

## Der Zuwachs im Verjüngungsstadium

### Waldbauliche Probleme in ertragskundlicher Sicht\*

Von ERNST ASSMANN

Die Ertragskunde, aus deren Sicht hier waldbauliche Probleme beleuchtet werden sollen, ist ein junges Teilgebiet der Forstwissenschaft und als gesondertes Lehrfach noch keine 30 Jahre alt.

Es ist die allgemeine Aufgabe der Forstwissenschaft, das Netz der vielfältigen Wechselbeziehungen zu durchleuchten, welche zwischen der Lebensgemeinschaft Wald und der menschlichen Gesellschaft bestehen. Einmal müssen die Grundvorgänge untersucht werden, welche die organische Produktion im Walde, den Holzzuwachs und damit den Ertrag bedingen. Zum anderen sind die Bedürfnisse der menschlichen Gesellschaft, also die Anforderungen an den Wald, nach ihrer Dringlichkeit abzuwägen, und es ist danach eine optimale biologische Technik der Waldbehandlung zu entwickeln. Diese muß geeignet sein, die menschlichen Bedürfnisse — im weitesten Sinne — bestmöglich zu befriedigen, ohne dem Wald zu schaden und seine Produktionskraft zu vermindern.

Dieser allgemein gestellten Aufgabe versuchen heute die einzelnen Fächer von einem jeweils typischen Standpunkt aus und mit so gegebener bestimmter Blickrichtung zu dienen. Standpunkt und Blickrichtung sind auch heute noch unverkennbar von der historischen Entwicklung der Einzelfächer bestimmt.

Die Ertragskunde ist aus dem Forstlichen Versuchswesen hervorgegangen, das seit 1872 planmäßig bemüht ist, mittels langfristig beobachteter Versuche die Ertragsleistungen der wichtigsten Baumarten und die Auswirkungen bestimmter Behandlungsweisen auf Zuwachs und Ertrag zahlenmäßig zu erfassen. So ist der Ertragskunde eine primär quantitative Beobachtungs- und Forschungsweise vorgezeichnet. Das ist sozusagen ihre Stärke; denn letztlich ist es ja die zahlenmäßige Höhe des Zuwachses, welche den Holzertrag nach Volumen und, je nach der Ausformung und Qualität der geernteten Holzmengen, den Ertrag in Geld bedingt. Ohne Kenntnis der wirklichen und der jeweils standörtlich möglichen Ertragsleistungen ist eine nachhaltige Regelung des Ertrages ausgeschlossen. Ohne Kenntnis der Auswirkungen bestimmter forsttechnischer Behandlungsweisen kann eine optimale Waldbautechnik nicht entwickelt werden.

Es ist kein Zufall, daß man heute auch in den Grundwissenschaften, so in der Botanik und speziell auf dem Gebiete der Pflanzenphysiologie, immer mehr zu einer quantitativen Betrachtungsweise übergeht. Hier bestehen offenbar Zusammenhänge mit dem raschen Wachstum der Erdbevölkerung, das uns zwingt, auf lange Sicht die landwirtschaftliche Produktion zu steigern und die bestehenden Produktionsmöglichkeiten mengenmäßig zu erfassen. So hat sich z. B. das 1961 angelaufene „Internationale Biologische Programm“ u. a. zur Aufgabe

\* Nach einem Vortrag vor dem Österreichischen Forstverein in Villach (23. 6. 1965).

gestellt, die Produktivität von Landbiozöosen zu untersuchen. Hierbei soll sowohl die photosynthetische Primärproduktion untersucht werden wie auch die Sekundärproduktion der Organismen, welche sich die pflanzliche Produktion zunutze machen. Die Ertragskunde von heute interessiert sich nicht nur für den Holztrag, der ja nur einen bescheidenen Rest der Bruttoproduktion im Walde ausmacht. Rechnet man die  $\text{CO}_2$ -Mengen, welche von den Blättern photosynthetisch gebunden werden, in äquivalente pflanzliche Trockensubstanz um, so gehen nach dem bekannten Produktionsspektrum von MAR-MÖLLER (1954), das auf der Produktionsgleichung von BOYSEN-JENSEN aufbaut, in einem Buchenbestand im groben Durchschnitt 20% durch Atmung der Blätter, 25% durch Atmung von Stamm, Zweigen und Wurzeln und weitere 20% durch Blattfall, Ast- und Wurzelverlust wieder verloren, so daß im Zuwachs der Bäume nur ein rundes Drittel der Bruttoproduktion übrigbleibt. Was die Atmungsverluste des Baumkörpers anlangt, so ist noch besonders bemerkenswert, daß sie mit abnehmendem Durchmesser der Äste stark ansteigen. Breite Kronen mit einem ausgedehnten Sproßsystem veratmen also einen beträchtlichen Anteil des Assimilationsgewinnes der Blätter und Nadeln.

Bei einem derart hohen Anteil der Verlustgrößen an der Bruttoproduktion ist es geboten, die ökologischen Bedingungen dieser Grundvorgänge durch Gasaustauschmessungen an den Bäumen im Bestand zu klären. Assimilation und Transpiration von Bäumen unterschiedlicher sozialer Stellung sowie von verschiedenen Teilen ihrer Krone müssen untersucht werden. Erste Messungen dieser Art verdanken wir PISEK und TRANQUILLINI (1954). Verbindet man diese Messungen mit sorgfältiger Registrierung der gleichzeitigen Volumenzuwächse, so können durch Kombination gasanalytischer Methoden mit exakten ertragskundlichen Zuwachsmessungen wichtige Grundfragen der forstlichen Produktionstechnik endlich geklärt werden.

In dieser weitgespannten und auf die Grundprobleme zielenden Forschungskonzeption unterscheidet sich die forstliche Ertragskunde vom forstlichen Versuchswesen. Dieses hat bisher überwiegend engbegrenzte und zweckbetonte Fragestellungen bearbeitet. So schrieb der Verfasser bereits in der „Silva“ 1936: „Eine neuzeitlich ausgerichtete Waldertragslehre wird über die bislang mehr oder weniger beschränkte Fragestellung des forstlichen Versuchswesens hinaus vorstoßen müssen an die Wurzeln der vielen ungelösten ertragskundlichen Probleme...“ (ASSMANN 1936).

Da der Zuwachs im Verjüngungsstadium vor allem von dem Ausmaß abhängt, in welchem der Mutterbestand aufgelichtet wird, soll einiges über den Zusammenhang zwischen Bestockungsdichte und Holzzuwachs vorausgeschickt werden.

### I. Bestockungsdichte und Holzzuwachs

Daß hierüber heute noch zum Teil unterschiedliche Meinungen bestehen, hat zwei Hauptgründe. Erstens fehlte es bis vor 15 Jahren an einem brauchbaren quantitativen Maßstab für die Stärke der geübten Eingriffe, und zweitens hat man den systematischen Einfluß nicht beachtet, der von gesetzmäßigen Abänderungen der Wachstumsrhythmen ausgeht, vom Effekt der Wuchsbeschleunigung.

Als gut brauchbares quantitatives Maß hat sich inzwischen die vom Verfasser (ASSMANN 1949) vorgeschlagene mittlere Grundflächen-Haltung (mGH) bewährt. Sie geht aus von den Grundflächen jeweils in der Mitte der Zuwachs-Perioden. Mit den Längen der Zuwachs-Perioden als Gewichten versehen, vermag sie die mittlere Bestockungsdichte während beliebig langer Beobachtungszeit-

räume zutreffend wiederzugeben. Die Bestandesgrundfläche hat als Summe der Querschnittsflächen der Bäume in Brusthöhe gegenüber anderen Meßgrößen Vorrang. Sie ist eine augenscheinliche Größe. Wenn eine Wiese gemäht wird, haben wir in den Querschnitten der Gräser und Kräuter einen ähnlichen Ausdruck für die Bestockungsdichte dieser Pflanzengemeinschaft. Deren Beschreibung und die dichten Schluß der Blattschichten gegenüber durch den mehr oder weniger physiologischen Bedeutung: Bei den „zerstreuporigen“ Holzwäachsen wird diese Querschnittsfläche zu einem mehr oder weniger großen Teil von Jahresringen mit noch wasserleitungs-fähigen Gefäßen, den „Splintringen“, gebildet. Eine Gipfelung des laufenden Volumenzuwachses wird bei diesen Bäumen erst möglich, wenn eine maximale Splintfläche gebildet worden ist. Auch ist ja die Grundfläche leicht und exakt meßbar, dabei näherungsweise unerreicht schnell mit dem bekannten Spiegelrelaskop von BRITTELICH.

Die bestehenden gesetzmäßigen Zusammenhänge zwischen mittlerer Grundflächenhaltung und Zuwachs konnten vom Verfasser bisher an einer Reihe von Durchforstungsversuchen nachgewiesen werden, die lange genug beobachtet sind, in der Eingriffsstärke genügend gestaffelt wurden und eine Fläche ohne aktive Durchforstung (A-Fläche) enthalten. Die Zusammenhänge manifestieren sich in mehr oder weniger ausgeprägten Optimierungskurven. Mit ihrer Hilfe läßt sich eine optimale GH bestimmen, bei welcher jeweils der höchste Zuwachs geleistet wird, und eine kritische GH, bei welcher gerade noch 95% des optimalen Zuwachses erreicht werden. Die A-Fläche, in welcher höchstens absterbende Bäume entnommen sein dürfen, repräsentiert die maximale GH, d.h. die jeweils standörtlich höchstmögliche Grundfläche lebender Bäume. Diese hat so einen hohen ökologischen Weiserwert und ist eng korreliert mit dem Ertragsniveau, d.h. der Gesamtwuchsleistung für gegebene Bestandeshöhen. (Vgl. dazu „Waldertragskunde“, S. 224 ff., ASSMANN 1961.) Beziehen wir die Absolutwerte der mGH auf die jeweilige maximale GH, so kommen wir zu natürlichen Bestockungsgraden, speziell zu optimalen und kritischen natürlichen Bestockungsgraden.

In Abb. 1 sind die Zusammenhänge für die schwedische Fichten-Versuchsreihe Dalby (CARBONNIER 1937) dargestellt, und zwar in relativen Werten, bezogen auf die hier völlig undurchforstet gebliebene Fläche I. Die Flächen II bis IV wurden einer mäßigen bzw. starken bzw. sehr starken Niederdurchforstung unterworfen. In der ersten Zuwachs-Periode haben wir infolge fehlender Stafflung der Eingriffsstärke keine eindeutige Reaktion. In der zweiten Zuwachs-Periode dagegen mit bedeutender Stafflung der Eingriffsstärke zeigt sich eine klare Reaktion in einer schönen Optimierungskurve mit starker Krümmung. Der optimale Bestockungsgrad beträgt danach 0,75, der kritische 0,59, bezogen auf eine maximale GH von 56,8 qm. In der nächsten Zuwachs-Periode verflacht die Optimierungskurve; der optimale BG erhöht sich auf 0,91, der kritische auf 0,77. In den beiden letzten Zuwachs-Perioden nähert sich der optimale BG immer mehr dem Wert 1,0, während der kritische BG mit 0,75 bzw. 0,78 etwa gleichbleibt.

