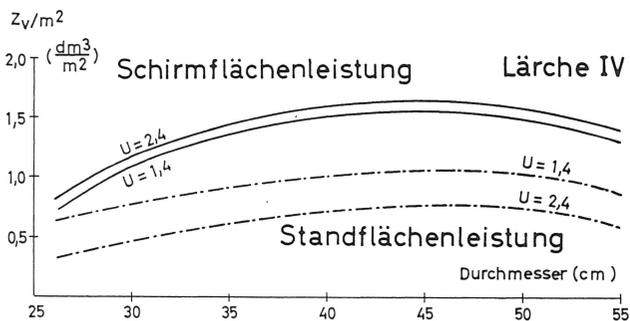
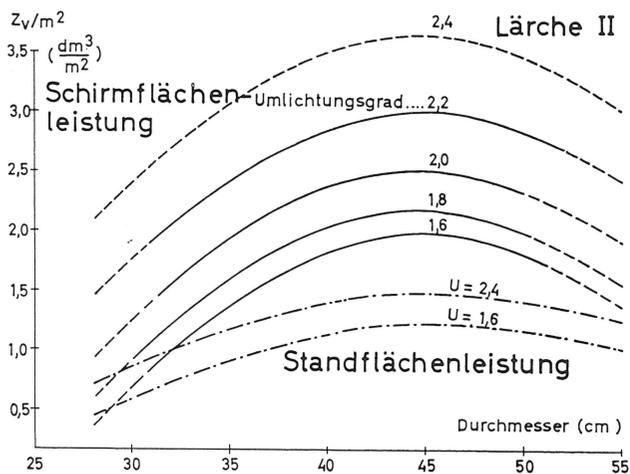


Abb. 18. Schirm- und Standflächenleistung in Abhängigkeit von Durchmesser und Umlichtungsgrad (Lärche II und IV)

3.4.2.3. Der flächenbezogene Zuwachs (Schirm- und Standflächenleistung)

3.4.2.3.1. Lärche

Die Bedeutung von Durchmesser und Umlichtungsgrad: Die flächenbezogene Zuwachsleistung nimmt mit steigendem Durchmesser bis zu einem Optimum zu, um dann wieder abzunehmen (Abb. 18). Demnach finden wir die höchste Standraumökonomie nicht bei den stärksten Bäumen, sondern bei einem Durchmesser von ca. 45 cm. Die stärksten Bäume vollbringen zwar imponierende absolute Zuwachsleistungen, weisen aber so große Schirm- und Standflächen auf, daß ihre flächenbezogene Zuwachsleistung geringer ist als bei schwächeren Bäumen mit kleineren Kronenschirmflächen (vgl. ASSMANN, 1961; R. MAYER, 1958; FREIST, 1961; KENNEL, 1965). Bei Fläche II steigt die Schirmflächenleistung mit zunehmendem Umlichtungsgrad wesentlich stärker an als bei Fläche IV. Das kann auf die höheren Vornutzungen der Fläche II zurückgeführt werden, wodurch die Nachbarschaftsverhältnisse und hiermit auch der Umlichtungsgrad in den Vordergrund treten.

