

Ertragskunde München

Sonderdruck aus

Forstwissenschaftliches Centralblatt

85. Jahrgang (1966), H. 5/6, S. 129-192

VERLAG PAUL PAREY · 2 HAMBURG 1 · SPITALERSTRASSE 12

Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdruckes, der photomech. Wiedergabe und der Übersetzung, vorbehalten

© Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 1965

FRANZ, F.:

Titel unvollständig

Festw. Cbl. 1966, 85, (5/6), 134-147

FRANZ 1966 - 1

2. Der Tafelaufbau soll dem derzeitigen Stand der ertragskundlichen Forschung angepaßt werden. In den letzten Jahren wurde eine Anzahl wichtiger ertragskundlicher *Grundbeziehungen* neu formuliert. Diese Grundbeziehungen sollen in den Tafelaufbau einbezogen werden.

3. Die Ertragstafeln sollen eine *Konstruktionsform* erhalten, die den Anforderungen neuzeitlicher Datenauswertung und Informationsübermittlung gerecht wird. Denn der Zeitpunkt ist abzusehen, an dem die Forstwirtschaft genötigt sein wird, ihr Informationssystem in größerem Umfange auf eine neuzeitliche Datierungstechnik umzustellen. Eine solche Entwicklung sollte auch bei der Konstruktion neuer Ertragstafeln in Rechnung gestellt werden. Dies soll in der Weise geschehen, daß die Tafeln die Form eines zusammenhängenden Rechenschemas erhalten, aus dem alle Ertragsgrößen mit Hilfe von Elektronenrechnern gleichsam „vollautomatisch“ hergeleitet werden können.

1.1.2 Eine solche Tafel kann erst dann aufgestellt werden, wenn zuvor die *Voraussetzungen* für ihre Konstruktion geschaffen worden sind. Diese Voraussetzungen sind ertragskundlicher, biometrischer und rechen-technischer Art.

Rahmen-Charakteristik der fortentwickelten EI für Bayern
(Arbeitsziele)

1. Datengrundlage:
überwiegend bayer. Vfl-Aufnahmen, erweitert durch Kontrolldaten aus FE-Aufnahmen
2. Konstruktionsgrundlage:
Grundbeziehungen für ein fortentwickeltes ET-Modell (ASSMANN 1962)
3. EI-Aufbau
komplexes ET-Rechenschema, überführt in ein Rechenprogramm für den Elektronenrechner (IBM 7090)
4. Informationssystem
Vollautomatischer Abruf aller ET-Daten

Abb. 1

Zum Aufbau neuzeitlicher Ertragstafeln¹

Von F. FRANZ

Aus dem Institut für Ertragskunde der Forstlichen Forschungsanstalt München

Vorbemerkung

Vor etwa drei Jahren wurde im Ertragskunde-Institut der Forstlichen Forschungsanstalt München ein langfristiges Arbeitsprogramm zur Fortentwicklung unserer Ertragstafeln eingeleitet. Hauptziel dieses Programms ist es, für die wirtschaftlich wichtigsten Baumarten in Bayern ein *regionales Ertragstafelwerk* aufzustellen. Daneben sollen für einige Gruppen leistungsverwandter Standorte, die mit größerer Flächenverbreitung in Bayern vorkommen, *Standorts-Ertragstafeln* entwickelt werden².

Die folgenden Ausführungen beschäftigen sich lediglich mit der *Konstruktion regionaler Ertragstafeln*. Unsere Vorstellungen vom Aufbau eines neuzeitlichen Ertragstafelwerkes sollen am Beispiel der neuen „Vorläufigen Fichten-Ertragstafel für Bayern“ beschrieben werden. Diese Tafel wurde als erstes Teilergebnis der Münchener Ertragstafelarbeit im Jahre 1963 vorgelegt und 1965 in einer Fotodruck-Fassung veröffentlicht.

