

## Höhenbonität und wirkliche Ertragsleistung

Von E. ASSMANN

(Veröffentlichung aus dem Institut für Ertragskunde der Forstlichen Forschungsanstalt München)

Seit FRANZ v. BAURS entschiedenem Eintreten für eine Bonitierung nach der Mittelhöhe hat sich diese so erfolgreich durchgesetzt, daß heute eine sozusagen unbewußte Gleichsetzung der Höhenbonität mit einer bestimmten Ertragsleistung vorherrschend ist. Dies beweist der weithin übliche synonyme Gebrauch der Bezeichnungen Höhenbonität und Ertragsklasse. MAGIN (7) hat sich jüngst mit der Brauchbarkeit des forstlichen Bonitätsbegriffes kritisch befaßt und dabei historische Zusammenhänge beleuchtet, welche die Einseitigkeit F. v. BAURS etwa gegenüber der weitschauenden Auffassung ROBERT HARTIGs hervortreten lassen. Die einseitige Grundauffassung v. BAURS ist die Konstruktionsgrundlage der heute gebräuchlichen Ertragstafeln geblieben. Wir werden daher unser Problem so angreifen, daß wir uns zunächst mit theoretischen Grundfragen der Ertragstafelkonstruktion befassen.

### I. Theoretische Grundfragen der Ertragstafel-Konstruktion

#### a. Die Grundbeziehungen

Die Produktion eines Baumbestandes auf der Flächeneinheit des Hektars, welche bis zu einem bestimmten Alter A geleistet wurde, setzt sich zusammen

aus der Summe der Volumina der Bäume,  
welche in diesem Zeitpunkt noch vorhanden sind =  $\Sigma V_r$

und der bis dahin natürlich  
oder im Durchforstungswege ausgeschiedenen Bäume =  $\Sigma V_d$

$$\Sigma V_r + \Sigma V_d = f(A).$$

$\Sigma V_r$  können wir in jedem Bestand durch Messung erheben,  $\Sigma V_d$  dagegen kennen wir nur dann genau, wenn alle bis zum Alter A ausgeschiedenen Bäume registriert und gemessen wurden, was in der Regel nur auf Dauerversuchsflächen geschieht. Die Kenntnis beider Größen ist aber unerlässlich, um die Produktionsleistung innerhalb einer bestimmten Zeit angeben zu können.

Bezeichnen wir die Summe beider Teilgrößen vereinfacht mit  $\Sigma V = \Sigma V_r + \Sigma V_d$ , so haben wir damit die bekannte „Gesamtwuchsleistung“.

Gelingt es uns, nach Beobachtung dieser Größe in angemessenen Zeitabständen, mittels numerischer Berechnung von Parametern oder graphischen Kurvenausgleichs die „Endbeziehung“

$$\boxed{\Sigma V = f(A)}$$

herzuleiten, so können wir im Wege der Differenzenbildung den Zuwachs beliebiger Perioden oder Jahre angeben:

$$z_1 = \frac{\Delta V}{\Delta A}$$

ASSMANN 1959 - II

Forstw. Cbl. 1959, 78, (1/2), 1-20

Auch können wir für jedes beliebige Alter den zugehörigen Durchschnittszuwachs  $z_d = \frac{\Sigma V}{A}$  berechnen. Diese letztgenannte Größe ist für jeden Bestand gegebenen Alters bestimmbar, in welchem die bislang ausgeschiedenen Bäume gemessen wurden.

*In allen Fällen aber, wo das Volumen der bereits ausgeschiedenen Bäume nicht gemessen wurde oder wo wir uns darüber hinaus auch eine Messung von  $\Sigma V_r$  ersparen wollen, müssen wir die bisherige Gesamtwuchsleistung  $\Sigma V$  abschätzen. Hierzu bedienen wir uns der bekannten Ertragstafeln.*

Diese lösen die gestellte Aufgabe mittels zweier Beziehungen, die vom Verfasser in einer früheren Arbeit (20) als „Grundbeziehungen I und II“ gekennzeichnet wurden. Da es sich nicht um funktionelle, sondern um stochastische Beziehungen handelt, welche jeweils nur die bedingten mathematischen Erwartungen der abhängigen Variablen mit bestimmten Werten der unabhängigen Variablen verbinden, wurde eine entsprechende mathematische Bezeichnungsweise angewendet. Im folgenden möchte der Verfasser aber die einfacheren Funktionsbezeichnungen verwenden.

1. Es wird angenommen, daß die einzuschätzenden Bestände eine *bestimmte Mittelhöhen-Entwicklung als Funktion des Alters* durchlaufen. Bezeichnen wir diese Mittelhöhe mit H, so wird für jede „Bonität“ eine Beziehung

$$\boxed{H = f(A)}^1$$

unterstellt. Es gibt deren so viele, wie „Höhenbonitäten“ oder „Ertragsklassen“ (!) angenommen werden, im allgemeinen 5.

Wir können diese „Grundbeziehung I“ auch „*Einordnungsbeziehung*“ nennen, denn sie benutzt ja die beiden Größen Höhe und Alter zur Einordnung in ein Bonitäten-Schema. Deshalb müßten die betreffenden Kurven auch so gezogen werden, daß die *Höhenwerte der Endalter* (100 oder 120) *gleiche Differenzen* bzw. die Kurvenscharen für die gewählten Endalter gleiche Abstände *haben*. Die Abstände für die jüngeren Alter müssen dem tatsächlich ermittelten durchschnittlichen Höhen-Wachstumsgang entsprechen, können also auch *ungleiche* Abstände erhalten. Es ist unzulässig, die Kurven über den Geltungsbereich hinaus zu verlängern, der durch Messungen gesichert ist. Ausgangspunkt der Kurvenscharen ist zweckmäßigerweise nicht der Nullpunkt des Koordinatensystems, sondern die Höhenordinate 1,3 m des Alters, in welchem diese Höhe jeweils erreicht wird.

2. *Es wird angenommen, daß zu einer gegebenen Mittelhöhe eine bestimmte Gesamtwuchsleistung  $\Sigma V$  gehört:*

$$\boxed{\Sigma V = f(H)}^2$$

Dieser „Grundbeziehung II“ geben wir die Bezeichnung „*Hilfsbeziehung*“.

Besteht eine *einheitliche* Grundbeziehung II ohne Rücksicht auf das Alter, in welchem die betreffende Mittelhöhe erreicht wird, so kommt man mit einer einzigen solchen Beziehung oder entsprechenden Kurvendarstellung aus. Andernfalls muß für jede „Bonität“ eine gesonderte „Hilfsbeziehung“ unterstellt werden.

Jedenfalls ist es mit Hilfe der beiden Grundbeziehungen möglich, die gesuchte „*Endbeziehung*“

$$\boxed{\Sigma V = f(A)}$$

herzuleiten. Wir können so für jeden Bestand, dessen Alter und Mittelhöhe bekannt

<sup>1</sup> Passende Näherungsfunktionen von NÄSLUND (12) und PRODAN (14).

<sup>2</sup> Brauchbare Näherungsfunktion dafür von KRENN (5).

sind, die zugehörige Gesamtwuchsleistung angeben. Damit sind gleichzeitig die laufenden Zuwächse beliebiger Altersperioden und die Durchschnittszuwächse für alle Alter bestimmt, *vorausgesetzt, daß sich der betreffende Bestand „ertragstafelgemäß“ verhält.*

Es scheint nicht nur zweckmäßig, sondern notwendig zu sein, übereinzukommen, welche Grundbeziehungen bei der Aufstellung von Ertragstafeln benutzt werden sollen und welche *Reihenfolge* dabei eingehalten werden soll. Da es sich um stochastische, also nicht ohne weiteres umkehrbare Beziehungen handelt, ist nämlich die Reihenfolge ausschlaggebend. Weiter ist ohne entsprechende Übereinkunft auch eine einwandfreie Interpolation bei der Tafelanwendung in Frage gestellt. Das Bonitäten-Schema fußt auf den Daten von Alter und Höhe. Erst die Kombination beider ergibt die Bonität, der nun eine bestimmte Gesamtwuchsleistung als Funktion des Alters zugeordnet wird. Eindeutig kann diese Gesamtwuchsleistung aber nur gefunden werden, wenn die Reihenfolge:  $A \succ H \succ \Sigma V$  eingehalten wird.

Es ist eine entscheidende Frage, ob wir eine einheitliche Grundbeziehung II unterstellen dürfen, wie das PHILIPP, z. T. GEHRHARDT und KRENN getan haben. Der Verfasser hat diese Möglichkeit für bestimmte Standorte bejaht (20, 22), zugleich aber auf die Bedeutung des *Ertragsniveaus* hingewiesen. Dies wird durch die Größen der Gesamtwuchsleistungen für gegebene Mittelhöhen, und zwar ohne Rücksicht auf das gleichzeitige Bestandesalter, ausgedrückt, also durch die höhere oder tiefere Lage der Kurve, welche die Grundbeziehung II darstellt. Es ist schon länger bekannt und vor allem durch die Arbeiten von MITSCHERLICH (u. a. 8) wahrscheinlich gemacht worden, daß dieses von N nach S und von O nach W systematisch ansteigt. Jüngste Feststellungen an Hand der Bayer. Fichten-Durchforstungsreihen, über welche weiter unten berichtet wird, lassen erkennen, daß *das Ertragsniveau selbst bei nahe benachbarten Beständen standortsbedingt verschieden sein kann.*

Wenn sich so das Ertragsniveau ändert, bedeutet das, daß wir nicht mehr mit einer einheitlichen Grundbeziehung II operieren können. *Die Möglichkeit und Sicherheit der Höhenbonitierung würde auch dann noch gewahrt bleiben, wenn sich das Ertragsniveau im positiven oder negativen Sinne proportional der Höhenbonität ändern würde*, wenn also die Gesamtwuchsleistung als Funktion der Mittelhöhe von der I. bis zur V. Höhenbonität entweder systematisch kleiner (fallendes Ertragsniveau) oder größer (steigendes Ertragsniveau) würde. Dann würden wir nämlich ein *brauchbares Einordnungssystem* behalten, das sich proportional der gesuchten Endbeziehung ändert. Leider ist das nicht der Fall. Wie unten nachgewiesen wird, können bei der Fichte sogar für altersgleiche Mittel- und Oberhöhen, also für gleiche Höhenbonitäten, auf nahe benachbarten Standorten Unterschiede der Gesamtwuchsleistung und des entsprechenden dGZ von 20 % auftreten. Zur einigermaßen sicheren Einschätzung der Produktionsleistung über Alter und Mittelhöhe wären somit im gleichen Waldgebiet mehrere Ertragstafeln mit unterschiedlichem Ertragsniveau erforderlich. Diese Feststellung erscheint keineswegs verwunderlich, wenn man sich überlegt, welche Beziehungen zwischen der Bestandshöhe und dem Zuwachs bestehen und inwieweit hier überhaupt Einsinnigkeit zu erwarten ist.