Dieses Verhalten ist typisch für alle früh genug genug begünstigten und lange genug beobachteten Fichten-Durchforstungsversuche. Der bedeutende Zuwachsausschlag in der zweiten Zuwachs-Periode ist eine Folge der Wuchsbeschleunigung. Der natürliche Zuwachsablauf der Bäume ist charakterisiert durch einen langsamen Anstieg in der Jugend, dem der mächtige Aufschwung zum Gipfel in der Phase der Voll-

kraft folgt, und durch allmählichen Abschwung in der Phase des Alters. Erfahren Bäume, die sich am Beginne der Vollkraftphase befinden, eine Wachsbegünstigung, etwa durch eine frühe Durchforstung, so durchlaufen sie den Aufschwung zum Gipfel rascher. Infolge dieser Beschleunigung des natürlichen

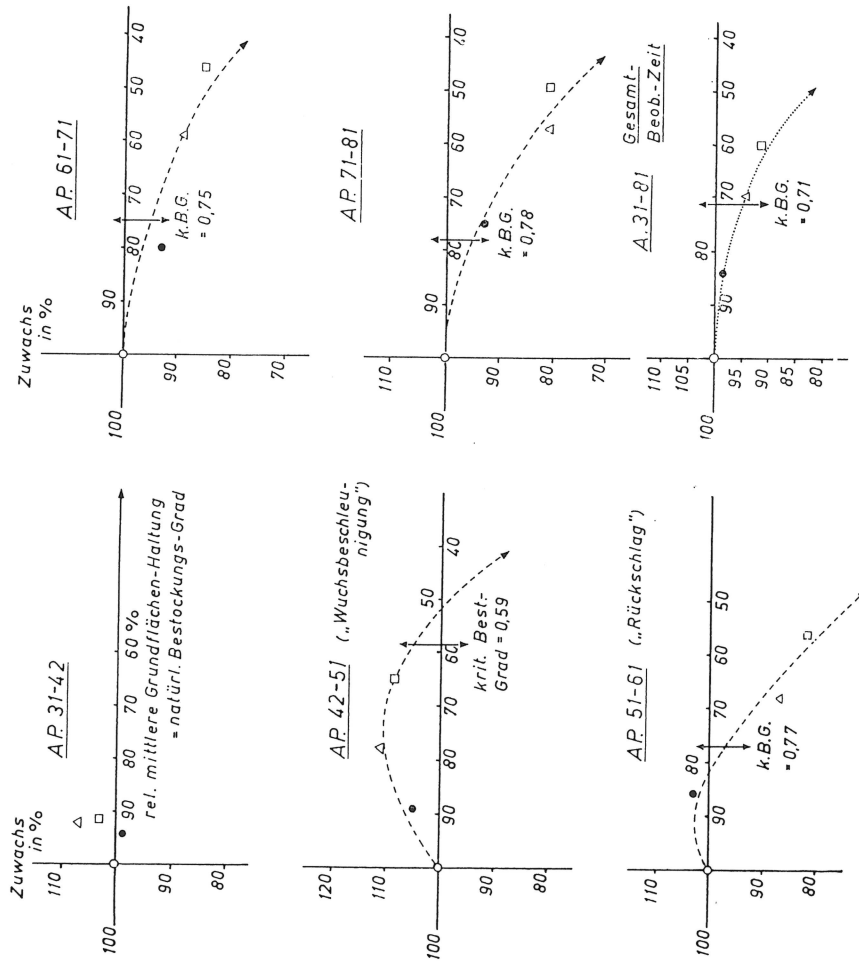


Abb. 1. Natürlicher Bestockungsgrad und Zuwachs bei der schwedischen Fichten-Durchforstungsreihe Nr. 54, DALBY (Carbomnier 1957)

lichen Wachstumsablaufes gewinnen sie eine vorübergehende Zuwachsüberlegenheit gegenüber Bäumen in schwächer durchforsteten Beständen. Daß es sich hier tatsächlich um eine Rhythmusänderung handelt, beweist der Vergleich des Ablaufes von durchschnittlichem und laufendem Zuwachs der beiden Flächen I und III in Abb. 2. Die Kulmination des laufenden Zuwachses tritt bei Fläche III rd. 10 Jahre früher ein; der durchschnittliche Zuwachs bleibt über einen längeren Zeitraum hin praktisch gleich.

Bei der Rotbuche dauert die beschleunigungsempfängliche Altersphase bis in höhere Alter an, etwa bis zum Alter 80. So lassen sich die unzutref-

fenden Folgerungen aus Durchforstungsversuchen leicht erklären: Wird ein früh begonnener Versuch nur kurze Zeit beobachtet, so wird man eine Überlegenheit der starken Durchforstung folgern. Da die Gesamtwachstumsleistungen unterschiedlich behandelter Flächen über eine längere Zeitspanne hin ziemlich gleichbleiben, wird man nach längerer Beobachtung, bei Fichte etwa bis zum Alter 60, zum Ergebnis kommen, daß die Stärke der Durchforstung praktisch ohne Einfluß auf die Volumenleistung sei. Die gleiche Ansicht resultiert aus

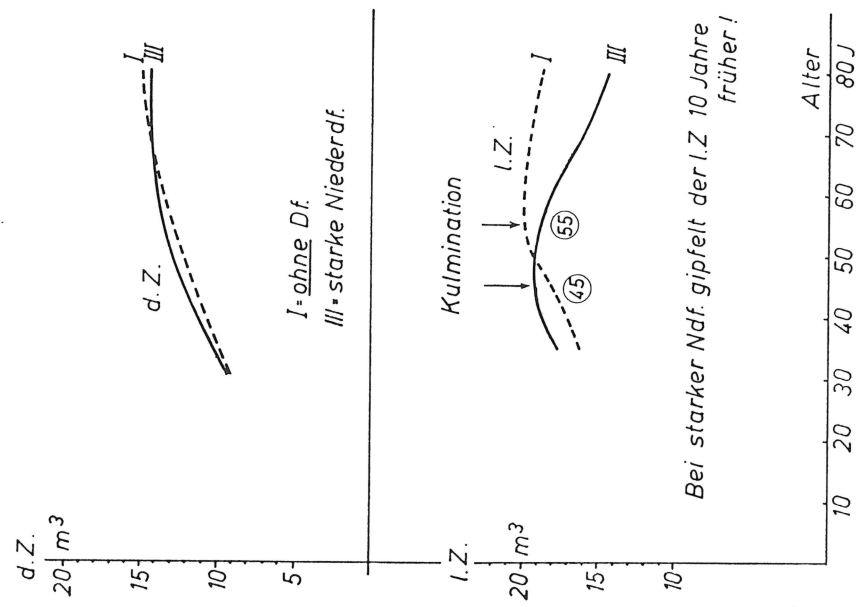


Abb. 2. Der Einfluß der Durchforstung auf den Wachstumsrhythmus. Schwedische Fichten-Versuchsreihe, DALBY (Carbomnier)

Versuchen, bei denen die Eingriffstärke nicht genügend gestaffelt war oder bei denen mit grober Methodik der Zuwachsmessung gearbeitet wurde. Die waldbaulichen und betriebswirtschaftlichen Folgerungen aus diesen neuen ertragskundlichen Erkenntnissen werden, je nach der holzwirtschaftlichen Lage eines Landes, unterschiedlich ausfallen müssen. Länder mit geringen Holzvorräten und guten Absatzmöglichkeiten für schwache Sortimente werden frühe und starke Durchforstungen sowie niedrige Umtriebszeiten von 60 bis 70 Jahren bevorzugen, dies zumal, wenn Rotfäule früh auftritt.

Länder mit alter Forstkultur und mittleren bis hohen Holzvorräten sowie üblichen Umtriebszeiten für Fichte von 80 bis 120 Jahren, zu denen auch Österreich gehört, werden gut daran tun, im Regelfalle mäßig zu durchforsten und mit stärkeren Eingriffen in ältere Fichtenbestände erst zu beginnen, wenn die Verjüngung planmäßig eingeleitet werden soll.

Denn in solchen älteren Beständen liegt die optimale Grundfläche nahe an der maximalen; der optimale Bestockungsgrad liegt nahe bei 1,0. Den etwa ein tretenden Zuwachsverlusten entsprechenden hohen geldwerte Ertragsausfälle.

Auf Standorten mit ausgeprägten Schnebruch- und Windgefahren sind frühe und kräftige Durchforstungen angebracht. Diese sind aber auch hinsichtlich etwaiger Zuwachsminderungen unbedenklich, da sie ja noch in die beschleunigungsempfindliche und besonders zuwachsreaktibile Altersphase fallen. So setzen auch die neuen Fichtentragstafeln von Assmann-Franz (1963) recht kräftige Eingriffe vor der Zuwachsgipfelung voraus, um die Bestände schnee- und windfest erziehen zu können.

Die Möglichkeiten, weiterhin Fichtenholz besonders hoher Qualität in plenterartigen Bestandesformen, speziell in montanen und hochmontanen Lagen, heranzuziehen, sollten unbedingt wahrgenommen werden. Bezüglich der Behandlung naturnaher montaner Mischbestände wird auf die „Waldertragskunde“ des Verfassers (speziell S. 469) verwiesen. Die Ausführungen in diesem Aufsatz beziehen sich generell auf annähernd gleichaltrige Bestände und Forstbetriebe mit durchschnittlicher Schlagwaldstruktur, ohne extreme klimatische Verhältnisse.

Für diese gilt allgemein: Die unausbleiblichen Volumzuwachsverluste bei durchgehaltener starker Durchforstung können nur von solchen Baumarten durch höheren Qualitäts- und Wertzuwachs ausgeglichen werden, die von Natur aus große Unterschiede in der Schafgüte aufweisen und deren Holzerlöse auch bei größeren Durchmesser noch hinreichend ansteigen. Für diese Baumarten gelten besondere Erziehungs- und Behandlungsgrundsätze.

## II. Der Zuwachs im Verjüngungsstadium

Die natürliche Verjüngung von Waldbeständen verlangt aufmerksame Beobachtung, örtliche Erfahrung, Fingerspitzengefühl, Intuition, Beweglichkeit und — vor allem — große Geduld. Man darf hier ohne Übertreibung von hoher Waldbaukunst sprechen.