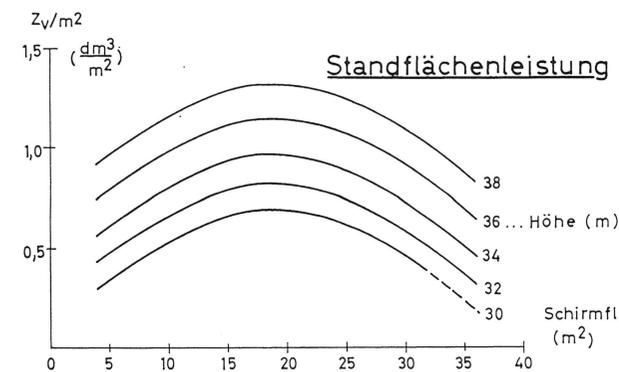
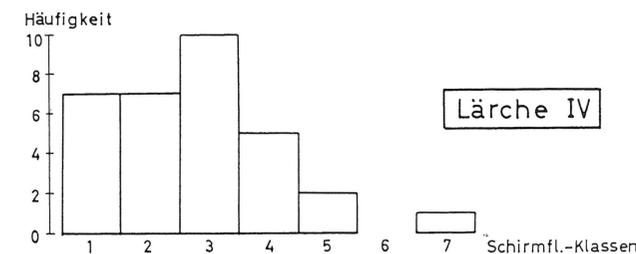
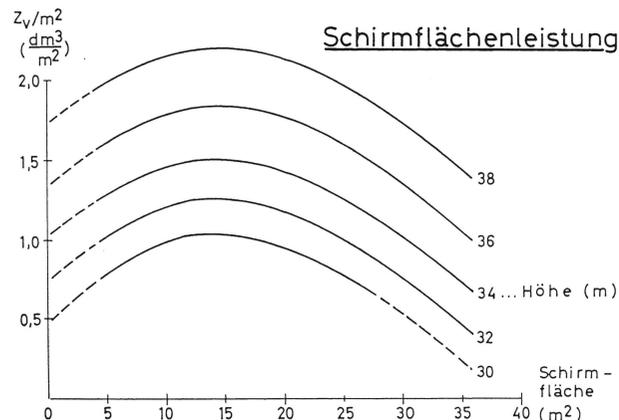
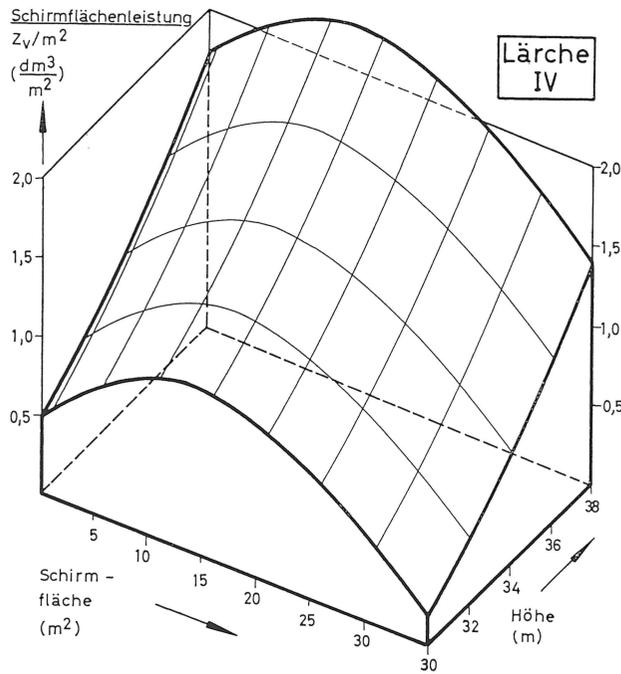


Abb. 19. Schirm- und Standflächenleistung in Abhängigkeit von Schirmfläche und Höhe (Lärche IV)

Die Bedeutung von Schirmfläche und Höhe: Abb. 19 zeigt den Verlauf der Schirm- und Standflächenleistung in Abhängigkeit von Schirmfläche und Höhe für die Probefläche IV (die anderen Flächen zeigen ähnliche Kurven). Abb. 20 stellt den Zusammenhang räumlich dar. Wie wir sehen, kann die durch das Einsetzen der Stufenmittel auf drei Dimensionen reduzierte Regressionsgleichung durch eine gewölbte Fläche dargestellt werden. Schneidet man diese Dachfläche in Abb. 20 mit zur Zv-F-Ebene parallelen Ebenen im Abstand von 2 m (Höhenklassen, die Sozialklassen repräsentieren), so entstehen die eingezeichneten Kurven, die auf die Zv-F-Ebene projiziert, Abb. 19 (oben) ergeben.

Auch hier können wir wieder deutliche Optimumkurven feststellen. Die größte Standraumökonomie finden wir bei den mittel- bis kleinkronigen Bäumen. Da die Schirmfläche mit zunehmender Höhe ansteigt, was zur Folge hat, daß die Optimumkurven für die unteren Sozialklassen vor allem im linken Ast besetzt sind, während die oberen Sozialklassen im rechten Ast stärkere Besetzungen aufweisen, können wir folgern: Je höher die Sozialklasse (Höhenklasse), um so deutlicher kommt die Überlegenheit der kleinkronigen Bäume zum Ausdruck. Diese Ergebnisse stehen mit den Forschungen Prof. Dr. ASSMANNs und seiner Mitarbeiter (ASSMANN, 1961) im Einklang.

Es fällt auf (Abb. 19), daß die Lage des Optimums der Schirmflächenleistung mit der höchsten Frequenz der Schirmflächen-Klassen übereinstimmt. Die Natur scheint hier gewissermaßen dafür zu sorgen, daß die leistungsfähigsten Individuen möglichst zahlreich vertreten sind. Hier zeigt es sich deutlich, zu welchen Fehlschlüssen man kommt, wenn man nur den absoluten Zuwachs (oder die Jahrringbreite!) im Auge hat und daraus auf eine Leistungsüberlegenheit der starken, großkronigen und sehr vitalen Bäume schließt. Um die Leistungsfähigkeit der einzelnen Bäume eines Bestandes beurteilen zu können, muß man unbedingt von der absoluten zur flächenbezogenen Zuwachslleistung übergehen. Nur so kann die Frage der Standraumökonomie beantwortet werden (ASSMANN, 1961, S. 117). Es kommt ja auch für den Beitrag des Einzelbaumes zum Bestandeszuwachs keineswegs darauf an, wie hoch der absolute Zuwachs ist, sondern wie der Baum seine Schirmflächenprojektion bzw. Standfläche auszunützen imstande ist.