#### b. Zusammenhänge zwischen Bestandeshöhe und Zuwachs

In diese Zusammenhänge vermögen wir mit Hilfe einer vom Verfasser abgeleiteten Zuwachsformel verhältnismäßig leicht Einblick zu gewinnen. Die Gesamtwuchsleistung als Funktion der Bestandshöhe  $\Sigma V = f(H)$  ist offenbar abhängig von der gesetzmäßigen Weise, in welcher sich der Volumzuwachs  $\Delta V$  mit seinen Komponenten ändert. Als solche treten in der bezüglichen Zuwachsformel

$$\boxed{\Delta V = \Delta G \cdot HF_e + \Delta HF \cdot G_n} \quad \text{auf:}$$

1.  $\Delta G$ , der bekannte Grundflächenzuwachs,
2.  $HF_e$ , die Formhöhe am Ende des betr. Zuwachszeitraumes; sie ist abhängig von der Mittelhöhe und der mittl. Formzahl.
3.  $\Delta HF$ , die Formhöhenänderung; sie ist abhängig vom Mittelhöhen-Zuwachs und der Veränderung der mittl. Formzahl.
4.  $G_a$ , die Grundfläche zu Anfang des Zuwachszeitraumes.

Das Operieren mit der obigen Formel wird dadurch erleichtert, daß wir über die gesetzmäßigen Änderungen von  $F$  als  $f(H)$  gut informiert sind, so daß wir für gegebenes  $H$  das zugehörige  $HF$  und für Veränderungen von  $H$  auch die wahrscheinlichen Veränderungen von  $HF$  relativ sicher und leicht angeben können.

1. Der *Grundflächen-Zuwachs* ist abhängig vom natürlichen *Zuwachsrhythmus*, von der *Standortsgüte* (Änderungsmöglichkeiten durch Bodenverschlechterungen, Rohhumusbildung, Bodenverdichtung, Verflachen des Wurzelhorizonts usw.), vom *Klima* und im besonderen von der *Länge der Vegetationszeit*. Wird im Seeklima der Höhenzuwachs durch starke Bewindung gebremst, infolge milder Temperaturen aber die *Vegetationszeit* von 5 auf  $7\frac{1}{2}$  und mehr Monate *verlängert*, wie das jüngst MAGIN (6) aufzeigte, so bekommen wir für gegebene Bestandeshöhen und Alter bedeutend *höheren Grundflächenzuwachs* als im europäischen Binnenland. Wir dürfen so für gleiche Höhenbonitäten (trotz etwas geringerer Formzahlen) in Großbritannien und Dänemark z. B. höhere Volumleistungen erwarten als in Deutschland.

2. *Je größer die Bestandeshöhe, desto größer der Volumzuwachs für gegebenen Grundflächenzuwachs*. Dies ist der Grund für den höheren Volumzuwachs auf besseren Standorten trotz etwaigen gleichen Grundflächenzuwachses, wie er auf schlechteren Standorten erzielt wird. Nur wächst die Bestandesformhöhe  $HF$  nicht einfach proportional der Bestandshöhe  $H$ . Bei der Fichte z. B. nimmt die Formzahl mit wachsender Höhe ab, so daß  $HF$  mit Zunahme von  $H$  hyperbelartig einem Höchstwert zustrebt. Bei Hochlagenbeständen der Fichte kann  $F$  sehr niedrig sein, etwa nur 0,330 statt 0,450 für gleiche Baumhöhen in Mittellagen, so daß hier mit gegebenem Grundflächenzuwachs nur ein relativ niedriger Volumzuwachs erzielt wird. Bei der Buche steigt die Derbholz-Formzahl mit wachsender Höhe. Auch ladet die Buche nach starken Durchforstungen ihre Krone breit aus und bildet bei gehemmtem Höhenzuwachs große Mengen von Astholz in der Krone. Die Brusthöhenformzahl vergrößert sich dabei erheblich, so daß auch bei geringem oder gar fehlendem Höhenzuwachs die Bestandsformhöhe ansteigt. Ähnliches gilt für Eiche und Kiefer.

3. Über die *Änderung der Formhöhe in Abhängigkeit von der Mittelhöhen-Veränderung* wurde unter 2. schon Näheres ausgeführt. Vorsicht ist geboten bei Hochlagenbeständen und Plenterwäldern mit großen Baumdimensionen, wo  $\Delta HF$  nicht nur gleich 0, sondern sogar negativ werden kann.

4. Mit der Grundfläche zu Anfang der Zuwachsperiode kommt entscheidend die *Grundflächen-Haltung* ins Spiel. Je höher diese, desto größer ist der Volumzuwachs für gegebenen Höhen- und entsprechenden Formhöhenzuwachs. Standortlich mögliche höhere Grundflächenhaltung, wie sie auch bei benachbarten Fichtenbeständen möglich ist, bedeutet höheres Ertragsniveau und damit höhere Volumleistung bei gegebener Höhen-Bonität. Besondere Verhältnisse liegen vor bei Beständen in montanen Lagen mit hohen Niederschlägen, aber relativ kurzer Vegetationszeit. Hier bleiben unterdrückte Bäume sehr lange lebensfähig; planmäßige Durchforstungen sind i. d. R. unmöglich. So haben wir in diesen Beständen hohe Grundflächen bei nur mäßigen Grundflächen- und Volum-Zuwächsen. Infolgedessen wird die Bonität und Zuwachsleistung dieser Bestände leicht überschätzt, vor allem, wenn das faktische Durchschnittsalter unbekannt ist und an seine Stelle irgendein grob geschätztes, „wirtschaftliches“ Alter



tritt. Bei der Verwendung von Ertragstabellen in solchen Beständen besteht die Gefahr bedeutender Überschätzungen des Zuwachses und der möglichen Nutzungen.

*Eine Proportionalität zwischen Höhen- und Volumzuwachs, wie sie seinerzeit v. BAUR behauptet hat, und wie sie als Voraussetzung für eine Gleichsetzung von Höhenbonität und Ertragsleistung gefordert werden müßte, ist also nicht gegeben, ja, sie besteht, wie nachher gezeigt wird, nicht einmal innerhalb von eng begrenzten Wuchsgebieten.*

### c. Höhen-Definitionen

Wir haben bisher leichtherzig von Bestands-Mittel-Höhen gesprochen, ohne auf die Problematik dieser Kenngröße einzugehen. Es ist bekannt, wie stark nicht nur die „bedingte“ Mittelhöhe (des Grundflächen-Mittelstammes), sondern auch die mit der Grundfläche gewogene „Lorey“-Höhe (vgl. 19) mittels Durchforstungseingriffen verändert werden kann. Solchen Veränderungen unterliegen, jedenfalls bei geübter Niederdurchforstung, bedeutend weniger die sogenannten „Ober-Höhen“. Sei es nun eine „biologische“ Oberhöhe, etwa die Mittelhöhe der vorherrschenden oder der herrschenden und vorherrschenden Bäume, oder eine „numerische“ Oberhöhe, berechnet für 20 % der Bäume vom stärksten her, bzw. als Höhe des Grundflächen-Mittelstammes der 100 oder 200 stärksten Bäume pro ha. Für die praktisch meist mehr oder weniger stark niederdurchforstete Baumart *Fichte* empfiehlt sich eine *numerische Oberhöhe* der letztgenannten Art. Diese sollte folgenden Bedingungen genügen:

1. Durchforstungseingriffe dürfen in den Bereich des so abgegrenzten Teilkollektivs nur ausnahmsweise hineinreichen.
2. Umsetzungen durch Ein- und Auswandern von Bäumen dürfen in dem gewählten Bereich nur selten vorkommen.
3. Der Umfang des Teilkollektivs muß so gewählt werden, daß auch auf kleinen Flächen bis zu 0,25 ha herunter noch soviel stärkste Bäume meßbar bleiben, wie zu einer gesicherten Höhenbestimmung aus dem oberen Ende der Höhenkurve notwendig sind.

Den genannten Bedingungen entspricht am besten eine numerische Oberhöhe, welche als *Höhe des Grundflächen-Mittelstammes der 100 stärksten Bäume je ha auf einer Höhenkurve abgelesen* wurde. Die Werte, welche auf solche Weise auf einer Dauer-versuchsfläche in längeren Zeiträumen gewonnen wurden, können als *repräsentative Höhen-Mittel-Werte einer nahezu identischen Vielheit von Bäumen angesehen* werden. Sie sind von Niederdurchforstungs-Eingriffen und somit von „rechnerischen Verschiebungen“ unbeeinflusst; ihre Differenzen stellen nahezu echte biologische Zuwächse dar. Voraussetzung ist allerdings, daß keine Hochdurchforstung betrieben wird.

Eine so definierte Oberhöhe ist für die bayerischen Fichten-Versuchsreihen seit Anlage berechnet worden. Für 8 dieser Versuchsreihen, welche jeweils eine im A-, B- und C-Grad behandelte Versuchsreihe umfassen, wurden nun für die bisherigen Aufnahmen die maximalen Differenzen innerhalb der Mittel- und der Ober-Höhen berechnet, welche sich bei jeder Aufnahme für die verschieden stark durchforsteten Flächen ergeben. Das Ergebnis dieses für 3 Altersstufen getrennt durchgeführten Vergleiches zeigt Übersicht 1 auf Seite 6.