Die Theorie und Praxis der natürlichen Verjüngung ist ausgezeichnet durchgebildet (Gayer 1889, Köstler 1950, Vanselow 1931). Aber über einen wichtigen Punkt dabei besitzen wir nur unklare Vorstellungen, nämlich über die Zuwachseleistungen im Verjüngungsstadium. Während für den Waldbau der Beschirmungsgrad des Mutterbestandes in erster Linie maßgeblich ist, weil er als Regulator für das Ankommen des lichtbedürftigen Jungwachses benutzt werden muß, fragt die Ertragskunde darüber hinaus — sozusagen als unbequeme Fragende — nach dem wirklichen Zuwachs von Mutterbestand und Jungwuchs. Und für den Zuwachs des Mutterbestandes ist nicht dessen Beschirmungsgrad oder Kronenschluß, sondern der Bestockungsgrad maßgeblich. Daß dieser bei voller Beschirmung bedeutend verschieden sein kann, wußte schon Krafft (1884), der angibt, daß ein mit 80 Jahren stark gelichteter

Buchenbestand nach 30 Jahren bei vollem Kronenschluß erst wieder einen Bestockungsgrad von 0,60 erreicht.

Bezüglich des Volumenzuwachses von Buchenbeständen während der Verjüngungsperiode kommt Schwappach (1911) zu recht günstigen Ergebnissen. Diese sind aber nicht stichhaltig, weil sie an gelichteten Einzelbeständen ohne Parallelbeobachtung von geschlossenen gewonnen sind. Bei der Rotbuche liegen die Dinge wegen ihrer unerreichten Zuwachselastizität und dem hohen Wertzuwachs gutgeschaffter Bäume im Verjüngungsstadium sowie der Möglichkeit des Überhaltes ohnehin besonders günstig. Wie ist es aber bei den Nadelbäumen, speziell bei unseiner heutigen „Brotbaum“-Fichte? Hier kann über erste Ergebnisse vergleichender Versuche im Stiftungsforstamt Laugna berichtet werden. Herr Forstdirektor Weissker hat hier während seines Wirkens von 1950 bis 1965 auf großen Flächen reine Fichtenbestände erfolgreich natürlich verjüngt, die Jungwüchse mustergültig gepflegt und die Verjüngungen mit wertvollen Mischbaumarten angereichert.

### Standortverhältnisse im Forstamt Laugna

Das Fürstlich und Gräfllich Fuggersche Stiftungsforstamt Laugna liegt etwa 25 km nördlich von Augsburg in der schwäbischen Schotterriedel-Landschaft. Es ist bekannt geworden durch die Schrift von A. v. Kruedener „Lößlehm Böden und Fichtenreinbestandswirtschaft durch Generationen“ (Frankfurt 1943).

Bei einer Höhenlage von 450 bis 500 m betragen die Jahresniederschläge 700 bis 800 mm (Mai bis August 350 bis 400 mm), die mittlere Jahrestemperatur 7,4° C. Die diluvialen Deckenschotter sind auf weiten Flächen von Lößschichten wechselnder Mächtigkeit überdeckt. Die Böden werden so großenteils von mehr oder weniger vollständig entkalktem Lößlehm oder von Gemischen mit Deckenschotter gebildet. Der heutige Bodenzustand unter den ausgedehnten reinen Fichtenbeständen darf nicht einseitig der Fichte zur Last gelegt werden. Denn nach v. Kruedeners Ermittlungen war in Laugna die Streunutzung bis 1847 allgemein und uneingeschränkt üblich, bis 1923 eingeschränkt auf die über  $u/2$ -jährigen Bestände, und erst von 1923 ab wurde sie allgemein eingestellt. Hinzu kommen die bekannten negativen Auswirkungen der Grasnutzung (Phosphorsäureverarmung), die erst ab 1923 eingeschränkt wurde.

Die vom Institut des Verfassers bisher angelegten Probe- und Versuchsflächen in den Forstorten Seelache, Platte und Bestenholz sind beschränkt auf ebene bis sanft geneigte Lagen. Die 80- bis 90-jährigen Altbestände I./II. Höhenbonität nach Wiedemann bzw. der neuen Oberhöhenbonität 34 bis 36 nach Assmann-Franz (1963) stocken auf schwach bis mäßig degradiertem Lößlehm über Deckenschotter. Die entsprechende Standortseinheit ist der Carex-brizoides-Typ. Auf diesen Standorten sind Kahlschlagkulturen durch Seegraskonkurrenz, Spätfrost und Rindenwicklerbefall besonders gefährdet. Die Altbestände tragen heute noch unverkennbare Spuren verzögerten und lückigen Jungwuchses, wobei auch starker Wildverbiss (v. Kruedener) mitgewirkt haben dürfte, wie die zahlreichen Ankleber- und Zwieselstämme vermuten lassen.

### Ergebnisse der Probeflächenaufnahmen von Johann (1961)

Über Ergebnisse von Probeflächenaufnahmen in Verjüngungsbeständen berichtete Johann im Forstwissenschaftlichen Centralblatt 1964 in seiner Arbeit: „Volumen und Volumenzuwachs von Jungbeständen der Fichte.“ In dieser gab er u. a. eine von ihm konstruierte neue Volumen- und Formzahltafel für Durchmesser von 1 bis 7 cm und Höhen von 2 bis 6 m bekannt.

Die bisherigen Hauptergebnisse sind folgende: Die Zuwachseleistungen der Jungwüchse sind auch bei mäßiger Überschirmung unerwartet niedrig. So beträgt in der Probefläche B, wie aus der Tab. I hervorgeht, die bisherige Volumenleistung an mindestens 2 m hohen Jungwüchsen bis 1961 ins-



gesamt 9,5 fm/ha. Dabei betrug im Sommer 1961 die endliche Grundfläche des Mutterbestandes 15,4 qm/ha und der Beschirmungsgrad etwa 0,20. Übrigens vergrößert sich infolge des Einwachses in die untere Grenz-Höhenklasse 2,0 m die Stammzahl progressiv. In dem Zuwachs an Volumen in Tab. 1 stecken so beachtliche Teile von „Einwachs“.

**Tabelle 1. Entwicklung des Jungwachses in der Vfl. B 1958—1961, beschränkt auf Höhen von 2,00 m und mehr (Werte pro ha)**

Jahr	Stammzahl	Mittelhöhe m	Oberhöhe m	Zuwachs m	Volumen m <sup>3</sup>	Zuwachs an Vol. m <sup>3</sup>
1958	167	2,09	2,17	0,19	0,19	1,17
1959	975	2,20	2,36	0,38	1,37	3,10
1960	2717	2,44	2,74	0,40	4,46	5,04
1961	4908	2,70	3,14		9,50	

Andererseits steigt der Zuwachs des Jungwachses nach dessen völliger Freistellung sehr rasch an, wie die Erhebungen in Probefläche G beweisen (JOHANN 1964).

Diesen relativ geringen Leistungen des Jungwachses stehen recht hohe Zuwachsausfälle im gelichteten Mutterbestand gegenüber. In der

**Tabelle 2. Zuwachsleistungen geschlossener und aufgelichteter Fichtenbestände nach Probeflächen-Messungen von Johann (1961)**

Probefläche	Altersperiode (Kalenderjahr)	Mittlere Grundflächenhaltung m <sup>2</sup>	Jährlicher Zuwachs an Schaftholz fm	Vergleichswerte nach der E. T. von Assmann-Franz für volle Bestockung fm	reduziert fm
E	73—78 (1956—61)	51,9	22,9 (154 0/0)*	14,9	—
F	73—78 (1956—61)	54,6	17,4 (117 0/0)	14,9	—
A	79—84 (1956—61)	27,8	9,4 (122 0/0)	14,0	7,7
B	79—84 (1956—61)	22,6	8,9 (120 0/0)	14,0	7,4

Zuwachs am Jungbestand = 1,9 fm

\* Zahlen in Klammern = Prozentwerte bezogen auf die E. T.

Probefläche B wurde mittels sorgfältiger Bohrspan- und Stammscheibenmessungen, Höhenanalysen an gefällten Probestämmen, kombiniert mit Stubbenmessungen, für

die letzten Jahre vom Alter 54 bis 84 (Beginn stärkerer Eingriffe vor etwa 30 Jahren) ein Zuwachs von insgesamt 375 fm Schaftholz je Hektar ermittelt. Im gleichen Zeitraum wurde von der geschlossenen verbliebenen Verbleibefläche E ein Zuwachs von 574 fm und von der Probefläche F ein solcher von 510 fm geleistet. Danach errechnen sich Zuwachsausfälle von 199 bzw. 135 fm. Kalkuliert man den Zuwachsausfall mit Hilfe der neuen Ertragstafel, Bonität M 34, auf der Basis der von JOHANN rekonstruierten Grundflächenentwicklung, so kommt man auf einen Zuwachsverlust von 130 fm. Dabei ist zu beachten, daß die Zuwachswerte in Laugna während des letzten Jahrzehntes außergewöhnlich hoch liegen, und zwar 20 bis 50 % über den Sollwerten der neuen Ertragstafel. Die Tab. 2 bringt Zuwachswerte für das Jahrfünft 1956—1961. Die darin aufgeführten außergewöhnlich hohen Werte von 22,9 bzw. 17,4 fm für die Probeflächen E und F sind durchaus vertrauenswürdig. Ähnlich hohe Zuwächse berechnen sich nämlich auch für die Dauerversuchsflächen im Bestenholz (siehe weiter unten!). Die Klimagunst der Jahre seit 1954 mit besonders hohen Niederschlägen hat nach Beobachtungen auf bayerischen Standorten, die normalerweise nur Niederschläge von 700 bis 800 mm empfangen, außergewöhnliche, man möchte sagen säkulare Anhebungen des Stärken- und Höhenwachstums der Fichte gebracht. Übrigens wird der Höhenzuwachs durch stärkere Auflichtungen vermindert.

Die Qualität der Jungwuchse ist dank schonender Fälltechnik und sorgfältiger Pflege ausgezeichnet. Bei der letzten Jungwuchspflege im Spätherbst 1964 wurden nach freundlicher Messung und Mitteilung durch Herrn Forstdirektor WEISSER aus der Probefläche B entfernt (Zahlen je Hektar):

- \* rd. 4500 Fichten mit einer mittleren Höhe von 2,13 m,
- 320 Weiden, Birken, Aspen,
- 70 Buchen und Eichen,
- 25 Föhren und Lärchen.

Ergebnisse eingehender Qualitätsansprachen von JOHANN sind derzeit nicht greifbar; sie werden später veröffentlicht.

#### Bisherige Ergebnisse der Versuchsreihe 360 Bestenholz

Dieser Versuch wurde im Herbst 1958 von Forstdirektor WEISSER und dem Institut des Verfassers gemeinsam angelegt. Es sollten die Leistungen von Mutterbestand und Verjüngung nach dem von WEISSER entwickelten Verfahren (Fläche II) mit einer kahlschlagnäheren Form der Bestandesverjüngung (Fläche I) verglichen werden, wobei der Mutterbestand in Fläche I möglichst lange dicht geschlossen gehalten werden sollte.

Wie die Legeskizze des Versuches in Abb. 3 erkennen läßt, sind beide Unterflächen 75 m breit und 100 m lang, somit je 0,75 ha groß. Sie erstrecken sich in größter Tiefenausdehnung von NNO, dem Schlagrand, nach SSW zum dichteren Bestandesinneren.