Lärche IV

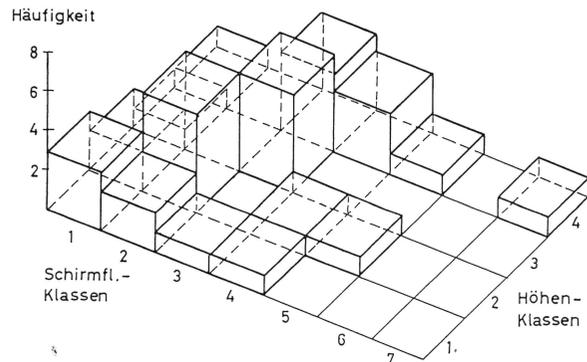


Abb. 20. Schirmflächenleistung in Abhängigkeit von Schirmfläche und Höhe, dargestellt an einem Raummodell (nähere Erläuterungen im Text)

Die Bedeutung der Höhe bzw. der sozialen Zugehörigkeit: Der Einfluß der Höhe auf die Schirmflächenleistung nimmt in folgender Reihenfolge ab: IV-II-V und VII (Abb. 21). Es ist augenfällig, daß bei dieser Reihung Grundfläche und Beschirmungsgrad für Lärche sinken, während gleichzeitig die Tendenz zu ungleichmäßiger, gruppenförmiger Verteilung der Bäume auf der Fläche ansteigt. Daß bei der dicht und gleichmäßig bestockten Fläche IV (V = 1344 Vf/m/ha!) die Höhe an Bedeutung gewinnt, ist verständlich. Der Faktor Licht befindet sich hier gleichsam im Minimum, was für die extreme Lichtbaumart Lärche von ausschlaggebender Bedeutung für den Zuwachs sein dürfte. Bei V und vor allem bei VII (siehe Abb. 7) können wir eine deutliche Gruppenbildung feststellen. Da besonders die kleinkronigen Bäume zu Konzentrationen neigen (oder umge-

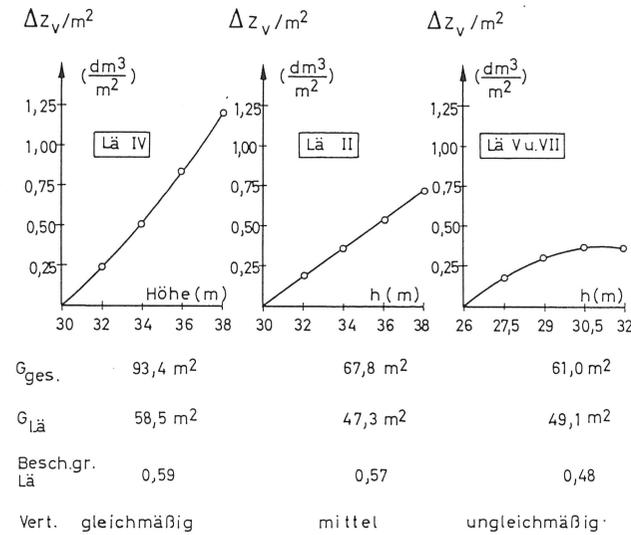


Abb. 21. Absolute Zunahme der Schirmflächenleistung mit steigender Höhe. Dargestellt am Beispiel der Probestflächen II, IV, V und VII (Lärche)

kehrt: die kleinen Kronen sind eine Folge des Gruppenstandes!), während die großkronigen gleichmäßiger und lockerer verteilt sind (FRANZ, 1956), wird es verständlich, daß für die großkronigen Lärchen der höchsten Sozialklassen (Höhenklassen 30,5 und 32,0) die Höhe nicht eine so entscheidende Rolle spielt wie bei den unteren Sozialklassen. Der Einfluß der Höhe auf den flächenbezogenen Zuwachs wird also offenbar um so größer, je dichter geschlossen der Bestand ist und je gleichmäßiger die Bäume auf der Fläche verteilt sind.

3.4.2.3.2. Fichte

Als Beispiel soll die Probestfläche IV gewählt werden, weil nur von dieser Fläche fast alle Fichten gebohrt wurden.

Im Gegensatz zur Lärche liegen hier zahlreiche Höhenstufen vor, deren Schirmflächenleistungen den in Abb. 22 dargestellten Trend zeigen. Die starken, ausgezogenen Linien deuten an, daß die Kurve nur in diesem Bereich genügend besetzt ist. Zeichnet man die aus der Regression gewonnenen Kurven für das ganze Feld, so können wir wie bei der Lärche Optimumkurven feststellen. Da aber die Kurven nur für den besetzten Teil gelten, der hinreichend mit Daten belegt ist, liegt nur für die Höhenklasse 22 m eine deutliche Optimumkurve vor. Weiter vollbringen die Fichten der Höhenklasse 6 bei gleicher Schirmfläche höhere Schirmflächenleistungen als die der Höhenklasse 10 m. Letztere sind wieder denen der Höhenklasse 14 m überlegen. Ab hier steigt jedoch die Schirmflächenleistung wieder an, um bei der höchsten Höhenklasse (26 m) ihr Maximum zu erreichen. Das kann dadurch erklärt werden, daß die Fichten der untersten Höhenklasse physiologisch und auch faktisch unner sind. wo-