## Übersicht 1

Maximale Differenzen innerhalb der Mittel-Höhen und der Ober-Höhen von jeweils 3 im A-, B- und C-Grad durchforsteten Fichten-Versuchsflächen

Altersspanne	Anzahl der Vergleiche	Mittlere maximale Differenzen innerhalb der		
		Mittelhöhen m	Oberhöhen m	Oberhöhen in Prozent der Mittelhöhen
Bis 55 Jahre .....	31	1,40	0,70	50 %
55 bis 75 Jahre .....	27	1,54	0,79	51 %
76 Jahre und älter .....	22	0,95	0,99	104 %
Alle Alter .....	80	1,33	0,81	61 %

Man erkennt leicht, daß die *Differenzen*, welche vorwiegend durch *unterschiedliche Durchforstungsbehandlung* hervorgerufen wurden, in den beiden unteren Altersstufen für die Oberhöhe nur etwa halb so groß sind wie für die Mittelhöhe. Dagegen sind die Differenzen für die mehr als 75 Jahre alten Bestände im Durchschnitt gleich. Dies erklärt sich teils daraus, daß die bayer. Fichten-Versuchsreihen von dem fraglichen Alter ab nicht mehr in der ursprünglichen Staffelung der Eingriffsstärke durchforstet sind; es wurden vielmehr die C-Grad-Flächen am schwächsten durchforstet. Weiter verflachen im höheren Alter die Höhenkurven, vermindern sich die Unterschiede zwischen Ober- und Mittelhöhe, und es wird gleichzeitig schwieriger, die Höhenkurven exakt festzulegen. Die *Überlegenheit der Oberhöhe* geht somit aus den obigen Zahlen zweifelsfrei hervor.

Eine Umstellung des Altershöhen-Fächers der Ertragstafeln auf eine so definierte Oberhöhe würde den entscheidenden weiteren Vorteil bieten, daß die Höhen-Entwicklung von gefällten und höhenanalysierten Oberhöhen-Probestämmen ohne unsichere und komplizierte Umrechnungen mit den Oberhöhen-Kurven der Ertragstafel unmittelbar verglichen werden kann, so daß es möglich ist, den wirklichen örtlichen Höhen-Wachstumsgang bei der Anwendung der Ertragstafel zu berücksichtigen.

Eine Eigentümlichkeit der Oberhöhe muß hier noch erwähnt werden. Bei 4 von den näher untersuchten 6 bayer. Versuchsreihen verläuft die Kurve Oberhöhe über Alter unregelmäßiger als die Kurve Mittelhöhe über Alter. Mögliche Ursachen dafür sind folgende: Da die Oberhöhenwerte im oberen Teil der Höhenkurve abgelesen werden müssen, ist ihre Streuung größer. (Abhilfe: mehr Höhenmessungen im Bereich der 100 stärksten Bäume pro ha.) Weiter macht die Oberhöhe als Mittelwert nahezu identischer Bäume die klimatisch bedingten Wachstumsschwankungen stärker mit als die Mittelhöhe, bei welcher diese durch rechnerische Verschiebungen (bei starker Niederdurchforstung) überdeckt werden.

Die eigentümliche Einsattelung der Kurven Oberhöhe über Alter, etwa in der Altersperiode 50–80, ist in der Abb. 4 gut erkennbar. Alle 4 Versuchsreihen auf den oberschwäbischen Spitzenstandorten zeigen sie. Sie als Auswirkung besonders starker Durchforstungen in dieser Altersperiode zu erklären, geht nicht an, weil sie auch bei den A-Flächen auftritt. Die gleiche Einsattelung ist bei den Kurven Mittelhöhe über Alter nur schwach erkennbar. Offenbar wird der verminderte Höhenzuwachs in dieser Periode bei den Mittelhöhenwerten durch größere rechnerische Verschiebungen als Folge der geübten Niederdurchforstung überdeckt. Da die erwähnten 4 Versuchsreihen nahezu gleich alt und die Aufnahmezeitpunkte jeweils nahe benachbart sind, können wir nicht herausfinden, ob dieser merkwürdige Wachstumsgang standortseigentümlich oder großklimatisch beeinflusst ist.

MITSCHERLICH hat in seiner jüngst erschienenen Schrift (9, Anhang S. 9-11) gut-

fundierte Tafeln für die Umrechnung von Spitzen-(Ober-)höhen in Mittelhöhen veröffentlicht. Die mittleren Unsicherheiten der Differenzen, welche er für die Kurven-Mittelwerte berechnete, sind zwar beruhigend klein, aber die Betrachtung der Streubänder in Abb. 25 läßt leicht erkennen, wie groß die Unsicherheit bei der Umrechnung eines *einzelnen* Oberhöhen-Wertes in einen Mittelhöhenwert sein muß. Dies zeigte sich auch klar bei der Berechnung und Untersuchung des Verhältnisses von Oberhöhe zu Mittelhöhe und der entsprechenden Ober-Durchmesser zum Mittel-Durchmesser der bayer. Fichten-Versuchsreihen. Hierbei stellte sich heraus, daß die letztgenannten Differenzen, welche für das Verhältnis Oberhöhe zu Mittelhöhe stark maßgeblich sind, *nicht nur von der Durchforstungsbehandlung, sondern sehr wesentlich auch von der Art der Bestandesbegründung abhängig sind*. Je dichter der Ausgangsbestand (Saat oder enge Pflanzung, Naturverjüngung, ausgepflanzte Naturverjüngung), desto größer, je lockerer (weitständige Pflanzung), desto kleiner ist die fragliche Differenz. Man müßte also für solche Umrechnungen verschiedene Tafeln aufstellen. Dies ließe sich, wie gesagt, vermeiden, wenn wir unsere Ertragstafeln von vornherein nach Oberhöhen-Bonitäten staffeln, womit VANSELOW durch gleichzeitige Angabe von Ober- und Mittelhöhe in seiner Fichten-Ertragstafel für Südbayern einen Anfang gemacht hat.

## II. Einflüsse des Standortes, der Begründungsweise und der Behandlung auf den Zusammenhang zwischen Höhenbonität und Ertragsleistung von Fichten-Beständen

Die Schwächen der bisherigen Ertragstafel-Konstruktionen und die Abweichungen bestimmter Tafeln von der Wirklichkeit sollen nun beim Vergleich mit konkreten Beständen, und zwar zunächst mit langfristig beobachteten Versuchsflächen, aufgezeigt werden.

### a. Bayerische Fichten-Durchforstungs-Reihen

Die Abb. 1 zeigt die Oberhöhen - Entwicklung der mäßig durchforsteten B-Flächen von 4 bayer. Fichten-Versuchsreihen. Von diesen haben die Versuchsflächen Denklingen 5, Sachsenried 2 und Otto-beuren 8 im Alter 50 praktisch die gleiche Oberhöhe von rund 25 1/2 m. Demgegenüber differiert ihre Gesamtwuchsleistung und der entsprechende d.G.Z. im Alter von 80 Jahren von 15,3 bis 20,1 fm, das heißt um rund 30 0/0! Dabei liegen die Versuchsreihen Denklingen 5 und Sachsenried 2 im gleichen Waldgebiet,

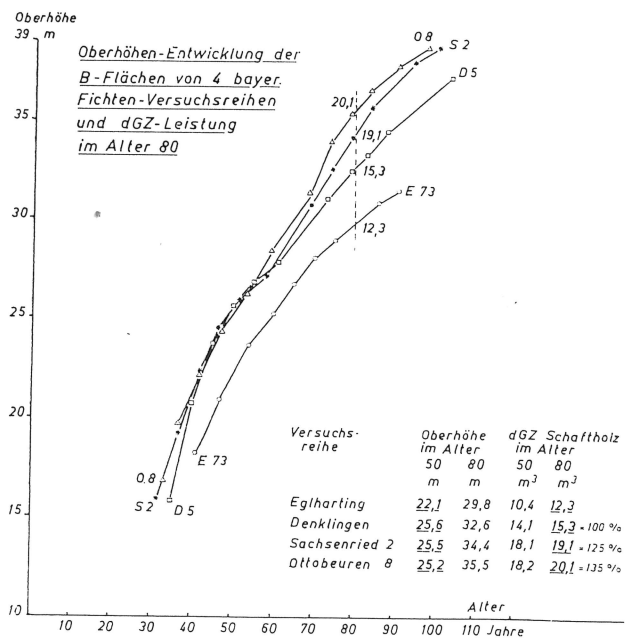


Abb. 1

nur 8 km voneinander entfernt, auf Hochterrassen-Schotter. Der Unterschied zwischen beiden, im äußeren Aspekt sehr ähnlichen Standorten ist dadurch gegeben, daß bei Denklingen 5 infolge von Verdichtungserscheinungen im Oberboden die Durchwurzelungstiefe nur 25 bis 30 cm, bei Sachsenried 2 dagegen einen vollen Meter beträgt. Dies hat sich auf die Höhen-Entwicklung offenbar weniger ausgewirkt als auf den Volumenzuwachs, der bei Sachsenried 2 infolge höherer Grundflächenhaltung relativ größer war.

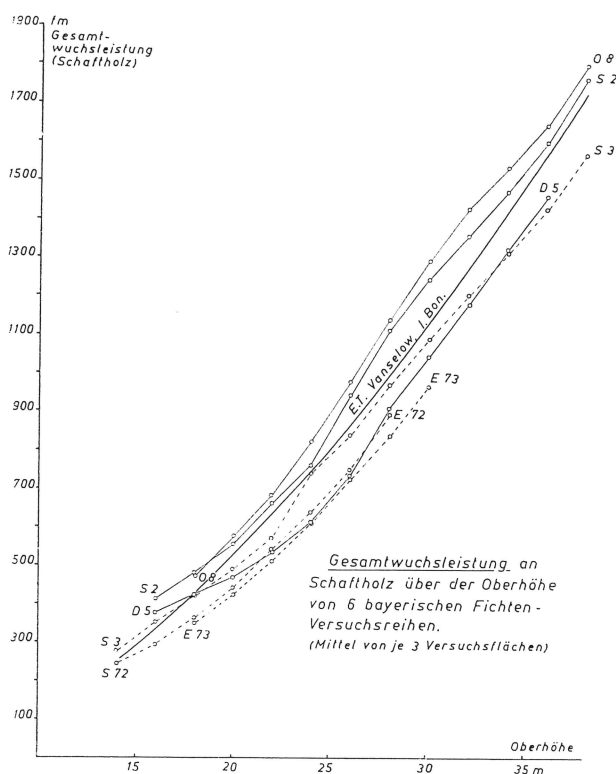


Abb. 2

wicklung abgesunken ist. Die eingezeichnete Kurve der Gesamtwuchsleistung der Ertragstafel von VANSELOW (auf Schaftholz umgerechnet) für I. Bonität läßt erwarten, daß bei der Erprobung dieser Tafel an den ihr zugrunde liegenden Versuchsflächen selbst nicht unbedeutende Abweichungen zu erwarten sind.