1. Ertragstafel-Aufbau

1.1 Zielsetzung

1.1.1 Das neue Ertragstafelwerk wird mit folgender *Zielsetzung* aufgebaut (vgl. Abb. 1):

1. Die Tafeln sollen einen regionalen *Bewertungsmaßstab* von optimalem Weiswert liefern. Ihr Geltungsbereich soll schwerpunktmäßig die bayerischen Wachstumsgebiete umfassen. Dies soll dadurch erreicht werden, daß in erster Linie bayerisches Datenmaterial für die Tafelherleitung herangezogen wird.

¹ Überarbeitete Fassung eines auf der Jahrestagung 1965 des Bayerischen Forstvereins am 9. September 1965 in Bayreuth gehaltenen Vortrages.

² Ein Teil dieser Standortstafeln wurde inzwischen fertiggestellt.

1.2 Ertragskundliche Voraussetzungen

1.2.1 Ertragstafelmodell

Die *ertragskundlichen Voraussetzungen* für die Fortentwicklung unserer Ertragstafeln hat Professor ASSMANN in seinem bekannten Vortrag auf der Münchner Hochschultagung 1962 zusammenfassend dargestellt. In dem gleichen Vortrag hat ASSMANN seine Auffassung vom Aufbau einer neuzeitlichen Ertragstafel in einem *Ertragstafelmodell* beschrieben und an Hand von Einzelmodellen zahlenmäßig erläutert.

Das von ASSMANN entwickelte Ertragstafelmodell bildet – mit einigen Erweiterungen – die Grundlage der hier besprochenen Ertragstafelkonstruktion. Es unterscheidet sich von den derzeit verwendeten Tafeln in einer Anzahl wesentlicher Konstruktionsmerkmale (vgl. Abb. 2).

Die primären Konstruktionsmerkmale der z.Zt. verwendeten Ertrags tafeln	fortentwickelten Ertrags tafeln
Mittelhöhen - Bonitäten	Oberhöhen - Bonitäten
römische Bon.-Ziffern	Bon.-Ziffer : H_0 im Alter 100
Ertragsniveau nicht gegliedert	Ertragsniveau gegliedert 3 EN - Stufen : oberes EN mittleres EN unteres EN
ein Grundflächen-Bezugswert (vgl. B.) gem. Durchforstungsprogramm	drei typische Grundflächenwerte : maximale Grundfl. optimale kritische
	Zuw.-Reduktionstafel

Abb. 2

darum - zumindest bei den Baumarten, die überwiegend niederdurchforstungsartig behandelt werden - durch eine Oberhöhenbonität besser gekennzeichnet als durch eine Mittelhöhenbonität.

1.2.2.2 Unterschiede bestehen auch in der Bezifferung der Bonitäten. Die relativen Höhenbonitäten der heutigen Ertrags tafeln sind in der Regel durch *römische Bonitätsziffern* gekennzeichnet. Demgegenüber wird in den neuen Tafeln die *Oberhöhe im Alter 100 als Bonitätskennwert* verwendet. Ein solcher Bonitätskennwert kann unmittelbar als Rechengröße benutzt werden, was besonders für den Aufbau des Rechenschemas für die Ertrags tafeln von Bedeutung ist.

1.2.2.3 Wesentlich verbessert wurden die Tafelgrundlagen für die Ansprache des Ertragsniveaus. Die derzeit verwendeten Ertrags tafeln haben i. a. nur ein *Ertragsniveau*, d. h., sie geben für eine bestimmte Höhe bzw. einen bestimmten Altershöhenwert nur *einen* Wert der Gesamtwachstumsleistung an. In dem neuen Ertrags tafelnmodell wurde das Ertragsniveau dagegen in mehrere Stufen untergliedert. Die bayerische

1.2.2 Konstruktionsmerkmale

1.2.2.1 An Stelle der bisher üblichen *Mittelhöhenbonitäten* werden in den neuen Tafeln *Oberhöhenbonitäten* verwendet. Eine Oberhöhenbonität wird aus dem Alter und der Bestandesoberhöhe bestimmt. Als Oberhöhe wird die Mittelhöhe der 100 stärksten Bäume je Hektar benutzt. Diese Höhe ist kein typischer Mittelwert - wie etwa die Bestandesmittelhöhe -, sondern ein ausgesprochener Randwert, weil sie sich ausschließlich auf die stärksten und - im Durchschnitt - höchsten Bestandesglieder bezieht. Die Oberhöhenbestimmung muß darum besonders sorgfältig ausgeführt werden, wenn wir Falschbonitierungen vermeiden wollen. Im Gegensatz zum Mittelhöhenwert ist der Wert der Bestandesoberhöhe in einem weiten Rahmen von der Durchforstungsstärke unabhängig. Die „wirkliche“ Höhenwachstumsleistung wird

niederdurchforstungsartig gekennzeichnet als durch eine Mittelhöhenbonität.

