

Untersuchungen über die Leistung von Fichte und Buche im Rein- und Mischbestand

(Mit 30 Abbildungen und 13 Tabellen)

Teil I

Von R. KENNEL, München

(Aus dem Institut für Ertragskunde der Bayerischen Forstlichen Forschungsanstalt in München)

Gliederung

1. Einleitung
2. Beschreibung der Bestände
3. Der Zuwachs von Einzelbäumen
4. Die Raumdichte
5. Der Bestandeszuwachs
6. Regressionsanalytische Auswertung
7. Zusammenfassung

1. Einleitung

1.1 Problemstellung

In der vorliegenden Arbeit wurde versucht, in die grundlegenden Gesetzmäßigkeiten Einblick zu gewinnen, welche für die Zuwachsverhältnisse und die möglichen Produktionsleistungen im Mischbestand von Fichte und Buche maßgeblich sind.

Die bisher im forstlichen Versuchswesen überwiegend üblichen Methodiken zielen darauf ab, durch mehr oder weniger langfristige Beobachtung von (Rein-)Beständen mit bestimmter forstüblicher Behandlungsweise Zahlenwerte zu gewinnen, die dann nach einfacher Mittelung (zumeist mit rein graphischer Auswertung) zu durchschnittlichen Leistungstafeln (Ertragstafeln) verarbeitet werden. Abgesehen davon, daß die statistische Mittelung heterogenen, auf den verschiedensten Standorten gewonnenen Zahlenstoffes zu fehlerhaften Ergebnissen führen muß, ist ein solches Vorgehen bei Mischbeständen mit ihren äußerst komplexen Zuwachsverhältnissen von vorneherein aussichtslos. Es muß also ein anderer Weg gefunden werden, der ein Eindringen in diese komplexen Zuwachsverhältnisse erlaubt und es ermöglicht, die vorliegenden Gesetzmäßigkeiten aufzudecken, sie quantitativ zu fixieren und das Bestimmungsgewicht der wichtigsten einwirkenden Faktoren herauszuarbeiten. Dies ist möglich durch eine sorgfältige Analyse der Struktur und der Zuwachsverhältnisse gut ausgewählter, typischer Mischbestände, neben denen auf gleichem Standort genügend große Parallelfelder vorhanden sind, welche die gleichen Baumarten im Reinbestand tragen.

Die notwendigen Voraussetzungen hierfür sind nur in wenigen, günstigen Einzelfällen gegeben, weshalb die Anzahl der so analysierbaren Versuchsflächen und einmaligen Probeflächen von vornherein sehr begrenzt ist.

Wegen der unterschiedlichen Raumdichte der beiden Baumarten Buche und Fichte sind Produktionsvergleiche nur auf Trockengewichtsbasis stichhaltig. Es war so notwendig, durch spezielle holzkundliche Messungen die jeweiligen wirklichen Raumdichten von Buche und Fichte zu bestimmen, wobei ein neues Verfahren der Raumdichtebestimmung an Bohrkernen gefunden wurde.

Die regressionsanalytische Auswertung lieferte Ergebnisse, die für die waldbautechnische Behandlung von Fichten-Buchen-Mischbeständen wertvoll sind. Es wurde aber bebüßt darauf verzichtet, in diesem Stadium bereits dahingehende Folgerungen zu ziehen. Dies soll erst geschehen, wenn die betriebswirtschaftliche Seite des Mischbestandsproblems hinreichend aufgeklärt ist, wofür bereits Unterlagen vorliegen.

Die Arbeit entstand auf Anregung von Herrn Professor Dr. ASSMANN, Direktor des Instituts für Ertragskunde der Forstlichen Forschungsanstalt München. Herrn Professor Dr. ASSMANN möchte ich für die Beratung und für die wertvolle Hilfe, die er mir dabei stets gewährt hat, meinen aufrichtigen Dank aussprechen. Ebenso gilt mein Dank Herrn Professor Dr. Frhr. v. PECHMANN für die freundliche Beratung bei den holzkundlichen Untersuchungen und für die Überlassung der für die Raumdichtebestimmungen notwendigen Trockenschränke und Waagen des Instituts für Holzkunde. Die Arbeit wurde großzügig unterstützt durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft, wofür auch an dieser Stelle geziemend gedankt sei.

Mein Dank gilt ebenso den seinerzeitigen Leitern der Forstämter, in Denklingen Herrn Oberforstmeister FRIESS, in Wieda Herrn Oberforstmeister Dr. HAMPE und in Zwiesel Herrn Oberregierungsrat KLOTZ für die Unterstützung bei den Außenaufnahmen und für die Erlaubnis zur Entnahme von Probestämmen. Auch Frau HODUREK vom Institut für Ertragskunde sowie allen Studenten, die bei den Außenaufnahmen und bei der Auswertung geholfen haben, möchte ich hier herzlich danken.

1.2 Geschichtlicher Rückblick

KARL GAYER verteidigt in seinem Buch über den gemischten Wald mit Überzeugung den Mischwald gegen die Angriffe der „Partisanen der exklusiven Nadelholzwirtschaft“ (GAYER 1886, S. 21), wie er die Anhänger einer nur nach höchster Bodenrente strebenden Forstwirtschaft ironisch scherzhaft nannte. Gewarnt durch die zunehmenden Sturm-, Schneebruch- und Insektenkalamitäten in den seit Beginn des 19. Jahrhunderts auf großen Flächen heranwachsenden Reinbeständen, fordert er die Rückkehr zum Mischwald und den ihm gemäßen Verjüngungs- und Pflegemethoden. Auch LOREY (1896 und 1902) hält aus Gründen der Sicherheit eine Beimischung von 20 bis 25 Prozent Rotbuche zur Fichte für wünschenswert.

Weitere Untersuchungen über die Leistung von Mischbeständen wurden von SCHWAPPACH (1909), WIMMENAUER (1914), DIETERICH (1923, 1927, 1928), HOFMANN (1923), FLURY (1926, 1931) und ZIMMERLE (1949) veröffentlicht. Die meisten Autoren vergleichen die Leistung der Holzarten im Mischbestand, ähnlich wie LOREY, mit Ertragstafelwerten, da Vergleichsmöglichkeiten mit benachbarten Reinbeständen fehlen. Sie kommen so zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen. Ein Vergleich mit Reinbestandsertragstafeln wird immer zu Fehlschlüssen führen, da das Wachstum der Bäume im Mischbestand meist anders verläuft als im Reinbestand. Im Jahr 1926 wurde auf der Versammlung des Vereins der deutschen forstlichen Versuchsanstalten zu Rostock eine ... *Anleitung zur Ausführung von Untersuchungen in gemischten Beständen* ... herausgegeben (s. *Anleitung* 1927), die in § 9 auch Reinbestands-Vergleichsflächen der im Mischbestand vertretenen Holzarten vorsah. Das gab den Anstoß zur Anlage weiterer Mischwuchs-Versuchsflächen durch die Versuchsanstalten.

WIEDEMANN (1942) faßte die Erfahrungen mit den Preussischen und Braunschweigischen Fichten-Buchen-Mischbestandsversuchsreihen (25 Mischflächen, 11 reine Fichten-Vergleichsflächen) in zwei „*Ertragstafeln für den gleichaltrigen Fichten-Buchen-Mischbestand*“ zusammen. Reine Buchen-Vergleichsflächen fehlen auch hier. BAADER (1942 und

1943) vergleicht die Ergebnisse WIEDEMANNS nach verschiedenen Verfahren mit Ertragstafelwerten von Reinbeständen. Er beanstandet an den Mischbestands-Ertragstafeln vor allem, daß die Mischungsform (*Bestmischung*) zu wenig berücksichtigt wird. Auch ASSMANN (1936) spricht sich gegen die Aufstellung von Mischbestands-Ertragstafeln aus. Selbst WIEDEMANN (1943, S. 131) schreibt: „Das eigentliche Ziel der Bearbeitung der Mischbestandsfrage darf meines Erachtens ebenso wie bei allen anderen ertragskundlichen Problemen nicht die Aufstellung einer Ertragstafel sein, wie dies oft irrtümlich von der Praxis erwartet wird.“

BÜRGER (1941) bringt das Mischwuchsproblem einer Lösung dadurch näher, daß er nicht nur die Leistung an Holzvolumen, sondern auch an Trockensubstanz zum Vergleich heranzieht. MAGIN (1959) und ASSMANN (1961) beurteilen die Leistung von Mischbeständen ebenfalls anhand der Trockenstoffproduktion.

Eine besondere Schwierigkeit bei der Untersuchung von Mischbeständen ist die Bestimmung der Mischanteile. Wie ASSMANN (1954, 1957 a, 1957 b, 1961) ausführlich darlegt, ist ein Vergleich mit Reinbeständen nur unter Berücksichtigung des Standraumes und der Standfläche möglich, die die Bäume im Mischbestand einnehmen. Die Grundlage jeder exakten Untersuchung an Mischbeständen ist daher eine Karte der Kronenprojektionen. Die Mischanteile ergeben sich dann aus dem Verhältnis der Kronenschirmflächen, wobei Kronenteile, die durch andere Kronen überschirmt sind, unberücksichtigt bleiben.

Alle Flächenangaben in dieser Untersuchung beziehen sich auf schräg gemessene Flächen. Eine Reduktion entsprechend dem Cosinus des Neigungs-Winkels wurde nicht vorgenommen. Die meisten Wachstumsfaktoren bleiben bei zunehmender Hangneigung in ihrer auf die schräge Fläche bezogenen Wirkung etwa gleich, wie zum Beispiel die

belichtete Kronenoberfläche des Bestandes, die Globalstrahlung, der durchwurzelte Bodenraum, die Menge des Auflagehumus und damit zusammenhängend auch die Nährstoffversorgung. Bis zu Hangneigungen von etwa 15–20° möchte ich diese Annahme als richtig unterstellen.

Sollen nun Versuchsflächen mit verschiedenen Neigungsgraden miteinander verglichen werden, darf unter den oben angeführten Voraussetzungen die Leistung nicht auf die Horizontalfläche bezogen werden. Dient eine Versuchsfläche dagegen dazu, Leistungszahlen für Zwecke der Forsteinrichtungspraxis zu gewinnen, ist eine Reduktion der Flächen nötig.

2. Beschreibung der Bestände

In die vorliegende Untersuchung wurden nur Versuchsreihen einbezogen, die neben dem Mischbestand auf gleichem Standort auch je eine Fläche mit reiner Fichte und reiner Buche in etwa gleichem Alter besitzen. Das Institut für Ertragskunde der Forstlichen Forschungsanstalt München verfügt über vier derartige Versuchsreihen, von denen eine wegen Sturmwurfs aufgegeben werden mußte (Freising 104). Eine weitere ist wegen Ausfalls der Fichte durch Rotfäule und Dürre nur noch bedingt brauchbar (Mitterteich 101), so daß zwei jüngere Dauerversuchsreihen übrig bleiben, von denen die erste in Wieda (Nr. 114) im Südharz von ASSMANN im Jahre 1950 angelegt wurde, die zweite 1954 von ASSMANN und MAGIN in Zwiesel (Nr. 111) im Bayerischen Wald. Drei Probeflächen wurden in Denklingen (Sachsenrieder Forst) für eine einmalige Aufnahme ausgesucht (Abb. 1).

2.1 Die Versuchsflächen in Denklingen

- Lage: 47° 54' 25" N. B., 10° 47' 38" Ö. L. v. G.
- Höhenlage: 740 m NN
- Exposition und Neigung: ± eben
- Mittl. Jahresniederschlag: 1100 mm
- Mittl. Niederschlag Mai–August: 450 mm
- Mittl. Temperatur: Mai–August: 14,7° C

Die drei Bestände in Denklingen stocken auf einer 40–60 cm mächtigen Feinlehmdecke über unterem Hochterrassenschotter der Rib-II-Eiszeit (EBERL 1930). Der Boden neigt zur Verdichtung¹⁾, Bodentyp: „Braunerde“ bzw. bei stärkerer Verdichtung des Unterbodens: „Im Unterboden mäßig pseudovergleyte Braunerde.“ WEHRMANN schreibt in der Beurteilung unter anderem: „... Diese beiden Typen und Übergänge sind auf der Versuchsfläche vertreten, wie sich aus den drei Einschlügen ergibt. . . . Zusammenfassend ist festzustellen, daß die Böden der drei Versuchsflächen so einheitlich sind, wie im Versuchsgebiet bei verschiedener Bestockung überhaupt möglich, so daß Unterschiede in der Holzproduktion der drei Versuchsbestände kaum vom Bodenzustand abhängig sein dürften. Sollten Bodenunterschiede wirksam sein, so vermutlich nur in dem Ausmaß, wie sie durch die zwei Reinbestände und den Mischbestand hervorgerufen sind.“

Die drei Versuchsflächen in Denklingen nehmen zusammen eine Fläche von 0,6093 ha ein, der Anteil der Buche am Mischbestand beträgt 50% (Tabelle 1). Die Mischungsform ist einzelstamm- bis truppweise (s. Kronenkarte, Abb. 2), Unterstand unter 7 cm fehlt fast vollkommen. Die reine Buchenfläche ist etwas älter, die reine Fichtenfläche etwas jünger als der Mischbestand.

¹⁾ Die Beurteilung der 3 Bodenprofile in Denklingen hat Herr Privatdozent Dr. WEHRMANN vom Institut für Bodenkunde und Standortlehre vorgenommen, wofür auch an dieser Stelle herzlich gedankt sei.

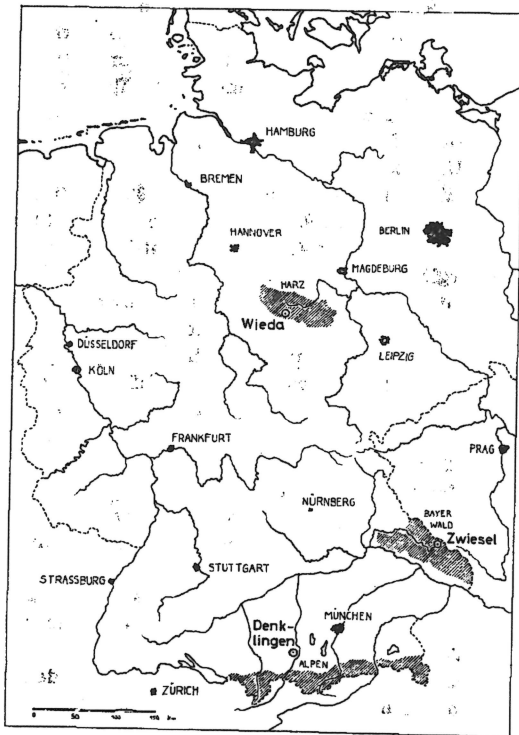


Abb. 1

Lage der Fichten-Buchen-Versuchsflächen Denklingen im Voralpengebiet, Wieda im Südharz und Zwiesel im Bayerischen Wald.

Tabelle 1
Korrigierte Flächen (m²)

Forstamt	Reinbestand		Mischbestand		
	Fichte	Buche	Fichtenanteil	Buchenanteil	Fichte u. Buche
Denklingen	1591	1666	1428 (50%)	1408 (50%)	2836 (100%)
Wieda	1062	716	849 (51%)	809 (49%)	1658 (100%)
Zwiesel	2556	2396	969 (32%)	2025 (68%)	2994 (100%)
Beschirmungsgrade					
Denklingen	0,92	0,98	—	—	0,92
Wieda	0,88	0,89	—	—	0,91
Zwiesel	0,90	0,92	—	—	0,94
Doppelt überschirmte Fläche in % der überschirmten Fläche					
Denklingen	1	15	1	14	7
Wieda	2	15	2	23	12
Zwiesel	6	24	12	85	62

2.2 Die Versuchsflächen in Wieda

Lage: 51° 38' 20" N. B., 10° 34' 34" Ö. L. v. G.
Höhenlage: 480 m NN
Exposition und Hangneigung: SW 13°
Mittl. Jahresniederschlag: 1150 mm
Mittl. Niederschlag Mai–August: 490 mm
Mittl. Temperatur Mai–August: 13,8° C

Auf der Versuchsfläche in Wieda wurde zunächst anhand der Kronenkarte (Abb. 5) ein reiner Fichtenteil und ein reiner Buchenteil abgetrennt. Der Südteil der Fläche liegt in einer frischeren Hangmulde, im Buchenteil sind einzelne Schwarzerlen beigemischt.

Den geologischen Untergrund bilden die Unterkoblenzschichten des Unter-Devon (SCHRIEL 1954). Wie drei über

die Fläche verteilte Bodeneinschläge zeigten, liegt der Versuchsbestand etwa auf der Grenze zwischen dem *Dalmanitenhorizont* (im Süden, tieferliegend) und dem *plattigen Kieselgallen- und Plattenschiefer* (im Norden). Das Profil im reinen Fichtenbestand im Norden zeigt unter einer 1–2 cm starken Moderschicht eine 60 cm mächtige, gelbbraune, grusige Lehmschicht über schmutzig graubraunem, plattigem Tonschiefer. Bis 70 cm intensiv durchwurzelt, tiefste Wurzeln bei 1,10 m. Gut durchlüftet, keine Podsolierungserscheinungen. Mit Salzsäure ist kein Kalk festzustellen.

Die Profile im Mischbestand und im Buchenreinbestand bestehen aus einer 40–60 cm mächtigen graubraunen, grusigsteinigen Verwitterungslehmschicht über grau-weißem, stellenweise ockergelb verwittertem Ton mit zahlreichen Steinen. Bis 40–60 cm Tiefe gut durchwurzelt, tiefste Wurzeln bei 60–70 cm. Kalk nachweisbar (Dalmaniten-Knollenkalk, Herzynkalke). Infolge intensiver Streuzersetzung wenig Mull (etwa 1 cm).

Die Versuchsfläche ist 0,3436 ha groß, der Buchenanteil im Mischbestand ist 49% (Tabelle 1), trupp- bis gruppenweise Mischung, im Misch- und Buchenteil einzelne unterständige Buchen unter 7 cm.

2.3 Die Versuchsflächen in Zwiesel

Lage: 49°, 4' N. B., 13° 18' 30" Ö. L. v. G.
Höhenlage: 760 m NN
Exposition und Hangneigung: WNW 9°
Mittl. Jahresniederschlag: 1270 mm
Mittl. Niederschlag Mai–August: 490 mm
Mittl. Temperatur Mai–August: 13,0° C

Die Versuchsflächen in Zwiesel liegen auf dem von PRIEHÄUSER (1951, 1953) beschriebenen Zweischichtenboden, der aus Fließerde über Firneisgrundschutt gebildet wird. Die ca. 1,20 m mächtige Fließerdedecke neigt zur Verdichtung

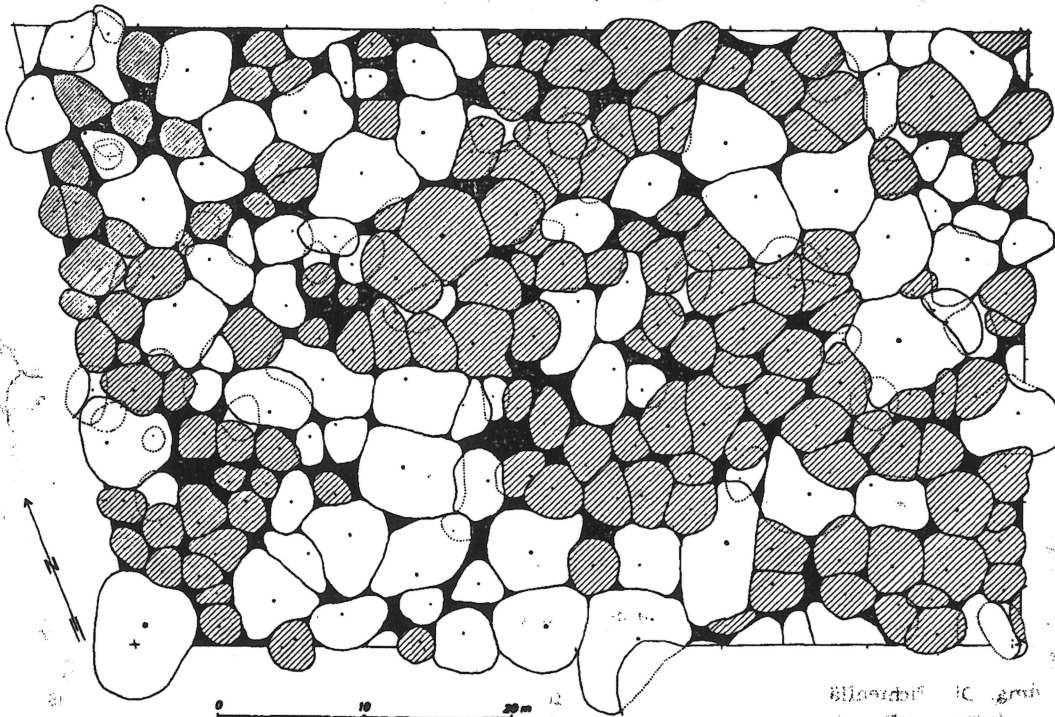


Abb. 2
Kronenkarte des Fichten-Buchen-Mischbestandes in Denklingen
(Fichten schraffiert)

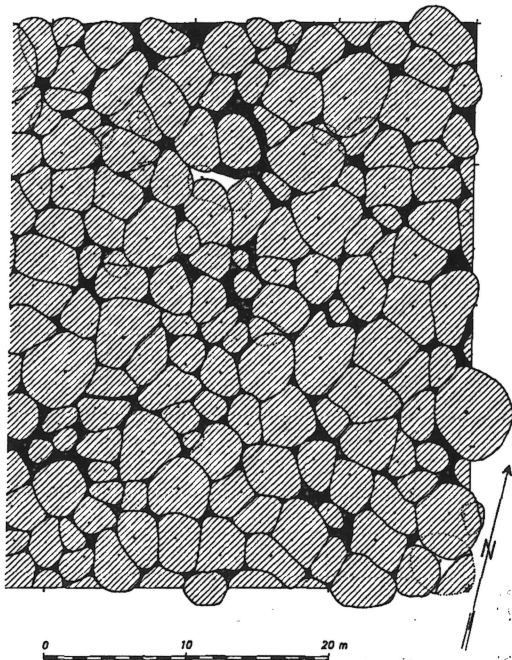


Abb. 3
Kronenkarte des Fichten-Reinbestandes in Denklingen
(Ausschnitt).

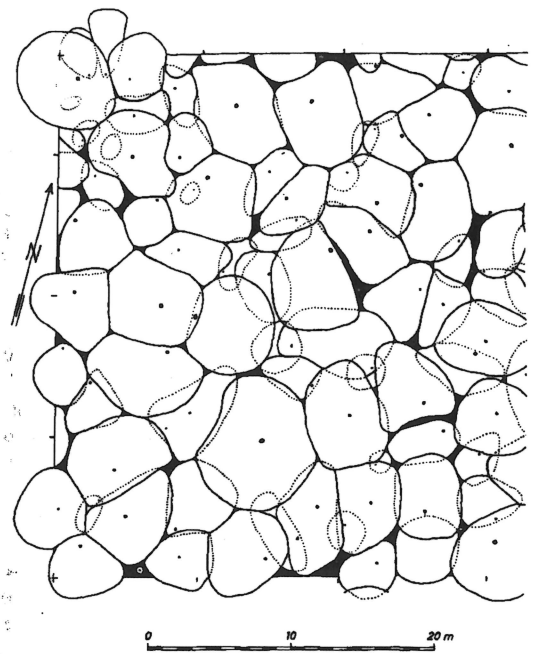


Abb. 4
Kronenkarte des Buchen-Reinbestandes in Denklingen
(Ausschnitt).

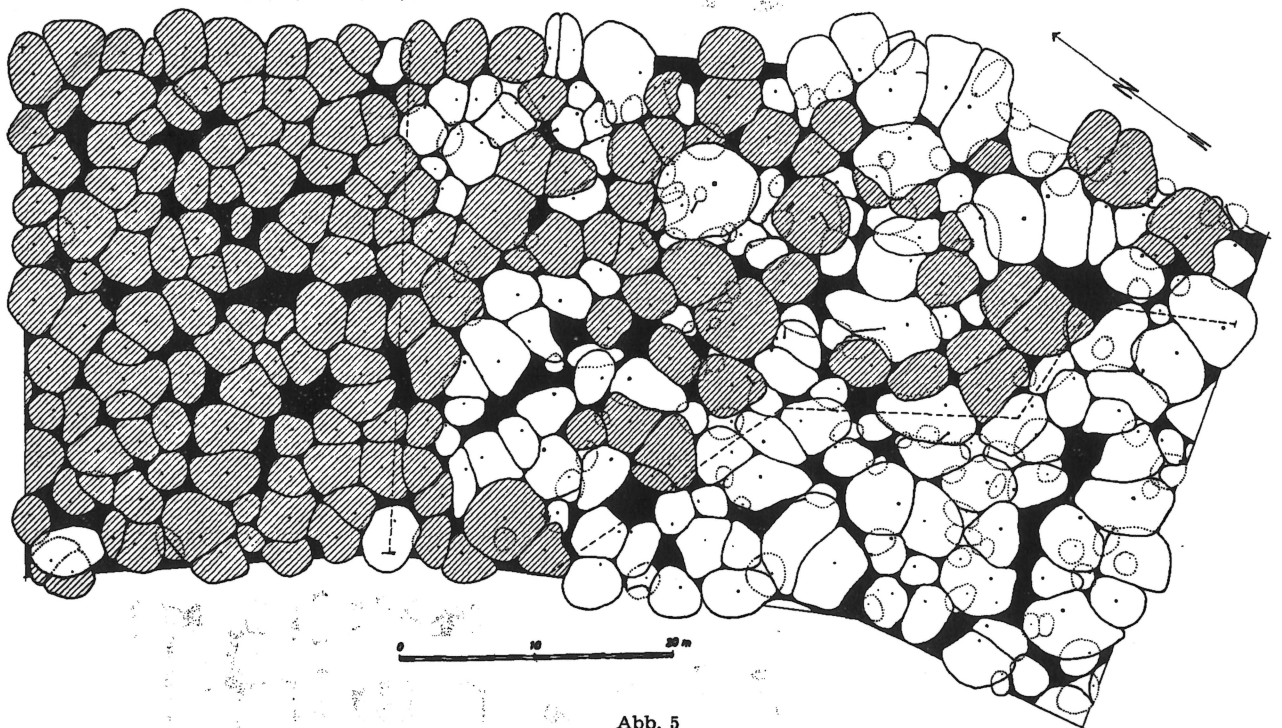


Abb. 5
Kronenkarte der Fichten-Buchen-Versuchsfläche Wieda. Fichten schraffiert. Die Grenzen der Reinbestands-Partien sind gestrichelt.

und Vergleichung. Die Fichtenfläche liegt etwa 100 m von den beiden anderen Flächen entfernt am Unterhang und ist dadurch, sowie durch einen Quellhorizont unmittelbar oberhalb der Fläche, standörtlich begünstigt. Die reine Bu-

chenfläche liegt unmittelbar neben der Mischfläche, beide sind sehr gut vergleichbar.