Ein dahingehender Vergleich wird im folgenden durchgeführt. In der Übersicht 2 sind die Mittelwerte der 3 Versuchsflächen je Versuchsreihe bezüglich Oberhöhe, Oberhöhen-Bonität, wirklichem  $dGZ_{80}$  und  $dGZ_{80}$  nach der Tafel von VANSELOW gegenübergestellt. Das Ergebnis erweist, wie gefährlich eine Schätzung der „Leistungserwartung“ (21) auch über einen so kurzen Zeitraum hinweg, nämlich des  $dGZ_{80}$  für die Oberhöhe im Alter 50, selbst unter Benutzung einer Regionaltafel sein kann. Wird doch der  $dGZ_{80}$  bei Denklingen 5 um 20 % überschätzt, während er bei Sachsenried 2 etwa zutreffend gefunden wird. Die Übersicht läßt weiter erkennen, daß die wirkliche Leistung der Spitzen-Versuchsreihe Ottobeuren 8 noch um 12 % über der Tafel liegt, während die Leistungen der beiden Versuchsreihen auf Niederterrassen-Schotter (Eglharting 72 und 73) um 12 bzw. 19 % hinter den Sollwerten der Ertragstafel von VANSELOW zurückbleiben. Beim Vergleich der Werte von Soll und Ist der Gesamtwuchsleistung im Alter von 80, auf Grund der dann wirklich erreichten Höhenbonität, treten immer noch merkliche systematische Abweichungen, wenn auch geringeren Ausmaßes, auf.

In Abb. 2 ist die Gesamtwuchsleistung an Schaftholz, jeweils als Mittel aller drei Versuchsflächen (A-, B- und C-Grad), von 6 Fichten-Versuchsreihen über den jeweiligen Mittelwerten der Oberhöhen dargestellt. Vergleicht man auf dieser Darstellung den Verlauf der Kurven von Denklingen 5 und Sachsenried 2, so erkennt man, daß das Ertragsniveau (hier in bezug auf die Oberhöhe) von Denklingen 5 im Laufe der Ent-

wicklung abgesunken ist. Die eingezeichnete Kurve der Gesamtwuchsleistung der Ertragstafel von VANSELOW (auf Schaftholz umgerechnet) für I. Bonität läßt erwarten, daß bei der Erprobung dieser Tafel an den ihr zugrunde liegenden Versuchsflächen selbst nicht unbedeutende Abweichungen zu erwarten sind.

Übersicht 2

Wirkliche d. G. Z.-Leistung und Soll-Leistung nach der Ertragstafel von Vanselow für 6 Fichten-Versuchsreihen  
Mittel aus je 3 Versuchsflächen (A-, B- und C-Grad jeder Versuchsreihe)  
Bonitierung nach der Oberhöhe

Versuchsreihe	Im Alter 50		d. G. Z. <sub>50</sub> (an Derbholz)			Im Alter 80		d. G. Z. <sub>80</sub> (an Derbholz)		
	Oberhöhe m	Höhenbonität	zu erwarten nach der Tafel fm	wirklich erreicht abs. fm	in Prozent der Tafel	Oberhöhe m	Höhenbonität	zu erwarten nach der Tafel fm	wirklich erreicht abs. fm	in Prozent der Tafel
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Eglharting 72 Pfl. 0,9 × 0,9	20,5	II,23	12,49	10,96	88 %	28,3	II,55	11,46	10,96	96 %
Eglharting 73 Pfl. 1,2 × 2,0	21,6	I,92	13,56	11,02	81 %	29,3	II,35	12,10	11,02	91 %
Denklingen 5 Pfl. 1,4 × 1,4	25,5	0,89	17,81	14,47	81 %	32,3	I,58	14,97	14,47	97 %
Sachsenried 2 Pfl. 1,4 × 1,4	25,1	I,0	17,36	17,91	103 %	34,1	I,0	17,36	17,91	103 %
Sachsenried 3 Vollsaat	23,8	I,34	15,96	15,92	100 %	34,0	I,03	17,24	15,92	92 %
Ottobeuren 8 Pfl. 1,4 × 1,4	25,3	0,95	17,57	19,64	112 %	35,5	0,55	19,22	19,64	102 %

Bemerkung: In Spalte 4 ist der dGZ<sub>50</sub> angegeben, der nach der Tafel auf Grund der Höhenbonität im Alter 50 zu erwarten war (Schätzung der Leistungserwartung), in der 9. Spalte dagegen der dGZ<sub>80</sub>, welcher sich auf Grund der Höhenbonität im Alter 80 nach der Tafel ergibt (Schätzung der bisherigen Leistung).

Für die benachbarten Versuchsreihen Denklingen 5 und Sachsenried 2 wurden in der Abb. 3 die Mittelwerte von Oberhöhe und jeweiligen dGZ, aus je 3 Versuchsflächen

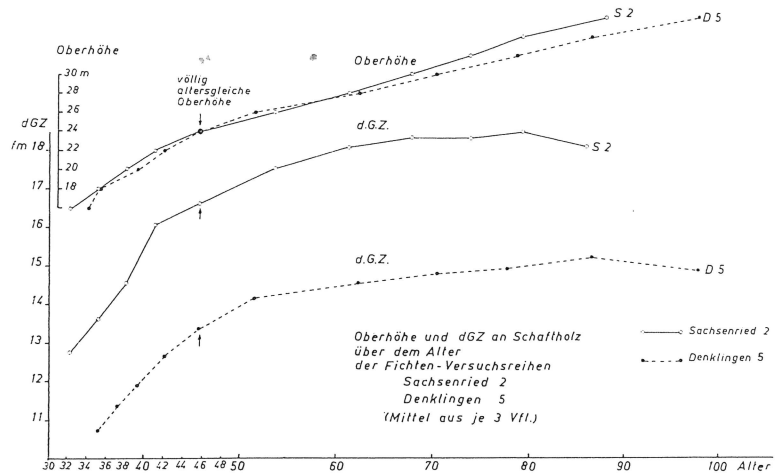


Abb. 3

berechnet, über dem Alter dargestellt. Man sieht, daß im Alter von 46 Jahren die Oberhöhen beider Flächen völlig übereinstimmen. *Trotz dieser Bonitätsgleichheit differieren die beiderseitigen dGZ-Leistungen im Alter 46 um 16,6–13,3 fm = 3,3 fm, d. h. um rund 20 0/0!*

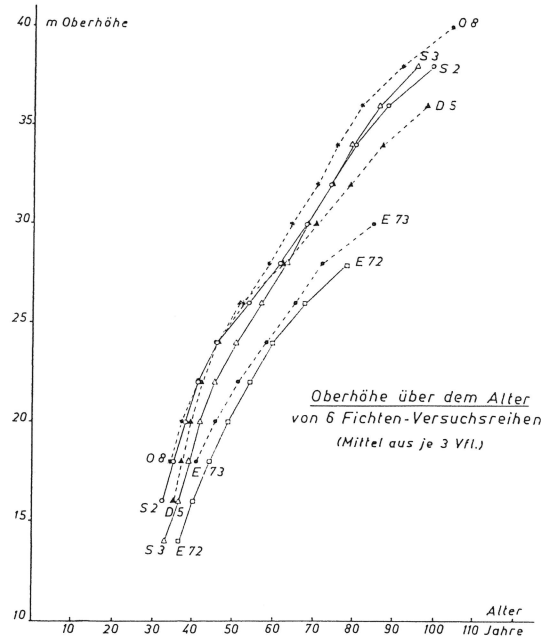


Abb. 4

Zahlenwerte von Übersicht 3, nämlich beim Vergleich der prozentualen Werte von Oberhöhe und Gesamtleistung bzw. dGZ, wenn die Werte der Versuchsreihe Denklingen 5 gleich 100 gesetzt werden.

Übersicht 3

Mittlere Oberhöhen und Gesamtwuchsleistungen bayer. Fichten-Versuchsreihen im Alter von 80 Jahren

Versuchsreihe	Oberhöhe		Gesamtwuchsleistung an Schaftholz fm	dGZ <sub>80</sub>	
	abs. fm	Prozentwerte		abs. fm	Prozentwerte
Eglharting 72 ...	28,3	88 0/0	914	11,43	76 0/0
Eglharting 73 ...	29,3	91 0/0	917	11,46	77 0/0
Denklingen 5 ...	32,3	100 0/0	1196	14,95	100 0/0
Sachsenried 2 ...	34,1	105 0/0	1477	18,46	123 0/0
Sachsenried 3 ...	34,0	105 0/0	1313	16,41	110 0/0
Ottobeuren 8 ...	35,5	110 0/0	1613	20,16	135 0/0

Aus diesen Relativzahlen geht die Differenzierung des Ertragsniveaus (vgl. weiter unten!) klar hervor.

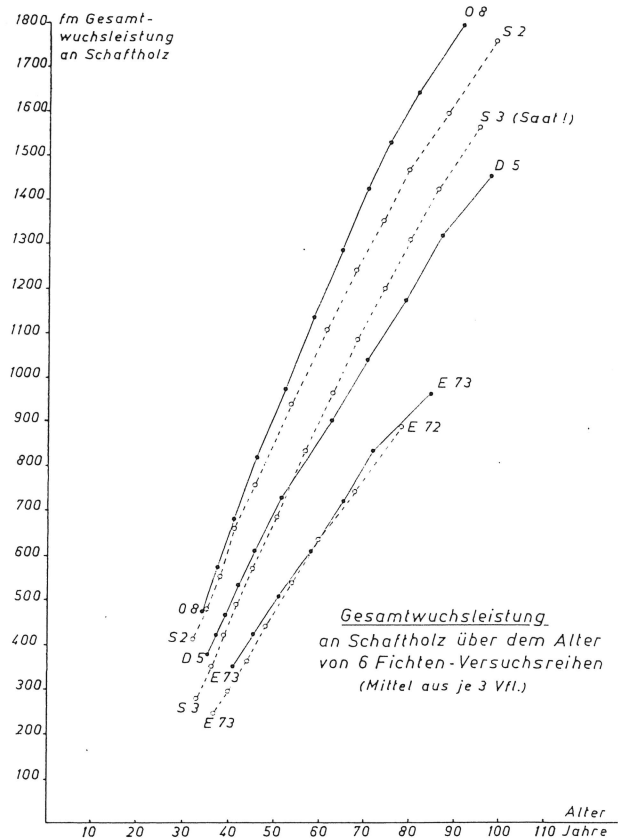
Selbst das begrenzte Versuchsflächen-Material, welches VANSELOW zur Verfügung stand, läßt schon das Aufstellen von zwei Tafeln verschiedenen Ertragsniveaus für die oberschwäbischen Spitzen-Standorte und einer besonderen Tafel für die Schotterböden

Diese Zahlenwerte beweisen, daß auch in geographisch eng umschriebenen Wuchsgebieten so beträchtliche Unterschiede im Ertragsniveau und Wachstumsgang auftreten können, daß ein Aufstellen von Ertragstafeln der bisherigen Art problematisch wird.