1.2.2.2 Unterschiede bestehen auch in der Bezifferung der Bonitäten. Die relativen Höhenbonitäten der heutigen Ertrags tafeln sind in der Regel durch *römische Bonitätsziffern* gekennzeichnet. Demgegenüber wird in den neuen Tafeln die *Oberhöhe im Alter 100 als Bonitätskennwert* verwendet. Ein solcher Bonitätskennwert kann unmittelbar als Rechengröße benutzt werden, was besonders für den Aufbau des Rechenschemas für die Ertrags tafeln von Bedeutung ist.

1.2.2.3 Wesentlich verbessert wurden die Tafelgrundlagen für die Ansprache des Ertragsniveaus. Die derzeit verwendeten Ertrags tafeln haben i. a. nur ein *Ertragsniveau*, d. h., sie geben für eine bestimmte Höhe bzw. einen bestimmten Altershöhenwert nur *einen* Wert der Gesamtwachstumsleistung an. In dem neuen Ertrags tafelnmodell wurde das Ertragsniveau dagegen in mehrere Stufen untergliedert. Die bayerische

Fichtentafel von 1963 hat z. B. *drei Ertragsniveau-Stufen* - ein unteres, mittleres und oberes Ertragsniveau. Mit Hilfe eines solchen gegliederten Ertragsniveau-Schemas kann die gegenwärtige Gesamtwachstumsleistung wesentlich besser geschätzt und die zu erwartende Leistung wesentlich genauer vorausgesagt werden als mit den derzeit verwendeten Tafeln.

1.2.2.4 Ebenso wurde auch der Maßstab für die *Beurteilung der Grundflächenhaltung* verbessert. Die älteren Tafelfassungen geben für einen bestimmten Altershöhenwert jeweils nur einen Grundflächenwert an. Dieser Grundflächenwert wird durch das der Tafel zugrunde liegende Durchforstungsprogramm geprägt. Er ist keineswegs immer zu wachsoptimal. Demgegenüber enthält das weiterentwickelte Ertrags tafelnmodell drei typische Grundflächenwerte:

1. Die *maximale (oder natürliche) Grundfläche*, die sich in Beständen ohne aktive Durchforstung herausbildet. Sie ist eine „echte“ standörtlich-ökologische Weisergröße, an der alle anderen Grundflächen gemessen werden.
2. Die *optimale Grundfläche*. Sie kennzeichnet eine Bestandesdichte, die nachhaltig optimale Zuwachstleistungen erwarten läßt. In dem neuen Ertrags tafelnmodell ist sie die eigentliche „Ertrags tafeln-Grundfläche“.
3. Die *kritische Grundfläche*. Sie kennzeichnet einen Grenzwert für die Bestockungsdichte, unterhalb dessen größere Zuwachstverluste zu erwarten sind.

1.2.2.5 Um den Zuwachs auch für geringere Bestockungsgrade bestimmen zu können, die unterhalb der kritischen Bestockungsdichte liegen, wurde an die Ertrags tafeln eine *Zuwachs-Reduktionstafel* angeschlossen. Der Reduktionstafel liegt die bekannte Beziehung zugrunde, die Prof. ASSMANN für den Zusammenhang zwischen der Grundflächenhaltung und dem laufenden Zuwachs gefunden hat (s. hierzu ASSMANN, 1961, S. 224 und 225). Hiermit wurde eine wichtige Voraussetzung für eine differenzierende Zuwachsbestimmung geschaffen, bei der neben Ertragsniveau, Bonität und Bestandesalter auch die jeweilige Bestandesdichte maßgeblich berücksichtigt wird. Die derzeit verwendeten Ertrags tafeln bieten diese Möglichkeit nicht.