In Fläche II wurde, nach eingeleiteter Verjüngung „von innen heraus“, über der fertigen Verjüngung von NNO her nur ganz langsam geräumt. Die Abb. 4 gibt eine Panoramaaufnahme dieser Fläche wieder, wobei die Kamera vom gelockerten Bestandesinneren her zum Rande hin geschwenkt wurde.

In der Vergleichsfläche I dagegen wurde bereits im Herbst 1958 ein 20 m breiter, 0,15 ha großer Randstreifen, auf dem sich schon Verjüngung eingefunden

hatte, völlig geräumt. Die natürliche Verjüngung wurde durch Pflanzung von Fichten und von Mischbaumarten in ähnlicher Weise ergänzt, wie das auch in Fläche II geübt wird. Die Verjüngung ist inzwischen vom Kahlsaum aus in den leicht gelockerten heutigen Bestandesrand hineingelaufen. Im kommenden Herbst wird hier wieder ein 15 m breiter Streifen geräumt werden.

#### Stand der Verjüngung auf den Unterflächen

Wie Abb. 3 erkennen läßt, wurde in beide Unterflächen ein je 30 m breiter und 60 m langer Probestreifen eingelegt, auf dem in je  $3 \times 5$  m großen Teilparzellen die Jungwüchse ausgezählt und auf einem 5 m breiten Teilstreifen die Höhen und Höhenzuwächse der jeweils drei höchsten Fichten jeder Teilparzelle

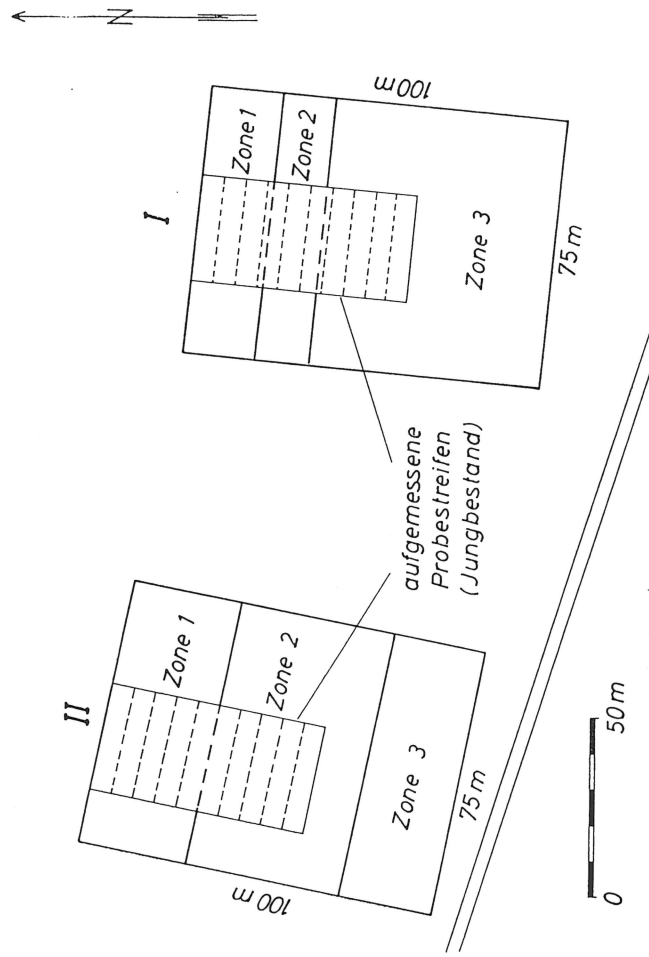


Abb. 3. Lageplan der Versuchsfläche Nr. 306 im Forstabschnitt Laugna, Abt. Bestenholz gemessen wurden. Die Abb. 5 bringt eine konzentrierte Darstellung des Ergebnisses. Die Basis der Rechtecke stellt die Anzahl der Jungwüchse pro Ar ( $\times 100 =$  pro Hektar), die Höhe deren ungefähre Mittelhöhe dar. Die Zahlenreihe oben bezeichnet den Beschirnungsgrad, der aus einer Kronenkarte berechnet wurde.

Nach Anzahl und Höhe der Verjüngung ist Fläche II deutlich überlegen; auch ist der hohe Anteil von Seegrass und Schlagunkräutern in Fläche I bemerkenswert.

Die erwähnte Kronenkarte wurde, nach einem von Forstmeister Dr. KENNEL entwickelten Verfahren, mittels photographischer Senkrechtaufnahmen vom Boden aus aufgenommen. Die Abb. 6 gibt einen Ausschnitt daraus wieder.

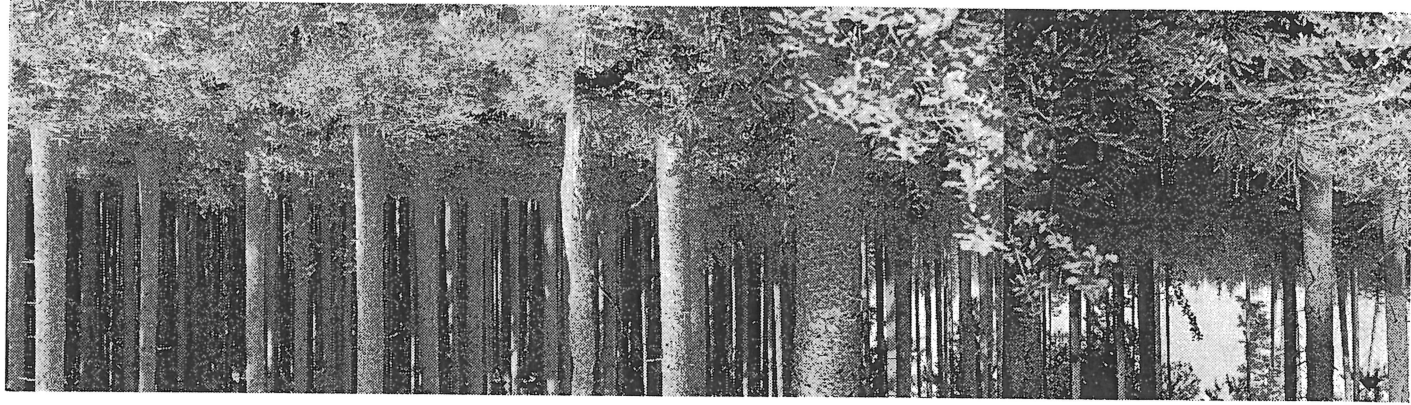
Über die Höhenentwicklung der jeweils drei höchsten Fichten gibt die Abb. 7 Auskunft. Sie läßt den entscheidenden Einfluß des Überschirmungs-

grades auf die Höhenwuchsleistung, insbesondere auch durch die Zunahme der Höhentrieblängen in den letzten drei Jahren, deutlich erkennen. Bezüglich der erreichten absoluten Höhen mußte noch das Alter der Jungwüchse genau festgestellt werden, was bisher noch nicht geschehen ist. In Fläche II ist die Reihe 20 im Probestreifen nicht mehr aufgenommen, weil sie außerhalb der Umzäunung liegt. Ab Reihe 20 haben wir auch hier die Überschirmung 0,0. Nach den Messungen von JOHANN würde einer erreichten Oberhöhe des Fichtenjungwuchses von 3,7 m eine bisherige Gesamtwuchseleistung von rd. 11 fm/ha, einer Oberhöhe von 2,5 m eine solche von etwa 1,5 fm entsprechen (Reihe 17/18).

#### Bestockungsdichte und Zuwachs des Mutterbestandes

Um die Auswirkungen unterschiedlicher Bestockungsdichte auf die Zuwachseleistungen des Mutterbestandes klar beurteilen zu können, wurden beide Unterflächen des Versuches in je drei Zonen mit typischer Bestandesstellung unterteilt. Die I a b. 3 bringt Angaben über die Bestockung nach der letzten Aufnahme 1965. Die Flächen der Zonen sind noch so groß, daß bei der geübten Aufnahmetechnik (Umfangmessung) noch zuverlässige Vergleichsergebnisse erzielt werden können.

Wie ersichtlich, sind Zone 2 und 3 in Fläche II weniger dicht bestockt und schwächer überschirmt als in Fläche I. Die Oberhöhenwerte (Höhe des Grundflächen-Mittelstammes der 100 stärksten Bäume pro Hektar) stimmen gut überein, so daß Vergleichsfähigkeit gegeben ist. Die etwas größere Oberhöhe in Fläche II geht wahrscheinlich auf ein etwas höheres Durchschnittsalter dieser Unterfläche zurück. Nach zahlreichen Jahrringzählungen an gefällten Probestämmen schwankt das Alter der Einzelbäume beträchtlich (Standardabweichung fast  $\pm 10\%$ ). Nach bisherigen Feststellungen können wir für Fläche I ein mittleres Alter (1965<sub>F</sub>) von 86 und für Fläche II ein solches von 89 Jahren annehmen.