Um diese Disproportionalität zwischen Höhenbonität und wirklicher Ertragsleistung bei den wichtigsten bayer. Fichten-Versuchsreihen noch deutlicher zu machen, wurden in den Abb. 4 und 5 die Mittelwerte von je 3 Flächen je Versuchsreihe sowohl der Oberhöhe als auch der Gesamtwuchsleistung an Schaftholz über dem Alter aufgetragen. Man sieht leicht, daß die Kurvenabstände bei der Gesamtwuchsleistung größer sind als bei den Oberhöhen. Sehr deutlich wird dies an Hand der

auf Niederterrasse rätlich erscheinen. Die Schwierigkeiten, welche das Zusammenfassen so heterogener Unterlagen in einer Tafel verursachte, lassen sich unter anderem am Verlauf des Höhenfächers für die drei Höhen-Bonitäten der Tafel ablesen. Dessen Endhöhen im Alter 120 haben nämlich ungleiche Abstände, welche von I. zu II. nur 2,2 m, von II. auf III. aber 5,0 m betragen.

Aus den Abb. 4 und 5 ist auch der bedeutende *Einfluß der Begründungsart auf den Wachstumsgang* bei gleichem Standort abzulesen. Oberhöhe und Gesamtwuchsleistung der Saatreihe Sachsenried 3 bleiben zunächst etwa gleichmäßig hinter den Werten der Pflanzreihe Sachsenried 2 zurück. Mit 70 bis 80 Jahren sind die Oberhöhen beider Reihen praktisch gleich geworden; dagegen besteht im Alter 80 immer noch eine beträchtliche Minderleistung der Saatreihe im dGZ von immerhin 11%! Bei den Reihen Eglharting 72 und 73, ebenfalls auf gleichem Standort stokkend, ist der Vorsprung der weitständig begründeten Reihe 73 in der Oberhöhe bis zum Alter\* 80 bestehengeblieben, während die dGZ-Leistungen vom Alter 60 ab etwa gleich sind.



#### b. Die Probeflächen zur Ertragstafel von VANSELOW

Um seine Ertragstafel nicht allein auf den Ergebnissen der langfristigen bayerischen Versuchsflächen aufbauen zu müssen, hat VANSELOW (17) zur Ergänzung und Kontrolle 140 Probeflächen in allen Wuchsgebieten Südbayerns aufnehmen lassen. Im Zusammenhang mit den neuerlich in allen Teilen der Bundesrepublik laufenden Untersuchungen über den Wachstumsgang der Fichte, an der sich auch das Institut des Verfassers beteiligte, erschien es wertvoll, auch die Ergebnisse dieser Probeflächen-Aufnahmen heranzuziehen, dies vor allem hinsichtlich der Zuwachsmessungen auf diesen Flächen.

Wie VANSELOW (17, S. 413) seinerzeit mitteilte, wurden auf jeder Probefläche 2 bis 3 Kreisflächen-Mittelstämme gefällt, an denen in der zuwachsrechten Mitte nach PRESSLER je 2 Bohrspäne zwecks Feststellung des Zuwachsprozentes entnommen wur-

den. Nach heutiger Erkenntnis ist eine leidlich sichere Berechnung des rückliegenden 5- bis 10jährigen Volumzuwachses auf solche Weise nicht möglich. Eine stichprobenweise Nachprüfung der so berechneten mittleren Zuwachsprozente ergab z. B. für 7 aus je 3 Probestämmen berechnete mittlere Zuwachsprozente mittlere prozentische Fehler von  $\pm 1,0$  bis  $\pm 16,0\%$ . Bei nur 2 Freiheitsgraden beträgt die maximale Fehlerschwankung, eine Überschreitungswahrscheinlichkeit von 5 % vorausgesetzt, das 4,3-fache dieser Werte. Im Falle der Probefläche mit dem mittl. Fehler des mittl. Zuwachsprozentes von  $\pm 16\%$  würde sich eine mögliche Fehlerschwankung des so berechneten absoluten Zuwachses zwischen 8 und 38 fm ergeben. VANSELOW bemerkt selbst (17, S. 143 unten), daß die so berechneten Zuwachswerte stark gestreut haben. Die Werte für den Gesamtwuchs der Probeflächen, welche weiterhin durch graphischen Ausgleich der Einzelwerte für die verschiedenen Altersperioden gewonnen wurden, dürften somit ziemlich unsicher sein. Nach freundlicher Mitteilung von Professor Dr. Dr. VANSELOW benutzte er deshalb neben den Werten der Zuwachsprozente, die unter Weglassung der Extremwerte aus dem graphischen Ausgleich der Zuwachsprozente sich ergaben (etwa 400 Werte), auch die ihm bekannten Durchforstungsmassen von 24 seiner Probeflächen und 45 von sonstigen früher aufgenommenen Weiserflächen zur Ermittlung der Zuwachsprozente seiner Ertragstafel.

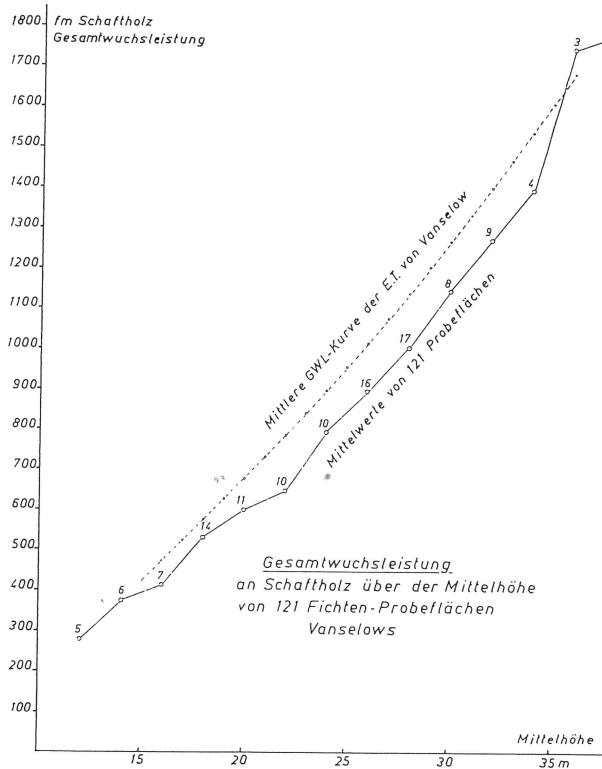


Abb. 6

Um diese wertvollen Probeflächenaufnahmen gleichwohl zu einer Berechnung der wahrscheinlichen Gesamtwuchsleistung ausnutzen zu können, wurde ein neuartiges Verfahren benutzt. Bei der oben erwähnten Prüfung der bayerischen Fichten-Versuchsreihen hinsichtlich der Differenz: Oberhöhe minus Mittelhöhe stellte sich heraus, daß die Differenz Oberdurchmesser (= mittlerer Durchm. der 100 stärksten Bäume pro ha) minus Mitteldurchmesser von der Stärke der Durchforstung abhängt und sich mit zunehmender Eingriffsstärke (Niederdurchforstung) vermindert. Weiter ergab sich, daß der prozentuale Wert dieser Differenz, bezogen auf den Absolutwert des Oberdurchmessers, also

$$\frac{d_o - d_m}{d_o} \cdot 100,$$

mit dem Vornutzungsprozent eng korreliert ist. Allerdings ist die fragliche prozentuale Differenz noch von der Bestandesbegründung, ob dicht- oder weitständig, abhängig. Es gelang jedenfalls, zwei Tafeln aufzustellen – die eine für engständig, die andere für



weitständig begründete Bestände –, mit deren Hilfe die wahrscheinlichen Vornutzungsprozente der Probeflächen bestimmt werden konnten. Eine Erprobung der Tafel an 12 beliebig herausgegriffenen Beispielen, für welche die wirklichen Gesamtwuchsleistungen bekannt waren, ergab als Summe der Gesamtwuchsleistungen dieser 12 Bestände den Betrag von 11 556 fm gegenüber 11 567 fm wirklich. Der prozentische mittlere Fehler der Einzelbestimmung betrug dabei  $\pm 5,8\%$ , der mittlere Fehler des arithmetischen Mittels der 12 Bestimmungen somit  $\pm 1,7\%$ .

Mit Hilfe dieser Tafeln konnten die wahrscheinlichen Werte der Gesamtwuchsleistung an Schaftholz für 121 Probeflächen VANSELOWS berechnet werden; 19 Flächen mußten wegen Fehlens der benötigten Unterlagewerte unberücksichtigt bleiben. In der Abb. 6 sind die Mittelwerte der so gefundenen Gesamtwuchsleistungen, je für 2 m breite Höhenklassen, über den zugehörigen Mittelhöhen aufgetragen. Ein Vergleich mit der eingezeichneten mittleren Gesamtwuchsleistungskurve (22) der Tafel von VANSELOW läßt erkennen, daß *das mittlere Ertragsniveau der Probeflächen im Durchschnitt nur bei 90 % der Tafel liegt*. Weiter wurde für 50 Probeflächen mit einem Mindestalter der Bestände von 70 Jahren ein Vergleich mit den Sollwerten an Gesamtwuchsleistung der Tafel von VANSELOW angestellt. Es ergab sich, daß die Sollwerte der Tafel im Durchschnitt nur zu 89 % erreicht werden. Übereinstimmend mit den Ausführungen VANSELOWS (17) ist die Annäherung an die Tafelleistungen in Gebieten höherer Niederschläge größer als in den Wuchsgebieten mit geringeren Niederschlägen.

*Nach allem müssen wir annehmen, daß die hohen Leistungen der Fichtenertrags-tafel von VANSELOW nur von Beständen auf besonders begünstigten Standorten erreicht werden können*. Aber auch in Waldgebieten mit solchen Optimalleistungen, wie z. B. im Sachsenrieder Forst, muß damit gerechnet werden, daß Standorte und Bestände mit niedrigerem Ertragsniveau und geringeren dGZ-Leistungen vorkommen, als nach den entsprechenden Höhenbonitäten der Tafel zu erwarten sind.