1.3 Biometrische Voraussetzungen

1.3.1 Formulierung der Grundbeziehungen

Die zweite wichtige Voraussetzung für die Fortentwicklung unserer Ertrags tafeln ist biometrischer Art. Zu Anfang wurde bereits erwähnt, daß die neuen Tafeln einen einheitlichen, zusammenhängenden biometrischen Aufbau erhalten sollen (s. hierzu Ab-

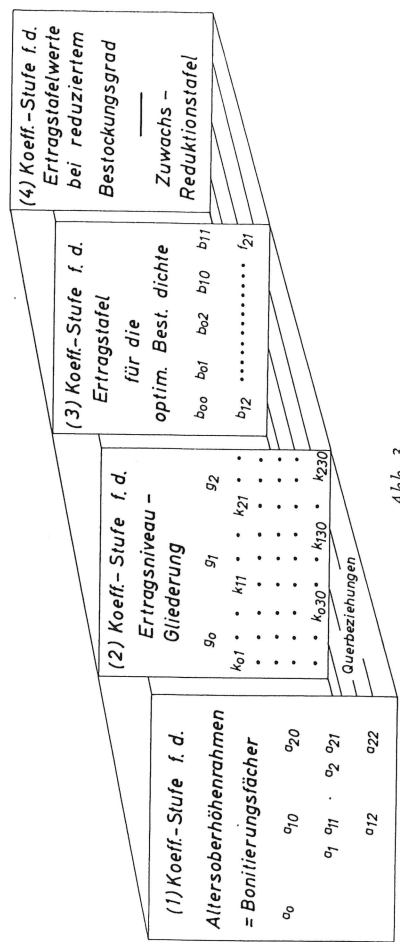


Abb. 3

schnitt 1.1.1). Die Hilfsmittel hierzu liefert die moderne Biomathematik. Sie hat, besonders in den letzten Jahren, eine große Zahl brauchbarer mathematischer Modelle für Zuwachs und Wachstum entwickelt. Diese Modelle konnten bei der Ertragsstafelkonstruktion mit Gewinn herangezogen werden.

1.3.2 Ertragsstafelmodell

1.3.2.1 Auf Abb. 3 sind die *Hauptelemente des Ertragsstafelmodells* schematisch dargestellt, nachdem es in ein biometrisches Modell übergeführt worden ist³. Die Ertragsstafel stellt sich hier als ein mehrschichtiges System von Gleichungen dar, die durch Querbeziehungen miteinander verbunden sind. Die Gleichungen sind auf vier senkrechten Ebenen hintereinander angeordnet:

- Die vordere Ebene enthält alle Weisergrößen, die zur Bestimmung der Oberhöhenbonität erforderlich sind.
- Die zweite Ebene enthält im oberen Teil die Grundbeziehungen, aus denen das Ertragsniveau hergeleitet wird. Nachdem dieses bestimmt worden ist, wird im unteren Teil die Ertragsstafel für die einzelnen Ertragsniveau-Stufen vorbereitet.
- Die dritte Ebene beschreibt das Ertragsstafelmodell im engeren Sinne. Aus ihren Gleichungen wird die Ertragsstafel für die optimale Bestandesdichte für alle gewünschten Bonitäten und Ertragsniveau-Stufen errechnet.
- Die vierte Gleichungsebene liefert die wichtigsten Ertragsstafelgrößen für alle Bestockungsdichte-Werte, die von der optimalen Bestockungsdichte abweichen. Auf dieser Ebene können z. B. die mittleren Durchmesser, die Mittelhöhen und die Stammzahlen für verschiedene Bestockungsgrade bestimmt werden. Hier entsteht auch die Zuwachsreduktionstafel, die den laufenden Zuwachs in Abhängigkeit von der Bestandesdichte angibt (vgl. ASSMANN-FRANZ, 1965, S. 36).