Fläche II „Verfahren WEISSKER“

Längen = 1:10  
Höhen ≈ 1:2t

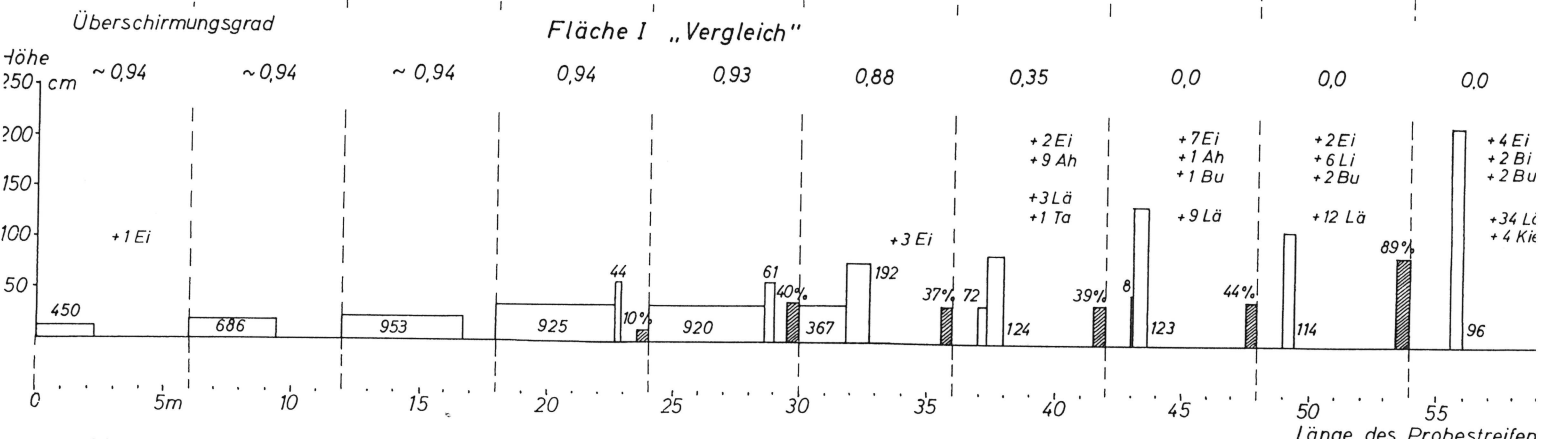
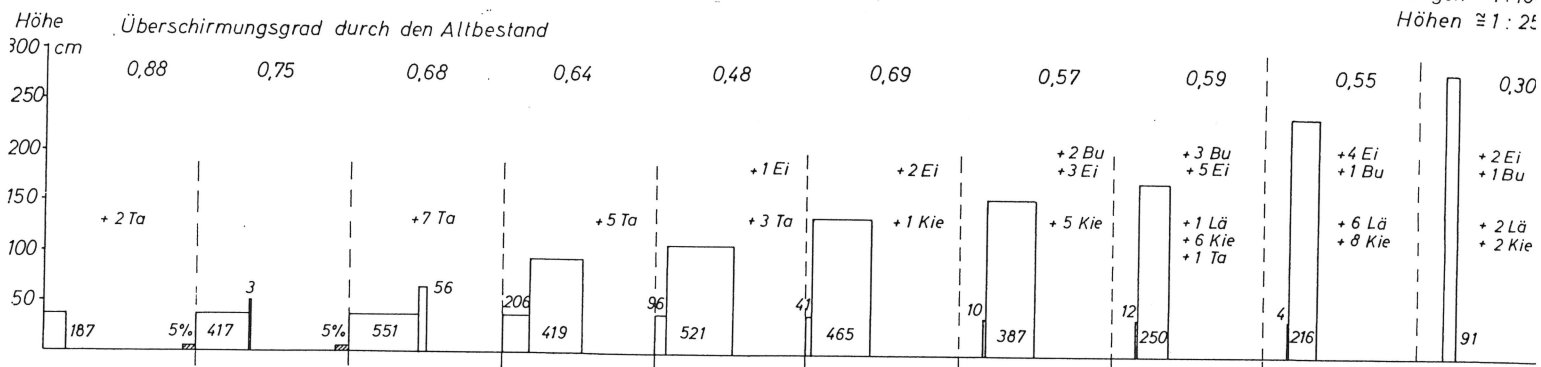


Abb. 5. Versuch Bestenholz, Stand der Verjüngung 1965. Pflanzenzahlen pro 1 a; Rechtecke = Fichten (links unter 50 cm Höhe), schraffierte Säulen = Arealprozent von Schlagunkräutern, spez. Seegras



E. Asmann: Der Zuwachs im Verjüngungsstadium

Abb. 6. Kronenkarte (Foto: Kennel)

Sehr aufschlußreich sind nun die Zuwachswerte an Grundfläche und Schaftvolumen für die 6jährige Zuwachperiode 1959F-1965F, die in Tab. 4 wiedergegeben werden. Da die Grundflächen über einzelstammweise Addition nach

Tabelle 3. Versuchsreihe 306 Bestenholz Zustand 1965F

Bezeichnung	Tiefe der Zone	Größe der Teilfläche	Überschirmungsgrad	Bestockung des Altbestandes			
				pro Teilfläche	pro ha	N	d <sub>m</sub>
	m	ha	grad	G	V <sub>s</sub>	V <sub>s</sub>	G
				m <sup>2</sup>	fm	fm	m <sup>2</sup>
Fläche I (Vergleich)	Mittleres Alter 86 Jahre	Zone I: 1959F geräumter Saum	0,00	—	—	—	—
		Zone 2: Lichte Randzone	0,1125	5,69	79,3	50,6	705
		Zone 3: Geschlossener Bestand	0,4875	27,20	378,2	55,8	776
Zusammen	100		0,7500	32,89	457,5	43,9	610
Fläche II (Verfahren Weisker)	Mittleres Alter 89 Jahre	Zone I: Sehr lichte Randzone	0,1500	6,62	94,4	29,4	420
		Zone 2: Lichte Zone	0,3250	13,23	188,2	40,7	579
		Zone 3: Geschlossener Bestand	0,2000	9,16	130,1	45,8	650
Zusammen	100,0		0,7500	29,01	412,7	38,7	550

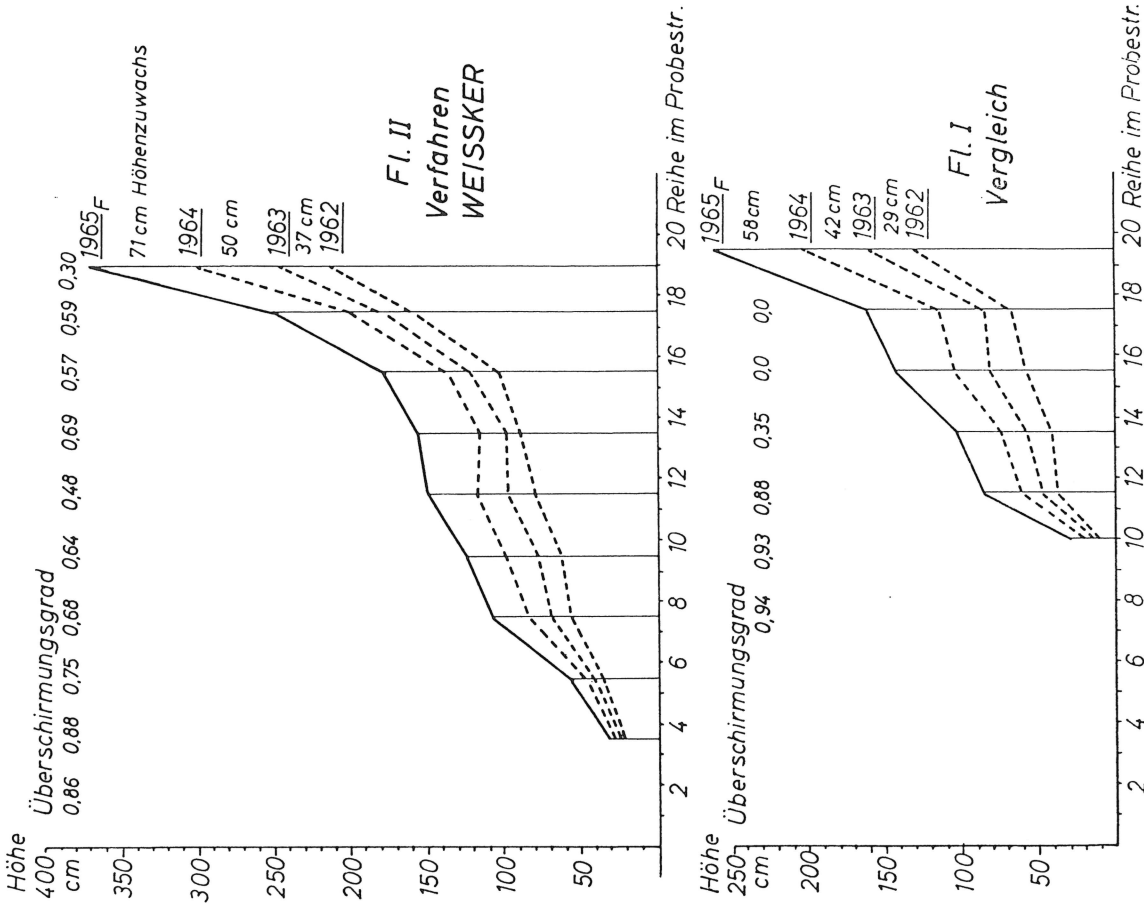


Abb. 7. Versuch Bestenholz. Höhenentwicklung der jeweils drei höchsten Fichten auf den Teilflächen (jeweils Mittel aus zwei Teilflächen)

sorgfältigen Umfangmessungen berechnet sind, dürfen sie als besonders zuverlässig gelten. Gleiches gilt für die Volumberechnungen, die auf sehr umfangreiche Höhenmessungen der gleichen Aufnahmeperson (Ing. BALLING) und sektionsweise Auf-



Tabelle 4. Versuchsreihe 306 Bestenholz  
Zuwächse 1959f—1965f (vorläufige Werte)

Bezeichnung	Mittlere Grundflächenehaltung		Über-schir-mungs-prozent 1965f		Zuwachs an Grundfläche		Zuwachs an Schaftholz		Vergleichswerte nach der Ertragstafel von Assmann-Franz, Bon. M 36*	
	m <sup>2</sup>	%	m <sup>2</sup>	%	m <sup>2</sup>	%	fm	%	fm	%
Zone 3: Geschlossener Bestand	52,5	100	94	1,065	100	22,1	100	0,94	14,9	100
Zone 2: Lichte Randzone	47,1	90	80	1,096	103	21,7	98	0,84	14,1	95
Fläche II (Vertahren Weibker)										
Zone 3: Geschlossener Bestand	44,4	85	87	0,871	82	19,8	90	0,79	13,5	90
Zone 2: Lichte Zone	40,3	70	79	0,889	83	19,4	88	0,72	12,6	85
Zone 1: Sehr lichte Randzone	30,5	58	53	0,675	63	14,4	65	0,54	9,4	62

\* Wegen der verzögerten Jugendentwicklung ist die Oberflächenbonität für das Alter 100 mit 36 einzusetzen. Für die A.-P. 80—85 beträgt die optimale Grundflächenehaltung etwa 56 m<sup>2</sup>, der optimale Zuwachs etwa 15,2 fm. Die relativen Zuwachsminderungen entsprechen befriedigend den Sollwerten nach den Zuwachs-Reduktionstafeln von Assmann-Franz (1963).

nahmen von rd. 80 Probestämmen gestützt werden können. Übrigens wurden die Berechnungen nach einem von Forstmeister Schmidt am Institut für Ertragskunde entwickelten Rechenprogramm vom Elektronenrechner IBM 7090 in Garching bewerkstelligt.

Es fallen auch hier wieder die geradezu sensationell hohen Absolutbeträge der Zuwächse ins Auge. Wer würde in einem 80- bis 90jährigen Fichtenbestand auf degradiertem Lößlehm laufende Volumenzuwächse von über 20 fm erwarten? Aber die Werte sind vertrauenswürdig. Es wurden z. B. 1958/59 die sämtlichen 52 Bäume des erwählten Räumungshiebes in Fläche I sektionsweise aufgenommen, durch Höhenanalysen die jährlichen Höhenzuwächse ab 1946 und mittels je zwei entnommener Bohrspäne die Grundflächenzuwächse der letzten zehn Jahre bestimmt. Für den 0,15 ha großen abgeräumten Bestandteil errechneten sich so für die Zuwachs-Periode 1954f—1959f bei einer mittleren GH von 30,5 qm jährliche Zuwächse pro Hektar von 0,970 qm an Grundfläche und 15,0 fm an Schaftholz. Dies erschien dem Verfasser erstaunlich, und er vermutete damals — außer der bekannten Klimagunst — einen stimulierenden Einfluß der Lichtungshiebe auf diesen Standorten, der über die Belebung der Bodentätigkeit wirksam werden könnte.