Die Versuchsflächen umfassen zusammen 0,7946 ha, der Buchenanteil in der Mischfläche beträgt 68% (Tabelle 1),

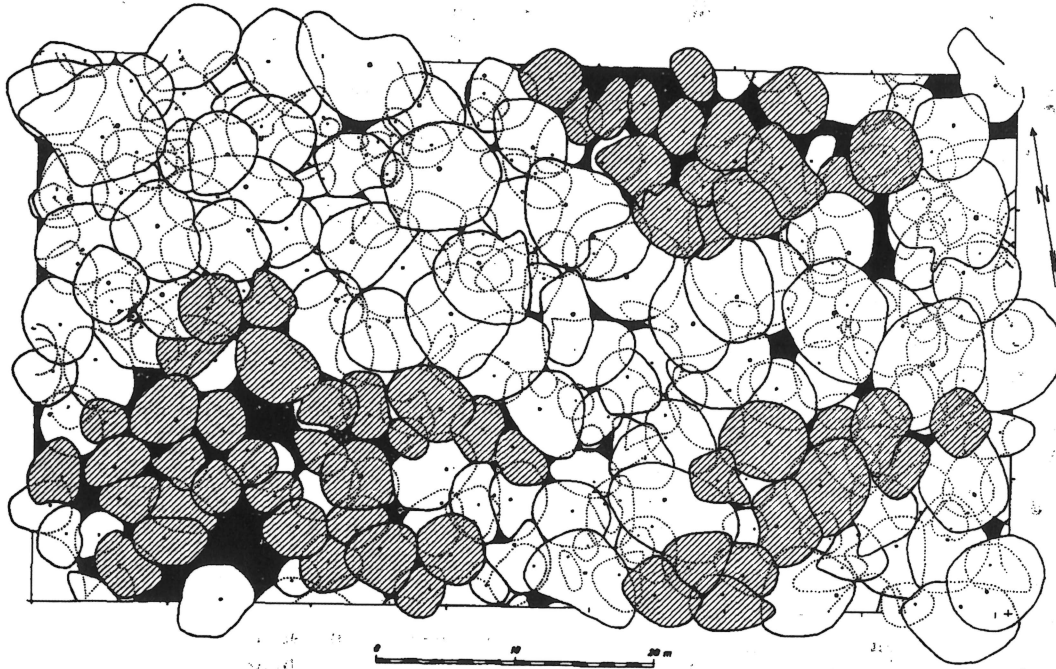


Abb. 6
Kronenkarte des Fichten-Buchen-Mischbestandes in Zwiesel
(Fichten schraffiert).

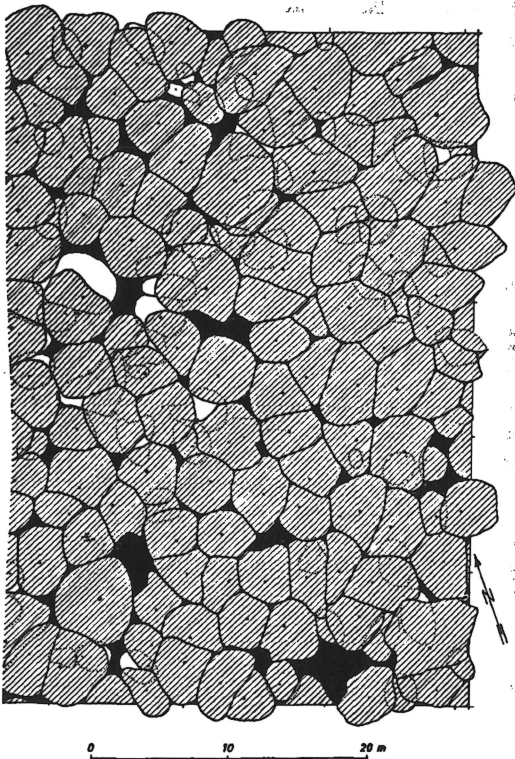


Abb. 7
Kronenkarte des Fichten-Reinbestandes in Zwiesel
(Ausschnitt).

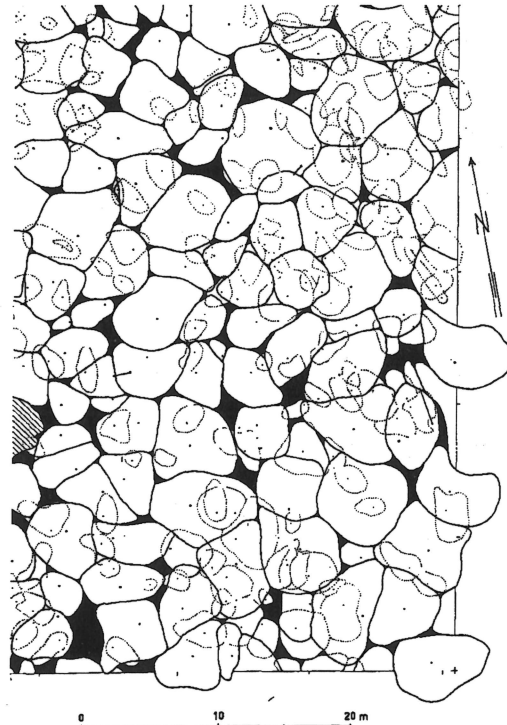


Abb. 8
Kronenkarte des Buchen-Reinbestandes in Zwiesel
(Ausschnitt).

die Fichte ist mehr gruppenweise beigemischt (s. Kronenkarte, Abb. 6). Auf der Buchen- und auf der Buchen-Fichten-Mischfläche ist zahlreicher Buchenunterstand unter

7 cm Durchmesser vorhanden. Die reine Fichtenfläche ist etwas jünger.

3. Der Zuwachs von Einzelbäumen im Rein- und Mischbestand

3.1 Kronenkarten

Die Kronenkarten aller Bestände wurden durch freies Abloten auf ein ausgespanntes Schnurnetz mit drei Metern Abstand zwischen den Schnüren gewonnen (Abb. 2 bis 8). Der Vorteil dieses Verfahrens liegt darin, daß die Kronenumrisse an Ort und Stelle genau aufgezeichnet werden und zwar im Zusammenhang mit den Nachbarbäumen, so daß eine gute Selbstkontrolle möglich ist. Zur Kontrolle diente außerdem ein sogenanntes Dachlot (Zeiß-Aerograph), ein Pendelinstrument mit Winkelprisma, das sehr genaue Ablotungen bei geringem Zeitaufwand ermöglicht.

Durch Planimetrieren wurde die Kronenschirmfläche jeden Baumes ermittelt und der Anteil bestimmt, der von anderen Bäumen überschirmt war. Die Kronenteile, die über die Versuchsfläche hinausragten, wurden besonders planimetriert, ebenso die in die Fläche von außen hineinragenden Kronen. Die Differenz diente zur Korrektur der Flächengröße. Die Beschirmungsgrade liegen zwischen 0,88 und 0,98 (Tabelle 1).

3.2 Stammanalysen

Im ganzen wurden 42 Fichten und 43 Buchen gefällt, davon 34 in Denklingen, 49 in Zwiesel und 2 in Wieda. In Denklingen waren es vorwiegend Bäume aus der herrschenden Schicht, in Zwiesel aus allen sozialen Schichten. Von jedem Baum wurden Scheiben in Stockhöhe, in Brusthöhe und darüber in 2-m-Abständen, im Kronenbereich in 1-m-Abständen, entnommen, bei der Buche sowohl vom Schaft als auch von den stärkeren, an der Basis mehr als 7 cm Durchmesser messenden durchgehenden Ästen. Nur bei den Fichten in Denklingen waren die Abstände im unteren Schaftteil größer, die Entnahmehöhe war hier 1,3, 8, 15, 20, 22, 24, ... m.

An den Stammscheiben wurden 4 Radien im Winkel von 90°, an den Stockscheiben 8 Radien mit dem BAUR'schen Zuwachslinial in 5jährigen Perioden gemessen und arithmetisch gemittelt. Waren die Unterschiede zwischen den Ra-

dien einer Scheibe größer als 15%, so wurden die Zuwachswerte der einzelnen Radien quadriert und dann erst gemittelt. Der Volumenzuwachs wurde mit Hilfe der gezeichneten Stammanalysen berechnet, wobei auf der Zeichnung die interpolierten Durchmesser für Sektionen von 1 m Länge, im Stamminneren und bei Ästen von 0,5 m Länge, entnommen wurden.

Die Stockscheiben dienten zur genauen Altersbestimmung der Bestände, in Wieda wurden zusätzlich Scheiben von 2 Jahre alten Stöcken abgesägt. Der genauen Altersbestimmung möglichst vieler Bäume wurde großes Gewicht beigelegt, da die Altersstruktur Aufschluß über die Entstehungsgeschichte der Bestände geben kann. An allen Scheiben wurde auch die Raumdichte bestimmt.

3.3 Der Höhen- und Volumenzuwachs sowie die Formänderung von Einzelbäumen im Rein- und Mischbestand

Die Abbildung 9 zeigt die Höhenentwicklung und den Höhenzuwachs vergleichbarer Bäume der herrschenden Schicht (Kraft'sche Baumklasse 2). Es wurden jeweils mehrere Bäume zusammengefaßt dargestellt, um die individuellen Schwankungen des Zuwachses zu eliminieren. Es zeigt sich vor allem bei der Fichte (Abb. 9, links oben und unten) deutlich ein rascherer Ablauf der Entwicklung im Reinbestand. Der Höhenzuwachs kulminiert um 4 bis 6 Jahre früher als im Mischbestand und erreicht dabei auch höhere jährliche Zuwachswerte. Der Höhenzuwachs der Fichte im Mischbestand kulminiert später, das Maximum des laufenden Höhenzuwachses liegt tiefer, dafür hält der Höhenzuwachs länger an als im Reinbestand.

Das gleiche gilt auch für den Volumenzuwachs von Einzelbäumen (Abb. 10). Die Ursache für die Verzögerung des Wachstums im Mischbestand, die vor allem bei der Fichte zu beobachten ist, liegt wahrscheinlich in der Einengung des Standraumes durch die meist natürlich verjüngte und dadurch sehr dicht stehende Buche, die in lückigen Naturverjüngungen rasch und breit auszuladen pflügt.

Die Formzahlen der herrschenden Fichten im Rein- und Mischbestand unterscheiden sich nicht, wenn man das dem

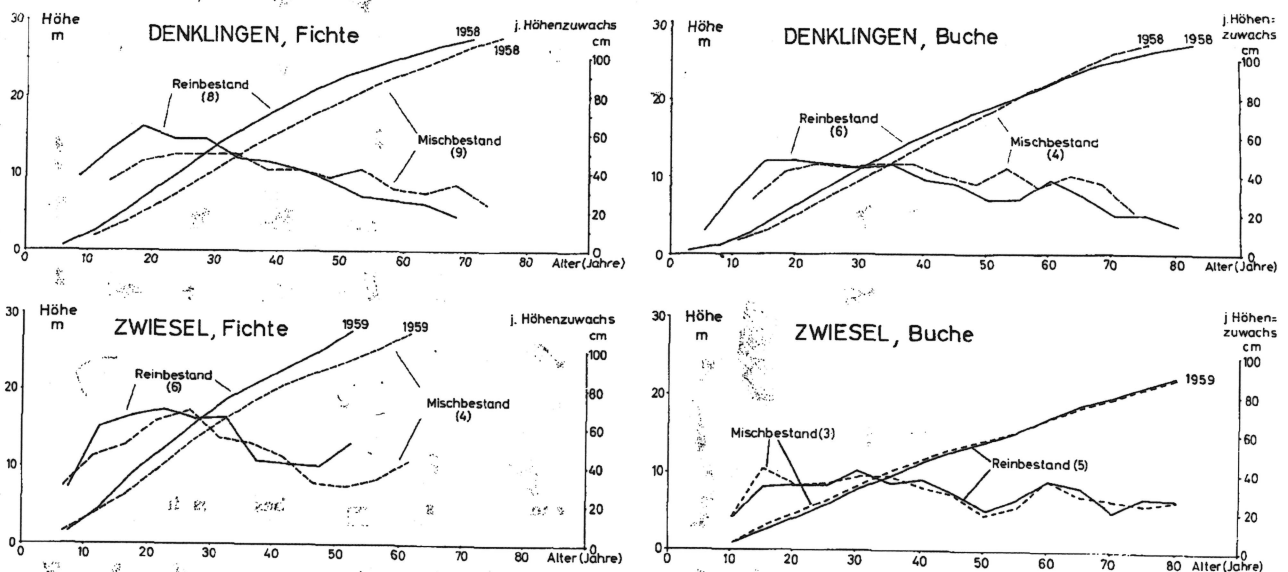


Abb. 9

Höhenentwicklung und jährlicher Höhenzuwachs herrschender Bäume im Rein- und Mischbestand. In Klammern ist die Zahl der zu einer Kurve zusammengefaßten Bäume angegeben. Eine Verzögerung der Höhenentwicklung im Mischbestand ist vor allem bei der Fichte zu erkennen.

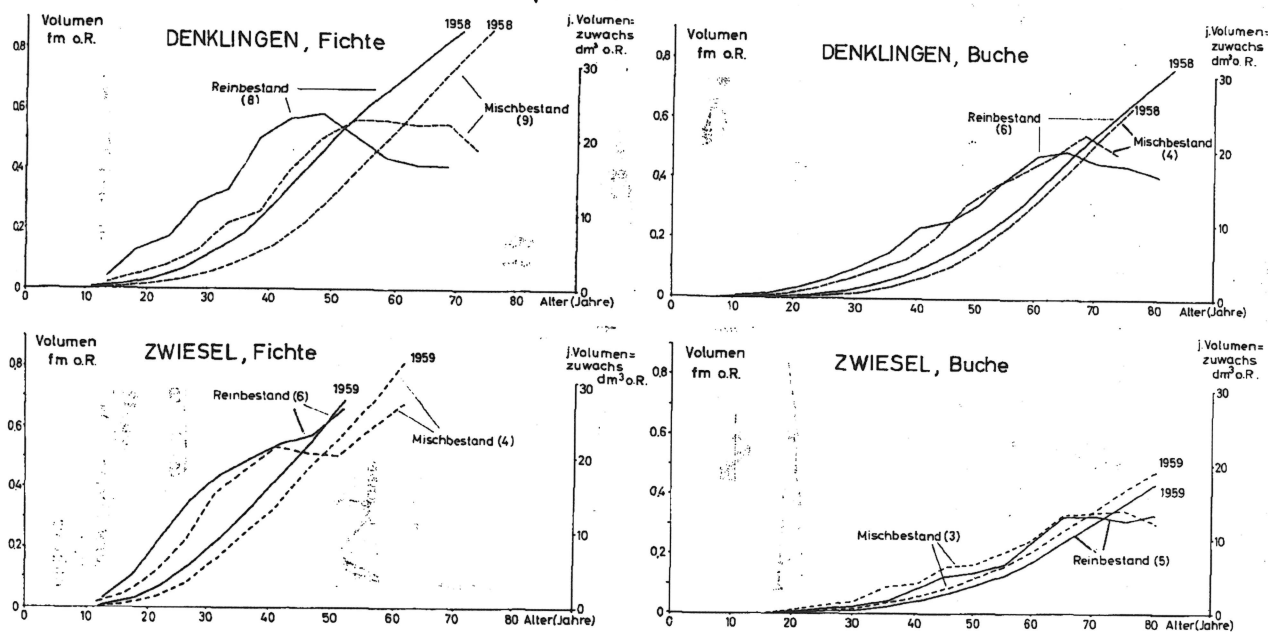


Abb. 10

Volumenentwicklung und jährlicher Volumenzuwachs herrschender Bäume im Rein- und Mischbestand. Die Zahl der zu einer Kurve zusammengefaßten Bäume ist in Klammern vermerkt. Auch hier ist bei der Fichte eine Verzögerung des Wachstums im Mischbestand festzustellen.

schnelleren Wuchsablauf entsprechende Voreilen der Fichte im Reinbestand durch Koordinatenverschiebung ausgleicht (Abb. 11). Die Formzahlen der Buche sinken im Mischbestand Denklingen gegenüber dem Reinbestand mit zunehmendem Alter ab (Abb. 12 oben), eine Beobachtung, die auch WIEDEMANN (1942, S. 25) allerdings für die Derbholzformzahl gemacht hat. WIEDEMANN führt das wohl mit Recht auf den geringeren Astderbholzanteil der Buchen im Mischbestand zurück. In Zwiesel sind die Formzahlen der Buchen im Rein- und Mischbestand gleich (Abb. 12 unten). Hier ist die Mischungsform mehr gruppen- bis horstweise (Abb. 6), so daß die Wuchsbedingungen für einzelne Buchen ähnlich wie im Reinbestand sind.

Die Abbildungen 13 und 14 zeigen, wie sich Höhen- und Volumenzuwachs von Bäumen verschiedener sozialer Stellung im gleichen Bestand unterscheiden. Der Höhenzuwachs der Fichten, die heute den beherrschten Baumklassen 4 und 5 angehören, unterscheidet sich zum Zeitpunkt der Kulmination im Alter 18–22 beim Reinbestand und im Alter 22–26 im Mischbestand kaum von dem Höhenzuwachs der Baumklasse 2 (Abb. 13, links oben und unten). Erst nach der Kulmination differenzieren sich die Baumklassen deutlich durch stärkeres Absinken des Zuwachses bei den beherrschten Bäumen. Auffallend gering ist der Unterschied im Höhenzuwachs von Bäumen verschiedener Baumklassen bei der Buche (Abb. 13, rechts).

Beim Volumenzuwachs sind die Unterschiede zwischen den Baumklassen wesentlich größer (Abb. 14). Dabei tritt die Zuwachsgipfelung bei den beherrschten Bäumen früher ein als bei den herrschenden. Die späte Zuwachskulmination der Bäume der herrschenden Schicht darf jedoch nicht auf den flächenbezogenen Zuwachs übertragen werden. Da der Standraum, den die einzelnen Bäume beanspruchen, ständig zunimmt, muß der flächenbezogene Zuwachs sein Maximum früher erreichen.

4. Die Raumdichte

4.1 Bestimmung der Raumdichte an Stammscheiben

Für die Umrechnung des waldfrischen Holzvolumens von Festmetern in Kilogramm Trockensubstanz wurde an den Stammscheiben, die bei den Stammanalysen angefallen waren auch die Raumdichte bestimmt. Dabei wurde auf die von R. HARTIG (1882, 1885) und von H. BURGER (1929) angewandte Methode zurückgegriffen.

HARTIG entnahm aus Stammscheiben zwei gegenüberliegende Sektoren von 10 cm Sehnenlänge, trennte Kern und Splint und bestimmte das Frischvolumen mit einem kleinen Xylometer. Die Sektoren repräsentieren die Grundfläche und damit das Volumen der Scheiben. BURGER verwendete für die Bestimmung des Frischvolumens ein zylindrisches Glasgefäß mit angeschliffenem Rand und mit einer luftdicht schließenden Glasplatte als Deckel. Die Gewichts-differenz in Gramm des mit Wasser gefüllten Glases und des Glases mit eingetauchter Holzprobe entspricht nach Addition des Gewichtes der Holzprobe dem Volumen der Holzprobe in Kubikzentimetern. Das Verfahren hat gegenüber der Xylometermessung den Vorteil, daß ein eventuelles Eindringen von Wasser in den Holzkörper nach dem Schließen des Deckels für die Volumenbestimmung belanglos ist, da auch das aufgesaugte Wasser mitgewogen wird.

Aus den in Denklingen angefallenen, 8 bis 10 cm dicken Scheiben von 20 Fichten (113 Scheiben) und 14 Buchen (231 Scheiben) wurden je vier Sektoren herausgespalten mit einem Winkel von 45° bei den kleineren Scheiben und von 30° bei den größeren. Diese Sektoren wurden entrindet und entlang der Jahrringgrenzen geteilt, wobei das äußere Teilstück 15 Jahre, die inneren je 10 Jahre umfaßten. Scheiben mit weniger als 15 Jahrringen wurden nicht geteilt, sondern ganz gewogen. Auf diese Art wurden in Denklingen insgesamt 2350 Holzproben gewonnen.

Die Abbildung 15 zeigt die Abhängigkeit der Raumdichte von der Jahrringbreite. Die dick ausgezogenen Kurven verbinden die gleitenden Mittelwerte, die dünnen Linien sind Ausgleichsfunktionen in Form von Parabeln 2. Grades oder in Form von Geraden. Es besteht kein gesicherter Unterschied in der Raumdichte von Rein- und Mischbestand.

In Zwiesel wurde die Raumdichte zunächst an ungeteilten, etwa 2–3 cm dicken, entrindeten Stammscheiben be-

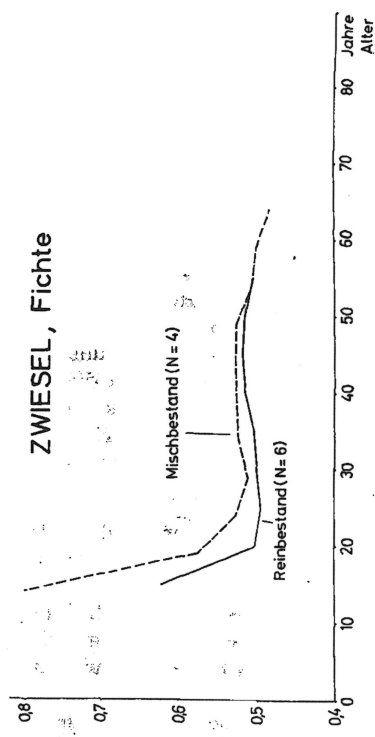
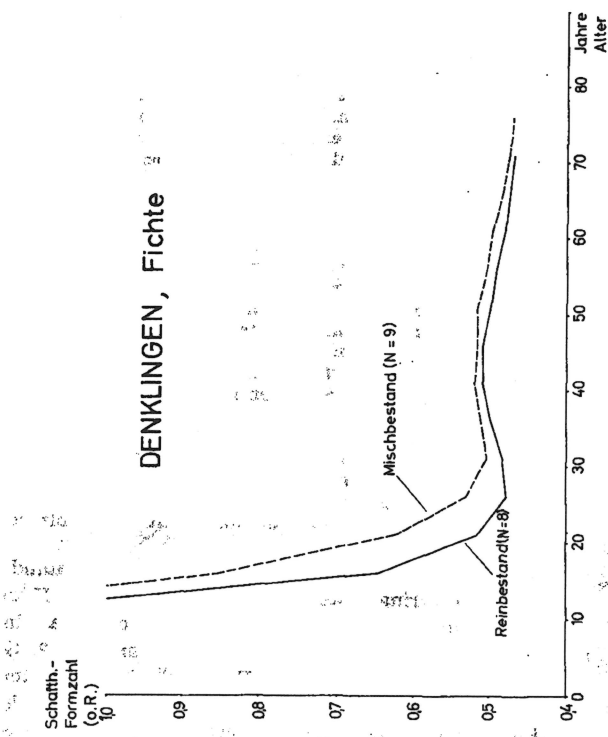


Abb. 11

Die Formzahlentwicklung herrschender Fichten im Rein- und Mischbestand. Die Zahl der zu einer Kurve zusammengefaßten Bäume ist in Klammern angegeben. Die Formzahlkurven der Fichten im Rein- und Mischbestand können durch Abszissenverschiebung zur Deckung gebracht werden, das heißt die Formzahlen unterscheiden sich nicht, wenn das bei der Volumen- und Höhenentwicklung beobachtete Voraussetzen des Reinbestandes ausgeschaltet wird.