1.3.2.2 Das Ertragsstafelmodell auf Abb. 3 zeigt alle Merkmale eines vielschichtigen und empfindlichen Reaktionsschemas. Bereits die geringste Veränderung eines Elements auf einer der Gleichungsebenen hat unmittelbare Auswirkungen auf den gesamten Ertragsstafelaufbau. Dafür sorgen die zahlreichen Querbeziehungen zwischen den einzelnen Ertragsstafelgrößen.

1.3.2.3 Das Modell ist damit auch außerordentlich anpassungsfähig an gegebene ertragskundliche Tatbestände. Wir können hiermit innerhalb eines breiten Spektrums möglicher Bestandesentwicklungen praktisch für jeden beliebigen Wuchsgang der Fichte im gleichaltrigen Reinbestand eine Ertragsstafel aufstellen⁴. So würde es keine Schwierigkeit bedeuten, etwa für eine Wuchreihe – oder eine Betriebsklasse –, deren Höhenbonität, Ertragsniveau und Grundflächenhaltung im höheren Alter gegenüber dem regionalen Durchschnitt abnehmen, eine Leistungstafel auszurechnen.

1.4 Rechentechische Voraussetzungen

1.4.1 Einleitende Bemerkungen

Das Modell einer fortentwickelten Ertragsstafel wurde als ein vielschichtiger biometrischer Aufbau beschrieben, der sich aus einer großen Zahl mathematischer Ausdrücke zusammensetzt.

³ Zusammenfassung der Abschnitte 1.4, 4 und 6.1–6.3 des Autorenenferates zur Vorläufigen Fi-ET 1963 (ASSMANN-FRANZ, 1965).

⁴ Einschränkung: Sofern keine außergewöhnlichen Begründungs- und Behandlungsverfahren, z. B. extrem weite Pflanzverbände oder überstarke Hiebseingriffe, gefordert werden.

Das Herleiten von Ertragsstafelgrößen an Hand eines solchen Modells stellt ein schwieriges rechen-technisches Problem dar: Die Aufstellung einer Ertragsstafel aus biomathematischen Funktionen ist nämlich mit einem außerordentlich großen Rechenaufwand verbunden. Denn jeder einzelne Ertragsstafelwert muß aus ertragskundlichen Grund- und Leitbeziehungen bestimmt werden – nicht nur aus einer, sondern gleich aus einer ganzen Kette solcher Beziehungen. Eine geübte Rechenkraft würde viele Jahre brauchen, wenn sie mit Hilfe einer gebräuchlichen Tischrechenmaschine alle Ertragsstafelwerte ausrechnen wollte, die das Modell liefern soll. Es wird daher ohne weiteres einleuchten, daß die gewünschte Ertragsstafel auf dem üblichen, manuellen Weg nicht aufgestellt werden kann.

Hier bieten sich die modernen Elektronenrechner an. Das Ertragskunde-Institut in München ist in der glücklichen Lage, an einem der größten und schnellsten Elektronenrechner arbeiten zu können, die bisher gebaut worden sind – der IBM 7090. Das Gerät steht in einem Forschungsinstitut in Garching bei München.

1.4.2 Rechenprogramm

1.4.2.1 Wenn wir mit einem Elektronenrechner eine Rechenaufgabe lösen wollen, so brauchen wir ein sog. Rechenprogramm. Das Programm enthält alle Befehle, die der Rechner ausführen soll,