Daß ein solcher nicht gegeben ist, beweisen die jetzt gefundenen Zuwächse in den einzelnen Zonen der Unterflächen. Wenn die mittlere GH und der Zuwachs in der am dichtesten bestockten Zone 3 der Fläche I gleich 100 gesetzt werden, ergibt sich nämlich eine Abstufung der Zuwachsstufen an Schaftholz, wie sie nach den bisherigen Ergebnissen von Durchforstungsversuchen und nach der Theorie der Grundflächenehaltung des Verfassers zu erwarten ist. Mehr noch: Nach der neuen Ertragstafel von ASSMANN-FRANZ berechnet sich für die Vergleichsbonität M 36 eine optimale GH von etwa 56 qm und ein Zuwachs von 15,2 fm (31 %) niedriger als der hier in Fläche I, Zone 3, gefundene Zuwachs). Berechnet man nun mit Hilfe der Tafel-Bestockungsgrad, die zu erwartenden Zuwächse für die Zonen nach ihrem Tafel-Bestockungsgrad, so erhält man eine relative Staffelnung der Zuwachswerte, welche mit der relativen Staffelnung der gemessenen Zuwächse gut übereinstimmt.

Diese relativen Staffelnungen bedingen mit zunehmender Auflichtung des Mutterbestandes bedeutende absolute Zuwachsverluste, welche in der lichten Randzone von Fläche II immerhin den Betrag von 7,7 fm jährlich erreichen. Demgegenüber ist der Zuwachsbeitrag des Jungwuchses unbedeutend. Er würde übrigens noch weit niedriger ausfallen müssen, wenn sich der Jungwuchs nicht in Randstellung mit reichlichem Seitenlicht befände.

Jede Überschirmung bedingt erhebliche Herabminderungen der Zuwachsleistung. Das hat sich übereinstimmend bei allen bisherigen ertragskundlichen Untersuchungen herausgestellt, u. a. beim Überhaltbetrieb der Kiefer, wo die Zuwachsreduktionen der Unterschicht auch bei Überschirmungsgraden von nur 0,10 bis 0,15 belangvoll sind. (Vgl. dazu „Waldertragskunde“, S. 380, 382 ff.) Auch ist die Assimilationsleistung der Jungwächse nicht nur vom Lichtgenuß, also der Zufuhr photosynthetisch wirksamer Strahlung der Wellenlängen 0,32 bis 0,75  $\mu$  abhängig, sondern von der empfangenen Gesamtstrahlung. Die Transpiration erfordert nämlich einen dauernden Zustrom von Energie, der in geschichteten Beständen durch die Ober-

schicht wahrscheinlich stärker unterbunden wird (Zusammendrängen der Strahlungsalden im oberen Kronenraum, vgl. dazu BAUMGARTNER 1957), als es in der Helligkeit im unteren Bestandesraum zum Ausdruck kommt.

Diese vorläufigen Versuchsergebnisse erweisen nachdrücklich, daß Klarheit über die Zweckmäßigkeit bestimmter waldbaulicher Verfahrenweisen nur in vergleichenden Parallelversuchen auf vergleichbarem Standort gewonnen werden kann.

Von gewisser Seite werden solche Versuche abgelehnt, weil sie zu kleinflächig vorgenommen werden müßten, und demgegenüber der waldbauliche Großversuch, etwa nach dem Muster des Großversuches Bärenfels empfohlen. Man möchte

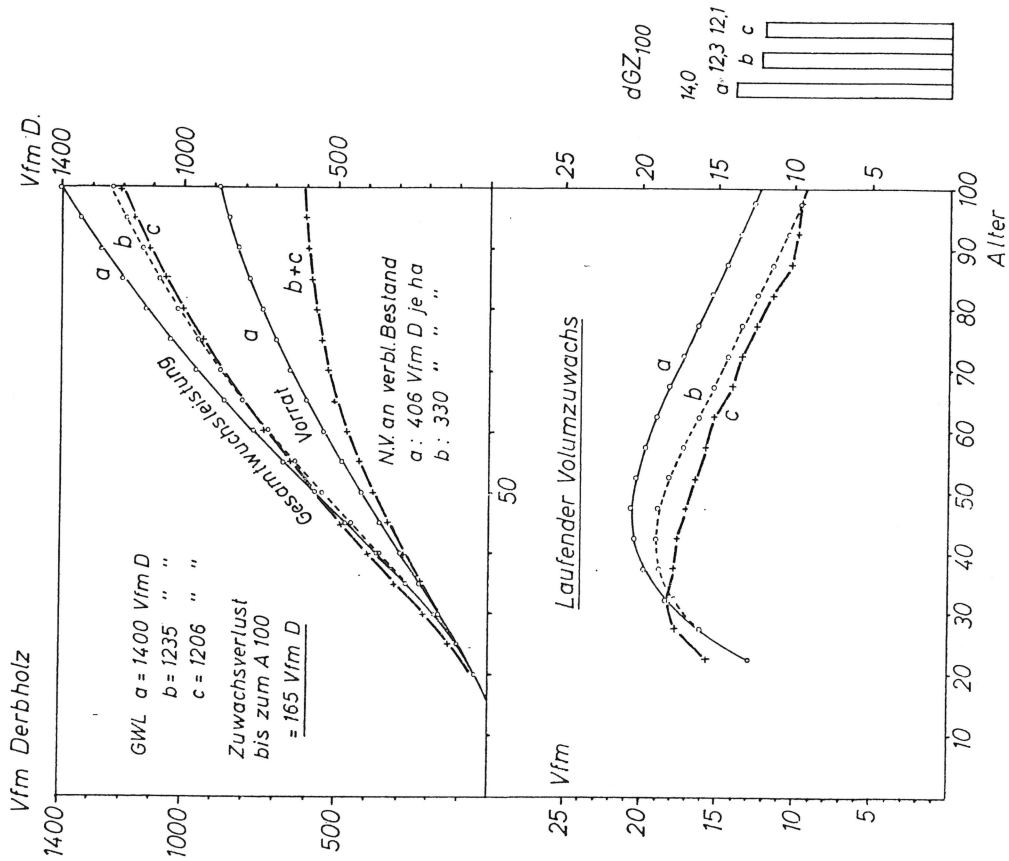


Abb. 8. Zuwachsverluste beim Anwenden einer nicht passenden E. T. Fall a) E. T. von ASSMANN-FRANZ, Bonität M 36, optimale Bestockung; Fall b) desgleichen reduziert auf die Grundflächen- und Derbholz-Vorräte der E. T. von WIEDEMANN 1936-1942, starke Durchforstung, I. Bonität; Fall c) Originalwerte dieser Tafel

hier fragen: Was würde bei Prüfung eines einzigen Verfahrens, etwa des Verfahrens von KRUTZSCH, sei es mittels Leistungskontrolle der gesamten Großfläche oder mittels repräsentativer Stichprobenahmen, hier festgestellt werden? Besteht nicht die Gefahr, daß an Hand der hohen und vergleichbare Ertragsstafelwerte weit übersteigenden Zuwachsleistungen der letzten fünf oder zehn Jahre eine „bedeutende Überlegenheit“ dieses Verfahrens gefolgert und versucht wird, so die Richtigkeit der Lehren und Leistungsvorhersagen von KRUTZSCH (1952) zu beweisen?

In diesem Zusammenhange erscheint es bemerkenswert, daß sich HENGST (1964) in einer unlängst erschienenen Veröffentlichung über den Großversuch Bärenfels gezwungen sieht, die dort an aufgelichteten Fichtenbeständen gemessenen Zuwächse an Grundfläche mangels örtlicher Vergleichsmöglichkeiten mit den Werten der Ertragsstafel von WIEDEMANN (mäßige Durchforstung) zu vergleichen.

Zu welchen Fehlschlüssen der Zuwachsvergleich realer Betriebsklassen mit Ertragsstafelwerten führen kann, soll, zugleich als Vorbereitung für das Ableiten von Modellen für die Zuwachsverhältnisse natürlich verjüngter Betriebsklassen, der folgende Vergleich erweisen (Abb. 8). Es werden die Leistungswerte von zwei Betriebsklassen mit  $U = 100$  der Höhenbonität WIEDEMANN I, entsprechend der Höhenbonität 36 der Tafel von ASSMANN-FRANZ (1963), miteinander verglichen. Und zwar wird vorausgesetzt, daß auf einem bayerischen Standort mittleren Ertragsniveaus die Grundflächen der WIEDEMANNschen Tafel für starke Durchforstung eingehalten werden, also ein Bestockungsgrad 1,0, bezogen auf diese Tafel. Es ergeben sich dann die Werte für Vorrat, Gesamtwachstum und Zuwachs der Kurven b gegenüber den Kurven a der auf Optimalbestockung basierenden Tafel von ASSMANN-FRANZ. Es würde sich dann bei einem Normalvorrat an verbleibendem Bestand von rd. 330 Vfm Derbholz je Hektar, an Stelle eines Optimalvorrates von 406 Vfm, ein Verlust an der GWL<sub>100</sub> von 165 Vfm ergeben. Der dGZ<sub>100</sub> würde von 14,0 auf rd. 12,3, also um 1,7 fm, abgesenkt. Jemand, der die wirklichen Leistungen einer solchen Betriebsklasse örtlich feststellt und mit der Tafel von WIEDEMANN vergleicht, die eine Sollleistung an dGZ<sub>100</sub> von 12,1 fm verlangt, würde von der Richtigkeit und Brauchbarkeit dieser Tafel selbstverständlich überzeugt sein, da sie ja so wunderbar „stimmt“. In Wirklichkeit liegt hier ein wirtschaftlich bedeutsamer Zuwachsverlust vor!