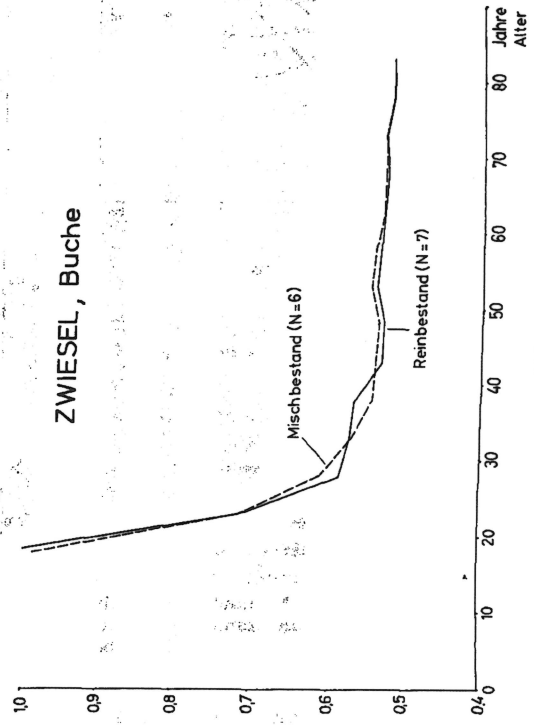
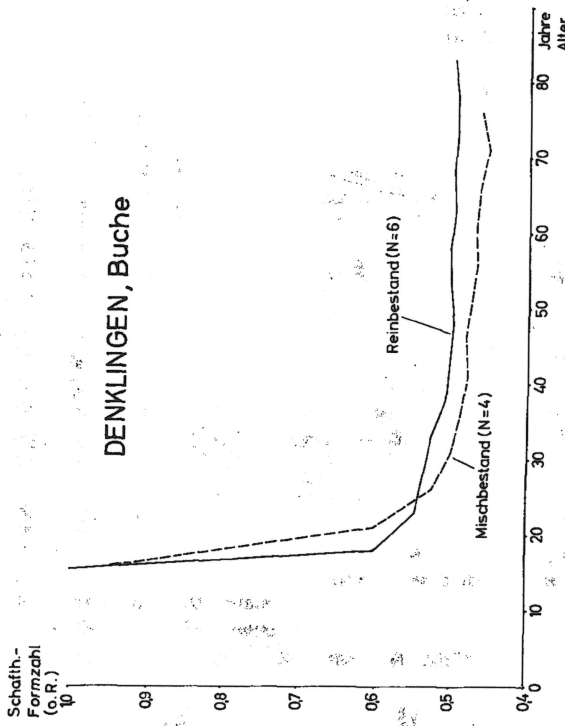


Abb. 12

Die Formzahlentwicklung herrschender Buchen im Rein- und Mischbestand. Bei der Buche in Denklingen ist ein leichtes Absinken der Formzahlen im Mischbestand festzustellen.

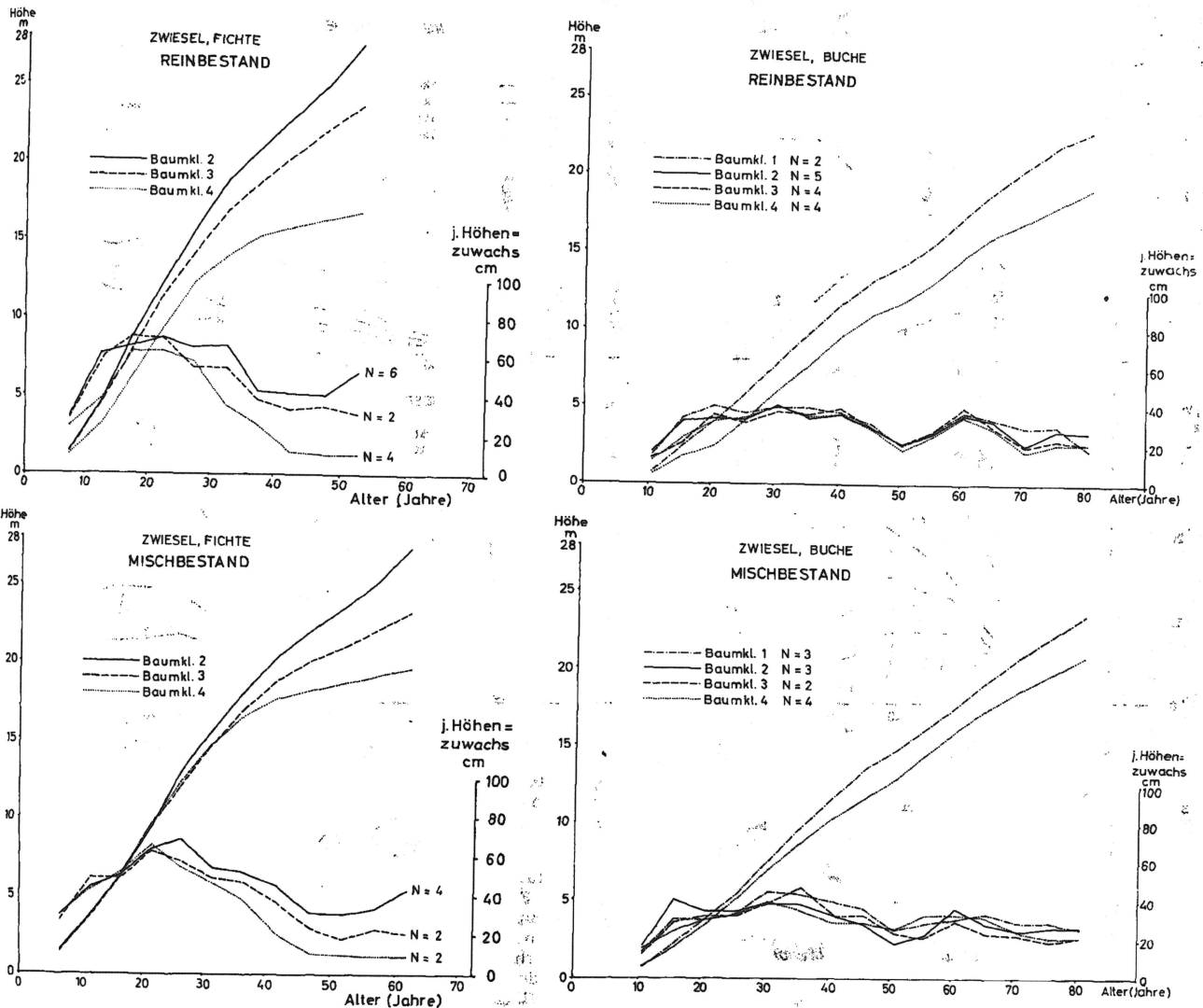


Abb. 13

Die Höhenentwicklung und der Höhenzuwachs von Bäumen verschiedener sozialer Stellung (Baumklassen nach KRAFT). Zum Zeitpunkt der Gipfelung des Höhenzuwachses hatten sich die heute festgestellten Baumklassen bei der Fichte noch nicht differenziert. Auffallend ist der geringe Unterschied im Höhenzuwachs verschiedener Baumklassen der Buche. (N = Zahl der Bäume.)

stimmt. Für die Messung des Frischvolumens war die Methode HARTIG-BURGER wegen der Größe der Scheiben nicht mehr geeignet. Das Volumen der Stammscheiben wurde deshalb durch Eintauchen in ein geeignetes Wassergefäß, das auf einer Waage stand, ermittelt. Die Scheiben wurden durch drei Stahlnadeln freischwebend unter Wasser gehalten, die Gewichtszunahme entspricht dann dem Gewicht des durch die Scheibe verdrängten Wassers, und damit dem Volumen der Stammscheibe. Auch hier mußten die Scheiben etwa 24 Stunden lang gewässert und dann von oberflächlich anhaftendem Wasser befreit werden. Das Ergebnis der Raumdichtebestimmung an 656 Stammscheiben in Zwiesel zeigt die Abbildung 16 unten. Auch hier ist bei der Buche kein Unterschied zwischen Rein- und Mischbestand festzustellen, lediglich die herrschenden Fichten im Reinbestand haben auffallend leichtes Holz (mittlere, gewogene Raumdichte = 345 kg/fm), was auf den schon erwähnten Standortsunterschied zwischen Fichtenreinbestandsfläche und Mischwuchsfläche hindeutet.

Mit zunehmendem Brusthöhendurchmesser nimmt die mittlere Raumdichte der Fichten und Buchen ab. Der Zu-

sammenhang ist aber sehr locker und nur bei der Fichte in Denklingen mit einer Bestimmtheit von $B = 0,30$ und bei der Buche in Zwiesel ($B = 0,31$) statistisch gesichert. Die Regressionsgleichungen und Variationskoeffizienten sind in der Abbildung 16 enthalten. Die mittlere Raumdichte ist in Zwiesel für die Fichte und für die Buche geringer als in Denklingen.

Für den Grundflächenmittelstamm der Bestände (ohne den Unterstand unter 7 cm Durchmesser) lassen sich aus den Gleichungen folgende mittleren Raumdichtewerte berechnen:

		d_m cm	Raumdichte kg/fm
Fichte rein	Denklingen	27,1	392
	Zwiesel	27,3	348
Fichte gemischt	Denklingen	29,8	385
	Zwiesel	32,5	375
Buche rein	Denklingen	26,1	570
	Zwiesel	19,6	566
Buche gemischt	Denklingen	21,4	578
	Zwiesel	19,6	566

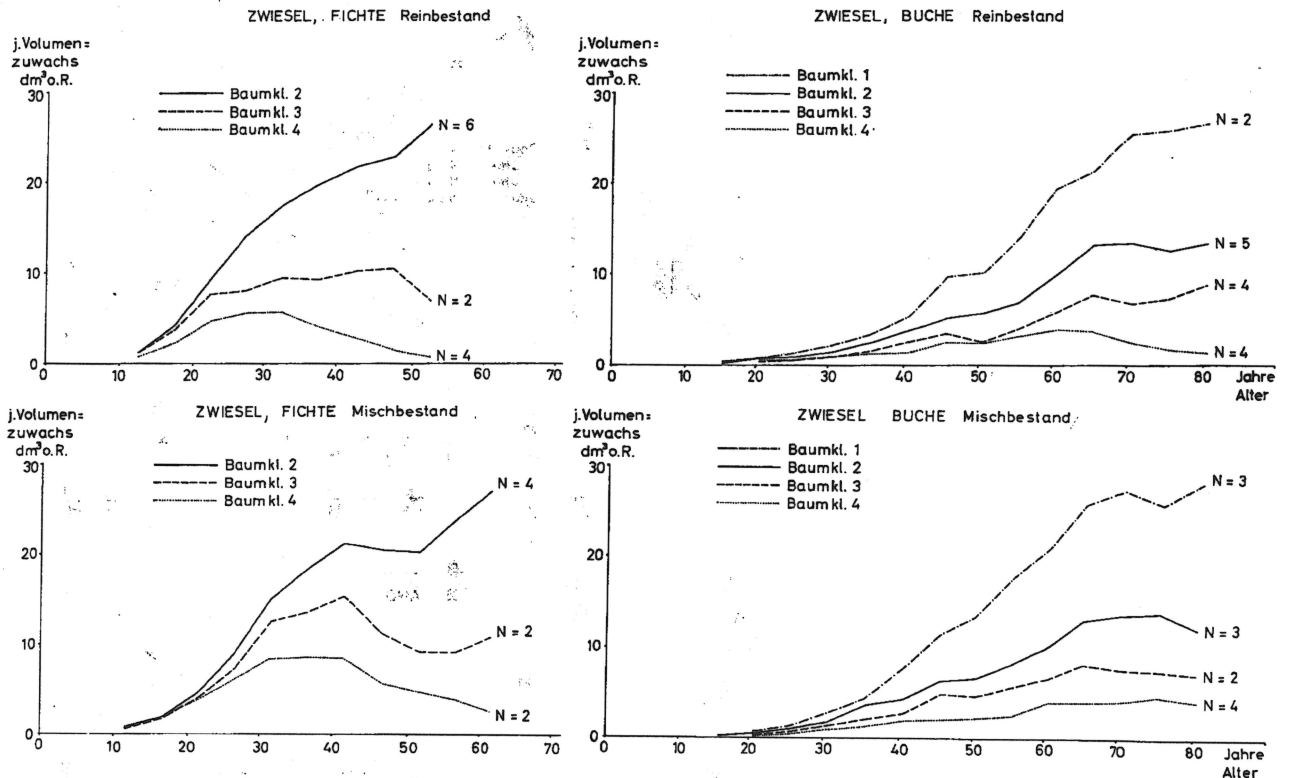


Abb. 14

Der jährliche Volumenzuwachs von Bäumen verschiedener sozialer Stellung (Baumklassen nach KRAFT). Bei Bäumen niederer sozialer Stellung kulminiert der Zuwachs früh. Die herrschenden Bäume dagegen haben den Kulminationspunkt noch nicht überschritten. (N = Zahl der Bäume.)

Für Wieda konnte keine Regression berechnet werden, da nur 2 Probestämme gefällt wurden.

4.2 Ermittlung der Raumdichte mit Hilfe von Bohrspänen

In Denklingen mußte der Zuwachs an Bohrspänen gemessen werden, da es sich um einmalige Probestflächen handelte. Da allen Bäumen mindestens zwei, zum größten Teil sogar vier Bohrkern entnommen wurden, lag der Gedanke nahe, die Raumdichte auch an diesen Holzproben zu bestimmen. Am schwierigsten ist dabei die Ermittlung des Frischvolumens. Die Messung von Durchmesser und Länge der Späne mit Hilfe eines Mikrometers schien zu ungenau. Andererseits ist es für ertragskundliche Zwecke gar nicht nötig, die Raumdichte jeder einzelnen Holzprobe zu kennen, es müßte genügen, einen Mittelwert aus vielen Bohrspänen abzuleiten. Aus diesen Überlegungen heraus wurde ein Verfahren entwickelt, das aus Mischproben von Bohrkernen die Raumdichte in Abhängigkeit von der Jahrringbreite ergibt.

Dabei werden die Bohrkern in Stücke mit je 10 Jahrringen zerlegt. Wenn die Auswertung der Raumdichte nach verschiedenen Gesichtspunkten vorgenommen werden soll, z. B. in Abhängigkeit vom Alter, von der Baumklasse oder von der Höhe im Schaft, können die 10 Jahre umfassenden Bohrkernstücke mit Tintenstift entsprechend signiert werden. Durch die Kombination einfacher Zeichen, wie Striche, Kreuze oder Kreise ist eine eindeutige Kennzeichnung der Proben trotz ihrer Kleinheit möglich. Anschließend werden die Bohrspänstücke durch Anlegen an ein Lineal nach ihrer Länge sortiert und in Gruppen verschiedener Länge zusammengefaßt. Die erste Gruppe umfaßt dabei Proben von 0 bis 5 mm Länge mit Jahrringbreiten von 0 bis 0,5 mm, die zweite 5 bis 10 mm lange Stücke mit Jahrringbreiten von 0,5 bis 1 mm usw. Für die Randgruppen, die wenig Proben enthielten, wurde die Gesamtlänge aller Bohrspänstücke der Gruppe gemessen und daraus

die tatsächliche mittlere Jahrringbreite der Mischprobe errechnet. Für die Gruppen mit einer genügend großen Zahl von Bohrspänen kann die Gruppenmitte als mittlere Jahrringbreite angenommen werden.

Nachdem die Bohrspäne mehrere Stunden gewässert waren, wurde eine Gruppe auf einer Zellstoffunterlage ausgebreitet, oberflächlich abgetrocknet, gewogen und sofort in ein mit Wasser gefülltes zylindrisches Glasgefäß mit angeschliffenem Rand gegeben, das durch eine Glasplatte abgeschlossen wurde. Das Glasgefäß wurde so gewählt, daß es zusammen mit Inhalt und Deckglas etwas weniger als 160 g wog. So konnte eine Analysenwaage mit optischer Anzeige verwendet werden, deren Wägebereich bis 160 g ging, die aber eine Ablesegenauigkeit von $\pm 0,1$ mg hatte. Abgelesen wurden ganze Milligramm. Da die Bohrspänstücke eine relativ große Oberfläche besitzen, verdunstet das anhaftende Wasser rasch. Es wurde deshalb darauf geachtet, daß zwischen Ausbreiten der Probe auf der saugfähigen Unterlage und dem Wiegen immer die gleiche Zeitspanne von etwa einer Minute verstrich, während der die vorhergehende Probe verarbeitet wurde. Die gleiche Vorsicht ist beim Wiegen der bei 104° C bis zur Gewichtskonstanz gedarrten Proben erforderlich, da die Feuchtigkeitsaufnahme aus der Luft die Wägung beeinflusst. Die Gewichtszunahme der gedarrten Proben betrug während der ersten 3 Minuten je nach der Größe der Bohrspänstücke zwischen 0,1 und 0,3% pro Minute. Das Wasser soll Zimmertemperatur haben, da Temperaturdifferenzen zu einer Änderung der Wasserdichte führen. Bei Zimmertemperatur beträgt die Volumenzunahme von Wasser bei 1° Temperaturerhöhung 0,18 Promille, das sind bei 100 cm^3 Wasser $0,018 \text{ cm}^3$ oder 18 mg.

Die Raumdichtewerte von Denklingen, die anhand von Bohrspänen in Abhängigkeit von der Jahrringbreite hergeleitet wurden, entsprechen sehr gut den Werten, die in Denklingen an Stammscheibensektoren gewonnen wurden, wenn man berücksichtigt, daß die Bohrspäne aus 1,3 m Höhe stammen und nur die letzten 20 Jahre umfassen. In Zwiesel wurden aus den Probestämmen dicht ober- oder unterhalb aller Scheiben je 4 Bohrspäne bis zum Mark

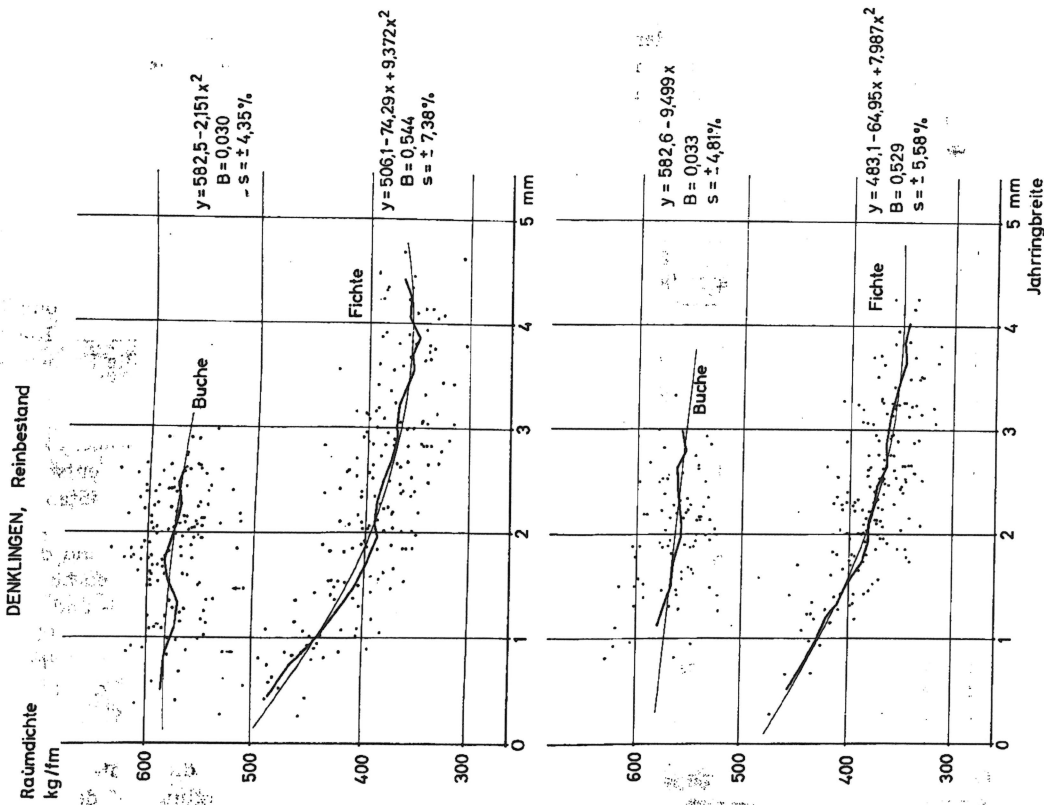


Abb. 15

Die Raumdichte in Denklingen in Abhängigkeit von der Jahringbreite, gemessen an 10 bzw. 15 Jahre umfassenden Teilstücken von Stammscheibensektoren aus allen Baumhöhen. Bei gleicher Jahringbreite besteht kein Unterschied in der Raumdichte zwischen Reinbestand (oben) und Mischbestand (unten).

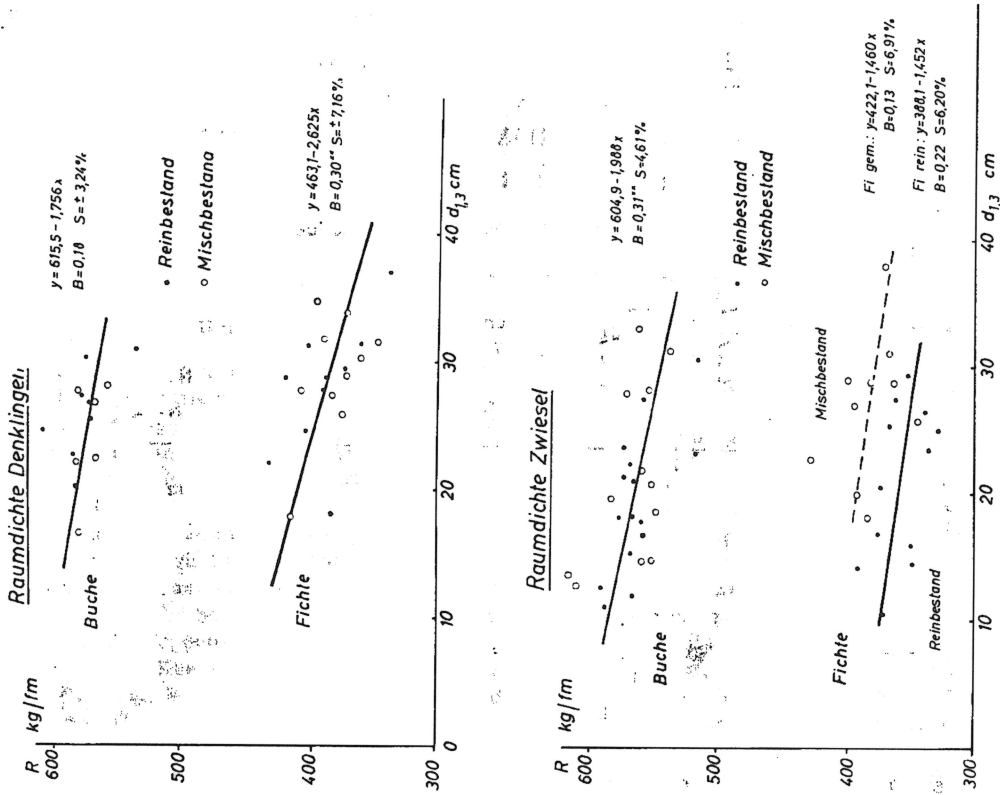


Abb. 16

Die mittlere Raumdichte für Fichten und Buchen in Abhängigkeit vom Brusthöhendurchmesser. Bei gleichem Durchmesser ist auch hier kein Unterschied in der Raumdichte von Rein- und Mischbestand festzustellen, mit Ausnahme der Fichten in Zwiesel, wo Standortunterschiede im Spiele sind.

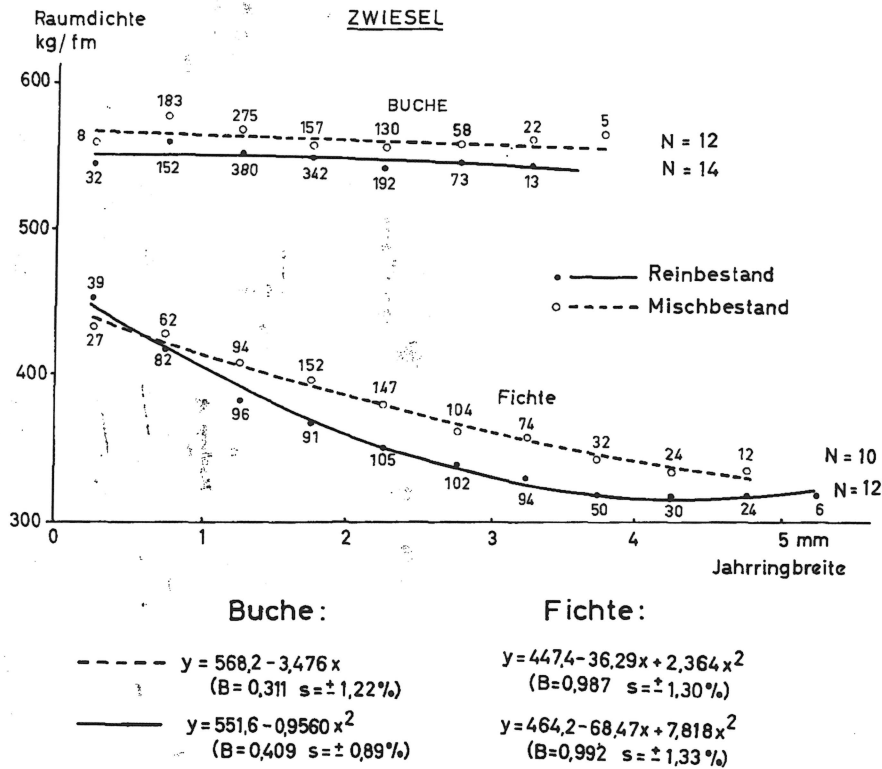


Abb. 17

Die Abhängigkeit der Raumdichte von der Jahringbreite in Zwiesel, gemessen an 10 Jahrringe umfassenden Bohrspanstücken aus allen Baumhöhen. Die Ziffern bei den Punkten geben die Zahl der zu einer Mischprobe zusammengefaßten Bohrspanstücke an. (N = Zahl der angebohrten Bäume.)

rechtwinklig zueinander entnommen. Dabei sollte mit Hilfe der Scheiben das gewogene Raumdichtemittel bestimmt werden, mittels der Bohrspäne aber die Abhängigkeit der Raumdichte von der Jahringbreite, von der Höhe im Stamm, vom Abstand vom Mark und von der sozialen Baumklasse. Da die Bohrspanproben alle entsprechend signiert wurden, war es möglich, die Raumdichte an den gleichen, jedoch nach verschiedenen Gesichtspunkten jeweils anders zusammengestellten Mischproben mehrfach zu bestimmen. Dabei mußte die Gesamtraumdichte für die gleiche Jahringbreitengruppe immer die gleiche sein. So ergab sich eine gute Möglichkeit, die Genauigkeit der Raumdichtebestimmung an Bohrspänen abzuschätzen. Systematische Fehler werden auf diese Weise natürlich nicht erfaßt, sie spielen jedoch beim Vergleich der nach der gleichen Methode hergeleiteten Raumdichtewerte keine große Rolle.