### c. Neue Untersuchungen zum Fichtenwachstum auf verschiedenen Standorten

Seit 1955 laufen Untersuchungen über das Fichtenwachstum auf verschiedenen Standorten, an denen sich alle Forschungs- und Versuchsanstalten des Bundesgebietes beteiligen. Veröffentlichungen darüber liegen bereits vor von MITSCHERLICH (8) in Baden, MOOSMAYER (11) in Nordwürttemberg und PETRI (13) in Rheinland-Pfalz. Bedeutungsvoll für unser Problem sind auch die früher erschienenen Arbeiten von GÜNTHER (2), HASENMAIER (3), KOCH (4), MOOSMAYER (10) und WEIHE (18).

Die Untersuchungen innerhalb Bayerns wurden bewußt auf Standorte beschränkt, auf denen infolge knapper Niederschläge mit kritischen Wucherscheinungen zu rechnen ist, also auf das Gebiet des Fränkischen Jura, der Iller-Lech-Platte und der Haßberge. Leider konnte nur in einem Forstbezirk, für den bereits eine Standortskartierung vorlag, von standortkundlich gesicherten Unterlagen ausgegangen werden. Bei der Bearbeitung der Ergebnisse hat sich die Notwendigkeit herausgestellt, eine genauere Standortserkundung, speziell für die umfangreicheren Untersuchungen im Jura, noch nachzuholen, da es anders nicht möglich ist, einzelne auffällige Wucherscheinungen richtig zu deuten. Aus diesem Grunde mußte auch bislang von einer Veröffentlichung abgesehen werden.

In dem erwähnten Forstbetrieb mit vorliegender Standortskartierung, auf der ober-schwäbischen Schotterflur südöstlich von Ulm gelegen, konnten unter anderem je vier Probeflächen auf zwei charakteristischen Standortseinheiten aufgenommen werden. Die Abbildung 7 läßt erkennen, daß die Entwicklung der Oberhöhen von der Tafel von ZIMMERLE (auf Oberhöhen umgerechnet) stark abweicht. Beim Oxalis-Myrtillus-Typ besteht sogar noch ein merklicher Bonitätsabfall gegenüber der Tafel von WIEDE-

MANN. Das Ertragsniveau beider Standortseinheiten liegt übrigens über der Tafel von WIEDEMANN, aber niedriger als das der Tafel von ZIMMERLE. Charakteristisch ist ein systematischer Abfall des laufenden Zuwachses vom Alter 60 bis 70 ab, sowohl absolut als auch relativ, bezogen auf die beiden Ertragstafeln. Die systematische Überschätzung der Höhenbonität mittelalter Bestände bei statischer Bonitierung nach ZIMMERLE und

z. T. auch nach WIEDEMANN führt so zu gefährlichen Überschätzungen des  $dGZ_{80}$  bzw.  $dGZ_{100}$  und des laufenden Zuwachses.

MITSCHERLICH, der weitaus das umfangreichste Material gesammelt und bearbeitet hat, einmal aufgenommene Probestellen, hat dieses – mangels vorliegender Standortkartierungen – nicht nach Standortseinheiten (im Sinne von KRAUSS), sondern nach Standortgruppen (z. B.: „Jungmoräne“, „Altmoräne“) aufgegliedert. Er versucht dann, die durchschnittlichen Abweichungen der so ausgeschiedenen 15 Standortgruppen von dem Höhenwachstumsgang nachzuweisen, der im Bonitierungsfächer der Ertragstafel von ZIMMERLE unterstellt ist. Diese Abweichungen, über einen längeren Zeitraum hin beobachtet, nennt er „Bonitätsveränderung“, und zwar im positiven Sinn „Bonitätsanstieg“, im negativen „Bonitätsrückgang“<sup>3</sup>.

Wenn auch die so gefundenen

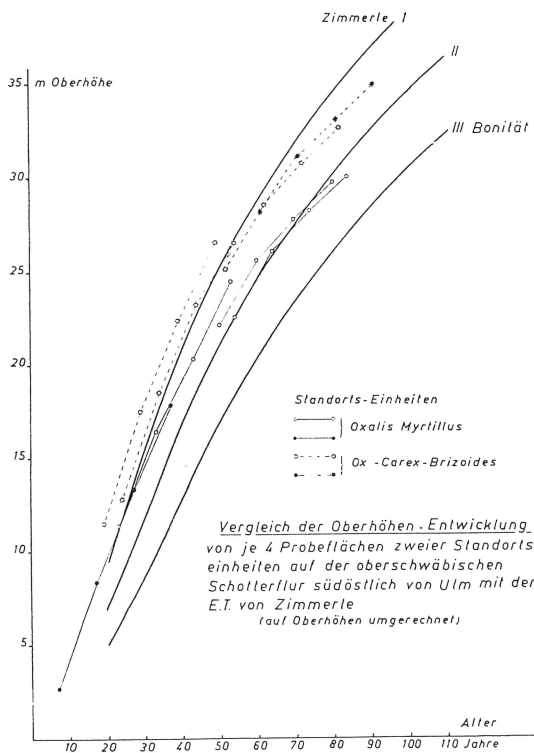


Abb. 7

Abweichungen vom Höhenwachstumsgang der Ertragstafel von ZIMMERLE in einigen Fällen typisch erscheinen, so zeigt sich bei genauer Prüfung der Höhenentwicklung der Einzelflächen, daß diese mehrfach sowohl positiv wie negativ abweichen. Bei dem von MITSCHERLICH angewendeten Mittelungsverfahren verschwinden so zum Teil charakteristische und offenbar standörtlich bedingte Abweichungen. Solche sind vielfach zu erwarten, wenn man bedenkt, wieviel Standortseinheiten in den einzelnen Standortgruppen zusammengefaßt sind und wie sehr die Standortverhältnisse allein durch das Kleinrelief auch für gut abgegrenzte Standortseinheiten noch variiert werden können.

Weiter hat MITSCHERLICH die mittleren Werte der Gesamtwuchsleistung als Funktion der Mittelhöhe, unter der Bezeichnung: „erweitertes Eichhorn'sches Gesetz“, für die 15 Standortgruppen abgeleitet. Diese das „Ertragsniveau“ meiner Definition kennzeichnenden Werte liegen teils über, teils unter den Werten der Tafel von ZIMMERLE.

Beachtlich sind die aufscheinenden Minderleistungen im laufenden Volumzuwachs

<sup>3</sup> Durch Verwendung der Bezeichnung „Bonitätsniveau“ an Stelle der treffenderen „Durchschnittsbonität“ wird eine Verwechslung mit dem Begriff „Ertragsniveau“ nahegelegt.

gegenüber der Tafel von ZIMMERLE, insbesondere in der wichtigen Altersperiode 50 bis 100.

Es ist MITSCHERLICH unbedingt zuzustimmen, wenn er sagt, daß die Abgrenzung der Probeflächen nach – weitgefaßten – Standortgruppen unzureichend sei und daß *eine vorausgehende Bodenkartierung* die Arbeiten sehr erleichtert haben würde. So groß der allgemeine aufklärende Wert der umfangreichen Untersuchungen von MITSCHERLICH ist, so eindeutig erweist es sich hier, daß *nur eine scharfe Erfassung der standortkundlichen Grundlagen befriedigende Erklärungen für das Wuchsverhalten der Einzelbestände zu geben vermag*. Es erscheint fraglich, ob die offensichtlichen Nachteile von Einheits- oder Großgebietstafeln dadurch beseitigt werden können, daß man zu Regional- oder Wuchsgebietstafeln übergeht, oder etwa durchschnittliche Tafelabweichungen innerhalb von Standortgruppen oder Wuchsgebieten erkundet. Denn offenbar können, wie der Verfasser schon 1949 betonte (Fw. Cbl., S. 427), „auch im Einzelrevier *nebeneinander* Bestandsverbände auftreten, die verschiedenen ‚Standorten‘ angehören“.

Wie eng Höhenwachstumsgang, Ertragsniveau und Gesamtwuchsleistung der Fichte standortsbedingt sind, läßt die standortkundlich gut fundierte Arbeit von PETRI (13) erkennen. Es bestätigt sich in ihr unter anderem auch eine vom Verfasser mehrfach ausgesprochene Ansicht, *daß die mögliche maximale Bestockungsdichte der Fichtenbestände, ausgedrückt durch die Grundflächenhaltung, in erster Linie von der Wasserversorgung abhängt. Das Ertragsniveau und damit die Gestalt der Grundbeziehung II wird zweifellos überwiegend durch die Grundflächenhaltung bestimmt* (diese ist gleichbedeutend mit der durchschnittlichen Anzahl von Bäumen gegebenen Mitteldurchmessers während eines bestimmten Zeitraumes), *welche bei gegebener Mittelhöhe möglich ist*. Die „maximale“ Grundflächenhaltung kann aber nur durch Beobachten von Probeflächen festgestellt werden, welche genügend lange undurchforstet geblieben sind und dem natürlichen Ausscheidungsprozeß unterworfen waren. Bei den von PETRI untersuchten Probeflächen handelt es sich in der Mehrzahl um mindestens mäßig, zum Teil aber offenbar sehr stark durchforstete oder vom Schneebruch (1936!) durchlichtete Bestände. Auffällig erscheinen die hohen Grundflächenzuwächse und die – entsprechend der Berechnungsart – besonders großen Massenzuwächse, auch auf den weniger günstigen Standorten. Abgesehen von den Unsicherheiten und besonderen Fehlermöglichkeiten, welche durch Umrechnen der an Zentralstämmen gewonnenen Zuwachswerte auf Grundflächenmittelstämme gegeben sind, besteht hier die Gefahr, daß als Folge starker Eingriffe einseitige Verstärkungen des Durchmesserzuwachses im bodennahen Schaftteil ausgelöst worden sind, welche bei Benutzen der PRODANSCHEN Tabellen zu einer Überschätzung des Massenzuwachses führen können. Denn die PRODANSCHEN Tabellen müssen „mittlere“ Verhältnisse voraussetzen. Eine solche einseitige Zuwachsverlagerung könnte nur durch Stammanalysen festgestellt werden<sup>4</sup>. Die momentane Brusthöhenformzahl, welche an den gefälltten Oberhöhenprobestämmen über  $q_H$  und  $\eta$  0,5 berechnet wurde, kann hier keinen sicheren Aufschluß geben, da es ja auf eine etwaige größere negative Änderung der Brusthöhenformzahl in der zurückliegenden 10jährigen Zuwachsperiode ankommt.