durch sie, wohl auch wegen der größeren Schattenfestigkeit, die ja bekanntlich mit dem Alter abnimmt (SCHREIBER, 1963), höhere flächenbezogene Leistungen vollbringen als die Fichten der Höhenklassen 10 und 14 m. Gleichzeitig nimmt aber die Lichtstärke vom Boden bis zum unteren Kronenrand der Lärchen zu. Alterstrend und Belichtung zeigen also eine gegenläufige Tendenz und beeinflussen den schirmflächenbezogenen Volumzuwachs in gegensinniger Richtung. So können wir das Zuwachsmilieu bei der Baumhöhe 14 m erklären. Ab hier steigt die Schirmflächenleistung unter dem Einfluß besserer Belichtung zunächst langsam und dann schnell an.

ASSMANN (1961) Vermutung, daß wir auch bei den Waldbäumen mit echten Alterswirkungen zu rechnen haben, wurde durch die Arbeit von NEUWIRTH (1966) bestätigt. Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse stehen mit diesen Erkenntnissen im Einklang.

Um all diese Probleme restlos klären zu können, müßten Altersuntersuchungen, Licht- und Energiemessungen und physiologische Forschungen durchgeführt werden, was jedoch nicht Aufgabe dieser Arbeit ist.

Um all diese Probleme restlos klären zu können, müßten Altersuntersuchungen, Licht- und Energiemessungen und physiologische Forschungen durchgeführt werden, was jedoch nicht Aufgabe dieser Arbeit ist.

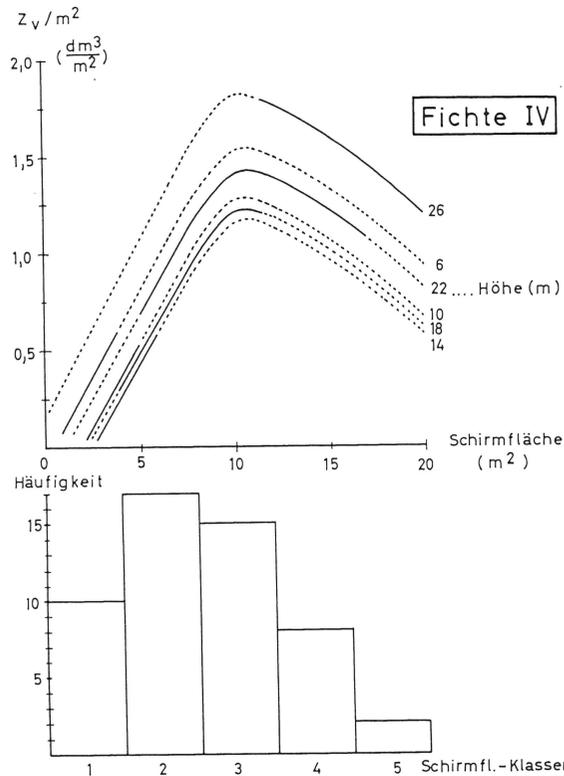


Abb. 22. Schirmflächenleistung in Abhängigkeit von Schirmfläche und Höhe (Fichte IV)

## I. Zusammenfassung

1. In dieser Arbeit wurden ertragskundliche Untersuchungen über zweischichtige Lärchen-Fichten-Mischbestände durchgeführt. Als Untersuchungsgebiet erschien der Lungau, ein inneralpines Becken mit hohem Lärchenanteil, gut geeignet. Im Bereich der Forstverwaltung Ramingstein-Bundschuh konnten nahezu unberührte Lärchen-Fichten-Mischbestände gefunden werden, die infolge ihrer natürlichen Entwicklung ein günstiges Forschungsobjekt darstellen.
2. Es wurden acht Probeflächen in Lärchen-Fichten-Beständen angelegt. Von ca. 1000 Bäumen wurden nach einer detaillierten Aufnahmemethode verschiedene Größen erhoben, die die Grundlage für die Berechnungen bildeten. Ferner wurden ca. 1000 Bohrkern entnommen, die zur Herleitung des laufenden Zuwachses dienten. Die von vier Probeflächen aufgenommenen Kronenkarten erlauben einen Einblick in die Struktur dieser Bestände und ermöglichen die Berechnung der schirm- und standflächenbezogenen Zuwachsleistung der Lärchen und Fichten.