Ausgehend von den drei Raumdichte-Mittelwerten für die gleiche Jahringbreitengruppe, die jeweils aus einer unterschiedlichen Zahl von Einzelmessungen hergeleitet worden waren, konnte unter der Annahme, daß der mittlere Fehler für die Einzelmessungen innerhalb einer Jahringbreitengruppe gleich ist, der mittlere Fehler für eine Einzelmessung bestimmt werden. Für die verschiedenen Jahringbreitengruppen der Fichte ergaben sich folgende Fehler für die Messung der Raumdichte an einer Mischprobe:

Mittleres Volumen der Mischprobe cm^3	Mittlerer Fehler der Raumdichte $\%$
0,20	$\pm 0,36$
0,23	$\pm 0,48$
3,38	$\pm 0,12$
4,41	$\pm 0,24$

Der mittlere Fehler der an einer Mischprobe von Bohrspänen gemessenen Raumdichte ist also vom Volumen der Probe abhängig und liegt etwa zwischen 0,1 und 0,5%. Diese geringe Streuung der Meßwerte zeigt auch, daß das wiederholte Darren und anschließende Wässern der Bohrspäne die Raumdichte des Holzes kaum beeinflusst. Im Ganzen wurden 6997 Bohrspanproben mit einem Frischvolumen von 1675 cm^3 ausgewertet.

Die Bohrspäne, die aus den Probestämmen in Zwiesel gewonnen wurden, konnten durch mehrmalige Bestimmung der Raumdichte mit jeweils anderer Gruppierung der signierten Bohrspanstücke nach drei verschiedenen Gesichtspunkten ausgewertet werden: Nach Alter, Höhe im Schaft und Baumklasse. Hier soll jedoch nur die Raumdichte als Funktion der Jahringbreite für alle Proben gemeinsam, also für alle Baumklassen, alle Alter und Höhen dargestellt werden.

Die Abbildung 17 zeigt die Lage der als Parabeln 2. Grades berechneten Ausgleichskurven. Die Ziffern entsprechen der Zahl der zu einer Mischprobe zusammengefaßten Bohrspanstücke. Da in die Rechnung nur Gruppenmittelwerte eingegangen sind, sind die Streuungen gering und die Bestimmtheitsmaße entsprechend hoch. Bei der Buche ist ein geringer Unterschied der Raumdichte im Rein- und Mischbestand vorhanden, der aber bei der starken individuellen Streuung der Raumdichte von Baum zu Baum auf die Auswahl der Probestämme zurückzuführen sein dürfte. Auch hier zeigt sich, wie bei der Auswertung der Stammscheiben, daß die Fichten im Reinbestand leichteres Holz haben. Wahrscheinlich spielt dabei der für die Fichte günstigere Standort mit besserer Wasserversorgung auf der Reinbestandsfläche eine Rolle.

Für die Auswertung nach Baumklassen wurde das Material für Rein- und Mischbestände nicht getrennt, sondern gemeinsam verwendet. Gleiche Jahrringbreite vorausgesetzt, ist die Raumdichte bei herrschenden Fichten größer

als bei beherrschten Bäumen der Kraft'schen Baumklassen 4 und 5, bei der Buche ist es umgekehrt. Dieses Ergebnis stimmt für die Buche mit den Untersuchungen von FREIST (1962) überein.

(Fortsetzung folgt)

Ein weiterer Beitrag zur Kenntnis der Parasiten des Kiefertriebwicklers, *Rhyacionia buoliana* Schiff. (Lep. Olethreutidae)

(Mit 3 Abbildungen und 5 Tabellen)

Von K. G. ADLUNG, Ingelheim

Einleitung

In einigen Mitteilungen berichteten wir bereits über die Parasiten des Kiefertriebwicklers aus einigen nord- und süddeutschen Befallsgebieten (1, 2, 3). Inzwischen haben wir weiteres Material ausgewertet und wollen die Ergebnisse in Anlehnung an die letzte Veröffentlichung in dieser Zeitschrift (2) darstellen.

Durch *Rhyacionia buoliana* SCHIFF. befallene Kiefermaitriebe sammelten wir 1959 bis 1961 bei Klausheide, F. A. Lingen/Ems, 1963 wieder bei Hartheim, F. A. Breisach (2) sowie im gleichen Jahr bei Budenheim, F. A. Mainz-Alzey und Tinnen, F. A. Meppen/Ems.

Die Arbeiten bei Klausheide wurden durch die Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt, Abt. Forstschädlingbekämpfung in Göttingen durchgeführt. Herr Forstmeister Dr. SCHINDLER überließ uns dankenswerterweise die Ergebnisse dieser Parasitenzuchten. Die übrigen Untersuchungen gingen vom European Parasite Laboratory des U. S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Paris, aus.

Den Leitern der betreffenden Forstämter danken wir für ihre freundliche Unterstützung.

Methodik

Kleinere Probemengen befallener Kiefertriebe wurden in Sperrholzkisten eingebracht. In einer seitlichen Ausbohrung trugen diese seitlich Glasröhrchen, in die die aus-schlüpfenden Insekten hineinfliegen und leicht entnommen werden konnten (Material von Klausheide).

Die etwas größeren Proben von Budenheim und Hartheim hielten wir in mit schwarzem Tuch bespannten Holzkäfigen. Durch eine größere Öffnung im Deckel konnten ausgeschlüpfte Insekten in einen zweiten, mit heller Plastikgaze versehenen Käfig gelangen, wo sie abgesammelt wurden.

Zum Transport der großen Maitrieb-Mengen von Tinnen fertigten wir Spezialkisten. In diesen lagerten die Triebe auf Drahtrosten über einer flachen Sandschicht. Die Seitenwände der Kisten waren zur Lüftung mit großen Drahtgaze-Fenstern versehen worden.

Ein Großteil der an den Wicklerlarven parasitierenden Tachinenlarven kriecht bereits während des Verlaufs der Sammelaktion oder während des Transportes aus. Auf der Suche nach einem geeigneten Verpuppungsplatz fallen die Parasitenlarven durch die lose geschichteten Kiefertriebe und den Maschendraht auf den Sand, wo sie sich verpuppen.

Zur weiteren Zucht von Parasiten hielten wir die Triebe in großen Freilandkäfigen, wo sie auf Drahtrosten mit untergestellten flachen Sandkästen gelagert wurden. Aus-

fliegende Parasiten wurden von den weißen Stoffgazewänden der Käfige abgenommen, die Tachinenpuppen aus dem feinen, trockenen Sand ausgesiebt.

Zuchtergebnisse aus den einzelnen Sammelgebieten

Zur Parasitenzucht wurden nur befallene und geschädigte Kiefertriebe mit Altlarven und einzelnen Puppen von *Rhyacionia buoliana* gesammelt. Die Schlüpfquote lag deshalb höher als in den Zuchten, über die früher berichtet wurde (2). Sicherlich trug dazu auch die Verwendung der oben genannten Transportkisten bei.

Es zeigte sich, daß fast alle geschnittenen, geschädigten Kiefertriebe durch *Rhyacionia buoliana* befallen waren. Lediglich an *Pinus contorta* bei Tinnen ging ein Teil der Schäden auf das Konto von *Ernobius* spp. (Col. Anobiidae). Hierüber wurde ausführlich an anderer Stelle berichtet (5).

Exoteleia dodecella L. (Lep. Gelechiidae) trat etwas häufiger im Rheintal auf, *Petrova resinella* L. und *P. turionana* Hb. (Lep. Olethreutidae) waren mehr im Norden vertreten. Alle drei Arten waren aber an allen Beobachtungsplätzen im Vergleich zu *Rh. buoliana* als Schädling ohne Bedeutung.

Klausheide, F. A. Lingen/Ems

Hier sammelten wir kleinere Mengen von *Pinus silvestris*-Trieben, die dem äußeren Anschein nach durch *Rhyacionia buoliana* befallen waren, dabei arbeiteten wir nur in Jungkulturen von 0,5 bis 1,0 m Höhe. In Tabelle 1 werden die Ergebnisse der Zuchten von 1959 bis 1961 dargestellt.

Wichtigste Parasiten waren *Pristomerus vulnerator*, *Temelucha interruptor* und *Orgilus obscurator* sowie in einem Falle *Lypsa dubia*.

Ein Parasitierungsgrad von 50% wurde nicht überschritten. Dies scheint teilweise auf die späte Sammelzeit (*Campoplex* spp. fliegen teilweise sehr früh aus) oder auf Mortalitätsverluste bei der Zucht zurückzuführen sein. So sammelten wir am 10. 3. 1960 Kiefertriebe, die dem äußeren Anschein nach durch den Triebwickler befallen waren. An 50 Trieben fanden wir 45 junge *buoliana*-Larven. Von ihnen waren 24 (= 53%) mit Parasitenlarven (Ichneumoniden und *Orgilus obscurator*) besetzt. Zahlreiche Larven werden aber erfahrungsgemäß erst später beim Übertritt von den Überwinterungsknospen und an den austreibenden Maitrieben befallen (durch Tachinen, *Campoplex* und Pimplinae). Die Gesamtparasitierung mußte also in diesem Jahre höher gewesen sein (vergl. Tab. 1).

Die Wicklergradation hatte 1960 mit einem Befall von fast 60% aller Terminalbetriebe ihren Höhepunkt erreicht. Bis 1963 war der Befall auf etwa 5% gesunken. Neben an-

Untersuchungen über die Leistung von Fichte und Buche im Rein- und Mischbestand

Teil II

Von R. KENNEL, München

(Aus dem Institut für Ertragskunde der Bayerischen Forstlichen Forschungsanstalt in München)

5. Der Bestandeszuwachs

5.1 Die Methode der Zuwachsberechnung

Der Volumenzuwachs wurde für jeden Baum getrennt berechnet. In Denklingen mußte der Grundflächenzuwachs anhand von Bohrspänen ermittelt werden. Da der Zuwachs für jeden Baum möglichst genau erfaßt werden sollte, bohrten wir die herrschenden Bäume (42% der Gesamtstammzahl) je 4mal unter einem Winkel von 90 bzw. 180° an, den übrigen Stämmen wurden je 2 Bohrspäne nach dem Vorschlag Nr. 2 von SIOSTRZONEK (1958, S. 248) entnommen. Der arithmetisch gemittelte Zuwachs der letzten 10 Jahre wurde vom Durchmesser mit Rinde abgezogen und so der Ausgangsdurchmesser mit Rinde vor 10 Jahren bestimmt. Der Rindenzuwachs ist bei dieser Art der Berechnung etwa zu 60% erfaßt (ZÖTTL und KENNEL 1963, S. 86). Auf den Dauerversuchsflächen in Zwiesel und Wieda konnte der 5- bzw. 6jährige Grundflächenzuwachs aus Klupungen hergeleitet werden. Für die stammweise Volumeberechnung wurden die aus den Bayerischen Massentafeln hergeleiteten Schaftholzformzahlen für die Fichte (GANGHOFER, 1939) und die aus den Massentafeln von GRUNDNERSCHWAPPACH (1952) berechneten Baumholzformzahlen für die Buche verwendet. Die Höhe und die Höhe des Kronenansatzes wurde an allen Bäumen gemessen.

Für die Zuwachsberechnung nach der Assmann'schen Formel (ASSMANN, 1950, S. 269)

$$z_v = z_g \cdot h f_2 + z_{hf} \cdot g_1$$

mußte der Höhenzuwachs für jeden Baum bestimmt werden. In Zwiesel und Wieda standen genügend Höhenmessungen an identischen Bäumen zu Beginn und am Ende der Zuwachsperiode zur Verfügung, um die Abhängigkeit des

Höhenzuwachses von der Höhe regressionsanalytisch zu bestimmen. Die besten Ergebnisse lieferte der lineare Ausgleich der Logarithmen von Höhe und Höhenzuwachs. Die Ausgleichsline entspricht im numerischen Netz einer Parabel n-ten Grades, deren Scheitel im Ursprung liegt, wobei n sich aus der Rechnung ergibt. Als Beispiel ist in Abbildung 18 der Höhenzuwachs der Fichtenprobestämme in Zwiesel dargestellt.

Für den Höhenzuwachs aus Stehendmessungen wurde die gleiche logarithmische Funktion verwendet. Die Streuung der Zuwachswerte ist in diesem Fall aber größer, so daß sich kleinere Bestimmtheitsmaße errechnen als bei den genau ermittelten Höhenzuwachsen der Probestämme. Außerdem können infolge von Meßfehlern auch negative Zuwächse vorkommen. Da Werte unter Null nicht logarithmisch verrechnet werden können, müssen sie durch einen möglichst kleinen, aber positiven Wert ersetzt werden.

Die Entwicklung der Formzahlen der Probestämme (Abb. 11 und 12) zeigt, daß etwa ab dem Alter 30 für kurze Zuwachsperioden die Formzahländerung vernachlässigt werden kann. Es wurde deshalb bei der Zuwachsberechnung für den Periodenbeginn die gleiche Formzahl unterstellt, wie sie sich für das Ende der Periode ergibt. Das heißt, daß in die Assmann'sche Formel als Formhöhenzuwachs der durch Multiplikation mit der Formzahl reduzierte Höhenzuwachs eingesetzt wird.

5.2 Der Vergleich Reinbestand - Mischbestand

Die Addition der einzelstammweise berechneten Volumina und Zuwächse ergab die in den Tabellen 2 und 3 aufgeführten Bestandeswerte. Die Fichte ist in allen Fällen der Buche im Höhenwuchs überlegen.

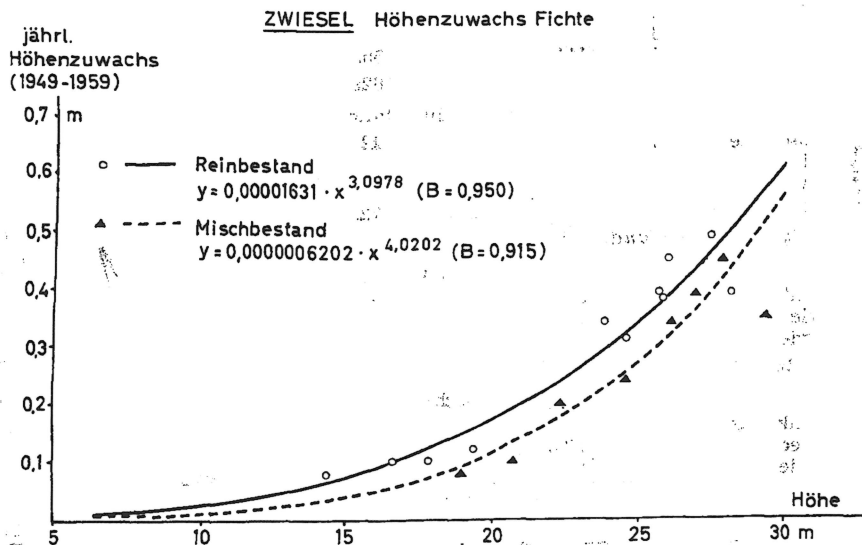


Abb. 18

Der Höhenzuwachs von Probestämmen als Funktion der Baumhöhe. Der Zusammenhang ist nicht linear, sondern entspricht etwa einer Parabel 3. bis 4. Grades.

5.21 Die Oberhöhe

Die Oberhöhe der Fichte (100 stärkste pro ha, für die Buche im Mischbestand auf die reine Buchenanteilfläche bezogen) liegt im Mischbestand

in	
Denklingen	2,2 m
Wieda	4,4 m
Zwiesel	5,0 m

über der Oberhöhe der Buche, obwohl die Buche in Wieda und Zwiesel einen Altersvorsprung von etwa 15–20 Jahren hat.

Diese Beobachtung deckt sich für Zwiesel sehr gut mit den Ergebnissen einer Untersuchung PRIEHÄUSSERS (1952) über die Vorwüchsigkeit von Fichte und Buche im Bayerischen Wald an einem typischen Westhang 6 km westlich unserer Versuchsflächen. Der von PRIEHÄUSSER beschriebene

Tabelle 2
Bestandeskennwerte
(im Mischbestand: Pro Hektar der gesamten Mischbestandsfläche)

Forstamt	Baumart	Reinbestand (pro ha)							Mischbestand (pro ha Mischbestandsfläche)						
		Alter	N	d ₀ cm	h ₀ m	Kronenschirmfläche m ²	G m ²	V Schaft- bzw. Baumholz Vfm	Alter	N	d ₀ cm	h ₀ m	Kronenschirmfläche m ²	G m ²	V Schaft- bzw. Baumholz Vfm
Denklingen	Fi	71	1175	39,9	29,8	9221	67,8	899	76	525	39,2	28,8	4640	36,5	465
	Bu	83	660	36,2	26,9	9814	35,2	509							
Wieda	Fi	56	942	30,4	25,4	8823	38,5	436	56	410	36,4	25,0	4668	23,9	263
	Bu	74	1159	27,0	20,7	8897	28,5	311							
Zwiesel	Fi	55	759	36,7	29,2	9018	44,3	553	64	224	37,9	29,3	3033	18,6	237
	Bu	83	1148	30,9	24,0	9203	27,7	347							
									860				9214	48,5	634
									1170				9119	35,1	382
									868				9372	34,9	446

Bem.: Oberdurchmesser d₀ und Oberhöhe h₀ der 100 stärksten Bäume pro Hektar, für die Fichte im Mischbestand auf die gesamte Mischbestandsfläche, für die Buche im Mischbestand auf die Buchen-Anteilfläche bezogen.

Tabelle 3
Vorrat und laufender Zuwachs an Volumen und Trockensubstanz
(im Mischbestand: Pro Hektar Anteilfläche der Baumart)

Forstamt	Alter	Grundfläche m ²	mittl. Raumdichte kg/fm	Vorrat		lfd. jährl. Zuwachs	
				Volumen Schaft- bzw. Baumholz Vfm	äquivalente Trockensubstanz t	Volumen Schaft- bzw. Baumholz Vfm	äquivalente Trockensubstanz t
Fichte (Reinbestand, pro ha)							
Denklingen	71	67,83	392	898,7	352	19,64	7,70
Wieda	56	38,51	390	436,1	170	16,44	6,41
Zwiesel	55	44,33	348	553,2	192	23,45	8,16
Mittel:	61	50,22	383	629,3	238	19,84	7,42
Fichte (Mischbestand, pro ha Fi-Anteilfläche)							
Denklingen	76	72,57	385	923,5	355	22,36	8,61
Wieda	56	46,74	390	513,3	200	18,90	7,37
Zwiesel	64	57,40	375	731,9	275	26,94	10,10
Mittel:	65	58,90	387	722,9	277	22,73	8,69
in % des Reinbestand.	117			115	116	115	117
Buche (Reinbestand, pro ha)							
Denklingen	83	35,23	570	509,4	290	11,36	6,74
Wieda	74	28,51	560	310,7	174	10,66	5,97
Zwiesel	83	27,68	566	346,5	196	10,26	5,81
Mittel:	80	30,47	573	388,9	220	10,92	6,17
Buche (Mischbestand, pro ha Bu-Anteilfläche)							
Denklingen	76	24,27	578	340,0	197	10,42	6,02
Wieda	74	23,04	560	243,2	136	8,56	4,79
Zwiesel	83	24,15	566	308,4	174	9,62	5,44
Mittel:	78	23,79	578	297,2	169	9,53	5,42
in % des Reinbestand.	78			76	77	87	88

Bem.: Für Denklingen und Zwiesel wurde die mittlere Raumdichte aus der Durchmesser-Raumdichtebeziehung hergeleitet (s. Abb. 16). Für Wieda wurden die TRENDLEBURG'schen Raumdichtewerte eingesetzt (s. ASSMANN 1961, S. 79).

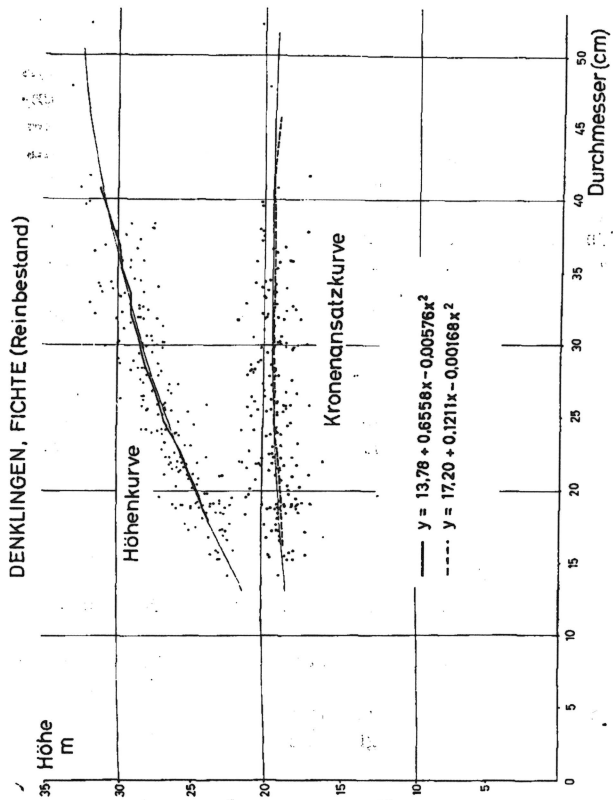


Abb. 19

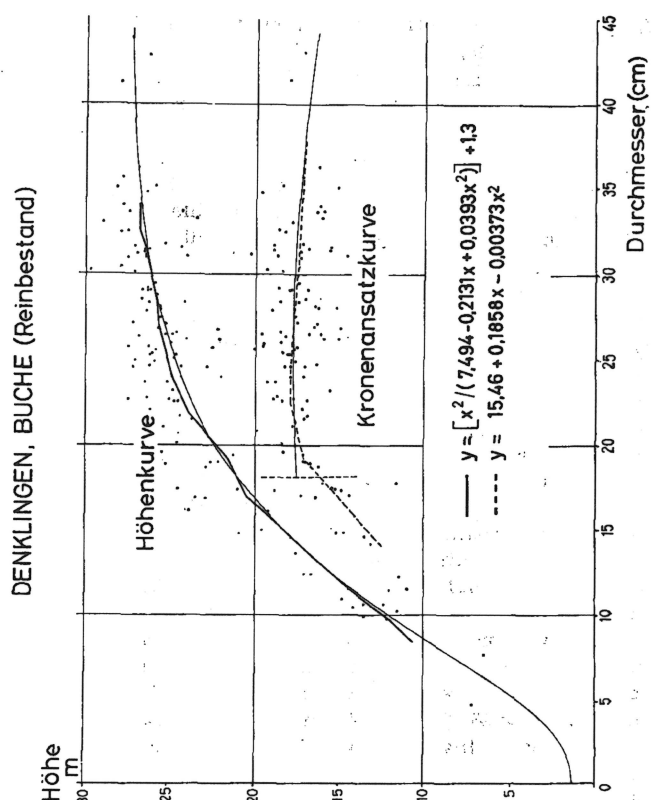


Abb. 20

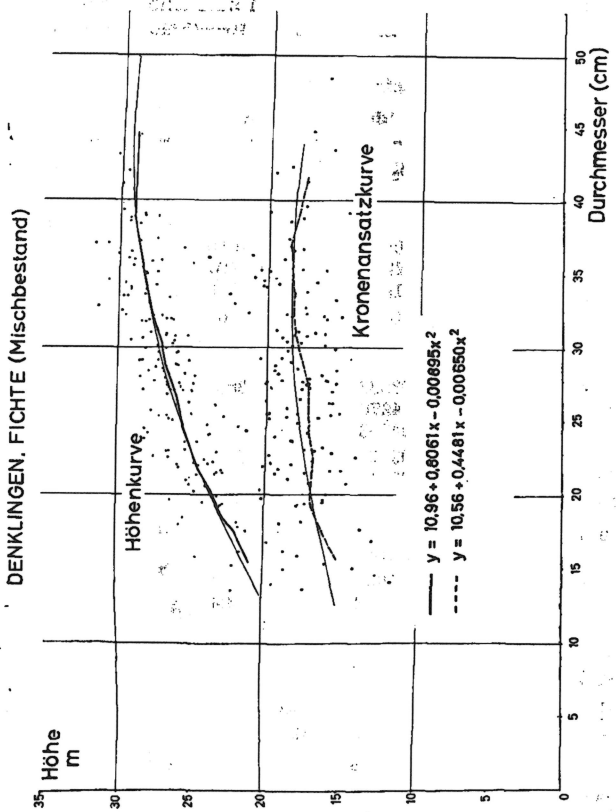


Abb. 21

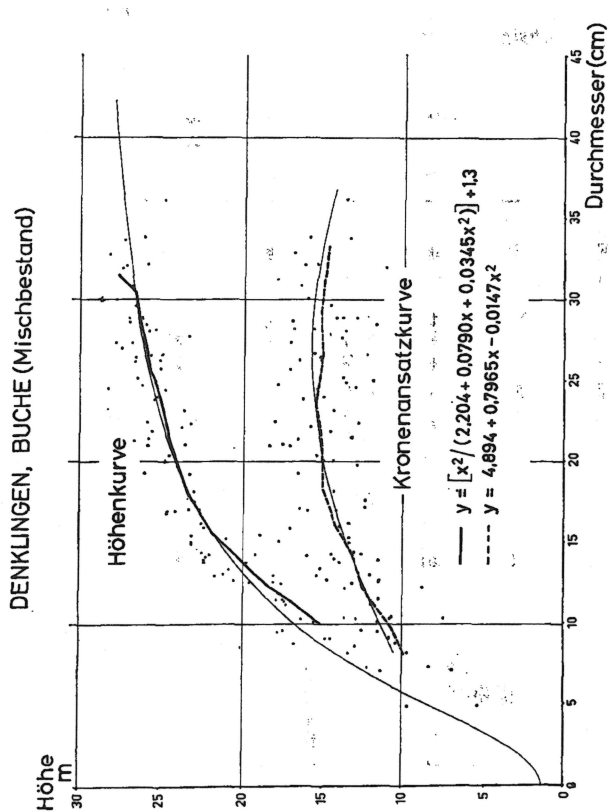


Abb. 22

Abb. 19—22 Höhenkurven und Kronenansatzkurven über dem Brusthöhendurchmesser. Die Fichtenhöhenkurven und alle Kronenansatzkurvensind als Parabeln 2. Grades, die Buchenhöhenkurven nach der hyperbelartigen PRODAN-Funktion berechnet.