ET - Konstruktionsprogramm

Dateneingabe

Vorlaufprogramme

1. Teilprogramm

Analyse der Versuchsfächenaufnahmen

2. Teilprogramm

Herleitung der ET-Weiserbeziehungen

3. Teilprogramm (Hauptprogramm)

ET-Konstruktion: 1. Oberhöhenrahmen
2. Ertragsniveau-Stufen

3. Ertragsstafel

4. Zy-Reduktionstafel

Anschlußprogramme

DGZ - Bonitierungstabellen

Normalvorratstabellen

Prog. z. Optimalisierung der Umiriebszeit

Stammzahl- u. Massenverteilungsreihen

Kontrollprogramm

ET-Kennwerte für die Herleitung einer einfachen Ertragstafel (eine Bonität. Beispiel)	Alter			
	Kulmin.	20	50	100
<u>Oberhöhen</u>	(Z _H XX)	X	X	X
Differenzen Oberhöhe minus <u>Mittelhöhe</u> (opt. BG.)	XX	X		X
<u>max. Grundflächen</u>	XX	X		X
<u>optim. Best. grade</u>	XX	X		X
mittl. Durchmesser BG.=0,5		X	X	X
opt. BG.		X		X
<u>BG.=10</u>		X	X	X
<u>laufende Zuwächse</u>	XX	X		X
<u>Anfangsstammzahl, Df-Turnus</u>				
<u>Best.-Formzahl - Fkt.</u>				
<u>Schaffholz - Derbholz - Umrechnung</u>				

Abb. 5

holz-Derbholzumrechnung. Alles in allem ist die Zahl der Daten, die für eine solche Ertragstafelaufstellung benötigt werden, ausgesprochen gering.

1.4.2.3 Die aufgezählten Ertragskennwerte stehen in der Regel nicht unmittelbar zur Verfügung. Sie müssen vielmehr aus Versuchs- und Probestichaufnahmen oder aus anderen Bestandesehebungen herausanalysiert werden. Diese umfangreiche Vorarbeit führen die beiden ersten Teilprogramme aus, die auf Abb. 4 als *Vorlaufprogramme* bezeichnet sind.

1.4.2.4 Das erste Teilprogramm analysiert die ertragskundlichen Zusammenhänge zwischen den wichtigsten Bestandesgrößen von Einzelflächen und standortsgleichen Flächenreihen. Zu diesem Zweck werden, nach Einzelflächen getrennt, alle Bestandesaufnahmen in den Elektronenrechner eingegeben, aus denen die Ertragstafel errechnet werden soll.

Aus der Analyse der Einzelflächen-Aufnahmen werden deren Ertrags-Kennwerte gewonnen.

1.4.2.5 Im zweiten Teilprogramm werden die Ertragszahlen der Einzelflächen aufeinander abgestimmt und die größeren Zusammenhänge zwischen den Bonitäten, Ertragsniveau-Bereichen und Durchforstungsstärken formuliert. Hieraus werden dann die Ertragskennwerte für den gesamten Tafelaufbau abgeleitet.

1.4.2.6 Das dritte Teilprogramm ist das Hauptprogramm. Es rechnet aus den Ertrags-Kennwerten eine Ertragstafel aus. Dies geschieht in vier Rechenschritten, die den vier Stufen des Ertragstafelmodells entsprechen:

1. Zunächst wird der Altershöhenrahmen der Oberhöhe bestimmt. Er ist zugleich Bonitierungsfläche.

2. Dann werden die Ertragsniveau-Stufen gebildet und die Ertragstafeln für die einzelnen Stufen vorbereitet.

3. In dem folgenden dritten Rechenschritt werden die Ertragstafeln für die optimale Bestandesdichte für alle Bonitäten und Ertragsniveau-Stufen aufgestellt.

4. Der vierte Rechenschritt liefert die Zuwachs-Reduktionstafeln, ebenfalls getrennt nach Bonitäten und Ertragsniveau-Stufen.

Hier schließt die Ertragstafel-Berechnung ab.

1.4.2.7 Das Ertragstafelprogramm wurde nach dem *Baukastenprinzip* aufgebaut, d. h., es kann ohne wesentliche Veränderung seines Bauplanes um zusätzliche Teilprogramme erweitert werden. Diese enorme rechen-technische Möglichkeit kann zum Gewinn zusätzlich wichtiger Informationen genutzt werden, die aus einer Ertragstafel in der Regel gar nicht oder nur auf Umwegen – meist nur mit großem Rechenaufwand – zu erhalten sind.

1.4.2.8 Zur Zeit werden in einem Anschlußprogramm einige Zusatztafeln vorbereitet, die geeignet sind, eine bessere Grundlage für die betriebswirtschaftliche Kalkulation sowie für die forsteinrichtungs- und nutzungs-technische Planung zu liefern. Das Anschlußprogramm enthält:

1. eine DGZ-Bonitierungstafel, bezogen auf optimale Bestandesdichte, für verschiedene Bezugsalter, z. B. für den DGZ₈₀, DGZ₁₀₀, DGZ₁₂₀.