3. Pflanzensoziologisch gehören die Probeflächen I, II (1245 m) und III, IV (1400 m) zur Farn-Variante des hochmontanen Hainsimsen-Fichtenwaldes (Piceetum montanum luzuletosum albidae), die Probeflächen V, VI, VII und VIII (1540–1570 m) zur Oxalis-Variante des subalpinen Hainsimsen-Fichtenwaldes (Piceetum subalpinum luzuletosum albidae). Diese beiden Varianten werden zu den leistungsfähigsten Waldgesellschaften innerhalb des montanen und subalpinen Hang-Hainsimsen-Fichtenwaldes gerechnet (Prof. Dr. H. MAYER).
4. Die Lärchen-Fichten-Mischbestände sind durch sehr hohe Stammzahl-, Grundflächen- und Vorratswerte gekennzeichnet, was auf eine extreme Vorratsauf-füllung hinweist. Die Grundflächen pro ha der Probeflächen liegen zwischen 56,3 und 93,4 m<sup>2</sup>, die Schaftholz volumina zwischen 733 und 1344 Vfm pro ha.
5. Die Lärche kann eine bestimmte Grundfläche allein nicht überschreiten. Erst durch das Hinzukommen der Fichte kann eine bedeutend höhere Gesamtgrundfläche erreicht werden. Unregelmäßigkeiten der Lärchen-Grundbestockung werden dabei weitgehend ausgeglichen.
6. Die Strukturuntersuchungen ließen einen deutlich zweischichtigen Bestandesaufbau erkennen. Unter einer lichtdurchlässigen Lärchen-Oberschicht befindet sich eine ziemlich stark gestufte Fichten-Unterschicht mit relativ großen Kronenlängen.
7. Ein Formvergleich der untersuchten Lärchen mit der Bayerischen Massentafel (GANGHOFERS Praktischer Holzrechner, 1950) und der Tafel von SCHIFFEL (1905) ließ deren abweichende Form erkennen. Mit 220  $\frac{f \cdot h}{d}$ -Messungen (Spiegelrelaskop von BITTERLICH) konnte eine spezielle, für dieses Alter (110–120 J.) und für diese Bestände geltende Formzahltafel abgeleitet werden. Diese wurde bei der Volumen- und Zuwachsberechnung verwendet.
8. Das mit einem IBM-Kartenlocher gekoppelte Bohrkern-Meßgerät von EKLUND des Münchener Institutes für Ertragskunde ermöglichte eine zeitsparende und exakte Auswertung der Bohrkern. Die automatisch auf Lochkarten übertragenen Jahringbreiten bildeten, zusammen mit anderen Aufnahmedaten, die Grundlage für die elektronische Berechnung des Volumzuwachses.
9. Mit Hilfe der vorbereitenden regressionsanalytischen Berechnungen (Rindenstärke-Funktion, Höhenzuwachs-Funktion, Formzahl-Funktion) und der auf Lochkarten übertragenen Radialzuwächse wurden die Volumzuwächse der einzelnen Bäume berechnet. Aus den absoluten Zuwächsen wurden die Schirm- und Standflächenleistungen abgeleitet, die nach ASSMANN (1961) die Grundlage für die Beurteilung der Standraumökonomie darstellen.
10. Mit einigen mathematisch-statistischen Methoden wurde die Abhängigkeit des Volumzuwachses von verschiedenen ertragskundlich-biometrischen Größen geprüft:
  - Einfache lineare Korrelationskoeffizienten
  - Faktorenanalyse
  - Multiple Regressionsanalyse
11. Wegen der oft unterschiedlichen Nachbarschaftsverhältnisse im Kronenraum und in der untersten Schaft- und Wurzelregion wurden „Kronennachbarn“ und „Stammnachbarn“ unterschieden. Die Kronennachbarn scheinen für die absolute Zuwachsleistung von besonderer Bedeutung zu sein, während die Stammnachbarn sich mehr auf die Schirmflächenleistung auswirken. Der Einfluß der Stammzahl auf kleiner Fläche dürfte sich hier geltend machen.
12. Die Untersuchung der einfachen linearen Korrelationskoeffizienten zwischen dem Zuwachs und verschiedenen ertragskundlich-biometrischen Größen zeigte, daß der Zuwachs zu den heutigen Dimensionen des Baumes in einem sehr engen Zusammenhang steht. Das wird bei den nicht aktiv durchforsteten Lärchen-Fichten-

Beständen verständlich, wenn man bedenkt, daß die gegenwärtigen Dimensionen des Baumes vor allem eine Folge der Nachbarschaftsverhältnisse sind. Zum gleichen Schluß kommt KENNEL (1966).