Geländeknick, der die Grenze zwischen der Zone mit Frost-erdeabfluß und dem Bereich der Fließerdedecke über Firneisgrundschutt bildet, ist deutlich ausgeprägt, er liegt bei etwa 790 m Höhe. Auch die Neigung der Versuchsflächen, die zwischen 740 und 770 m Höhe liegen, entspricht mit 9° genau den Angaben PRIEHÄUSSERS (1952). Unsere Flächen liegen somit im Teil II a des Profils nach PRIEHÄUSSER (1952), etwa 20 bis 40 Höhenmeter über der Talsohle des kleinen Deffernikbaches. Nach PRIEHÄUSSER findet die Fichte hier ihre optimalen Lebensbedingungen mit Höhenzuwachsen von etwa einem Meter in der Jugend. „Die Jungbuchen können hier mit der Fichte nicht konkurrieren und werden von ihr regelmäßig schon frühzeitig überwachsen und unterdrückt. In Teil II b gegen die Gefällsbruchlinie zu... fängt die Buche an, die Fichte zu überwachsen...“ (PRIEHÄUSSER, 1952, S. 177). BAUMGARTNER (1961, S. 113) veröffentlichte eine Karte der Verteilung der mittleren Lufttemperatur in der Vegetationszeit Mai bis Oktober 1955 am Großen Falkenstein. Diese Karte umfaßt auch das Gebiet unserer Versuchsflächen etwa 200 m nördlich von Scheuer-eck. Sie kann nach BAUMGARTNER als langjährige Mittelwertkarte aufgefaßt werden, wenn die angegebenen Temperaturen um 1° erhöht werden. Danach liegt eine ausgeprägte Inversionszone oberhalb der Versuchsflächen zwischen 790 und 850 m Höhe mit langjährigen Temperaturmittelwerten während der Vegetationszeit Mai bis Oktober von 12 bis 13° C. Die Flächen liegen also noch nicht in der eigentlichen Inversionszone, die in Verbindung mit den für die Buche günstigen Bodenverhältnissen des steileren Frosterdeabflußhanges oberhalb des Gefällsknickes die Lebensbedingungen der Buche gegenüber denen der Fichte entscheidend verbessert. Erst hier, in Teil III des Profils von PRIEHÄUSSER (1952) wäre „die Buche... vor der Fichte vorwüchsig“.

5.22 Der Kronenansatz

Die Höhen der Kronenansätze wurden ebenso wie die Höhen an allen Bäumen der Versuchsflächen gemessen. Als Beispiel sind in den Abbildungen 19 bis 22 die Höhen- und Kronenansatzkurven der Probestellen in Denklingen dargestellt. Die dicken Linien verbinden die als gleitende Mittel berechneten Kurvenpunkte, die dünn ausgezogenen Linien sind Ausgleichsfunktionen, deren Regressionskoeffizienten und Streuungen in Tabelle 4 enthalten sind. Vergleichsrechnungen ergaben, daß die Höhenkurven der Fichten, sowie alle Kronenansatzkurven durch Parabeln 2. Grades sehr gut ausgeglichen werden, wobei für die Kronenansatzkurven der Unterstand unberücksichtigt blieb:

$$h = B_0 + B_1 \cdot d + B_2 \cdot d^2$$

Für die Höhenkurven der Buchen eignet sich besser die von PRODAN (1951, S. 102) vorgeschlagene hyperbelartige Funktion:

$$h = (d^2 / [B_0 + B_1 \cdot d + B_2 \cdot d^2]) + 1,3$$

die in der Form

$$d^2/(h-1,3) = B_0 + B_1 \cdot d + B_2 \cdot d^2$$

als Mehrfachregression leicht berechnet werden kann. Da die unabhängige Variable d auch in der abhängigen Variablen enthalten ist, kann die mittlere Streuung der Höhenwerte um die Ausgleichsline nicht unmittelbar aus der Regressionsrechnung hergeleitet werden. Die Streuung mußte vielmehr nachträglich aus den Abweichungen der einzelnen Höhenwerte von der Ausgleichsfunktion berechnet werden. Die bedingte Streuung der Höhenwerte beträgt für die Fichte 4,8 bis 6,3 Prozent, für die Buche 6,6 bis 10,0 Prozent (s. Tabelle 4).

Für die Fichte zeigt sich (vor allem im Reinbestand), daß die Kronenansätze unabhängig vom Brusthöhendurchmes-

Tabelle 4
Regressionskoeffizienten der Höhen- und Kronenansatzkurven über dem Durchmesser

			N	B ₀	B ₁	B ₂	Bestimmtheits- maß	Streuung ± %
Höhenkurven								
Fichte	Reinbestand	Denklingen	187	13,7793	0,6558	-0,00576	0,7610	4,82
		Wieda	97	2,6784	1,7782	-0,02845	0,7901	6,28
		Zwiesel	190	0,7513	1,5259	-0,01972	0,8899	5,50
	Mischbestand	Denklingen	149	10,9591	0,8061	-0,00895	0,7001	5,02
		Wieda	67	5,1758	0,9852	-0,01224	0,6957	5,54
		Zwiesel	64	0,2807	1,4365	-0,01753	0,7285	5,38
Buche	Reinbestand	Denklingen	142	7,4936	-0,2131	0,03933	(0,8865)	9,79
		Wieda	77	3,5942	0,0972	0,04270	(0,9216)	9,25
		Zwiesel	251	4,9073	-0,1131	0,04253	(0,9457)	8,97
	Mischbestand	Denklingen	96	2,2043	0,0790	0,03454	(0,8418)	6,56
		Wieda	121	0,006310	0,4334	0,03248	(0,7865)	10,03
		Zwiesel	185	4,9073	-0,1131	0,04253	(0,9393)	9,85
Kronenansatzkurven								
Fichte	Reinbestand	Denklingen	187	17,1970	0,1211	-0,00168	0,0376	5,54
		Wieda	97	3,2372	0,8098	-0,01654	0,1825	10,53
		Zwiesel	190	9,5668	0,2258	-0,00353	0,0847	9,88
	Mischbestand	Denklingen	149	10,5623	0,4481	-0,00650	0,0887	10,96
		Wieda	67	10,3422	0,1982	-0,00330	0,0154	10,50
		Zwiesel	64	8,3406	0,2520	-0,00375	0,0177	12,85
Buche	Reinbestand	Denklingen	88	15,4619	0,1858	-0,00373	0,0310	7,29
		Wieda	66	2,9126	1,2041	-0,02815	0,6530	21,92
		Zwiesel	132	4,9425	0,6174	-0,01257	0,1200	12,53
	Mischbestand	Denklingen	96	4,8938	0,7965	-0,01473	0,4518	13,92
		Wieda	63	8,2102	0,0133	-	0,0017	19,46
		Zwiesel	96	9,9512	0,2712	-0,00762	0,1283	13,61

Bem.: Die Ausgleichsfunktionen sind Parabeln 2. Grades mit Ausnahme der Buchen-Höhenkurven. Diese wurden nach PRODAN berechnet (s. Text). Die Bestimmtheitsmaße für die Buchen-Höhenkurven sind Vergleichsberechnungen entnommen, bei denen Parabeln 2. Grades als Ausgleichsfunktion dienen.

ser der Bäume in einer bestimmten Höhe liegen. Das heißt, die Kronenlänge wird vor allem von der Baumhöhe bestimmt. Bei der Buche ist die Tendenz zu tieferem Kronenansatz bei starken Bäumen aus dem Verlauf der Kronenansatzkurven zu erkennen (s. a. BURGER 1941). Bei der Fichte liegen die Kronenansätze im Mischbestand im Mittel 0,9 m (0 bis 1,8 m), bei der Buche im Mittel 1,4 m (0,5 bis 2,4 m) tiefer als im Reinbestand. Das ist gleichbedeutend mit einem geringeren Anteil astfreien Schaftholzes im Mischbestand. Zu diesem Ergebnis kam auch BURGER (1941).

5.23 Umrechnungsfaktoren für Mischanteile

Wie schon in der Einführung erwähnt, ist eine einwandfreie Bestimmung der Mischanteile nur über die Kronenschirmflächen möglich. ASSMANN (1961, S. 352) nennt als Näherungswert für die Umrechnung von Grundflächenanteilen in Mischanteile das Verhältnis der Raumdichte von Fichte zu Buche ($390 : 560 = 1 : 1,44 = 0,70 : 1$). Das heißt, man reduziert den Grundflächenanteil der Fichte mit 0,70 (oder erhöht den Grundflächenanteil der Buche auf das 1,44fache), um so zu ungefähr standraumgerechten Mischanteilen zu gelangen. In der Tabelle 5 sind die Umrechnungsfaktoren für unsere drei Mischbestände berechnet. Sie stimmen sehr gut mit den nach ASSMANN über die Raumdichte berechneten Faktoren überein.

5.24 Das Leistungsverhältnis nach Volumen und Trockenstoff

In Tabelle 3 ist in der vorletzten Spalte der laufende Zuwachs von Fichten und Buchen in den Reinbeständen mit dem Zuwachs der gleichen Baumarten im Mischbestand, bezogen auf die Anteilfläche der Baumart, gegenübergestellt. In allen Fällen leistet die Fichte im Mischbestand mehr als im Reinbestand, die Buche aber weniger. Das läßt sich zwanglos erklären aus der Überlegenheit der Fichte im Höhenwuchs und der damit erzielten besseren sozialen Stellung im Mischbestand. Die Verteilung der Bäume auf die sozialen Klassen ist im Reinbestand anders als im Mischbestand, wie später gezeigt wird (Abb. 25 bis 30). Mit einem Vorrat an Grundfläche und Volumen, der ca. 16% größer ist als im Reinbestand, leistet die Fichte im Mischbestand auch etwa 16% mehr an laufendem Zuwachs, bezogen auf die reine Fichtenanteilfläche. Die Buche dagegen hat nur etwa 77% der Grundfläche und des Volumens des vergleichbaren Reinbestandes und leistet damit ca. 87% des laufenden Zuwachses der reinen Buche. Das bedeutet, daß das Leistungsverhältnis der beiden Baumarten auf dem gleichen Standort in Reinbeständen enger ist als im Mischbestand (s. Tabelle 6).

ASSMANN (1961, S. 351) nennt als Rahmenwert für das Leistungsverhältnis Fichte : Buche, gemessen an der Gesamtproduktion bis zum Alter 100

für das Volumen 1,6 bis 3,0 : 1

für den Trockenstoff 1,1 bis 2,0 : 1

und betont, daß das Leistungsverhältnis vom Standort abhängig ist: „Je größer der Kalkreichtum des Bodens, desto günstiger fallen die Relationen zugunsten der Buche aus, je größer die Bodensäure, desto stärker die Überlegenheit der Fichte.“

Denklingen und vor allem Wieda liegen dementsprechend mit ihren basen- bzw. kalkreichen Böden an der unteren Grenze dieses Rahmens, während Zwiesel mit seinen mehr zum sauren Bereich tendierenden Urgesteinsböden etwa in der Mitte liegt.

Tabelle 5
Umrechnungsfaktoren für Mischanteile

Forstamt	Baumart	Mischanteile			Umrechnungsfaktor Grundfläche—Kronenschirmfläche	
		Kronenschirmfläche %	Grundfläche %	Volumen %	Fi	Bu
Denklingen	Fi	50	75	73	0,67	2,00
	Bu	50	25	27		
Wieda	Fi	51	68	69	0,75	1,53
	Bu	49	32	31		
Zwiesel	Fi	32	53	53	0,60	1,45
	Bu	68	47	47		
Mittel:					0,67	1,66

5.25 Die Leistung nach Höhengschichten

Wie im vorhergehenden Abschnitt gezeigt wurde, leistet die Fichte auf unseren Flächen im Mischbestand mehr als auf einer gleichgroßen Reinbestandsfläche, die Buche weniger. Als Erklärung wurde die Überlegenheit der Fichte über die Buche im Höhenwuchs und damit zusammenhängend die bessere Stellung zum Licht angeführt. Wieweit wirklich nur die Veränderung der durchschnittlichen sozialen Stellung den Mehr- oder Minderzuwachs bewirkt hat, läßt sich abschätzen, wenn die Leistung von vergleichbaren, relativen Höhengschichten berechnet wird, wobei als Bezugsgröße das arithmetische Höhenmittel der 100 höchsten Bäume pro Hektar dient. Innerhalb der Höhengschichten kann der Zuwachs auf die Schirmfläche der Bäume bezogen werden, da innerhalb einer Schicht die Schirmfläche etwa proportional der Standfläche ist (ASSMANN 1954, S. 149). Unterstellt wird bei diesem Vergleich, daß der Lichtgenuß der Kronen in vergleichbaren, an der Oberhöhe gemessenen Schichten im Reinbestand und im Mischbestand gleich ist, was jedoch nicht unbedingt der Fall sein muß. Das gilt vor allem für die Buchen in tieferen Schichten, die im Mischbestand überwiegend durch höhere Fichten, im Buchenreinbestand aber durch vorherrschende Buchen bedrängt werden. Aus diesem Grund wird im nächsten Abschnitt ein weiterer Vergleich auf der Grundlage einer Mehrfachregression vorgenommen, wobei versucht wird, die soziale Stellung und damit den Lichtgenuß besser zu erfassen.

Nach dem Vorschlag von ASSMANN (1954, S. 151) wurden relative Höhengschichten ungleicher Mächtigkeit gewählt, die Grenzen jedoch bei 95, 90, 80 und 50% der Oberhöhe (100 Höchste pro ha) gezogen (vgl. auch ASSMANN 1964). Bei der Buche im Mischbestand wurde diese Einteilung zunächst ausgehend von der Oberhöhe der Buchen selbst vorgenommen, für den Vergleich mit dem Reinbestand aber nachträglich in Prozentwerte von der Höhe der 100 höchsten Bäume pro Hektar der Gesamtmischwuchsfläche umgerechnet. In allen drei Mischbeständen waren die 100

Tabelle 6
Das Leistungsverhältnis Fichte : Buche
(berechnet aus dem laufenden Zuwachs)

Forstamt	in Reinbeständen nach		im Mischbestand nach	
	Volumen	Trockenstoff	Volumen	Trockenstoff
Denklingen	1,74 : 1	1,14 : 1	2,15 : 1	1,43 : 1
Wieda	1,54 : 1	1,08 : 1	2,21 : 1	1,50 : 1
Zwiesel	2,29 : 1	1,40 : 1	2,80 : 1	1,86 : 1
Mittel:	1,86 : 1	1,21 : 1	2,39 : 1	1,60 : 1

Tabelle 7
Die Leistung nach Höhengschichten im Reinbestand
(Werte pro Hektar)

Forst- amt	Oberhöhe (100 Höchste pro ha) h_o m	Höhen- schichten in % der Oberhöhe	arithmet. Höhenmittel		Stammzahl		Kronen- schirmfläche		jährlicher Volumenzuwachs*)	
			m	in % von h_o	%	m ²	%	fm S, B	%	
Fichte										
DE	31,44	üb. 95	31,1	98,8	138	11,7	2065	22,1	5,688	29,0
		90—95	28,9	92,1	195	16,6	2157	23,1	4,937	25,1
		80—90	26,9	85,5	522	44,4	3900	41,8	7,366	37,5
		50—80	23,5	74,8	320	27,3	1219	13,0	1,647	8,4
						1175	100,0	9342	100,0	19,638
WI	25,95	üb. 95	25,6	98,8	141	15,1	1930	21,9	4,735	29,0
		90—95	23,9	92,3	227	23,3	2572	29,1	5,354	32,1
		80—90	22,3	86,1	348	37,3	2981	33,8	5,162	31,6
		50—80	17,9	69,1	226	24,3	1347	15,2	1,186	7,3
						942	100,0	8830	100,0	16,437
ZW	29,43	üb. 95	29,1	98,8	141	18,6	2617	27,3	8,478	36,2
		90—95	27,1	92,2	180	23,7	2728	28,4	7,973	34,0
		80—90	24,9	84,7	246	32,4	2982	31,1	6,058	25,8
		50—80	18,9	64,3	192	25,3	1272	13,2	0,940	4,0
						759	100,0	9599	100,0	23,449
Buche										
DE	27,64	üb. 95	27,1	98,0	192	29,1	4759	42,0	5,570	49,0
		90—95	25,6	92,6	186	28,2	3295	29,1	3,424	30,1
		80—90	23,8	86,1	150	22,7	2429	21,5	2,029	17,9
		50—80	18,6	67,3	96	14,5	648	5,7	0,003	2,7
		0—50	12,4	44,9	36	5,5	193	1,7	0,034	0,3
				660	100,0	11324	100,0	11,360	100,0	
WI	21,69	üb. 95	21,5	98,9	140	12,1	2281	22,4	3,746	35,1
		90—95	20,1	92,7	140	12,1	2088	20,5	2,793	26,2
		80—90	18,5	85,4	251	21,6	3163	31,0	2,995	28,1
		50—80	15,0	69,3	321	27,7	1890	18,5	1,061	10,0
		0—50	8,7	40,0	307	26,5	774	7,6	0,068	0,6
				1159	100,0	10196	100,0	10,663	100,0	
ZW	24,59	üb. 95	24,3	98,8	175	15,2	3721	22,3	5,291	51,5
		90—95	22,7	92,3	159	13,9	2635	22,9	2,773	27,1
		80—90	21,0	85,4	188	16,4	2168	18,8	1,831	17,8
		50—80	16,4	66,6	192	16,7	1297	11,3	0,275	2,7
		0—50	8,6	35,1	434	37,8	1702	14,7	0,094	0,9
				1148	100,0	11523	100,0	10,264	100,0	

*) Fichte: Schaffholz, Buche: Baumholz.

Höchsten pro ha ausschließlich Fichten. MAGN (1959, S. 36) setzt in natürlichen, plenterwaldartig aufgebauten Mischbeständen die arithmetische mittlere Höhe der 100 höchsten Bäume je ha = 90% und trennt die Oberschicht von der Mittelschicht bei 80%, die Mittelschicht von der Unterschicht bei 50%. Setzt man die Oberhöhe = 100%, dann liegen die Trennungslinien der Schichten von MAGN bei 72 und 45% der Oberhöhe.

In Tabelle 7 sind die Stammzahlen, die Schirmflächen und der laufend jährliche Volumenzuwachs der fünf Höhengschichten für die Reinbestände, in Tabelle 8 für die Mischbestände aufgeführt. Fichten mit einer Höhe unter 50% der Oberhöhe des betreffenden Bestandes waren nicht vorhanden, deshalb fehlen hier Angaben für die unterste Schicht. Die Verteilung der Zuwachsleistung auf die Schichten ist für die Buche und Fichte verschieden. Für unsere sechs Reinbestände lassen sich aus Tabelle 7 folgende Anteile in Prozent für die drei obersten Schichten errechnen (s. Tabelle 9).

Bei der Fichte und bei der Buche leisten die Bäume der oberen Schichten (über 80% der Oberhöhe) 93 bzw. 94% des Zuwachses. Während sich dieser Zuwachs bei der Fichte

mit je etwa 31% gleichmäßig auf die drei obersten Schichten verteilt, ist bei der Buche fast die Hälfte des gesamten Zuwachses (45%) auf die oberste Schicht (über 95% der Oberhöhe) konzentriert. Der Schirmflächenanteil der Schichten nimmt bei der Fichte nach unten zu, bei der Buche aber ab. Die Konzentration zuwachskräftiger Bäume in der obersten Schicht des Buchenreinbestandes hängt mit der besonders gut ausgeprägten Fähigkeit der Buche zusammen, den Höhenzuwachs auf Kosten des Durchmesserzuwachses zu steigern, wenn ein Absinken im sozialen Gefüge droht. Schon früher wurde der auffallend große Höhenzuwachs der niederen Baumklassen erwähnt (s. Abb. 13 rechts). Auch die Neigung der Buche zu heliotropischem Wachstum wird dabei eine Rolle spielen.

Für den Vergleich Reinbestand — Mischbestand wurde der jährliche Volumenzuwachs der einzelnen Höhengschichten auf die zugehörigen Kronenschirmflächen bezogen und über dem arithmetischen Höhenmittel der Schicht, ausgedrückt in Prozent der Oberhöhe, aufgetragen (Abb. 23). Für die Fichte ist in Denklingen und Wieda nun keine Überlegenheit des Mischbestandes mehr festzustellen, von geringen Abweichungen abgesehen leisten Fichten aus der

Tabelle 8
Die Leistung nach Höhengschichten im Mischbestand
(Werte pro ha Mischanteilfläche)

Forst- amt	Oberhöhe (100 Höchste pro ha) h _o	Höhen- schichten in % der Oberhöhe	arithmet. Höhenmittel		Stammzahl	Kronen- schirmfläche		jährlicher Volumenzuwachs*)		
			in % von h _o	%		m ²	%	fm S, B	%	
Fichte										
DE	29,37	üb. 95	28,9	98,4	322	30,9	4149	44,7	11,702	52,3
		90—95	27,1	92,3	224	21,5	2020	21,7	4,932	22,1
		80—90	25,3	86,1	364	34,9	2536	27,3	5,012	22,4
		50—80	22,1	75,2	133	12,7	588	6,3	0,710	3,2
					1043	100,0	9293	100,0	22,356	100,0
WI	24,87	üb. 95	24,7	99,5	224	28,0	3499	37,5	8,392	44,4
		90—95	23,0	92,4	259	32,3	3167	33,9	6,486	34,3
		80—90	21,2	85,4	200	25,0	1933	20,7	3,114	16,5
		50—80	18,5	74,3	118	14,7	743	7,9	0,907	4,8
					801	100,0	9342	100,0	18,899	100,0
ZW	29,03	üb. 95	29,2	100,6	299	43,3	5437	51,7	16,630	61,7
		90—95	26,8	92,3	165	23,9	2568	24,4	6,350	23,6
		80—90	24,9	85,8	155	22,4	1873	17,8	3,488	12,9
		50—80	21,1	72,7	72	10,4	646	6,1	0,471	1,8
					691	100,0	10524	100,0	26,939	100,0
Buche										
DE	29,37	üb. 88	26,6	90,6	186	27,5	4766	45,4	5,778	55,4
		83—88	25,0	85,1	135	20,0	2592	24,7	2,818	27,0
		74—83	22,9	78,0	156	23,2	1824	17,4	1,312	12,6
		46—74	17,8	60,6	170	25,2	1140	10,9	0,498	4,8
		0—46	11,6	39,5	28	4,1	774	1,6	0,019	0,2
					675	100,0	10496	100,0	10,425	100,0
WI	24,87	üb. 80	20,9	84,0	185	11,9	3703	33,1	4,363	51,0
		76—80	19,2	77,2	74	4,8	1043	9,3	0,902	10,5
		67—76	17,6	70,8	420	27,0	3721	33,3	2,515	29,4
		42—67	14,0	56,3	742	47,6	2447	21,9	0,768	9,0
		0—42	8,2	33,0	136	8,7	273	2,4	0,014	0,1
					1557	100,0	11187	100,0	8,562	199,9
ZW	29,03	üb. 81	24,4	84,0	178	18,7	6215	35,8	5,155	53,7
		76—81	22,8	78,5	133	14,0	3707	21,3	2,736	28,4
		68—76	21,1	72,7	148	15,5	2979	17,2	1,472	15,3
		42—68	15,7	54,1	94	9,9	1127	6,5	0,110	1,1
		0—42	9,1	31,3	400	41,9	3340	19,2	0,149	1,5
					953	100,0	17368	100,0	9,622	100,0

*) Fichte: Schaftholz, Buche: Baumholz.

gleichen sozialen Schicht des Rein- und des Mischbestandes den gleichen flächenbezogenen Zuwachs. Die höhere Gesamtleistung der Fichten im Mischbestand ist nur darauf zurückzuführen, daß die Verteilung der Bäume auf die sozialen Schichten günstiger als im Reinbestand ist, im Mischbestand gehören relativ mehr Fichten den obersten Sozialschichten an als im Fichtenreinbestand. In Zwiesel kehrt sich das Verhältnis sogar um, der Fichten-Reinbestand leistet in vergleichbaren Höhengschichten mehr als die Fichte im Mischbestand. Wie schon bei der Bestandsbeschreibung bemerkt wurde, ist die reine Fichtenfläche wahrscheinlich standörtlich begünstigt, außerdem ist sie um 9 Jahre jünger und auch aus diesem Grund im laufenden Zuwachs etwas überlegen. Auch bei der Raumdicke fiel diese Fläche mit ihrem besonders leichten Holz bei gegebener Jahrringbreite aus dem Rahmen, was als Hinweis auf einen Standortsunterschied gedeutet werden kann.