Diese Tafeln konnten inzwischen aufgestellt werden.

2. eine Normalvorrattabelle für verschiedene Bestockungsgrade zum Herleiten von Betriebsklassen-Kennziffern. Die Herleitung dieser Tabelle steht kurz vor dem Abschluß.

3. ein Programm zur Optimalisierung der Umtriebszeit für eine gegebene Betriebssituation.

4. eine Tafel der durchschnittlichen Stammzahl- und Massenverteilung auf Durchmesserstufen.

5. Hierauf aufbauend sollen

- a. ein System von Sortenertragstafeln und

- b. ein Wertertagstafelwerk entwickelt werden.

Die letztgenannten Zusatztafeln befinden sich zur Zeit noch im Stadium der Vorbereitung.

1.4.2.9 Das Anschlußprogramm wird nach dem Gliederungsprinzip der Ertragstafel aufgebaut, d. h. nach Ertragsniveau-Stufen, Oberhöhenbonitäten usw. Es soll unmittelbar hinter das Konstruktionsprogramm der Tafel geschaltet werden und zwar in einer Form, die auch einen sog. „Direktabruf“ zuläßt.

Hierfür ein Beispiel: Durch Direktschaltung soll die durchschnittliche Massenverteilung auf Durchmesserstufen für einen 97jährigen Bestand der Bonität 29, oberes Ertragsniveau, Bestockungsdichte bis zum Alter 70 = 0,9, Alter 70–80 = 0,8, Alter 81–97 = 0,7 unmittelbar bestimmt werden, ohne daß vorher die ganze Normal-Ertragstafel, die Reduktionstafel oder die ganze Tafel der Massenverteilungen, etwa für alle Alter und Bestockungsgrade der fraglichen Bonität, berechnet werden müssen. Das gleiche gilt auch für den Fall, daß wir etwa den Normalwert einer 110jährigen Betriebsklasse der Bonität 31 für den Bestockungsgrad 0,75 herleiten wollen.

1.4.3 Kontrollprogramm

1.4.3.1 Als letztes Anschlußprogramm ist in dem Schema auf Abb. 4 noch ein *Kontrollprogramm* aufgeführt, das zur Zeit ebenfalls vorbereitet wird.

Es reicht nicht aus, eine Ertragstafel allein nur aufzustellen. Man muß auch wissen, wie weit sie mit der Wirklichkeit übereinstimmt. Zu diesem Zweck sollen Bestandesaufnahmen aus allen Teilen des Tafel-Anwendungsgebietes in das Kontroll-

programm eingegeben und mit der Tafel verglichen werden. Das Vergleichsergebnis entscheidet darüber, ob die Tafel korrigiert werden muß oder nicht.

1.4.3.2 Abweichungen der Tafelwerte von den Bestandesaufnahmen sind in erster Linie zurückzuführen auf

1. ungenügenden Umfang des Datenmaterials für die Ertragstafel-Aufstellung,
2. unzureichende Verteilung der Versuchsflächen über das Tafel-Erhebungsgebiet,
3. unzureichende standörtliche und ertragskundliche Gliederung der Versuchsflächenwerte,
4. Mängel im Ertragstafelmodell,
5. ungenügende Abstimmung der Ertragskennwerte auf den „wirklichen“ Erhebungsdurchschnitt.

1.4.3.3 Eine Ertragstafel entsteht buchstäblich als *Kompromißlösung* aus mehreren gleichwertigen Ertragstafel-Lösungen. Denn der Ausgleich des Datenmaterials und die wechselseitige Anpassung der verschiedenen Wachstumskurven führen *nicht unmittelbar* zu einer einzigen, optimalen Ertragstafelfassung. Wir erhalten vielmehr *zunächst* mehrere gleichwertige Ertragstafel-Lösungen. In ihnen werden einzelne Teilaspekte des Wachstums in unterschiedlicher Weise hervorgehoben oder abgeschwächt.