13. Merkwürdigerweise stellte sich bei der Berechnung der Korrelationskoeffizienten heraus, daß nicht der 1. Nachbar (Kronennachbar) den größten Einfluß auf die Dimensionen und den Zuwachs der betrachteten Lärche ausübt, sondern der 2. Nachbar. Das stellte auch KENNEL (1966), allerdings für Stammnachbarn, fest. Womöglich ist hier „Wurzelbund“ im Spiele, der bei unmittelbar benachbarten Bäumen zu gegenseitiger „Hilfeleistung“ führt, wie Prof. Dr. ASSMANN vermutet. Es kann aber auch sein, daß dieser Erscheinung statistische Gesetzmäßigkeiten zugrunde liegen.
14. Es wurden zwei Faktorenanalysen gerechnet. Bei der ersten Faktorenanalyse wurden der absolute Zuwachs und neun weitere Variable getestet, während der zweiten Faktorenanalyse die Schirmflächenleistung und neun Variable (d, h, Abstandswerte zu Nachbarn usw.) zugrunde gelegt wurden. Die Zuwachsunterschiede konnten durch das Wirken von vier bis sechs Faktoren weitgehend erklärt werden. Es verblieb ein unerklärbarer Rest, der bei der Schirmflächenleistung merklich höher war als beim absoluten Zuwachs. Die beiden Faktorenanalysen ergaben, daß der absolute Zuwachs der untersuchten Lärchen zum größten Teil auf einen in horizontaler Richtung wirkenden Faktor (hohe Ladungen bei Schirmfläche und Durchmesser) zurückgeführt werden kann, während die Schirmflächenleistung in erster Linie durch einen in vertikaler Richtung wirkenden Faktor (hohe Ladungen bei Kronenlänge und Höhe) bestimmt wird. Der große Einfluß der sozialen Stellung auf den schirmflächenbezogenen Zuwachs wird hier offenbar.
15. Zur Untersuchung der Standraumökonomie wurde ein weiteres statistisches Verfahren verwendet: die multiple Regressionsanalyse. Dabei ergaben sich für die Schirm- und Standflächenleistung über Durchmesser und Kronenschirmfläche deutliche Optimumkurven. Die größte Standraumökonomie finden wir demnach nicht bei den oft sehr vitalen großkronigen Bäumen, sondern bei den mittel- bis kleinkronigen Bäumen einer Sozialklasse. Dieses Ergebnis steht im Einklang mit den Forschungen Prof. Dr. ASSMANN (1961, 1967) und seiner Mitarbeiter R. MAYER (1958), FREIST (1961) und KENNEL (1965).

Die Höhe hat für die Schirmflächenleistung sehr große Bedeutung. Ihr Einfluß auf den schirmflächenbezogenen Volumzuwachs der Lärchen wird um so größer, je dichter geschlossen der Bestand ist und je gleichmäßiger die Bäume verteilt sind.

#### Literaturanmerkung

In einem der nächsten Hefte erscheint ein weiterer Beitrag des Verfassers zu den Mischbestandsuntersuchungen in Lärchen-Beständen; dort ist auch die hier verwendete Literatur verzeichnet.

## Der Erschließungskoeffizient, eine Kennzahl zur Beurteilung von Waldwegenetzen und seine Anwendung bei Neuplanungen

Von K. LÜNZMANN

*Aus dem Institut für forstliche Arbeitswissenschaft  
der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft in Reinbek*

### Das Modell als Untersuchungsobjekt

Untersuchungen an Modellen haben den Vorteil, einzelne Einflußgrößen beliebig zu variieren und auszuschalten. Dadurch ist es möglich, die Zusammenhänge der Faktoren untereinander und ihre Einwirkung auf das Ganze grundsätzlich zu klären. Es lassen sich mit Hilfe von Modellen Erkenntnisse gewinnen und Regeln aufstellen, die auch für solche Forstbetriebe gelten, deren Erschließungsmöglichkeiten erheblich vom Modellfall abweichen.

### Der Erschließungskoeffizient, ein Bewertungsmaß

Durch den Begriff der „Wegedichte“ wird das Verhältnis der gesamten Wegelänge zur Waldfläche angegeben und auf die Einheit 1 Hektar bezogen. Es handelt sich hierbei nur um eine quantitative Angabe. Um auch die Güte der Aufschließung durch das Wegenetz zu prüfen, muß man zusätzlich nach dem erreichten Aufschließungserfolg fragen, der durch die durchschnittliche Rückeentfernung ausgedrückt werden kann. Bei gleicher Wegedichte und einem entsprechend gleichen finanziellen Aufwand kann ein Waldgebiet gut, aber auch schlecht erschlossen sein, wenn die Verteilung der Wege über die Fläche mehr oder weniger günstig vorgenommen wurde.

Von mehreren Autoren wurden in den letzten Jahren zusätzliche „Kennzahlen“ aufgestellt, die die Wirkung des Wegenetzes auf das Rücken einschließen (1, 4, 7). Sowohl KENNEL (3) als auch BACKMUND (1) ziehen parallel zu den Wegen Linien gleicher Rückeentfernung, und sie bezeichnen die so umrandeten Flächen als „erschlossen“. Im Idealfall müßten sich die so entstandenen Flächen nur berühren und parallel zueinander verlaufen. Auf Grund der Topographie und um die Abfuhr zu ermöglichen, wird es sich nie vermeiden lassen, daß bestimmte Flächenteile mehrfach erfaßt werden, z. B. durch Verbindungswege. Andere Flächenanteile liegen dagegen außerhalb der Erschließungsbänder. BACKMUND vergleicht die Größe der Fläche, die von den Erschließungsbändern erfaßt wird, mit der des ganzen Waldgebietes und nennt das Verhältnis „Erschließungsprozent E“. Wegedichte und Erschließungsprozent ergeben die „Erschließungszahl“.