**Ertragsstafelmodelle für Bestände und Betriebsklassen mit natürlicher Verjüngung**

Die gute Übereinstimmung des Zuwachses gelichteter Fichtenbestände mit den Werten der neuen Ertragsstafel von ASSMANN-FRANZ legt es nahe, sich mit ihrer Hilfe und mittels der am Jungwuchs beobachteten Zuwachswerte wenigstens annähernde Vorstellungen über die Zuwachsleistungen entsprechend behandelter Bestände und Betriebsklassen zu verschaffen. Dazu werden die Werte der Höhenbonität 34, mittleres Ertragsniveau, zugrunde gelegt. In Abb. 9 haben wir links ein Modell für die Behandlung eines solchen Fichtenbestandes — oder, was dasselbe ist, einer Betriebsklasse normalen Altersaufbaues — nach der Tafel, bei zuwachsoptimaler Vorrathaltung, wie sie eben die Tafel voraussetzt. Hierbei wird ein Vornutzungsprozent von 38 zugrunde gelegt. Für eine entsprechend aufgebaute Betriebsklasse von 100 ha Größe würde der Normalvorrat an verbleibendem Bestand 37315 Vfm, also 373 Vfm je Hektar, betragen; die GWL<sub>100</sub> ist 1280 Vfm, der dGZ<sub>100</sub> demnach 12,8. Setzen wir nun einen Beginn der Auflichtung im Alter 65 voraus, mit gleichmäßig fortschreitender Vorratsabsenkung bis zum Alter 100, so

sinkt der Normalvorrat auf 231 Vfm pro Hektar und die GWL auf 1082 Vfm; wir bekommen einen Zuwachsverlust von 198 Vfm. Beginnen wir mit der Auflicht-

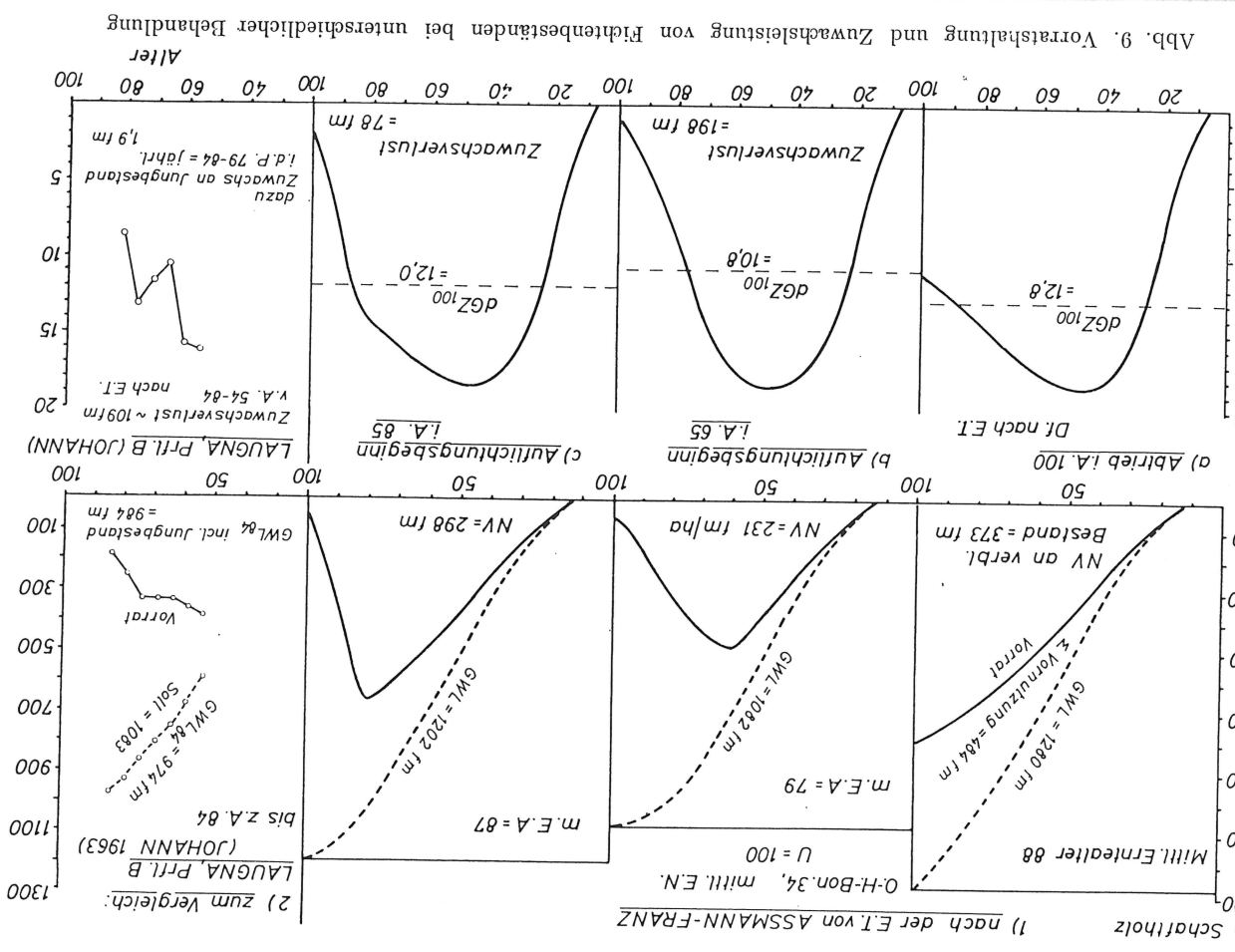


Abb. 9. Vorratshaltung und Zuwachsleistung von Fichtenbeständen bei unterschiedlicher Behandlung

dargestellten Werte der Altersperioden 54-84 nach den Aufnahmen von JOHANN auf der Probefläche B zeigen Ähnlichkeit mit dem Modell, bei welchem ein Beginn der Auflichtung im Alter 65 vorausgesetzt wurde.

Was wird nun geschehen, wenn im Anhalt an die Probefläche B von JOHANN ein Bestand der Bonität M 34 vom Alter 65 ab aufgelichtet wird und sich der Jungwuchs ähnlich entwickelt wie in dieser Probefläche? Die wahrscheinliche Ent-

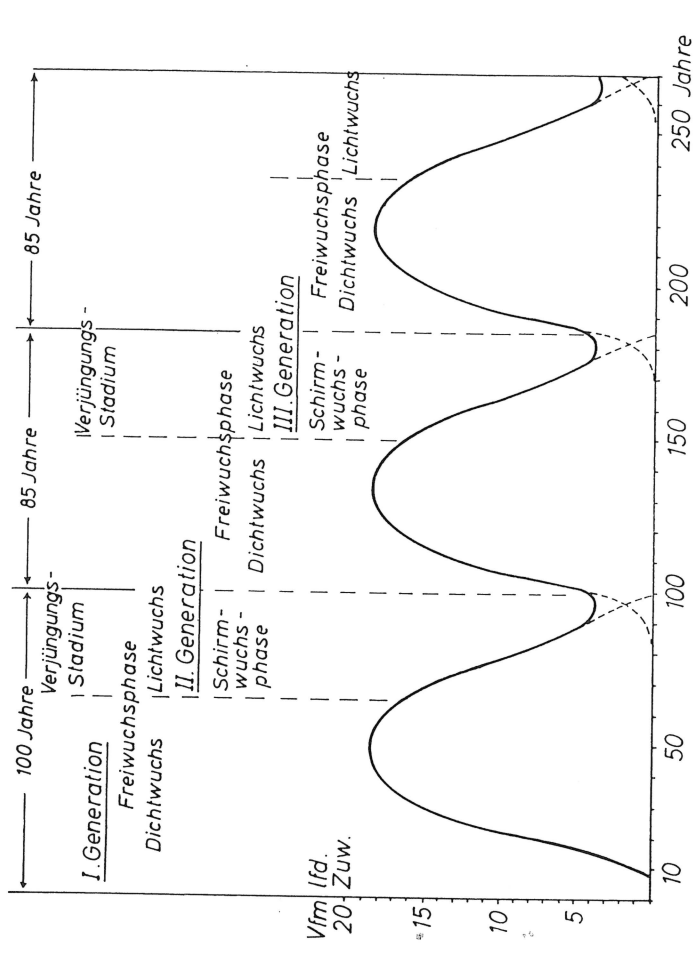


Abb. 10. Zuwachsgang von Fichtenbeständen bei natürlicher Verjüngung. Modell nach der E. T. von ASSMANN-FRANZ, Bonität M 34. Volle GWL<sub>100</sub> = 1280 Vfm. Verlust durch Lichtung ab A 65 = 198 Vfm, Zuwachs an Jungwuchs = 15 Vfm. Nach Übergang zur regelmäßigen natürlichen Verjüngung beträgt die geschätzte GWL für jeden weiteren Bezugszeitraum von 85 Jahren rund 1000 Vfm, mithin der dGZ = 11,8 fm. Der Überlappungseffekt bringt 1,0 fm des Zuwachsverlustes durch Lichtung (2,0 fm) wieder ein

wicklung ist an Hand der Kurven des laufenden Zuwachses von Mutterbestand und Jungbestand sowie des summierten Zuwachses beider Generationen an einem Modell in Abb. 10 unter vorsichtigen Voraussetzungen dargestellt.

Die aus einer Freikultur hervorgegangene I. Generation durchläuft eine Freiwuchsphase, die in eine Dichtwuchsphase und eine Lichtwuchsphase - nach Beginn der Lichtungen - aufgeteilt werden kann. Mit dieser Lichtwuchsphase der I. Generation fällt die Schirmwuchsphase der II. Generation zusammen. Beide Phasen überlappen sich während des Verjüngungsstadiums. Dabei addieren sich die Zuwächse beider Generationen. Da der Zuwachs am Jungwuchs - vorsichtig geschätzt - nur rd. 15 fm beträgt, ist der Gesamtzuwachs beider Generationen (ausgezogene Kurve) nur unbedeutlich größer als der reduzierte Zuwachs der Vorgeneration.

tung aber erst im Alter 85, was gleichbedeutend mit einer Verkürzung des Verjüngungszeitraumes auf 15 Jahre wäre, so steigt der Normalvorrat auf 298 Vfm und der Zuwachsverlust vermindert sich auf 78 fm. Die ganz rechts zum Vergleich

Aber jetzt geschieht etwas Entscheidendes: Der Bezugszeitraum, auf welchen der Zuwachs beider Generationen vom zweiten Umtrieb ab anzurechnen ist, verkürzt sich beim Verjüngungsbetrieb von 100 auf 85 Jahre. Dieser „Überlappungseffekt“, auf welchen der Verfasser bereits 1961 aufmerksam gemacht hat („Waldtragskunde“, S. 456), bringt einen Teil des entgangenen Zuwachses wieder ein.

Wenn vorausgesetzt werden darf, daß ein aus Freikultur hervorgegangener Bestand keine wesentlichen Wuchseinbußen im Kulturstadium erleidet — eine Voraussetzung, die bei den Standortverhältnissen in Laugna allerdings kaum realisierbar sein dürfte —, so würde er in 100 Jahren eine Gesamtwachstumleistung von 1280 Vfm vollbringen, mithin einen dGZ von 12,8 fm pro Hektar. Demgegenüber würden unter den gemachten Voraussetzungen beim regelmäßig ablaufenden Naturverjüngungsbetrieb innerhalb von 85 Jahren jeweils rd. 1000 Vfm und somit ein dGZ von 11,8 fm geleistet.

Eine weitere Durchrechnung, mit Beginn der Verjüngungshiebe im Alter 70, lieferte unter etwas günstigeren Voraussetzungen für den gleichen Bezugszeitraum von 85 Jahren einen dGZ von 12,8 fm.

Sonach scheint es durchaus möglich zu sein, in einem planmäßig und zielbewußt, mit guter räumlicher Ordnung arbeitenden Verjüngungsbetrieb, bei dem der spezielle Verjüngungszeitraum so weit verkürzt wird, als es die spezifischen Bedürfnisse der zu verjüngenden Baumarten und die Eigentümlichkeiten des Standortes zulassen<sup>1</sup>, die gleichen durchschnittlichen Zuwachsleistungen nachhaltig zu erreichen, die bei dauernder optimaler Vorratshaltung des Mutterbestandes, ohne dessen Auflichtung, erzielt werden könnten.