Bei der Buche zeigt sich in allen Fällen ein etwas höherer Zuwachs der gleichen Höhengschicht im Mischbestand. Das kann jedoch, wie schon erwähnt, auf eine ungenügende Erfassung des tatsächlichen Lichtgenusses der verschiedenen, zum Vergleich herangezogenen Höhengschichten zurückgehen. Im Mischbestand erhalten die höchsten Buchen,

die in der Schicht 80—90% (gemessen an der Oberhöhe der Mischbestandsfichten) zu finden sind, zwischen den Fichtenkronen sicher mehr Licht von oben, als die Buchen, die im Reinbestand in der Schicht 80—90% (der Buchenoberhöhe) zwischen den herrschenden Buchen stehen.

Tabelle 9
Anteil der drei obersten Höhengschichten
(über 80% der Oberhöhe) an der Stammzahl, an der
Schirmfläche und am Zuwachs

	Stamm- zahl %	Kronen- schirmfläche %	Volumen- zuwachs %
Fichte			
über 95% der Oberhöhe	15,1	23,8	31,4
90—95% der Oberhöhe	21,2	26,9	30,4
80—90% der Oberhöhe	38,0	35,6	31,6
über 80% der Oberhöhe	74,3	86,3	93,4
Buche			
über 95% der Oberhöhe	18,8	32,2	45,2
90—95% der Oberhöhe	18,1	24,2	27,8
80—90% der Oberhöhe	20,2	23,8	21,3
über 80% der Oberhöhe	57,1	80,2	94,3

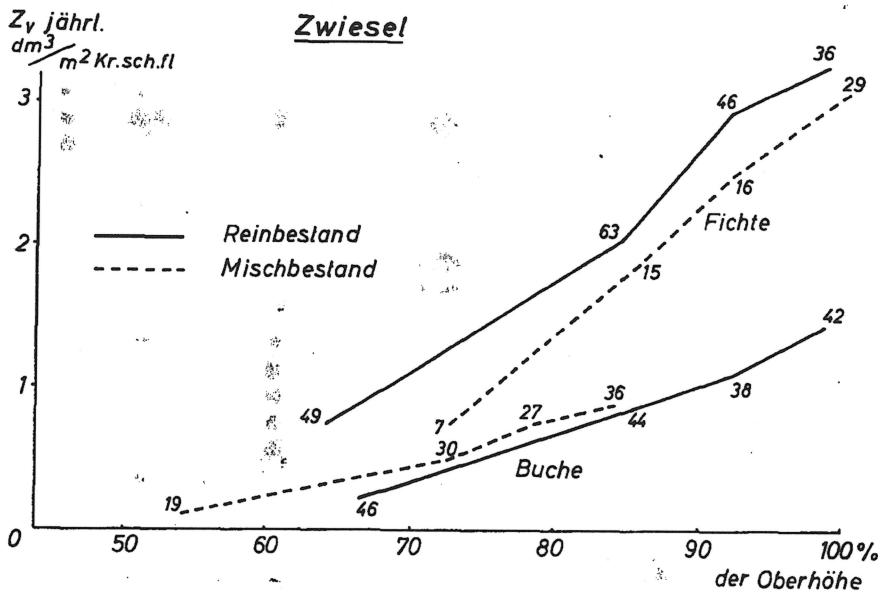
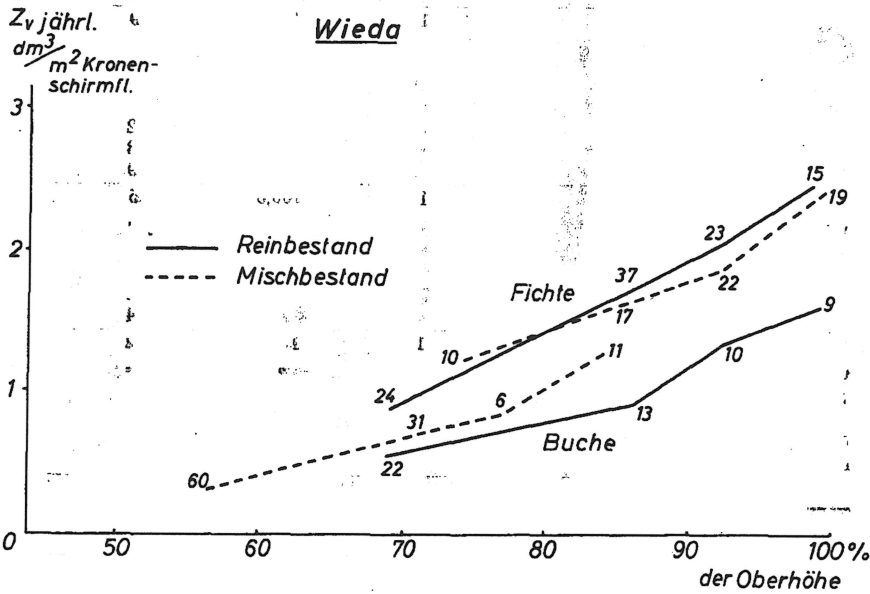
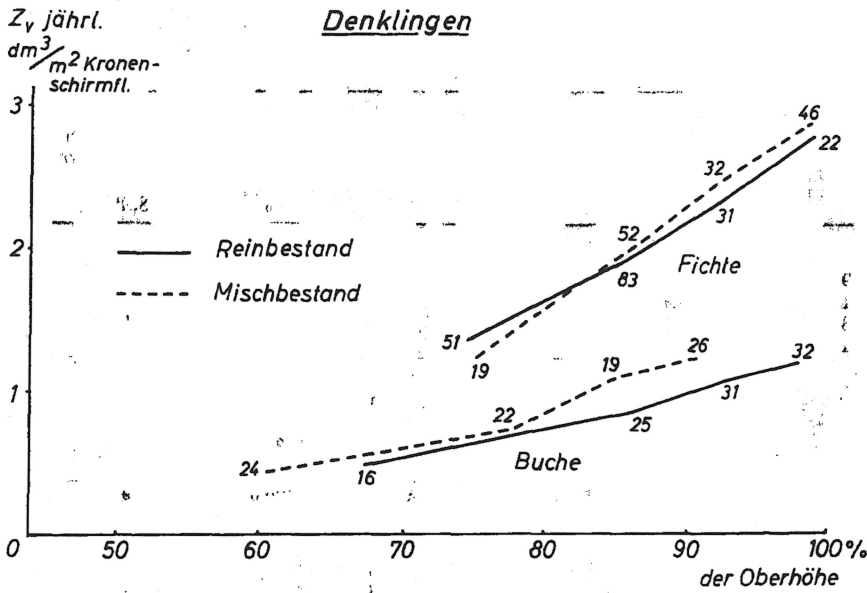


Abb. 23

Die Schirmflächenleistung in vergleichbaren Höhenschichten. Die Ziffern geben die Zahl der zu einer Höhenschicht zusammengefaßten Bäume an. Das arithmetische Höhenmittel aller Bäume einer Höhenschicht wurde in Prozent der Oberhöhe ausgedrückt und als Abszissenwert aufgetragen. Die Ordinatenwerte sind die mittleren jährlichen Volumenzuwächse der Bäume einer Höhenschicht bezogen auf die zugehörige Kronenschirmfläche. In vergleichbaren Höhenschichten ist der flächenbezogene Zuwachs der Fichte im Reinbestand und im Mischbestand gleich. (Die Ausnahme in Zwiesel ist standortsbedingt.) Die Buche zeigt in vergleichbaren Höhenschichten im Mischbestand etwas größere Schirmflächenleistungen als im Reinbestand.

Als Schlußfolgerung kann angenommen werden, daß der in Tabelle 3 nachgewiesene Mehrzuwachs der Fichte im Mischbestand nur aus dem gegenüber dem Reinbestand höheren Anteil an herrschenden Bäumen herrührt. Innerhalb vergleichbarer sozialer Höhenschichten ist der flächenbezogene Zuwachs der Fichten im Rein- und im Mischbestand dagegen gleich. Bei der Buche ist der Anteil herrschender Bäume im Mischbestand geringer als im Buchenreinbestand und damit auch die flächenbezogene Gesamtwuchsleistung. Buchen aus vergleichbaren sozialen Höhenschichten leisten im Mischbestand jedoch etwas mehr Zuwachs als im Reinbestand.

5.26 Vergleich der Volumen- und Trockenstoffproduktion im Mischbestand mit der Leistung flächengleicher Reinbestände

In Tabelle 10 ist der laufende Zuwachs an Volumen und an Trockenstoff für die Fichte und für die Buche im Mischbestand für 1 Hektar Mischbestandsfläche angegeben. Daneben wurde der entsprechende Zuwachs für gleich große Reinbestandsflächen berechnet.

Im Mittel aller Bestände leisten die Baumarten Fichte und Buche in Mischung 4,2% mehr Volumenzuwachs als in gleichgroßen Reinbeständen nebeneinander. Der Unterschied ist statistisch gesichert, wie die mehrfache Varianzanalyse ergibt (Tabelle 11). Der berechnete F-Wert für den Einfluß der Bestandesform (Reinbestand bzw. Mischbestand) beträgt 9,14, das bedeutet bei $n_1 = 1$ und $n_2 = 4$ Freiheitsgraden eine statistische Sicherheit von mehr als 95%.

ASSMANN (1961, S. 337) schreibt in der „Waldertragskunde“ zu Beginn des Kapitels „Grundprobleme des Mischwuchses“:

„Die unterschiedlichen Lichtbedürfnisse der Baumarten, welche an einer Mischung beteiligt sind, können zu erhöhter Assimilationsleistung gegenüber Reinbeständen führen.“ In unserem Fall ergänzen sich die Halbschattbaumart Fichte und die Schattbaumart Buche im Mischbestand derart, daß die gemeinsame (kombinierte) Volumenleistung höher als in gleichgroßen Reinbeständen ist. Für die Trockenstoffleistung ergibt sich im Mittel aller Flächen allerdings nur eine geringe Überlegenheit des Mischbestandes, die nicht signifikant ist.

6. Regressionsanalytische Auswertung

Im vorhergehenden Kapitel über den Bestandeszuwachs wurde der Zuwachs ganzer Bestände, oder zumindest aller Bäume einer sozialen Schicht berechnet und dem Vergleich Reinbestand – Mischbestand zugrunde gelegt. Im Folgenden soll versucht werden, den Zuwachs von Einzelbäumen zu analysieren und die Leistung von einzelnen Bäumen im Rein- und Mischbestand zu vergleichen. Diese Zuwachsanalyse soll klären, auf welche Ursachen vorhandene Zuwachsunterschiede zurückzuführen sind. Z. B. konnte gezeigt werden, daß die Fichte im Mischbestand mehr Zuwachs leistet als auf gleicher Fläche im Reinbestand. Das kann zwei Gründe haben. Entweder ist die Fichte der Buche im Höhenwuchs überlegen und hat daher im Mischbestand auf Kosten der Buche im Durchschnitt eine bessere Stellung zum Licht oder die Fichte zieht aus der Vergesellschaftung mit der Buche andere Vorteile, z. B. über eine Verbesserung des Bodenzustandes. Um diese beiden Wirkungen zu trennen, könnte man im Rein- und Mischbestand Fichten suchen, die sich in ihren Dimensionen und in ihrer sozialen Stellung genau gleichen. Zuwachsunterschiede dieser Fichten wären dann auf andere Ursachen zurückzuführen. Der Einfluß von Dimension und sozialer Stellung

Tabelle 10
Vergleich der Leistung im Mischbestand mit der Leistung flächengleicher Reinbestände

Forstamt Bauamt	Fläche ha	Laufender Zuwachs im				
		Mischbestand		Reinbestand		
		Volumen (S, B) fm	Trocken- stoff t	Volumen (S, B) fm	Trocken- stoff t	
Denkl.	Fi	0,5035	11,26	4,34	9,89	3,88
	Bu	0,4965	5,18	2,99	5,64	3,35
		1,0000	16,44	7,33	15,53	7,23
Wieda	Fi	0,5121	9,68	3,77	8,42	3,28
	Bu	0,4879	4,18	2,34	5,20	2,91
		1,0000	13,86	6,11	13,62	6,19
Zwiesel	Fi	0,3236	8,72	3,27	7,59	2,64
	Bu	0,6764	6,51	3,68	6,94	3,93
		1,0000	15,23	6,95	14,53	6,57

wäre ausgeschaltet. Da es sehr schwer ist, eine genügend große Zahl solcher Bäume, die sich genau gleichen, im Rein- und Mischbestand zu finden, wurde ein anderer Weg beschritten: In einer Mehrfachregressionsrechnung wurde der Zuwachs der Einzelbäume in Abhängigkeit von Durchmesser, Höhe, Kronenschirmfläche, Plumpheitsgrad der Krone und sozialer Stellung gebracht. Damit werden die Einflußgrößen, von denen der Zuwachs abhängig ist, in ihrer Wirkung voneinander getrennt und gewissermaßen abstrahiert, so daß es möglich ist, vergleichbare Idealbäume für den Rein- und Mischbestand zu konstruieren, indem man in je zwei Regressionsgleichungen dieselben Werte für die 5 unabhängigen Variablen einsetzt. Ergeben sich dann immer noch Unterschiede im Zuwachs zwischen Rein- und Mischbestand, so müssen andere Ursachen für diese Differenzen vorhanden sein. Zunächst soll noch erläutert werden, wie der wichtige Zuwachsfaktor Licht in die Berechnung einbezogen wurde. Die Belichtung der Baumkrone hängt weitgehend von der sozialen Stellung des Baumes ab. Als zahlenmäßiger Ausdruck für die soziale Stellung wurde die Höhe des Baumes in Prozent der Höhe seiner Nachbarbäume gewählt. Da die Beschattung von der Kronengröße der Nachbarn abhängt, außerdem

Tabelle 11
Mehrfache Varianzanalyse für den Volumenzuwachs

Streuung	Freiheitsgrade	Summe der Quadrate	Durchschnitts- quadrat	F be- rechnet	Signifik.
Hauptwirkungen:					
Bestandesform	1	0,2852	0,2852	9,14	*
Holzart	1	40,0040	40,0040	1282,18	***
Waldort	2	2,5202	1,2601	40,39	**
Summe 1	4	42,8094	—	—	—
Wechselwirkungen:					
Best.form × Holzart	1	2,6791	2,6791	85,87	***
Best.form × Waldort	2	0,0587	0,0293	—	—
Holzart × Waldort	2	7,7277	3,8638	123,84	***
Summe 2	5	10,4655	—	—	—
Summe 1 + 2	9	53,2749	—	—	—
Rest 1	2	0,0662	0,0331	—	—
Insgesamt	11	53,3411	—	—	—
Rest 2	4	0,1249	0,0312	—	—

— nicht gesichert

** gesichert bei $P = 0,01$

* gesichert bei $P = 0,05$

*** gesichert bei $P = 0,001$

WIEDA, Fichte (Reinb.)

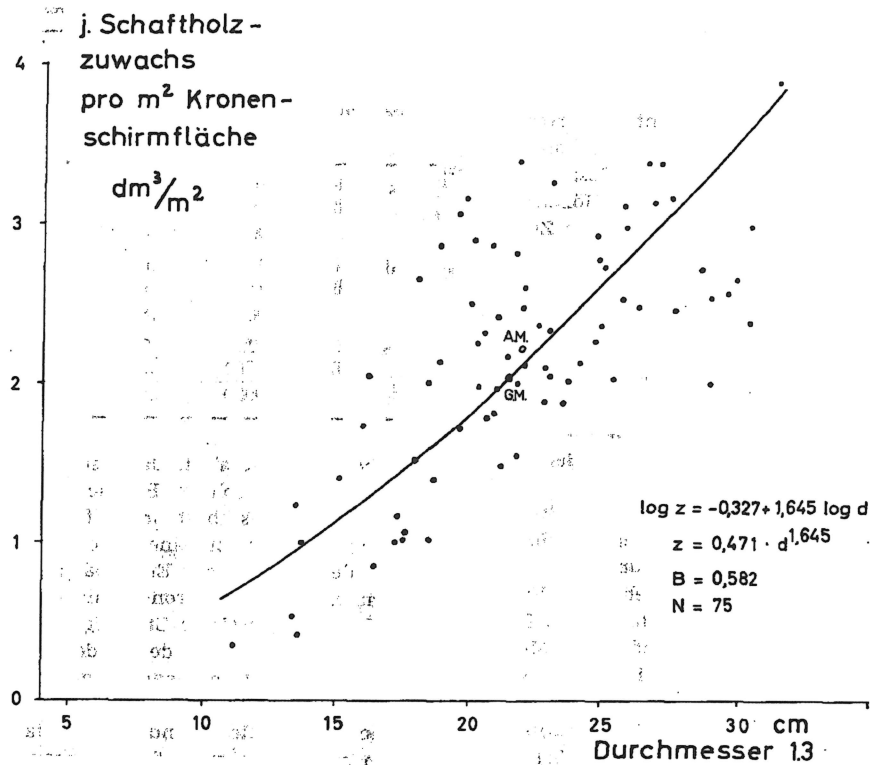


Abb. 24

Beispiel einer einfachen Regressionsgleichung mit logarithmischer Transformation für die Abhängigkeit der Schirmflächenleistung vom Durchmesser. Rückübertragung der Regressionslinie aus dem doppeltlogarithmischen ins numerische Netz.

(GM = geometrisches, AM = arithmetisches Mittel der numerischen Werte.)

aber mit dem Quadrat des Abstandes abnimmt, wurde die Mittelhöhe der Nachbarstämme in der Weise berechnet, daß ihre Höhe mit dem Quotienten „Kronenschirmfläche durch Abstandsquadrat“ gewogen wurde. Lücken wurden mit ihrer Fläche und ihrem Abstand wie Bäume mit eingerechnet, als Höhe aber die mittlere Höhe des Kronenansatzes im Bestand eingesetzt (KENNEL 1964, S. 83). Die Bäume an den Grenzen der Flächen bleiben bei den folgenden Berechnungen unberücksichtigt, da für die Nachbarbäume, die außerhalb der Flächen stehen, keine Angaben vorhanden sind.

6.1 Die Abhängigkeit der Schirmflächenleistung von Durchmesser, Höhe, Kronenschirmfläche, sozialer Stellung und Kronenplumpheitsgrad

Da die Zusammenhänge zwischen den zu untersuchenden Größen im allgemeinen logarithmischer Art sind, wurden alle Werte für die abhängigen und unabhängigen Variablen logarithmiert. Zahlreiche Vergleichsrechnungen mit Einsatz der ursprünglichen numerischen Größen lieferten sowohl bei den partiellen Korrelationskoeffizienten als auch bei den Mehrfachregressionen wesentlich geringere Bestimmtheitsmaße.

Als Beispiel einer einfachen Regression ist in Abbildung 24 der Zusammenhang zwischen der Schirmflächenleistung (das ist die Volumenleistung bezogen auf die jeweilige Kronenschirmfläche in dm^3/m^2) und dem Durchmesser für die Fichten aus dem Reinbestand in Wieda dargestellt. Die Abbildung zeigt die Regressionslinie nach der Rückübertragung aus dem logarithmischen ins numerische

Netz. Aus der Geraden wird eine leicht gekrümmte Linie, die durch das geometrische Mittel der Verteilung (gleichbedeutend mit dem arithmetischen Mittel der logarithmierten Werte) geht. Das Bestimmtheitsmaß beträgt 0,582, das heißt 58% der Zuwachsänderungen sind aus Änderungen des Durchmessers erklärbar. Für den Zusammenhang zwischen Schirmflächenleistung und Kronenschirmfläche ergibt die einfache Regressionsrechnung dagegen nur eine Varianzerklärung von 10% ($B = 0,099$). Werden nun Durchmesser und Kronenschirmfläche gleichzeitig in einer mehrfachen Regression in Beziehung zur Schirmflächenleistung gebracht, so ergibt die Regressionsrechnung eine Ausgleichsfläche, von der die tatsächlich beobachteten Werte nach oben oder unten abweichen. Dabei ist diese Fläche so gelegt, daß die Summe der Quadrate der Abweichungen möglichst klein ist. Am Raummodell läßt sich dieser Zusammenhang anschaulich darstellen (s. KENNEL 1964, S. 87, Abb. 5). Auch hier läßt sich die Straffheit des Zusammenhanges zwischen Zuwachs, Durchmesser und Kronenschirmfläche messen. Die multiple Bestimmtheit B beträgt 0,82. Der Durchmesser allein hatte einen B -Wert von 0,58. Nimmt man die Kronenschirmfläche hinzu, die in der einfachen Korrelation kaum einen Einfluß auf den Zuwachs zeigt, so steigt der Anteil der erklärbaren Zuwachsänderungen auf 82 Prozent an. Der totale Korrelationskoeffizient R , die Wurzel aus dem Bestimmtheitsmaß B , beträgt 0,91. Neben diesem sogenannten totalen Korrelationskoeffizienten, der den Zusammenhang aller Variablen gleichzeitig beschreibt, lassen sich bei der multiplen oder Mehrfach-Korrelation auch partielle Korrelationskoeffizienten

Tabelle 12
Partielle Korrelationskoeffizienten

Baumart, Bestandesform, Forstamt	Stammzahl N	r _{zd · khsp}	r _{zk · dhsp}	r _{zh · dksp}	r _{zs · dkhp}	r _{zp · dkhs}		
Fichte Reinb.	De.	135	0,695*	-0,780*	0,449*	0,169-	0,105-	
	Wi.	75	0,828*	-0,829*	0,521*	0,030-	-0,138-	
	Zw.	120	0,450*	-0,375*	0,340*	-0,020-	-0,015-	
	Mischb.	De.	107	0,801*	-0,791*	0,460*	0,216-	-0,100-
		Wi.	56	0,521*	-0,753*	0,514*	0,325-	0,096-
		Zw.	49	0,548*	-0,575*	0,460-	0,292-	-0,262-
		542	0,640	-0,683	0,457	0,169	-0,052	
Buche Reinb.	De.	63	0,752*	-0,705*	0,156-	0,174-	-0,022-	
	Wi.	35	0,764*	-0,744*	0,364-	0,496-	0,459-	
	Zw.	102	0,593*	-0,534*	0,488*	0,060-	0,117-	
	Mischb.	De.	49	0,800*	-0,779*	0,029-	0,199-	0,112-
		Wi.	77	0,778*	-0,782*	0,548*	0,054-	0,170-
		Zw.	72	0,631*	-0,746*	0,409*	0,289-	0,213-
		398	0,720	-0,715	0,332	0,212	0,175	

z = laufender Zuwachs pro m² Kronenschirmfläche
d = Brusthöhendurchmesser
k = Kronenschirmfläche
h = Höhe
s = Kennziffer für soziale Stellung
p = Plumpheitsgrad (Kronenbreite : Kronenlänge)

* gesichert bei P = 0,05
- nicht gesichert

(alle Werte logarithmisch transformiert)

berechnen. Diese partiellen Korrelationskoeffizienten geben den Zusammenhang zwischen dem Zuwachs und einer Variablen wieder unter Konstanthaltung und damit Ausschaltung des Einflusses der übrigen Variablen. Z. B. beträgt der partielle Korrelationskoeffizient für den Zusammenhang zwischen Kronenschirmfläche und Zuwachs bei Konstanthaltung des Durchmessers hier -0,76.

Der einfache Korrelationskoeffizient für den gleichen Zusammenhang war positiv, d. h. eine Zunahme der Kronenschirmfläche bedingte auch eine Zunahme des Zuwachses. Hält man aber den Durchmesser konstant, so kehrt sich das Verhältnis um: mit steigender Kronenschirmfläche fällt der flächenbezogene Zuwachs, der partielle Korrelationskoeffizient wird negativ und bekommt gleichzeitig mit 0,76 ein beträchtliches Gewicht. Offensichtlich hat der Einfluß des Durchmessers bei der einfachen Korrelation den Einfluß der Kronenschirmfläche vollkommen überdeckt.

Analog lassen sich die partiellen Korrelationskoeffizienten mit Konstanthaltung mehrerer Variabler berechnen.