VON SEGEBADEN (7) schlug zur gleichen Zeit ein anderes System vor. Er ermittelte für das vorhandene Wegenetz eines Bestandes die durchschnittliche Rückeentfernung durch Stichproben und vergleicht sie ebenfalls mit dem Modell eines Idealfalls. Das Verhältnis zwischen tatsächlicher durchschnittlicher Rückeentfernung und jener des Idealmodells wird von ihm als „Korrektionsfaktor K“ bezeichnet.

# FORST- WISSENSCHAFTLICHES CENTRALBLATT

ZUGLEICH ZEITSCHRIFT FÜR DIE VERÖFFENTLICHUNGEN  
DER FORSTLICHEN FORSCHUNGSANSTALT MÜNCHEN

*Unter Mitwirkung von*

*E. Assmann, München / F. Backmund, München / H. Burger, Zürich  
V. Dieterich, München / R. Geiger, München / B. Huber, München / H.  
Jahnel, Tharandt / J. N. Köstler, München / W. Laatsch, München / K.  
Mantel, Freiburg / A. Richter, Eberswalde / E. Rohmeder, München  
W. Schwenke, München / J. Speer, München / L. Tschermak, Wien / K.  
Vanselow, München / W. Wittich, Göttingen*

*herausgegeben von*

*H. von Pechmann*

87. JAHRGANG

Mit 135 Abbildungen



1968

VERLAG PAUL PAREY · HAMBURG UND BERLIN  
LANDWIRTSCHAFT · VETERINÄRMEDIZIN · GARTENBAU · FORSTWESEN · JAGD UND FISCHEREI  
HAMBURG 1 · SPITALERSTRASSE 12

# Inhaltsverzeichnis für den 87. Jahrgang

## I. ABHANDLUNGEN

ASSMANN, Prof. Dr. E., München: Zur „Theorie der Grundflächenhaltung“ ..	321
BEUSCHEL, Forstass. G., München: 33- bis 54-jährige Anbauversuche mit <i>Abies grandis</i> in Bayern ..	176
DIETERICH, Prof. Dr. Dr. h. c. V., Stuttgart: Waldgesinnung und forstwirtschaftliches Wertdenken ..	65
DROSTE ZU HÜLSHOFF, Forstass. B. v., München: Vorläufige Untersuchungsergebnisse über die Erfassung oberirdischer Baumorgane an einer 76-jährigen vorherrschenden Fichte im Ebersberger Forst bei München ..	369
FRANZ, Privatdozent Dr. F., München: Elektronische Datenverarbeitung in der Forstwissenschaft – Voraussetzungen, Einsatzmöglichkeiten und Aussagegrenzen ..	257
FRÖHLICH, Landforstmeister Dr. H. J., Hann. Münden: Die Erbeigenschaften als forstlicher Produktionsfaktor ..	341
HELLRIGL, Prof. Dr. B., Florenz: Versuche auf dem Gebiet der Einmannklappierung ..	297
HÖSTER, Dr. H. R., LIESE, Prof. Dr. W., und BÖTTCHER, Dipl.-Holzw. P., Reinbek: Untersuchungen zur Morphologie und Histologie der Zweigabwürfe von <i>Populus „Robusta“</i> ..	356
KELLER, Dr. Th., Zürich-Birmensdorf: Die Wirkung einer Bodenabdeckung (Mulchung) im Forstpflanzgarten auf den Gaswechsel junger Fichten ..	1
KENNEL, Oberforstmeister Dr. R., München: Die Auswertung eines Praxisdüngungsversuches als einfaches Beispiel integrierter Datenverarbeitung in der Forstwissenschaft ..	269
KRAL, Dr. F., und MAYER, Prof. Dr. H., Wien: Pollenanalytische Überprüfung des Urwaldcharakters in den Naturwaldreservaten Rothwald und Neuwald (Niederösterreichische Kalkalpen) ..	150
LAATSCH, Prof. Dr. W., ALCUBILLA, M., WENZEL, Dr. G., und AUFSSESS, Dr. H. v., München: Beziehungen zwischen dem Standort und der Kernfäule-Disposition der Fichte ..	193
LÜNZMANN, Dr.-Ing. K., Reinbek: Rechnerische Grundlagen, physikalische Einflußfaktoren und daraus abgeleitete Grenzen des Holztransportes ..	100
LÜNZMANN, Dr.-Ing. K., Reinbek: Der Erschließungskoeffizient, eine Kennzahl zur Beurteilung von Waldwegenetzen und seine Anwendung bei Neuplanungen ..	237
MANTEL, Prof. Dr. Dr. h. c. M., Freiburg: Die Anfänge der Waldpflege und Forstkultur im Mittelalter unter der Einwirkung der lokalen Waldordnung in Deutschland ..	75
REHFUESS, Privatdozent Dr. K. E., Stuttgart-Weilimdorf: Beziehungen zwischen dem Ernährungszustand und der Wuchsleistung südwestdeutscher Tannenbestände ..	36
REHFUESS, Privatdozent Dr. K. E., Stuttgart-Weilimdorf: Über den Ernährungszustand nordostbayerischer Tannenbestände ..	129
REHFUESS, Privatdozent Dr. K. E., Stuttgart-Weilimdorf: Zusammenhänge zwischen dem Ernährungszustand und der Bonität nordostbayerischer Tannenbestände ..	276
RUBNER, Prof. Dr. Dr. h. c. K., München: Grundlagen des naturnahen Waldbaus in Europa ..	8