Nachdem die überspannten Hoffnungen enttäuscht werden mußten, die von manchen Forstleuten auf das „Unterschieben“ der jüngsten Altersklassen gesetzt werden, freut sich der Verfasser besonders, diese günstige Schlußfolgerung ziehen zu können. Dies umso mehr, als die Vorteile einer natürlichen Verjüngung so unbestritten sind, daß man sie überall, wo sie möglich und angebracht ist, auch anwenden sollte. Das gilt verstärkt für die Verjüngung von Beständen in montanen und hochmontanen Lagen, wo Freikulturen, wie bekannt, ganz besonders gefährdet sind. Hier sind auch längere Verjüngungszeiträume unvermeidlich notwendig.

Zum Einschätzen und tunlichen Begrenzen der Zuwachsverluste in zu lichten Fichtenbeständen kann, wie sich gezeigt hat, die neue Fichtenextragstafel mit Vorteil benutzt werden. Ihre Zuwachsreduktionstafeln erlauben ein Einschätzen der absoluten und relativen Zuwachswerte für Tafel-Bestockungsgrade bis auf 0,4 herunter.

### Schlußwort

Vor über 100 Jahren schrieb W. H. RUEL (1852) die prophetischen Worte: „Der Mensch lebt nicht vom Brote allein. Auch wenn wir keines Holzes mehr bedürften, würden wir dennoch den Wald brauchen . . . Brauchen wir das dürre Holz nicht mehr, um unseren äußeren Menschen zu erwärmen, dann wird dem Geschlecht

<sup>1</sup> In den beiden Modellen in Abb. 9 wurden zwei beliebige Extreme von Verjüngungszeiträumen angenommen, um deren maßgeblichen Einfluß deutlich werden zu lassen. Die Frage des jeweils zu wählenden Verjüngungsverfahrens bleibt dabei offen.

das grüne, in Saft und Trieb stehende, zur Erwärmung seines inwendigen Menschen umso nötiger sein.“

Wir Forstleute, Praktiker wie Wissenschaftler, sind uns klar über die vielseitigen Aufgaben, die der Wald heute zu erfüllen hat. Wir wissen auch, daß diese in vielen Fällen weit bedeutsamer sind als Holz- und Gelderträge. Wir sind aber auch so nüchtern, um einzusehen, daß man uns kaum noch die Mittel zu einer intensiven Pflege des Waldes bewilligen wird, wenn wir diesem keine wirtschaftlichen Erträge mehr abgewinnen. Schließlich müssen ja auch heute noch viele Menschen vom Walde und seinen Erträgen leben. So wollen wir mit kühlem Kopf, aber zugleich auch mit heißem Herzen versuchen, den uns anvertrauten Wald gesund, ertragreich und schön zu erhalten!

### Zusammenfassung

Die Ertragskunde ist aus dem forstlichen Versuchswesen hervorgegangen, mit der sie eine primär quantitative Forschungsweise gemeinsam hat. Während das forstliche Versuchswesen bisher überwiegend Zweckforschung betrieben hat, bemüht sich die Ertragskunde heute, Grundfragen der organischen Produktion im Walde aufzuklären.

Der Zuwachs im Verjüngungsstadium hängt vor allem vom Grade der Auflichtung des Mutterbestandes ab. Hierfür sind die gesetzmäßigen Zusammenhänge zwischen Bestockungsdichte und Holzzuwachs maßgeblich, die vom Verfasser an einer Reihe von Durchforstungsversuchen nachgewiesen wurden. Sie werden hier am Beispiel der schwedischen Fichten-Versuchsreihe Dalby aufgezeigt, wobei die Theorie der natürlichen optimalen und kritischen Bestockungsgrade erläutert und der Einfluß der Wuchsbeschleunigung auf die Zuwachsreaktion durchforsteter Bestände deutlich gemacht wird.

In einem früh genug begonnenen Versuch wird so die starke Durchforstung zunächst im Zuwachs überlegen und — nach vorübergehender Zuwachsleichheit — am Ende der schwächeren Durchforstung unterlegen sein müssen. Da der natürliche kritische Bestockungsgrad nach Beendigung der beschleunigungsempfindlichen Altersphase ansteigt, treten bei starker Durchforstung älterer Fichtenbestände empfindliche Zuwachsverluste ein, denen hohe geldwerte Ertragsausfälle entsprechen. Solche stärkere Eingriffe sollten daher mit planmäßigen Verjüngungsmaßnahmen verbunden werden.

Die Zuwachsverhältnisse im Verjüngungsstadium wurden in Fichtenbeständen des Stiftungsforstamtes Laugna teils mit Hilfe einmaliger Probeflächen (JOHANN 1964), teils an Hand der Dauerversuchsanlage Bestenholz untersucht. Die Zuwachsausfälle im gelichteten Mutterbestand sind hoch, während die Zuwachsleistungen der Jungwüchse unerwartet niedrig sind. Auch zeigt sich bei der Versuchsanlage Bestenholz, daß die relativen Zuwachsminderungen des Mutterbestandes recht gut den Werten der Zuwachsreduktionstafeln entsprechen, welche der neuen Fichten-Extragstafel von ASSMANN-FRANZ (1965) beigegeben sind.

An Hand von Modellen nach dieser neuen Extragstafel wird die wahrscheinliche Zuwachsleistung planmäßig natürlich verjüngter Bestände abgeleitet. Es zeigt sich, daß die Zuwachsverluste des aufgelichteten Mutterbestandes zum Teil durch den sogenannten Überlappungseffekt (ASSMANN 1961) aufgefangen werden. Es erscheint möglich, bei einem systematischen Verjüngungsbetrieb mit möglichst kurzen Verjüngungszeiträumen die gleichen durchschnittlichen Zuwachsleistungen zu erreichen, die bei dauernder optimaler Vorratshaltung des Mutterbestandes erzielt werden können.



## Summary\*

The science of forest yield has emerged from the early attempts of forest experimentation. Both fields have in common a primarily quantitative research method. Forest experimentation is an applied science and deals with specific problems of immediate practical concern, whereas the science of forest yield, in a new approach, endeavors to investigate into the fundamental principles of the production of organic matter in the forest.

The increment of a forest stand which is in the phase of natural regeneration depends mainly on the number of trees removed from the overstory. By analyzing a number of thinning experiments, the author has shown the underlying fundamental relationship between density of stocking and increment of wood. The data of the thinning trial in Dalby (Sweden) serve as an example to show this relationship and to explain the theory of optimum and critical natural density of stocking, which was formulated by the author. The influence of accelerated growth on the reaction of increment of thinned forest stands is also pointed out.

Thus, in thinning experiments, starting at an early age, the total increment of stands where only light stand improvement cuttings are made exceeds that where heavy thinning is prescribed, although at an early age the opposite is true and there is a period where about the same increment of wood is produced. Heavy thinning in old spruce stands results in a loss of increment which corresponds to severe monetary sacrifices. This is because after an age period in which thinning causes accelerated growth, the critical natural density of stocking increases. Heavy thinning operations should therefore be aimed at the regeneration of the stand.

The growth conditions of spruce stands in the phase of natural regeneration were investigated in the forests of Laugna (Germany). There, growth data were analyzed from temporary sample plots (JOHANN 1964) as well as from the permanent experimental area in Bestenholz. The loss of increment in the partially removed overstory is high, on the other hand the growth performance of the reproduction is unexpectedly poor. The experimental data from Bestenholz showed that the reduced growth rate of the overstory is in good accordance with the values of a growth reduction table, published recently together with the new yield table of Norway spruce of ASSMANN-FRANZ (1965).

The growth performance was predicted by way of the new yield table for models of spruce stands, managed systematically for natural regeneration. It was shown by ASSMANN (1961) that the loss of increment in the residual overstory of a stand is partially compensated by the so-called "overlap effect". It appears to be possible to achieve the same growth performance in forests with planned natural reproduction as in stands where the growing stock is maintained continuously at an optimum level, provided the natural generation can be easily accomplished within short periods.

## Literatur

- Assmann, E.: Zeitgemäßer Ausbau der Holzmeßkunde. *Silva*, 1936, S. 385.  
 Assmann, E.: Zur Ertragsstafelfrage. *Forstwiss. Cbl.*, 1949, S. 427.  
 Assmann, E.: Waldertragskunde. Organische Produktion, Struktur, Zuwachs und Ertrag von Waldbeständen. München-Bonn-Wien 1961.

- Assmann, E. und Franz, F.: Vorläufige Fichtenertragsstafel für Bayern. München 1963 (Photomech. Repr. i. beschränkter Auflage).  
 Assmann, E. und Franz, F.: Vorläufige Fichtenertragsstafel für Bayern. Autoren-Referat. *Forstwiss. Cbl.*, 1965, S. 13.  
 Baumgartner, A.: Sommerlicher Wärme- und Wasserhaushalt eines jungen Fichtenbestandes. *Mittl. a. d. Staatsforstverw. Bayerns*, 1957, H. 29, S. 23.  
 Carboneier, Ch.: Et gallringsförsök i planterad granskog. *Svenska Skogsv. Tidskr.*, 1957, H. 5.  
 Gayer, K.: *Der Waldbau*. 3. Aufl. Berlin 1889.  
 Henst, E.: Vorläufige Folgerungen aus dem Wirtschaftsversuch Bärenfels. *Wiss. Z. d. Techn. Univ. Dresden 13* (1964), S. 1291.  
 Johann, K.: Volumen und Volumenzuwachs in Jungbeständen der Fichte. *Forstwiss. Cbl.*, 1964, S. 65.  
 Köstler, J. N.: *Waldbau*. Berlin-Hamburg 1950.  
 Kraft, G.: Beiträge zur Lehre von den Durchforstungen. Hannover 1884.  
 Kruedener, A. v.: Lößlehmböden und Fichteneinbestandswirtschaft durch Generationen. Frankfurt 1943.  
 Krutzsch, H.: *Waldaufbau*. Berlin 1952.  
 Mar-Møller, K., Müller, D. und Nielsen, J.: Graphic presentation of dry matter production of european beech. *Det forstl. forsegsvaesen i Danmark*, 1954, H. 3, S. 322.  
 Pisek, A. und Tranquillini, W.: Assimilation und Kohlenstoffhaushalt in der Krone von Fichten- und Rotbuchenbäumen. *Flora*, 1954, S. 237.  
 Riehl, W. H.: *Naturgeschichte des deutschen Volkes*. Leipzig 1852.  
 Schwappach, A.: *Die Rotbuche*. Neudamm, 1911.  
 Vanselow, K.: *Theorie und Praxis der natürlichen Verjüngung im Wirtschaftswald*. Neudamm, 1931.

*Anschrift des Verfassers:* Univ.-Prof. Dr. Ernst Assmann, Forstliche Forschungsanstalt, Institut für Ertragskunde. München, 13, Amalienstraße 52.