Auch die Arbeit von MOOSMAYER (11) läßt ein Wuchsverhalten der Fichte aufscheinen, das nach Standorten differenziert ist. Zwar konnte MOOSMAYER aus seinen guten Unterlagen eine mittlere Gesamtwuchskurve für die Ostalb herleiten, die eine erfreulich geringe bedingte Streuung aufweist. Doch beweist er gleichzeitig an Hand konkreter GWL-Kurven von langfristig beobachteten Fichtenversuchsflächen,

<sup>4</sup> Gelegentlich von laufenden Untersuchungen des Münchener Institutes für Ertragskunde über Zuwachsveränderungen an freigestellten Bestandesrändern konnten krasse Fälle solcher einseitiger Zuwachsverlagerungen festgestellt werden.

daß typische Abweichungen, je nach Standort, vorkommen, und daß der Zusammenhang zwischen Höhenbonität und wirklicher GWL- und dGZ-Leistung keineswegs so eindeutig ist, wie bisher angenommen wurde. Bemerkenswert ist, daß die von MOOSMAYER konstruierte mittlere GWL-Kurve für Fichte der Ostalb zwar oberhalb der Kurve von WIEDEMANN (I. Bonität), aber unterhalb der Kurve von ZIMMERLE (I./II. Bonität) verläuft. Im ganzen ist es MOOSMAYER gelungen, das typische Wuchsverhalten von Fichte und Buche auf gut definierten Standortseinheiten eines größeren Wuchsgebietes klarzustellen. Insofern bietet auch diese Arbeit ermutigende Aspekte.

Der Hauptwert der Arbeit von GÜNTHER (2) liegt darin, daß in ihr erstmalig die Leistungen verschiedener Baumarten auf jeweils eindeutig definierten Standorten erfaßt und verglichen werden konnten. Bezüglich der Baumart Fichte lassen sich ganz ähnliche Folgerungen ableiten, wie sie die Arbeiten von MOOSMAYER und PETRI nahelegen.

*Wir müssen die Hoffnung begraben, daß es gelingen könnte, die inzwischen offenkundig gewordenen Unsicherheiten der Ertragschätzung bei der Baumart Fichte durch Übergang von Großgebiets- auf Regional- oder Wuchsgebietstafeln zu beseitigen. Wir müssen vielmehr versuchen, den spezifischen Wachstumsgang, das Ertragsniveau und die Gesamtwuchsleistung auf typischen Einzelstandorten zu erkunden. Wir werden so zu Standortstafeln gelangen oder zumindestens die Korrekturen herausfinden, welche an den Werten der bestehenden oder etwa neu abzuleitenden Großgebietstafeln anzubringen sind.*

### III. Verbesserungsvorschläge zur Abänderung und Neukonstruktion von Ertragstafeln

#### 1. Konstruktionsmängel bisher gebräuchlicher Ertragstafeln

Bei dieser Sachlage werden wir noch für längere Zeit die bislang gebräuchlichen Ertragstafeln nicht entbehren können. Der Verfasser hat wiederholt auf Konstruktionsmängel dieser Tafeln aufmerksam gemacht, die im folgenden kurz behandelt werden sollen. WIEDEMANN hat sich seinerzeit bei der Neubearbeitung der SCHWAPPACHSchen Tafeln für Buche (1931) und Fichte (1936) auf den Standpunkt gestellt, *daß der Grundflächenrahmen in weiten Grenzen frei wählbar sei*. Er hat so nicht nur den Höhenrahmen, was im Interesse der Kontinuität richtig und zu begrüßen war, sondern auch *den Grundflächenrahmen der SCHWAPPACHSchen Tafeln unverändert übernommen*. SCHWAPPACH hat nun, wie auf Seite 148 seiner „Rotbuche 1911“ klar zu ersehen, die Grundflächenwerte der Tafel für mäßige Durchforstung (B) durch arithmetische Mittelung der Grundflächen seiner älteren Tafel für mäßige Df. von 1893 und der recht spekulativen Tafel von 1911 für starke Durchforstung (A) festgelegt. Die Grundflächen der letztgenannten Tafel gehen auf die Annahme einer optimalen Grundfläche zwischen 21 und 25 qm zurück, welche durch eine, wie wir heute erkennen müssen, zu kurzfristige Beobachtung an wenigen Durchforstungsreihen wahrscheinlich gemacht war. Dies hat FRICKE (1) schon 1912 mit Recht kritisiert. Die folgende Übersicht 4 läßt erkennen, daß die so herbeigeführte *Staffelung der Grundflächen beider Tafeln nach Bonitäten* – im Gegensatz zu der älteren Tafel von 1893 – *unnatürlich und willkürlich* ist.

Es wurden so die ursprünglichen und natürlichen Verhältniswerte von I. zu III. Bonität mit 100 : 78 auf 100 : 96 bzw. 100 : 88 reduziert. Willkürlich und unnatürlich ist auch die Entwicklung der verbleibenden Grundfläche mit zunehmendem Alter festgesetzt. Dies hat zur Folge, wie Verfasser a. a. O. (24) nachwies, daß die Bestockungs-

grade älterer Buchenbestände auch mit Hilfe der Tafel für mäßige Durchforstung (WIEDEMANN 1931 B) systematisch zu hoch bestimmt werden.

Ähnlich verfuhr SCHWAPPACH bei seiner Fichtenertragstafel von 1902, deren Grundflächenrahmen WIEDEMANN für seine Tafel mit mäßiger Durchforstung 1936/42 über-

Übersicht 4

Verbleibende Grundfläche der Schwappach'schen Buchen-Ertragstafeln im Alter 100

Bonität	Tafel 1893		Tafel 1911 A		Tafel 1911 B	
	abs. qm	%	abs. qm	%	abs. qm	%
I	42,2	100	24,5	100	32,5	100
II	37,5	89	24,0	98	31,5	94
III	33,1	78	23,5	96	29,8	88
IV	30,0	71	23,1	94	27,3	82

nommen hat. Näheres bitte ich bei SCHWAPPACH (15, S. 75 ff.) nachzulesen. Diese Tafel von WIEDEMANN setzt also vom Alter 60 bis 70 ab eine Grundflächenhaltung voraus, welche nicht der natürlichen Entwicklung folgt, sondern auf spekulativen, bodenrein-

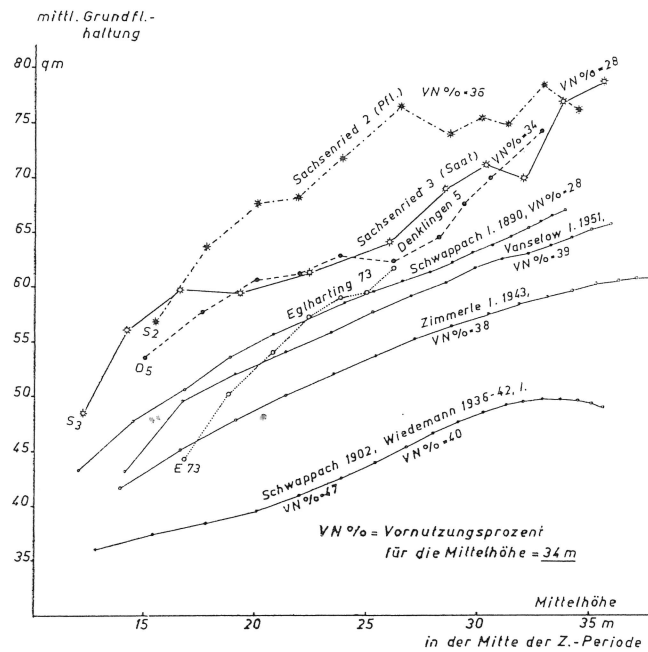


Abb. 8. Mittlere Grundflächen-Haltungen über der Mittelhöhe von 4 Fichten-Ertragstafeln und von schwach durchforsteten Fichten-Versuchsflächen

erträglerisch begründeten Annahmen fußt. Abb. 8 läßt die unnatürliche und fragwürdige Grundflächenhaltung dieser Tafel im Vergleich mit anderen Fichtenertragstafeln und konkreten Versuchsflächen hervortreten. Man könnte nun einwenden, daß auf vielen Standorten von diesen Altern ab eine natürliche Verlichtung durch Rotfäule,

Schneebruch und Windwurf einsetzt, welche eine der Tafel ähnliche Grundflächenhaltung zur Folge hat. Demgegenüber ist festzustellen, daß die Tafel für mäßige Durchforstung allgemein als *Bezugsmaßstab für den Bestockungsgrad* verwendet wird und daß man bei der Forsteinrichtung etwaige Zuwachsreduktionen auf diesen Ertragstafelbestockungsgrad gründet (vgl. ASSMANN, 23). Wie leicht zu zeigen ist, gibt es im Anwendungsgebiet der WIEDEMANNschen Tafel nicht wenige Bestände, welche trotz intensiver und starker Durchforstung, ja nach überwundener starker Durchlichtung infolge von Schneebruch, Bestockungsgrade über 1,0, bezogen auf die genannte Tafel, aufweisen. Vor allem führt die beanstandete willkürliche und unnatürliche Reduktion der Grundflächen mit zunehmendem Alter in der Forsteinrichtungspraxis zu *unzutreffenden Folgerungen bezüglich des anzustrebenden Zielvorrates und etwaiger „Übervorräte“*. Es erscheint notwendig, diesen Konstruktionsmangel der sonst so ausgezeichnet bewährten WIEDEMANNschen Tafeln für mäßige Durchforstung recht bald zu beseitigen.