6.11 Die partiellen Korrelationskoeffizienten

Bei der Berechnung der partiellen Korrelationskoeffizienten²⁾ wird der Einfluß der übrigen in die Berechnung mit einbezogenen Einflußgrößen rechnerisch konstant gehalten, sie sind also ein Weiser für die tatsächliche Bedeutung der einzelnen Variablen unter Berücksichtigung der Wechselbeziehungen zu den übrigen unabhängigen Variablen. Über die Wechselbeziehungen zwischen den unabhängigen Variablen selbst wird hierbei jedoch noch nichts ausgesagt. In der Aussagekraft in Bezug auf die Schirmflächenleistung stehen bei der Fichte im Mittel aus 6 Probeständen die Kronenschirmfläche mit einem mittleren partiellen Korrelationskoeffizienten von -0,683 und der Durchmesser (0,640) an erster Stelle, mit einigem Abstand folgt die Höhe (0,457), deren Koeffizienten nur z. T. gesichert sind (s. Tabelle 12). Soziale Stellung (0,169) und Plumpheitsgrad (-0,052) der Krone (Kronenbreite : Kronenlänge) sagen bei

gegebenen Werten für k, d und h über die Schirmflächenleistung des Baumes fast nichts mehr aus. Bei der Buche sind die Verhältnisse ähnlich, die partiellen Korrelationskoeffizienten betragen für den Zusammenhang zwischen Schirmflächenleistung und Kronenschirmfläche im Mittel von 6 Flächen -0,715, für den Durchmesser 0,720 und für die Höhe 0,332. Der negative Korrelationskoeffizient für die Kronenschirmfläche bedeutet, daß die Schirmflächenleistung mit zunehmender Kronenschirmfläche abnimmt, wenn die übrigen Kennwerte, d, h, s und p gleichbleiben. Den gleichen Effekt stellt auch BADOUX (1946, vgl. ASSMANN 1961, S. 119) für die Kiefer und MAYER, R. (1958, S. 160) für die Eiche fest. ASSMANN (1961, S. 119) führt diesen Abfall der Schirmflächenleistung auf das ungünstigere Verhältnis von Kroneninhalte zu Kronenmantelfläche zurück: "... es vergrößert sich ... der Anteil nur tragender, aber respirierender Sproßteile in stärkerem Maße, als der Anteil des assimilierenden, gutbelichteten äußeren Kronenmantels am Inhalt der gesamten Krone wächst." Innerhalb einer bestimmten Höhenschicht haben somit die großkronigen Bäume i. a. eine geringere Schirmflächenleistung und damit eine schlechtere Standraumökonomie (ASSMANN) als mittel- und kleinkronige Bäume (vgl. auch MITSCHERLICH 1961, S. 90).

6.12 Die Bestimmtheitsmaße

Die einfachen und multiplen Bestimmtheitsmaße für den Zusammenhang zwischen der Schirmflächenleistung einzelner Bäume und den Bestimmungsgrößen Durchmesser, Kronenschirmfläche, Höhe, soziale Stellung und Plumpheitsgrad der Krone wurden für jeden Bestand und für jede Holzart zusammen mit der stufenweisen Regressionsrechnung ermittelt.

Wird in der ersten Stufe die Schirmflächenleistung in Abhängigkeit von nur einer unserer Bestimmungsgrößen berechnet, so führt die Verwendung der Baumhöhe zum besten Ergebnis mit mittleren B-Werten für die Fichte von 0,544 und für die Buche von 0,584, gefolgt von der sozialen Stellung (0,461 bzw. 0,489) und dem Durchmesser (0,437 bzw. 0,495) (Mittelwerte aus jeweils 6 Beständen). In der nächsten Stufe: Bestimmung der Schirmflächenleistung mit Hilfe von zwei der fünf Variablen, liegt die Kombination von Durchmesser und Kronenschirmfläche an der Spitze

²⁾ Die partiellen Korrelationskoeffizienten wurden mit Hilfe eines Elektronenrechners IBM 650 berechnet. Die übrigen Rechnungen wurden zum Teil mit einer IBM 1620, zum Teil mit der IBM 7090 des Instituts für Plasmaphysik in Garching bei München durchgeführt.

Tabelle 13
Einfache Korrelationskoeffizienten
für die Wechselbeziehungen zwischen Durchmesser d, Kronenschirmfläche k, Höhe h, sozialer Stellung s und Plumpheitsgrad p (= Kronenbreite : Kronenlänge)
 (alle Werte logarithmisch transformiert)

			N	dk	dh	ds	dp	kh	ks	kp	hs	hp	sp
Fichte	Reinb.	De.	135	0,879	0,882	0,710	—0,030	0,830	0,647	0,172	0,845	—0,233	—0,342
		Wi.	75	0,800	0,858	0,773	—0,300	0,699	0,655	0,014	0,908	—0,553	—0,489
		Zw.	120	0,846	0,884	0,771	—0,236	0,775	0,743	0,046	0,887	—0,452	—0,399
	Mischb.	De.	107	0,857	0,839	0,675	0,103	0,804	0,631	0,322	0,804	0,010	—0,062
		Wi.	56	0,818	0,856	0,782	0,144	0,673	0,571	0,324	0,856	0,020	0,073
		Zw.	49	0,849	0,814	0,732	0,190	0,580	0,508	0,514	0,833	—0,231	—0,198
			542	0,841	0,855	0,740	—	0,727	0,626	—	0,855	—	—
Buche	Reinb.	De.	63	0,846	0,771	0,615	0,150	0,601	0,434	0,393	0,873	—0,237	—0,323
		Wi.	35	0,919	0,851	0,746	0,568	0,756	0,693	0,702	0,857	0,295	0,228
		Zw.	102	0,849	0,833	0,781	0,571	0,623	0,619	0,838	0,868	0,353	0,342
	Mischb.	De.	49	0,849	0,756	0,325	0,349	0,605	0,213	0,557	0,716	—0,054	—0,185
		Wi.	77	0,855	0,816	0,779	0,461	0,688	0,732	0,614	0,885	0,290	0,340
		Zw.	72	0,804	0,864	0,836	0,378	0,609	0,535	0,505	0,907	0,211	0,255
			398	0,854	0,815	0,680	—	0,647	0,538	—	0,851	—	—

mit B-Werten von 0,706 für die Fichte und 0,770 für die Buche, das nächstbeste Bestimmtheitsmaß liefern Höhe und Kronenschirmfläche (0,689 bzw. 0,637). Werden in der dritten Stufe Durchmesser, Kronenschirmfläche und Höhe zur Bestimmung der Schirmflächenleistung gleichzeitig verwendet, so steigen die B-Werte auf 0,830 für die Fichte bzw. auf 0,834 für die Buche. Die Hinzunahme von sozialer Stellung und Kronenplumpheitsgrad erhöht das Bestimmtheitsmaß nicht mehr wesentlich auf 0,840 bzw. 0,849.

Zählt man ab, wie oft die einzelnen Variablen am Zustandekommen der höchsten Bestimmtheitsmaße in jeder Stufe beteiligt sind, so findet man die Rangfolge:

	k	d	h	s	p
Rangfolge	18	18	12	9	3

Diese Rangfolge ergab sich auch beim Vergleich der partiellen Korrelationskoeffizienten.

Die Wechselbeziehungen zwischen den unabhängigen Variablen kommen in den einfachen Korrelationskoeffi-

zienten für diese Beziehungen zum Ausdruck. Bei der Fichte und bei der Buche sind die Korrelationskoeffizienten für den Zusammenhang zwischen Durchmesser und Kronenschirmfläche, zwischen Durchmesser und Höhe sowie zwischen Höhe und sozialer Stellung mit Werten von 0,815 bis 0,855 am höchsten (s. Tabelle 13). Es folgen dann die Beziehungen zwischen Durchmesser und sozialer Stellung, zwischen Kronenschirmfläche und Höhe sowie zwischen Kronenschirmfläche und sozialer Stellung mit Korrelationskoeffizienten zwischen 0,740 und 0,538. Die Korrelationskoeffizienten für die übrigen Kombinationen von je zwei unabhängigen Variablen waren zum größten Teil nicht mehr gesichert.

6.2 Regressionsanalytischer Vergleich von Rein- und Mischbestand

Beim Vergleich der Bestandeszuwächse zeigte sich, daß die Fichte im Mischbestand auf gleicher Fläche mehr leistet als im Reinbestand, die Buche weniger. Der Zuwachs von vergleichbaren Höhenschichten war jedoch im Reinbe-

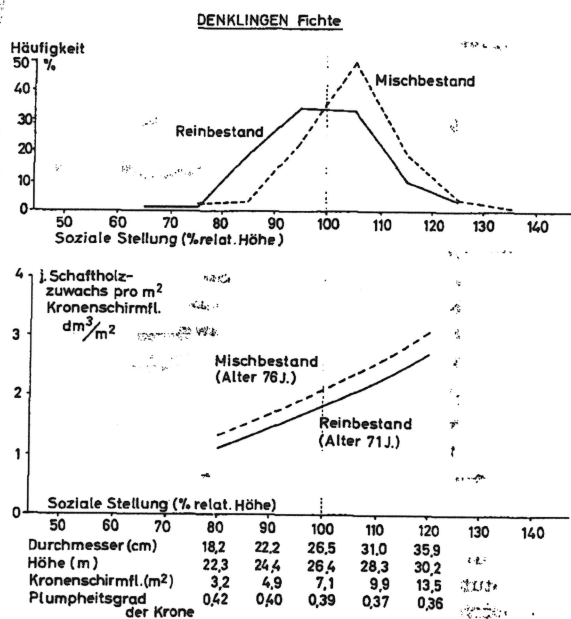


Abb. 25

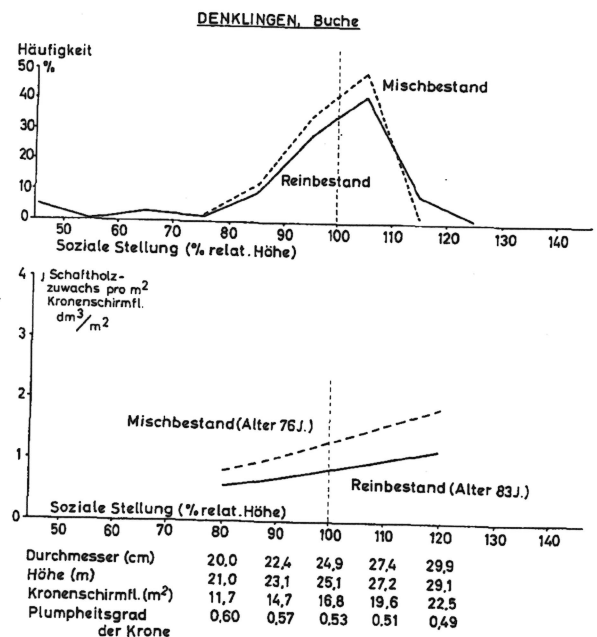


Abb. 26

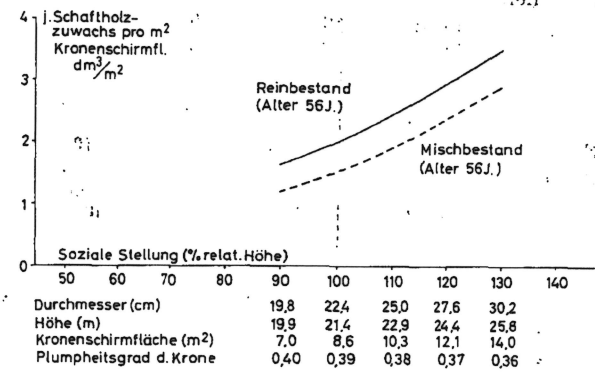
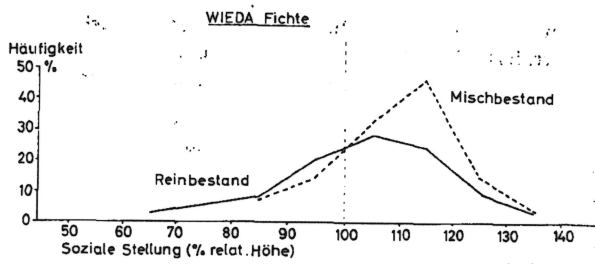


Abb. 27

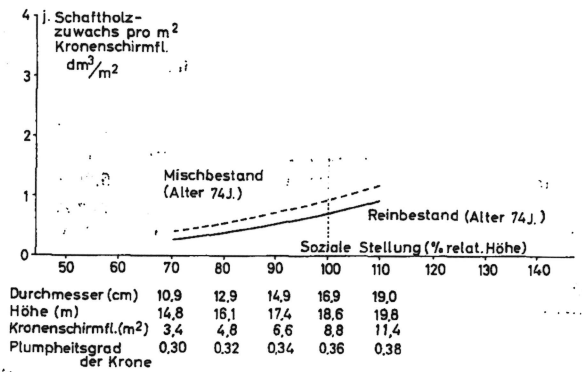
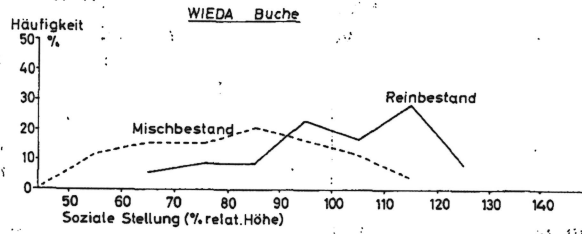


Abb. 28

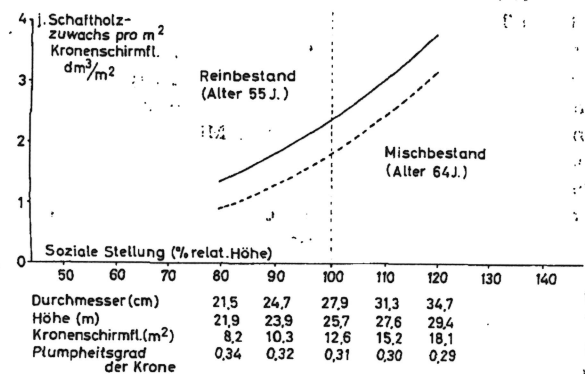
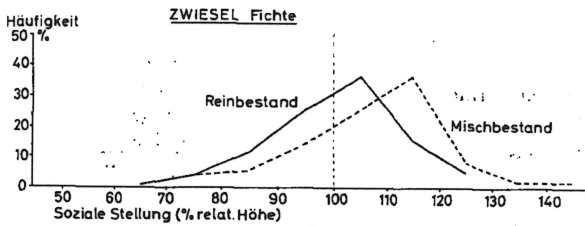


Abb. 29

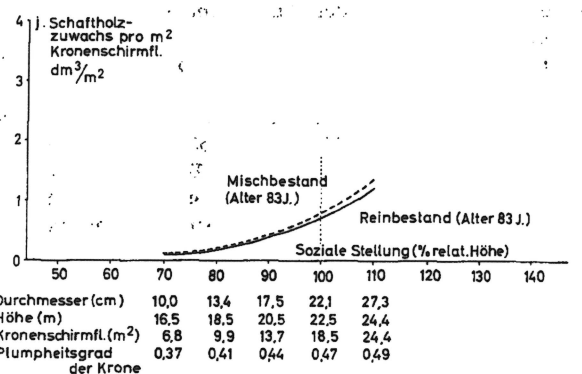
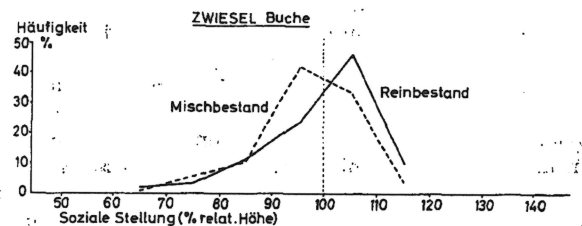


Abb. 30

Abb. 25—30

Oberer Teil: Verteilung der Bäume im Rein- und Mischbestand auf soziale Klassen (Klassenbreite: 10% relat. Höhe). Im Mischbestand ist der Anteil von Fichten günstiger sozialer Stellung größer als im Reinbestand, für die Buche ist es umgekehrt. Unterer Teil: Regressionsanalytischer Vergleich der Schirmflächenleistung von Bäumen gleicher Dimension und sozialer Stellung im Rein- und Mischbestand. In die Mehrfachregressionsgleichungen mit 5 unabhängigen Variablen, die aus den tatsächlichen Werten für die Einzelbäume hergeleitet worden waren, wurden für den Rein- und für den Mischbestand die gleichen Werte für Durchmesser, Höhe, Kronenschirmfläche, Plumpheitsgrad der Krone und soziale Stellung eingesetzt. (Diese Werte sind in den Abbildungen unten angegeben.) Die so errechneten Schirmflächenleistungen sind über der sozialen Stellung aufgetragen.

stand und im Mischbestand fast gleich. Das läßt darauf schließen, daß die soziale Stellung im Mittel für die Fichte im Mischbestand günstiger als im Reinbestand ist, für die Buche ungünstiger. Diese Vermutung wird bestätigt, wenn man die Verteilung der Bäume auf die sozialen Schichten betrachtet, wie sie in den Abbildungen 25 bis 30 dargestellt ist. Die Darstellungen enthalten oben die relativen Häufigkeiten (= Anzahl der Bäume in Prozent der Gesamtzahl)

für die soziale Stellung s (Klassenbreite 10%). Die soziale Stellung wurde als relative Höhe eines Baumes in Prozent der Höhe der Nachbarbäume berechnet, wobei Abstand und Kronengröße der Nachbarn berücksichtigt wurden (siehe Abschnitt 6). Die Verteilungen sind rechtsasymmetrisch. In den Fichtenreinbeständen liegen die Verteilungsgipfel bei leichter Rechtsasymmetrie im Bereich von $s = 100$ bis 105 Prozent. Stark rechtsasymmetrisch sind die Kurven für die

Buchreinbestände mit Maxima bei $s = 105$ bis 115 Prozent. Die relativ große Zahl von Buchen hoher sozialer Stellung ist auch bei der Untersuchung der verschiedenen Höhengschichten in Abschnitt 5.25 schon aufgefallen.

Im Mischbestand verschiebt sich der Gipfel der s -Verteilung für die Fichte nach rechts, für die Buche nach links. Das heißt, der Anteil der Fichten höherer sozialer Stellung ist im Mischbestand größer als im Reinbestand, bei der Buche ist es umgekehrt. Die Ursache dafür ist die Überlegenheit der Fichte über die Buche im Höhenwuchs. Besonders flach verläuft die Verteilungskurve bei der Buche im Mischbestand in Wieda, wahrscheinlich als Folge von Durchforstungseingriffen.

Zur Klärung der Zuwachsunterschiede der gleichen Baumart im Rein- und im Mischbestand auf gleichem Standort nebeneinander wurde im Abschnitt 5.25 die Leistung vergleichbarer Höhengschichten herangezogen. Es wurden Bestandesschichten aus dem Rein- und Mischbestand verglichen, die etwa den gleichen Lichtgenuß haben. Damit ist der Einfluß der sozialen Stellung weitgehend ausgeschaltet. Die Bäume im Mischbestand unterscheiden sich jedoch auch in vergleichbaren Höhengschichten noch nach Durchmesser und Kronenschirmfläche von den Bäumen aus Reinbeständen. Die Frage, ob die nachgewiesenen Zuwachsunterschiede zwischen Rein- und Mischbestand lediglich auf Unterschiede in der sozialen Stellung, im Durchmesser, in der Höhe, in der Kronenschirmfläche oder aber auf andere Ursachen, wie zum Beispiel auf eine Verbesserung der Standortsgüte durch die Buchenbeimischung, zurückzuführen sind, kann nur durch einen Vergleich von Bäumen gleicher sozialer Stellung und genau gleicher Dimension aus dem Reinbestand und aus dem Mischbestand geklärt werden. Zuwachsunterschiede solcher vergleichbarer Bäume aus Rein- und Mischbestand müßten dann andere Ursachen haben; der Einfluß von Dimension und sozialer Stellung wäre ausgeschaltet. Es leuchtet ein, daß es sehr schwer wäre, eine genügend große Zahl konkreter, vergleichbarer Bäume im Rein- und im Mischbestand zu finden. Der Vergleich wurde deshalb sozusagen an regressionsanalytisch hergeleiteten Idealbäumen durchgeführt. Zu diesem Zweck wurde für jeden Bestand und für jede Baumart in einer Mehrfachregressionsrechnung der Schirmflächenzuwachs z der Bäume in Abhängigkeit von dem Durchmesser d , der Höhe h , der Kronenschirmfläche k , dem Plumpheitsgrad der Krone p und der sozialen Stellung s berechnet. Das Ergebnis waren zwölf Gleichungen. Als Beispiel sei die nach der Methode der kleinsten Quadrate hergeleitete Regressionsgleichung für den Buchenreinbestand in Denklingen angeführt:

$$\log z = -3,774 + 2,190 \log d + 0,5429 \log h - 0,7575 \log k - 0,0255 \log p + 0,3999 \log s$$

Für die Buchen aus dem Mischbestand in Denklingen gilt die Gleichung:

$$\log z = -4,397 + 2,493 \log d + 0,1763 \log h - 0,9156 \log k + 0,1353 \log p + 0,9677 \log s$$

Werden in diese beiden Gleichungen die gleichen Werte für d , h , k , p und s eingesetzt, so erhält man vergleichbare Zuwachswerte für Buchen aus dem Rein- und dem Mischbestand, die sich in ihren Dimensionen und in ihrer sozialen Stellung genau gleichen. Um zu möglichst wirklichen Wertekombinationen für d , h , k , p und s zu gelangen, wurden die Durchmesser, Höhen, Kronenschirmflächen und Plumpheitsgrade für jeden Bestand und für jede Baumart als einfache Regression in Abhängigkeit von der

sozialen Stellung s berechnet (alle Werte logarithmisch transformiert). Für die Reinbestandsbuchen in Denklingen lauten die entsprechenden Gleichungen zum Beispiel:

$$\begin{aligned} \log d &= -0,1887 + 0,8093 \log s \\ \log h &= -0,0681 + 0,7347 \log s \\ \log k &= -1,4322 + 1,3361 \log s \\ \log p &= 0,6366 - 0,4248 \log s \end{aligned}$$

Für die Buchen aus dem Mischbestand ergeben sich die Funktionen:

$$\begin{aligned} \log d &= -1,1060 + 1,2106 \log s \\ \log h &= -0,3742 + 0,8868 \log s \\ \log k &= -2,5989 + 1,9037 \log s \\ \log p &= 0,9959 - 0,6682 \log s \end{aligned}$$

Für eine Buche mit der sozialen Stellung $s = 100\%$ errechnen sich dann folgende Werte:

	im Reinbestand	im Mischbestand	im Mittel	
$s =$	100	100	100	%
$d =$	26,9	22,9	24,9	cm
$h =$	25,2	25,1	25,1	m
$k =$	17,4	16,2	16,8	m ²
$p =$	0,61	0,46	0,53	

Werden die rechts angeführten arithmetischen Mittelwerte aus Rein- und Mischbestand schließlich in die Mehrfachregressionsgleichungen eingesetzt, so ergibt sich für die Buchen aus dem Reinbestand in Denklingen eine jährliche Schirmflächenleistung von $z = 0,84 \text{ dm}^3/\text{m}^2$, für vergleichbare Buchen aus dem Mischbestand ist $z = 1,29 \text{ dm}^3/\text{m}^2$. Diese Zuwachswerte für Rein- und Mischbestand in Denklingen sind in der Abbildung 26 über dem Abszissenwert $s = 100\%$ aufgetragen. Analog wurden die Zuwachswerte für $s = 80, 90, 110$ und 120% berechnet. Das Ergebnis dieser Berechnungen zeigen die Abbildungen 25 bis 30 im unteren Teil.

Die Tendenzen im Verhältnis der einzelnen Zuwachskurven zueinander stimmen genau mit dem Ergebnis des Zuwachsvergleichs der Höhengschichten überein, nur sind die Unterschiede zwischen Rein- und Mischbestand zum Teil noch stärker ausgeprägt. Die Mischbestandsbuchen leisten bei gleicher Dimension und sozialer Stellung einen größeren Schirmflächenzuwachs als die Buchen im Reinbestand, wenn auch der große Unterschied in Denklingen zum Teil auf die Altersdifferenz von 7 Jahren zurückgehen dürfte. Die Fichten im Mischbestand von Denklingen sind den Reinbestandsfichten im Zuwachs auch überlegen, wenn Bäume genau gleicher Dimension und sozialer Stellung verglichen werden, obwohl der Fichtenreinbestand fünf Jahre jünger und dadurch in Bezug auf den Zuwachs im Vorteil ist. In Zwiesel und Wieda dagegen zeigen die Reinbestandsfichten eine höhere Schirmflächenleistung als Fichten aus dem Mischbestand, wenn Bäume gleicher Dimension und sozialer Stellung verglichen werden. In Zwiesel ist der schon früher erwähnte Standortsunterschied zwischen Fichtenreinbestandsfläche und Mischbestand zu berücksichtigen, außerdem ist der Reinbestand um neun Jahre jünger. Das erklärt das von Denklingen abweichende Zuwachsverhältnis der Rein- und Mischbestandsfichten in Zwiesel. Schwerer erklärbar ist das von dem Denklinger Ergebnis abweichende Zuwachsverhalten der Fichten in Wieda. Zweifellos sind die Bodenprofile unter dem Fichtenreinbestand und dem Mischbestand in Wieda nicht so gut miteinander vergleichbar wie die Profile in Denklingen. Zum Beispiel konnte im Bodeneinschlag in der Schirmfläche Wieda Calciumkarbonat festgestellt werden, wäh-

rend das Reinbestandsprofil kalkfrei war. Dieser Unterschied im Boden ist durch den Einfluß der Dalmaniten-Knollenkalke auf die Mischbestandsfläche bedingt und sicher keine Auswirkung der verschiedenartigen Bestockung. Es ist also möglich, daß auch in Wieda Standortunterschiede bestehen, die das von Denklingen abweichende Zuwachsverhältnis der Fichten im Rein- und Mischbestand erklären könnten.