ZÖHRER, Dipl.-Ing. Dr. F., München: Struktur und Einzelbaumzuwachs in montan-subalpinen Lärchen-Fichten-Mischbeständen ..	203
ZÖHRER, Dipl.-Ing. Dr. F., München: Zuwachs und Struktur in drei verschiedenen dichten Lärchengruppen ..	305
ZYCHA, Prof. Dr. H., und DIMITRI, Dr. L., Hann. Münden: Ausmaß und Ursache der Kernfäule in einer Fichtenprobestfläche in Reinhausen (Niedersachsen) ..	331

## II. MITTEILUNGEN

Professor GUSTAV KRAUSS 80 Jahre alt ..	125
Verleihung des WILHELM-LEOPOLD-PFEIL-Preises für das Jahr 1968 ..	125
GUSTAV KRAUSS zum Gedenken ..	315

## III. BUCHBESPRECHUNGEN

Anatomie des Blattes. I. Blattanatomie der Gymnospermen, 2. Aufl., von K. NAPP-ZINN, besprochen von B. HUBER ..	58
Wachstum und Umweltfaktoren im Schlag- und Plenterwald, von K. G. KERN, besprochen von E. ASSMANN ..	59
Der laufende Zuwachs in der Forsteinrichtung, von G. HILDEBRANDT, besprochen von E. ASSMANN ..	60
Die sozialen Faltenwespen Mitteleuropas, von H. KEMPER und E. DÖHRING, besprochen von W. SCHWENKE ..	60
Die Düngung von Waldbäumen, von H. BAULE und C. FRICKER, besprochen von R. HÜSER ..	61
Crop Responses to Water at Different Stages of Growth, von P. J. SALTER und J. E. GOODE, besprochen von E. WEBER ..	61
Betriebswirtschaftliche und steuerliche Besonderheiten in der Forstwirtschaft, 3. Aufl., von L. LANGMANDEL, besprochen von W. KROTH ..	62
Bayerisches Forststrafgesetz, von W. RÖSCH und F. MEISEL, besprochen von W. KROTH ..	63
Preisstatistik in Forst- und Holzwirtschaft, von H. OLLMANN, besprochen von W. KROTH ..	63
Holzverwendung in der Bauwirtschaft, von K. MANTEL und A. SCHNEIDER, besprochen von H. v. AUFSSESS ..	64
Vom literarischen Handwerk der Wissenschaft, von V. GOERTTLER, besprochen von H. v. AUFSSESS ..	64
Bodenbiologie, von G. MÜLLER, besprochen von W. LAATSCH ..	126
Untersuchungen zur Forstverfassung des mittelalterlichen Frankreichs, von H. RUBNER, besprochen von F. BACKMUND ..	127
Waldhumusdiagnose auf biomorphologischer Grundlage, von F. HARTMANN, besprochen von W. LAATSCH ..	183
Forstliche Betriebswirtschaftslehre, von G. SPEIDEL, besprochen von W. KROTH ..	184
Untersuchungen über die Rotstreifigkeit des Fichtenholzes, von H. v. PECHMANN, H. v. AUFSSESS, W. LIESE und U. AMMER, besprochen von K. MÄGDEFRAU ..	187
Fortschritte des forstlichen Saatgutwesens II., herausgegeben von H. MESSER, besprochen von E. WEBER ..	188
Entscheidungen in Jagdsachen, Band II, besprochen von F. ERNST ..	191
Verformung und Bruchgeschehen bei Holz als einem anisotropen, inhomogenen, porigen Festkörper, von F. KOLLMANN, besprochen von J. SCHALCK ..	192
Ökologie der Wälder und Landschaften, Band 1, Waldgesellschaften des mitteleuropäischen Gebirgsraumes nördlich der Alpen, von F. K. HARTMANN und G. JAHN, besprochen von J. N. KÖSTLER ..	248
Pflanzen als forstliche Standortsanzeiger, von E. AICHINGER, besprochen von J. N. KÖSTLER ..	249
Die Weißtanne im Bodenseegebiet, von O. J. SEITSCHKE, besprochen von KWASNITSCHKA ..	250
Wertvolle Herkünfte forstlicher Baumarten in der Bundesrepublik Deutschland, herausgegeben von der Deutschen Kontrollvereinigung für forstliches Saat- und Pflanzgut, besprochen von E. Rohmeder ..	251