Die Fichtenertragstafel von ZIMMERLE weist diesen Mangel nicht auf. Ihrer Anwendung als Bezugstafel für Süddeutschland in ihrer jetzigen Gestalt steht vor allem eine Eigentümlichkeit entgegen, auf die der Verfasser schon früher aufmerksam gemacht hat (21), nämlich *der durchweg zu steile Verlauf des Höhenfächers*, der besonders hohe „*Leistungserwartungen*“ bedingt und zu bedeutenden *Überschätzungen des laufenden Zuwachses* in den Altersklassen bis zu 100 Jahren *sowie des vermutlichen dGZ<sub>80</sub> oder dGZ<sub>100</sub> junger Bestände* führt. Das Höhenwachstum junger Bestände vollzieht sich offenbar auf den meisten Standorten bedeutend rascher, als es die Tafel von ZIMMERLE voraussetzt, so daß die Mehrzahl der Jungbestände zu hoch bonitiert wird<sup>5</sup>. Dies erweist sehr klar die Arbeit von MITSCHERLICH (9). Auch bei den bayerischen Beständen, soweit sie aus Pflanzung hervorgegangen sind und keine besonderen Wuchshemmungen erfahren haben, verläuft die Höhenentwicklung in der Jugend so viel rascher, daß sie nach der genannten Tafel erheblich überbonitiert werden. Ganz kraß liegen die Dinge bei früh und stark (etwa vor dem Alter 25) durchforsteten Beständen, bei denen infolge der ausgelösten Wuchsbeschleunigung auch die Oberhöhen nach 10 bis 15 Jahren einen Vorsprung von 1 bis 1,5 m gegenüber unbehandelten Vergleichsflächen bekommen können. Eine Bonitierung solcher „Schnellwuchsbestände“ liefert unwahrscheinliche Superbonitäten.

Man sollte in den Ertragstafeln Höhenangaben nur für solche Alter bringen, für welche hinreichende Unterlagen vorliegen, und für die Bonitierung von Jungbeständen besondere Bonitierungstafeln ableiten, bei denen die Begründungsart und die Jugendbehandlung berücksichtigt sind. *Ganz abwegig erscheint es, die bislang gebräuchlichen Tafeln in dGZ-Tafeln umzurechnen, weil so die mißbräuchliche Anwendung der Tafeln und die äußerst problematische dGZ-Bonitierung von Jugendbeständen geradezu provoziert wird.* Eine dGZ-Bonitierung von Beständen, die jünger als 60 bis 70 Jahre sind, und über deren Ertragsniveau nichts Näheres bekannt ist, muß als äußerst unsicher bezeichnet werden.

Es erscheint denkbar, durch planmäßige Auswertung der zahlreichen neuen Untersuchungsergebnisse zum Fichtenwachstum und etwaige weitere systematische Stichprobenahmen *Repräsentativtafeln* für größere Gebiete aufzustellen, die als allgemeine Bezugstafeln dienen könnten. Zumindestens erscheint es notwendig, die gebräuchlichen Tafeln so weit zu korrigieren, daß sie als vorläufige Repräsentativtafeln benutzt werden können. Das Hauptziel muß aber die *Ableitung von Standortstafeln* bleiben. Vor-

<sup>5</sup> Der Höhenfächer der Fichtentafel von WIEDEMANN (mäß. Df.) setzt ein rascheres Jugendwachstum voraus, verbunden mit stärkerem Nachlassen des Höhenzuwachses vom Stangenholzalter ab. Dies entspricht besser dem mittleren Wachstumsablauf der meisten Pflanzbestände, insbesondere auf wärmeren Standorten.

aussetzung dafür ist eine durchgehende, gründliche Standortkartierung und die Anlage eines hinreichend dichten Netzes von Dauerbeobachtungsflächen.

## 2. Vorschläge für eindeutige Begriffsbestimmungen

Ein wesentliches Hindernis für eine baldige Klärung der Ertragstafelfrage erblickt der Verfasser in dem Mangel an klaren Definitionen, weshalb diesbezüglich einige Vorschläge gemacht werden sollen.

Grundsätzlich sollte nur von *Höhenbonität* gesprochen werden, wenn und solange die Bonität durch Einordnen in das Bezugssystem Alter – Höhe gefunden wird. *Der Ausdruck „Ertragsklasse“ ist irreführend und zu vermeiden, wenn der wirkliche Ertrag an Gesamtwuchsleistung oder durchschnittlichem Gesamt-Zuwachs (dGZ) nicht bekannt ist.*

Das *Ertragsniveau* eines Standortes wird gekennzeichnet durch die Gesamtwuchsleistung (GWL), welche bei gegebener Mittel- oder Oberhöhe, ohne Rücksicht auf das Alter, erreicht wird.

Nehmen wir die Zeitfunktion hinzu, so können wir die Gesamtwuchsleistung angeben, die in einem bestimmten Alter erreicht wird, und den entsprechenden dGZ. Für diese Größen ist die Wahl eines *konventionellen Bezugsalters* bedeutsam. Hierfür kommen in Frage

bei den Baumarten	die vollen Jahrzehntwerte der Spannen
Fichte	80 bis 100
Kiefer	80 bis 140
Buche	100 bis 140
Eiche	100 bis 200

Als günstigstes allgemeines Bezugsalter für Leistungsvergleiche bietet sich so das Alter 100 an, das schon PHILIPP seinerzeit zur Kennzeichnung von dGZ-Bonitäten verwendet hat.

Die *Höhenbonität* wird am einfachsten und eindeutigsten ausgedrückt *durch die tatsächlich erreichte oder wahrscheinlich erreichbare Mittel- oder Oberhöhe in dem gewählten konventionellen Bezugsalter*. Benutzen wir die ertragskundlichen Symbole des Internationalen Verbandes der Forstlichen Forschungsanstalten, so würde bedeuten

$h_{L\ 100} = (36) \text{ m}$  die erwartete oder wahrscheinliche Lorey-Höhe des Bestandes im Alter 100 beträgt 36 m;

$h_{\text{dom}\ 80} = 35 \text{ m}$  die Oberhöhe im Alter von 80 Jahren beträgt 35 m.

Wie ersichtlich, wird die Unsicherheit eines noch zu erwartenden künftigen Höhenwertes durch Einklammern zum Ausdruck gebracht. Derartige Angaben für eine bestimmte Baumart lassen sich ohne Mühe in die Höhenbonitäten  $x$ -beliebiger Ertragstafeln übersetzen, wobei zunächst offenbleibt, wie hoch die tatsächliche entsprechende dGZ-Leistung ausfällt.

Für alle dGZ-Werte oder „Leistungsklassen“, die über eine Höhenbonität veranschlagt werden, sollte das Adjektiv „vermutlich“ oder „wahrscheinlich“ verwendet oder der unsichere Charakter durch Einklammern der Zahlenwerte betont werden:

$dGZ_{80} = (13) \text{ fm}$ . Wahrscheinlicher dGZ im Alter 80.

Dagegen:

$GWL_{100} = 1450 \text{ fm}$ . Tatsächliche Gesamtwuchsleistung im Alter 100.

*Es wäre schon viel gewonnen, wenn künftig durch Verwenden eindeutiger Bezeichnungsweisen die unberechtigte und gefährliche automatische Gleichsetzung von Höhenbonitäten mit bestimmten Ertragsleistungen vermieden werden könnte.*

### Literatur

1. FRICKE, Besprechung von SCHWAPPACH „Die Rotbuche“ in der Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw. 1912, S. 110. — 2. GÜNTHER, Untersuchung über das Ertragsvermögen der Hauptholzarten im Bereiche verschiedener Standortseinheiten des württ. Neckarlandes. Mitt. d. V. f. Forstl. Standortskunde, Heft 4, Stuttgart 1955. — 3. HASENMAIER, Orientierende Unters. über die Wachstumsleistung von Fichtenbeständen . . . , M. d. V. f. F. St., Heft 4, Stuttgart 1955. — 4. KOCH, Unters. über das Wachstum von Fichtenbeständen . . . , M. d. V. f. F. St., Heft 4, Stuttgart 1955. — 5. KRENN, Ertragstafeln für Fichte. Freiburg 1946. — 6. MAGIN, Über die Ursachen der Leistungsunterschiede beim Anbau fremdländischer Baumarten, A. F. 1957, S. 533. — 7. MAGIN, Über die Brauchbarkeit des forstlichen Bonitätsbegriffes. Allg. Forst- u. Jagdz. 1958, S. 145. — 8. MITSCHERLICH, Über die Schwierigkeiten bei der Zusammenfassung ertragskundlicher Versuchsergebnisse bei Berücksichtigung der Wuchsgebiete, A. F. u. J. Z. 1953, S. 125. — 9. MITSCHERLICH, Das Wachstum der Fichte in Baden, Freiburg 1958. — 10. MOOSMAYER, Die Wachstumsleistungen der Fichte und Buche usw. M. d. V. f. F. St., Heft 4, Stuttgart 1955. — 11. MOOSMAYER, Zur ertragskundlichen Auswertung der Standortsgliederung im Ostteil der Schwäb. Alb. M. d. V. f. F. St., Heft 7, Stuttgart 1957. — 12. NÄSLUND, Skogsförsöksanstaltens gallingsförsök i tallskog. Mitt. d. schwed. Forstl. V. A. Bd. 29, Nr. 1 (S. 85). — 13. PETRI, Zum ertragskundlichen Verhalten der Fichte im Nordteil Rheinland-Pfalz. Mitt. a. d. Forsteinrichtungsamt Koblenz, Nr. 7, 1958. — 14. PRODAN, Zuwachs- und Ertragsuntersuchungen im Plenterwalde. Dissertation Freiburg. — 15. SCHWAPPACH, Wachstum und Ertrag normaler Fichtenbestände in Preußen, Neudamm 1902. — 16. SCHWAPPACH, Die Rotbuche 1911, Neudamm 1911. — 17. VANSELOW, Fichtenertragstafel für Südbayern. Fw. Cbl. 1951, S. 409. — 18. WEIHE, Das Wachstum der Fichte nach den badischen Versuchsflächen, Freiburg 1955. — 19. ASSMANN, Untersuchungen über die Höhenkurven von Fichtenbeständen. A. F. u. J. Z. 1943/44, spez. 1944, S. 16. — 20. ASSMANN, Zur Ertragstafelfrage. Fw. Cbl. 1949, S. 414. — 21. ASSMANN, Zur Bonitierung süddeutscher Fichtenbestände. A. F. 1955, S. 61. — 22. ASSMANN, Die Bedeutung des „erweiterten EICHHORNSCHEN Gesetzes“ für die Konstruktion von Ertragstafeln. Fw. Cbl. 1955, S. 321. — 23. ASSMANN, Natürlicher Bestockungsgrad und Zuwachs. Fw. Cbl. 1956, S. 257. — 24. ASSMANN, Durchforstungsgrad und Zuwachsleistung bei vier typischen Buchen-Versuchsreihen. A. F. 1957, S. 329, S. 349.