Auf jeden Fall zeigt sich auch hier, daß die beim Leistungsvergleich in Abschnitt 5.24 festgestellten Zuwachsunterschiede zwischen Rein- und Mischbestand vor allem auf die *unterschiedliche Verteilung der Bäume auf die sozialen Klassen* zurückzuführen sind. Auch wenn zum Beispiel die Leistung vergleichbarer Buchen aus dem Mischbestand etwas größer ist als im Reinbestand, so ist doch die integrierte Flächenleistung aller Buchen im Mischbestand geringer, da der Anteil leistungsfähiger, sozial vorherrschender Bäume kleiner ist als im Reinbestand.

7. Zusammenfassung

1. Der Zweck der vorliegenden Untersuchung war es, die Volumen- und Trockenstoffproduktion der Baumarten Fichte und Buche jeweils im Reinbestand und im Mischbestand auf gleichem Standort nebeneinander zu erkunden. Dabei sollten die Ursachen für unterschiedliche flächenbezogene Leistungen aufgedeckt werden. Die notwendigen Umrechnungen auf Trockensubstanzleistung erforderten spezielle Untersuchungen über die Raumdichte.
2. In drei Mischbeständen und sechs jeweils benachbart liegenden Fichten- und Buchenreinbeständen wurden 85 Bäume gefällt und analysiert. In allen Fällen ist die Fichte der Buche im Höhenwuchs überlegen, obwohl die Buche zum Teil einen beträchtlichen Altersvorsprung hat. Die Differenzen der Oberhöhen betragen bis zu 5 m. Die Höhen- und Volumenentwicklung von Einzelbäumen verläuft im Mischbestand gegenüber dem Reinbestand etwas verzögert, besonders bei der Fichte. Die Formzahlen der Bäume im Rein- und Mischbestand unterscheiden sich nicht wesentlich, abgesehen von einem leichten Absinken der Buchenformzahlen im Mischbestand von Denklingen.
3. Raumdichtebestimmungen an 3000 Holzproben der Probestämme und zusätzlich an 7000 Bohrsproben ergaben, daß bei gleicher Jahrringbreite keine systematischen Raumdichteunterschiede zwischen Rein- und Mischbestand bestehen. Für Denklingen und Zwiesel konnten Regressionsgleichungen für die Abhängigkeit der Raumdichte von der Jahrringbreite aufgestellt werden.
4. Für die Umrechnung der Mischanteile der Baumarten aus Grundflächen- oder Volumenanteilen in wirkliche Anteilflächen ergibt sich im Mittel für die Fichte der Faktor 0,67 und für die Buche der Faktor 1,66.
5. Die Leistung der Fichte ist im Mischbestand durch ihre Überlegenheit im Höhenwuchs und der damit erzielten besseren sozialen Stellung im Mittel um 16% größer als im Fichtenreinbestand, die Buche leistet dagegen nur 87% des laufenden Zuwachses der reinen Buchenbestände. Das Leistungsverhältnis für Fichte und Buche in Reinbeständen ist also enger als für die gleichen Baumarten in Mischbeständen. Für die untersuchten Reinbestände ist das Leistungsverhältnis für den laufenden Volumenzuwachs von Fichte zu Buche = 1,86 : 1 (für die entsprechende Trockenstoffleistung 1,21 : 1), im Mischbestand jedoch 2,39 : 1 (für die Trockenstoffleistung 1,60 : 1).

Wird die Leistung von Höhengschichten verglichen, die etwa gleichen Lichtgenuß haben, so besteht kein gesicherter Unterschied zwischen Reinbestand und Mischbestand mehr.

6. Auf den untersuchten Mischwuchsflächen ist der laufende Volumenzuwachs von Fichte und Buche zusammen größer als auf gleichgroßen, vergleichbaren Reinbestandsflächen der Baumarten Fichte und Buche nebeneinander. Der Unterschied ist statistisch gesichert. Wird der Volumenzuwachs in äquivalente Trockenstoffleistung umgerechnet, bestehen keine gesicherten Unterschiede in der Trockenstoffleistung von Rein- und Mischbeständen.
7. Die regressionsanalytische Auswertung der Schirmflächenleistung von Einzelbäumen in Abhängigkeit von verschiedenen Einflußgrößen ergab, daß die Korrelationen zwischen Schirmflächenleistung und Kronenschirmfläche sowie zwischen Schirmflächenleistung und Durchmesser am engsten sind. Dabei ist zu beachten, daß die Schirmflächenleistung in negativer Korrelation zur Kronenschirmfläche steht, das heißt also, daß die schirmflächenbezogene Zuwachsleistung von Bäumen gleicher sozialer Stellung mit zunehmender Kronengröße sinkt. Erst an dritter Stelle kommt die Höhe. Bei gegebenen Werten für Kronenschirmfläche, Durchmesser und Höhe ist der Einfluß der übrigen untersuchten Einflußgrößen (soziale Stellung, Plumpheitsgrad der Krone) nur noch gering.

Summary

Title of the paper: *A Study of the Production of Norway Spruce and Beech in Pure and Mixed Stands.*

1. 85 trees were analysed from three mixed and from three pairs of pure beech and spruce stands. The spruce was taller in all cases even if the beech was considerably older, with height differences up to 5 metres. The height and volume growth of single trees is retarded in the mixed stands, especially in the case of spruce. The stem forms do not differ much, except in the case of beech in a mixed stand at Denklingen where the form factor was somewhat lower.
2. The wood density (3,000 wood samples and 7,000 cores) was equal for equal ring width for mixed and pure stands.
3. The conversion factor for the derivation of the actual proportion in mixture from the basal area and volume proportions was 0.67 for spruce and 1.66 for beech.
4. The increment in the mixed stands as compared to the pure stands, corresponding to the true proportions, is 116% for spruce, because of the height advantage, and 87% for beech. The difference between the two species is therefore increased in mixture. The relations are 1.86 : 1.00 for volume (1.21 : 1.00 for dry weight) in pure stands and 2.39 : 1.00 and 1.60 : 1.00 respectively in mixture. The difference between mixed and pure stands becomes insignificant if the increments are compared between layers with equal supply of light.
5. The combined volume increment is significantly greater in mixed stands than in pure stands added in corresponding proportion. The difference is no more significant if the dry weight increments are compared.
6. Analysis of the regression of increment per canopy projection area on various independent variables showed good correlations to the crown projection area and to the stem diameter at breast height. The correlation to the crown projection area is negative, because the canopy-

area related increment of trees of equal social position is the smaller the larger the crown size. The correlation is less good with height and poor with social position and crown shape (degree of plumpness).

Résumé

Titre de l'article: *Recherches sur la production de l'épicéa et du hêtre en peuplements purs et mélangés.*

1. Le but de cette étude était de comparer la production en volume et en matière sèche de l'épicéa et du hêtre en peuplement pur et en peuplement mélangé, sur mêmes stations. En outre, on a dû rechercher les causes des différences de production liées à des «surfaces» (surface de la projection de la cime notamment). La nécessité de convertir en production matière sèche exigea des recherches particulières sur la densité.
2. Dans trois peuplements mélangés et dans six peuplements purs d'épicéas et de hêtres toujours contigus, on exploita et analysa 85 arbres. Dans tous les cas la croissance en hauteur de l'épicéa est supérieure à celle du hêtre, bien qu'en partie les hêtres aient été nettement plus âgés. Les différences entre les hauteurs dominantes dépassaient 5 mètres. La croissance en hauteur et en volume des arbres pris individuellement est un peu plus lente en peuplement mélangé qu'en peuplement pur, surtout pour l'épicéa. Les coefficients de forme des arbres en peuplement pur et en peuplement mélangé ne se différencient pas nettement, abstraction faite d'une légère diminution du coefficient de forme du hêtre dans le peuplement mélangé de Denklingen.
3. Les déterminations de densité effectuées sur 3000 éprouvettes provenant des arbres d'expérience et en outre sur 7000 «carottes» prélevées à la tarière, montrèrent que, pour une même largeur des cerne d'accroissement annuels, il n'existait aucune différence systématique pour la densité du bois entre les peuplements purs et mélangés. Pour les peuplements de Denklingen et de Zwiesel, on a pu établir les équations de la régression entre la densité et la largeur des cerne.
4. Pour exprimer la répartition des espèces en mélange suivant le rapport des surfaces réelles, en partant du rapport des surfaces terrières ou du rapport des volumes, il convient d'adopter en moyenne le facteur 0,67 pour l'épicéa et le facteur 1,66 pour le hêtre.
5. En raison de sa croissance en hauteur supérieure et de la meilleure position sociale qui en résulte, la production de l'épicéa en peuplement mélangé dépasse en moyenne de 16% celle de l'épicéa en peuplement pur; par contre le hêtre ne produit alors que 87% de l'accroissement courant des peuplements purs de hêtre. Le rapport de la production de l'épicéa à celle du hêtre en peuplements purs est donc plus faible que pour ces mêmes espèces en peuplements mélangés. Pour les peuplements purs étudiés, le rapport de la production, exprimée en accroissement courant de volume, de l'épicéa à celle du hêtre est égal à 1,86 : 1 (pour la production en matière sèche correspondante 1,21 : 1); en peuplement mélangé par contre, le rapport est de 2,39 : 1 (pour la production en matière sèche 1,60 : 1). Si l'on compare la production par classes de hauteurs qui bénéficient d'un éclaircissement sensible égal, il ne subsiste aucune différence significative entre peuplement pur et peuplement mélangé.
6. Sur les parcelles de peuplements mélangés étudiées, l'accroissement courant produit par l'épicéa et le hêtre réunis, est supérieur à celui de l'épicéa ou du hêtre sur les

parcelles de peuplements purs de même superficie et comparables. La différence est prouvée statistiquement. Quand on traduit l'accroissement en volume en production de matière sèche, il ne subsiste aucune différence significative entre les peuplements purs et mélangés.

7. On a procédé à une étude de régression multiple, sur des arbres pris isolément, en vue d'exprimer les liaisons entre différents facteurs et la «croissance en volume rapportée au m² de cime projetée» (Schirmflächenleistung); les corrélations entre la croissance ainsi exprimée et la surface projetée de la cime (Kronenschirmfläche) ou le diamètre sont les plus étroites. En outre il faut remarquer que la croissance en volume rapportée au m² de cime projetée est en corrélation négative avec la surface de la cime projetée; ceci signifie que, pour des arbres de même position sociale, la croissance (liée à la surface de la cime projetée) diminue quand l'importance de la couronne augmente. Le rôle de la hauteur ne vient qu'en troisième position. Pour des valeurs données, comme la surface de la cime projetée, le diamètre et la hauteur, l'influence de tous les autres facteurs étudiés est seulement très faible (position sociale; «Plumpheitsgrad» de la couronne, qui est définie par le rapport $\frac{\text{largeur moyenne}}{\text{hauteur moyenne}}$ de la couronne).

Literaturverzeichnis

- Anleitung: Anleitung zur Ausführung von Untersuchungen in gemischten Beständen. Allg. Forst- u. Jagdztg. 103, S. 76-77, 1927. — ASSMANN, E.: Zeitgemäßer Ausbau der Holzmeßkunde. Forstl. Wochenschrift Silva. 24, S. 385-389, 1936. — ASSMANN, E.: Grundflächen- und Volumenzuwachs der Rotbuche bei verschiedenen Durchforstungsgraden. Forstwiss. Cbl. 69, S. 256-286, 1950. — ASSMANN, E.: Die Standraumfrage und die Methodik von Mischbestandsuntersuchungen. Allg. Forst- u. Jagdztg. 125, S.149-153, 1954. — ASSMANN, E.: Standraumökonomie. Mitt. Staatsforstverwalt. Bayerns. 29, S. 158-175, 1957 a. — ASSMANN, E.: Standraumregelung und Ertragsleistung. Forstarchiv. 28, S. 217-223, 1957 b. — ASSMANN, E.: Waldertragskunde. München, Bonn, Wien, 1961. — ASSMANN, E.: Empfehlungen für neue Durchforstungsversuche. Allg. Forst- u. Jagdztg. 135, S. 96-102, 1964. — BAADER, G.: Was leistet der Mischbestand? Allg. Forst- u. Jagdztg. 118, S. 221-233, 1942. — BAADER, G.: Der Mischbestand. Allg. Forst- u. Jagdztg. 119, S. 151-159, 1943. — BADOUX, E.: Relations entre le développement de la cime et l'accroissement chez le pin sylvestre. Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Verswes. 24, S.405-516, 1946. — BAUMGARTNER, A.: Die Lufttemperatur als Standortsfaktor am Gr. Falkenstein. 2. Mitteilung. Forstwiss. Cbl. 80, S. 107-120, 1961. — BENNIGKE: Das Problem der Mischung von Fichte und Buche in den nördlichen Teilen von Rheinland-Pfalz. Forst- u. Holzwirt. 17, S. 421-425, 1962. — BERNHART, A.: Beziehungen zwischen Bayerischen Niederschlägen und Jahrringbreiten an Fichten aus dem Bayerischen Wald. Forstwiss. Cbl. 82, S. 321-392, 1963 a. — BERNHART, A.: Untersuchungen über Rohdichte und Struktur von Fichtenholz aus dem Bayerischen Wald. München, Dissertation, 1963 b. — BURGER, H.: Holz, Blattmenge und Zuwachs. 1. Mitteilung. Die Weymouthsföhre. Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Verswes. 15, S.243-292, 1929. — BURGER, H.: Beitrag zur Frage der reinen oder gemischten Bestände. Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Verswes. 22, S. 164-203, 1941. — DIETERICH, V.: Beiträge zur Zuwachslehre. Forstl. Wochenschrift Silva. II, S. 185-186, S. 193-196, S. 203-206, 1923. — DIETERICH, V.: Über den Einbau des Nadelholzes in Laubholzgebieten. Forstl. Wochenschrift Silva. 15, S. 285-291, S. 295-297, 1927. — DIETERICH, V.: Untersuchungen in Mischbeständen. Mitt. Württemb. Forstl. VersAnstalt. 1, S. 25-34, 1928. — EBERL, B.: Die Eiszeitfolge im nördlichen Alpenvorlande. Augsburg, 1930. — EIDMANN: Wasserhaushalt von Buchen- und Fichtenbeständen. Allg. Forstzeitschr. 17, S. 68, 1962. — FLURY, Ph.: Über Zuwachs und Ertrag reiner und gemischter Bestände. Schweiz. Zeitschr. Forstwesen. 77, S. 337-342, 1926. — FLURY, Ph.: Untersuchungen über Zuwachs, Massen- und Geldertrag reiner und gemischter Bestände. Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Verswes. 16, S. 452-472, 1931. — FREIST, H.: Untersuchungen über den Lichtungszuwachs der Rotbuche und seine Ausnutzung im Forstbetrieb. Forstwissensch. Forschungen. 17, 1962. — GANGHOFER: Praktischer Holzrechner. 6. Aufl. Augsburg, 1939. — GATER, K.: Der gemischte Wald,

seine Begründung und Pflege, insbesondere durch Horst- und Gruppenwirtschaft. Berlin, 1886. — GÖHRE, K., und GÖRZE, H.: Untersuchungen über die Rohwichte des Rotbuchenholzes. Archiv Forstwes., 1956. — GRUNDNER-SCHWAPPACH: Massentafeln. 10. Aufl. Berlin, Hamburg, 1952. — HARTIG, R.: Über die Verteilung der organischen Substanz, des Wassers und Lufttraumes in den Bäumen und über die Ursache der Wasserbewegung in transpirierenden Pflanzen. Berlin, 1882. — HARTIG, R.: Das Holz der deutschen Nadelwaldbäume. Berlin, 1885. — HARTIG, R.: Das Fichten- und Tannenholz des Bayerischen Waldes. Centralbl. f. d. gesamte Forstwesen. 14, S. 357–364, S. 437–442, 1888. — HARTIG, R.: Holzuntersuchungen. Altes und Neues. Berlin, 1901. — HARTIG, R., und WEBER, R.: Das Holz der Rothbuche in anatomisch-physiologischer, chemischer und forstlicher Richtung. Berlin, 1888. — HILDEBRANDT, G.: Untersuchungen an Fichtenbeständen über Zuwachs und Ertrag reiner Holzsubstanz. Berlin, 1954. — HOFMANN, F.: Mischungen von Buchen mit Nadelholz, insbesondere mit der Fichte und Tanne. Allg. Forst- u. Jagdztg. 99, S. 273–281, 1923. — JONSSON, B.: Yield of mixed coniferous forests. Medd. f. Stat. Skogsforskningsinst. 50, S. 1–143 (Stockholm), 1961. — KENNEL, R.: Der Einfluß einiger Baumdimensionen auf den Volumenzuwachs von Einzelbäumen im Bestand. Mitt. Staatsforstverwalt. Bayerns. 34, S. 82–91, 1964. — LOREY, T.: Mischbestände aus Fichte und Buche. Allg. Forst- u. Jagdztg. 72, S. 9–12, 1896. — LOREY, T.: Mischbestände aus Fichte und Buche. Allg. Forst- u. Jagdztg. 78, S. 41–46, 1902. — MAGIN, R.: Struktur und Leistung mehrschichtiger Mischwälder in den Bayerischen Alpen. Mitt. Staatsforstverwalt. Bayerns. 30, S. 1–161, 1959. — MAYER, R.: Kronengröße und Zuwachsleistung der Traubeneiche auf süddeutschen Standorten. Teil II. Allg. Forst- u. Jagdztg. 129, S. 151–163, 1958. — MITSCHERLICH, G.: Untersuchungen in Plenterwäldern des Schwarzwaldes. Allg. Forst- u. Jagdztg. 132, S. 61–73 u. S. 85–85, 1961. — PECHMANN, H. v.: Die Auswirkungen

der Wuchsgeschwindigkeit auf die Holzstruktur und die Holzeigenschaften einiger Baumarten. Schweiz. Zeitschr. f. Forstwes. 11, S. 615–647, 1958. — PECHMANN, H. v.: Die Struktur des Holzes als Qualitätsmerkmal. Allg. Forstzeitschr. 16, S. 567, 1961. — PECHMANN, H. v.: Die Holzeigenschaften der Rothbuche im inneren Bayerischen Wald. Mitt. Staatsforstverwalt. Bayerns. 34, S. 229–249, 1964. — PRIEHÄUSSER, G.: Der Nachweis der Eiszeitwirkungen im Bayerischen Wald mit Hilfe von Schuttauabildungen. Geolog. Blätter f. Nordostbayern. 3, S. 81–91, 1951. — PRIEHÄUSSER, G.: Beitrag zur Frage der Vorwüchsigkeit von Fichte und Buche im Bayerischen Wald. Forstwiss. Cbl. 71, S. 169–181, 1952. — PRIEHÄUSSER, G.: Die eiszeitlichen Schuttdecken des Bayerischen Waldes und ihre Bedeutung für die Forstwirtschaft. Jahresbericht d. Bayer. Forstvereins, S. 57–63, 1953. — PRODAN, M.: Messung der Waldbestände. Frankfurt, 1951. — SCHRIEL, W.: Geologie des Harzes. Hannover, 1954. — SCHWAPPACH, A.: Untersuchungen in Mischbeständen. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen. 41, S. 313–332, 1909. — SIOSTRZONK, E.: Radialzuwachs und Flächenzuwachs. Forstwiss. Cbl. 77, S. 237–253, 1958. — STERN, K.: Einfluß der Höhe am Stamm auf die Verteilung der Raumdichte des Holzes in Fichtenbeständen. Holzforsch. 17, S. 6–12, 1963. — TRENDELENBURG, R., und MAYER-WEGELIN, H.: Das Holz als Rohstoff. 2. Aufl. München, 1955. — WIEDEMANN, E.: Der gleichaltrige Fichten-Buchen-Mischbestand. Mitt. a. Forstwirtschaft u. Forstwissenschaft. 13, S. 1–88, 1942. — WIEDEMANN, E.: Der Vergleich der Massenleistung des Mischbestandes mit dem Reinbestand. Allg. Forst- u. Jagdztg. 119, S. 123–132, 1943. — WIMMENAUER: Zur Frage der Mischbestände. Allg. Forst- u. Jagdztg. 90, S. 90–93, 1914. — ZIMMERLE, H.: Zur Mischbestandsfrage. Allg. Forst- u. Jagdztg. 121, S. 20–29, 1949. — ZÖTTL, H., und KENNEL, R.: Ernährungszustand und Wachstum von Fichten-Altbeständen nach Ammoniakgas- und Stickstoffsaldüngung. Forstwiss. Cbl. 82, S. 76–100, 1963.

Buchbesprechungen

Vorträge der Hochschulwoche 1963 der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen. Schriftenreihe der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen. Band 33. J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main. 290 Seiten mit 55 Abbildungen und 20 Tabellen. Kartoniert 28,80 DM.

Die Forstlichen Fakultäten und Abteilungen Westdeutschlands haben miteinander abgesprochen, alle drei Jahre im Wechsel eine Hochschulwoche zu veranstalten. So fand im Herbst 1963 wiederum eine Hochschulwoche in Hann. Münden statt.

Aufgabe dieser Hochschulwochen ist es, einen Überblick über die Forschungsarbeit der letzten Jahre zu geben und den Forstmännern aus der grünen Praxis damit den Stand der Wissenschaft in den einzelnen Fachgebieten vor Augen zu führen und sie mit den neuesten Erkenntnissen vertraut zu machen. Es liegt auf der Hand, daß es sich dabei nicht um die vollständige Darstellung des ganzen Wissens in einem Fachgebiet handeln kann, sondern daß die eng bemessene Zeit nur die Darstellung von Spezialfragen und begrenzten Teilausschnitten zuläßt. Doch bietet auch ein solcher Ausschnitt der Praxis häufig reiche Anregung. Die Diskussion im Hörsaal und noch mehr die im engeren Kreis der an der Frage besonders Interessierten gibt wiederum der Forschung vielfältige, neue Impulse.

So ist denn auch die Veröffentlichung über die Vorträge bei der Hochschulwoche von Hann. Münden 1963 ein bunter Blütenstrauch aus der Fülle der forstlichen Forschungsgebiete. 26 Vorträge stellen für Vortragende und Hörer eine beachtliche Leistung dar. Es würde zu weit führen, sie hier im einzelnen aufzuführen. Wer einen Einblick in die Forschungsarbeit der Forstlichen Institute von Hann. Münden erhalten will, nehme den Band in die Hand. Er wird viel Interessantes darin finden und nicht enttäuscht werden. (G. MITSCHERLICH)

Die Untersuchung der Böden. Band I. Von H. J. FIEDLER. 235 S., 83 Abb., 16 Tab., 26 Übers., 4 Nomogr. 28,30 DM. Verlag Th. Steinkopf, Dresden und Leipzig.

Mit dem zweibändigen Werk „Die Untersuchung der Böden“ von H. J. FIEDLER erscheint nach langer Pause wieder eine praxisnahe Anleitung für bodenkundliche Untersuchungen im Gelände und im Labor in deutscher Sprache auf dem Büchermarkt. Der erste Band enthält im ersten Abschnitt Anleitungen

für die Geländearbeit und im zweiten Abschnitt Untersuchungsverfahren zur Bestimmung der physikalischen Bodeneigenschaften im Laboratorium.

In seinem Vorwort schreibt der Verfasser, daß das Buch in seinem Umfang eine Mittelstellung zwischen einem bodenkundlichen Praktikum und einem Methodenbuch einnehme. Das ist zumindest für den Abschnitt I etwas untertrieben, denn diese Anleitungen zu Arbeiten im Gelände gehen weit über das hinaus, was bisher in Methodenbüchern geboten wurde. Für die Standortsansprache, die Bodenansprache, die Bestimmung der bodenbildenden Gesteine und Minerale, die Charakterisierung von Bodenart, Bodengefüge, Wasser- und Lufthaushalt, die Beurteilung der Biozönose, der biologischen Bodenverhältnisse, der Durchwurzelung, der Humuseigenschaften werden ebenso gründliche Anleitungen gegeben wie für die Anlage von Profilgruben, die Entnahme und Konservierung von Bodenproben bzw. ganzen Profilen, die Profilbeschreibung und die Bodenkartierung. Bestechend ist die klare Sprache und die gute Gliederung des Stoffes ebenso, wie die Bereicherung des Textes durch zahlreiche Hilfstabellen, Auswertungsbeispiele und die Angabe der jeweils notwendigen Ausrüstungsgegenstände.

Im zweiten Abschnitt sind alle zur Zeit gebräuchlichen physikalischen Untersuchungsmethoden näher beschrieben oder doch wenigstens durch Hinweis auf die einschlägige Spezialliteratur angeführt. Es werden Anleitungen zur Untersuchung des spez. Gewichtes, des Raumgewichtes, des Porenvolumens, der Kornzusammensetzung, der Wasserkapazitäten und des Wassergehaltes, der Aggregatstabilität, der Plastizität sowie der Zusammensetzung der Bodenluft an Bodenproben gegeben. Auch hier ist hervorzuheben die genaue Beschreibung des Arbeitsganges, sowie die gut verständliche, durch zahlreiche Zeichnungen und Abbildungen unterstützte Erläuterung der notwendigen Apparaturen und ihrer Funktionsweise. Auch auf diesem Sektor ist ein großer Fortschritt gegenüber der Darstellungsweise in älteren Methodenbüchern zu verzeichnen.

Der Band I der Untersuchung der Böden von FIEDLER kann daher als Handbuch für die praktische Tätigkeit allen im Gelände tätigen Standortkundlern und Bodenkundlern sowie allen Wissenschaftlern, die praxisnahe Untersuchungen der physikalischen Bodeneigenschaften im Labor durchzuführen haben, bestens empfohlen werden. Für die interessierten Studenten ist dieser Band eine ausgezeichnete Einführung in die bodenkundliche Arbeitspraxis. (H. MOLL)