Eine erste Ertragstafel-Lösung wird z. B. mehr die oberbayerischen Wuchsbedingungen betonen, eine zweite mehr die nordbayerischen. Eine dritte Lösung könnte so angelegt sein, daß sie den Zuwachseffekt einer günstigen Witterungsperiode abgeschwächt. Eine vierte Lösung läßt dagegen den Zuwachseffekt voll zum Tragen kommen usw. Jede dieser Lösungen liefert eine eigene Ertragstafel-Fassung. Erst die schrittweise wechselseitige Anpassung der vielen möglichen Einzellösungen führt zu einer „ausgewogenen“ Regional-Ertragstafel. Diese Tafel wird so lange als „vorläufige Ertragstafel“ gelten müssen, bis ihre Brauchbarkeit für alle Teile des Tafel-Anwendungsgebietes mit Hilfe des Kontrollprogramms bestätigt worden ist.

1.4.3.4 Die derzeitige Fassung der Bayerischen Fichten-ertragstafel wurde aus 108 Test-Ertragstafeln heraus entwickelt. In diesen 108 Tafeln wurden die unterschiedlichen ertragskundlichen Merkmale, die das Fichtenwachstum in Bayern zeigt, schrittweise aufeinander abgestimmt, bis schließlich eine als optimal angenommene Tafelfassung entstand.

1.4.4 Rechenzeit

1.4.4.1 Hier stellt sich die Frage nach der Rechenzeit, die für die Aufstellung einer Ertragstafel insgesamt zu veranschlagen ist.

1.4.4.2 Die weitaus meiste Rechenzeit beanspruchen die Vorlaufrechnungen, in denen das Datenmaterial zunächst einmal analysiert und dann für die Tafelaufstellung vorbereitet wird.

Bei der Vorbereitung der Fichtentafel wurden hierfür auf der – allerdings sehr schnellen – IBM 7090 rund vier Stunden Rechenzeit benötigt⁵. Es ist jedoch zu erwarten, daß die Rechenzeit auf etwa drei Stunden verkürzt werden kann, nachdem inzwischen zusätzliche Erfahrungen bei der Datenauswertung gesammelt worden sind.

1.4.4.3 Die Aufstellung einer Ertragstafel einschließlich der Zuwachsreduktionstafeln erfordert je nach Staffellung der Bonitäten, Ertragsniveau-Stufen und Alter rund eine bis höchstens zwei Minuten Rechenzeit. Sollen gleichzeitig noch Zusatztafeln, z. B. DGZ-Tafeln, ausgerechnet werden, so wird sich die Rechenzeit um etwa 1/2 bis eine Minute je Zusatztafel erhöhen.

⁵ Maschinenzzeiten für das Testen, Kompilieren und Laden der Programme sind hierin nicht enthalten. Alle angegebenen Zeitwerte sind Monitor-Rahmenzeiten. Die „wirklichen“ Rechenzeiten liegen noch unter diesen Werten

Für die Herleitung der Bayerischen Fichten-Ertragstafel einschließlich der Zuwachsreduktionstafeln und der 108 Test-Ertragstafeln waren rund 150 Minuten Rechenzeit erforderlich. Auch hier dürften noch Zeiteinsparungen möglich sein.

1.4.4.4 Die angegebenen Rechenzeiten vermitteln einen Eindruck von dem Umfang der Rechenarbeiten, die erforderlich sind, die beschriebene Ertragstafellösung zu erzielen. Gleichzeitig lassen sie die enormen rechen-technischen Möglichkeiten erkennen, die sich der forstwissenschaftlichen Forschung mit der Anwendung der modernen Elektronenrechner eröffnen.

2. Zur praktischen Handhabung der neuen Ertragstafeln

2.1 Einleitende Bemerkungen

2.1.1 Nach dieser kurzen Einführung in den Aufbau der neuen bayerischen Ertragstafeln sollen noch einige Voraussetzungen für ihre *praktische Anwendung* beschrieben werden.

Die neuen Ertragstafeln unterscheiden sich von den derzeit gebräuchlichen Tafeln nicht nur in ihrem Aufbau, sondern auch in der Art und Weise ihrer praktischen Handhabung (vgl. Abb. 6).

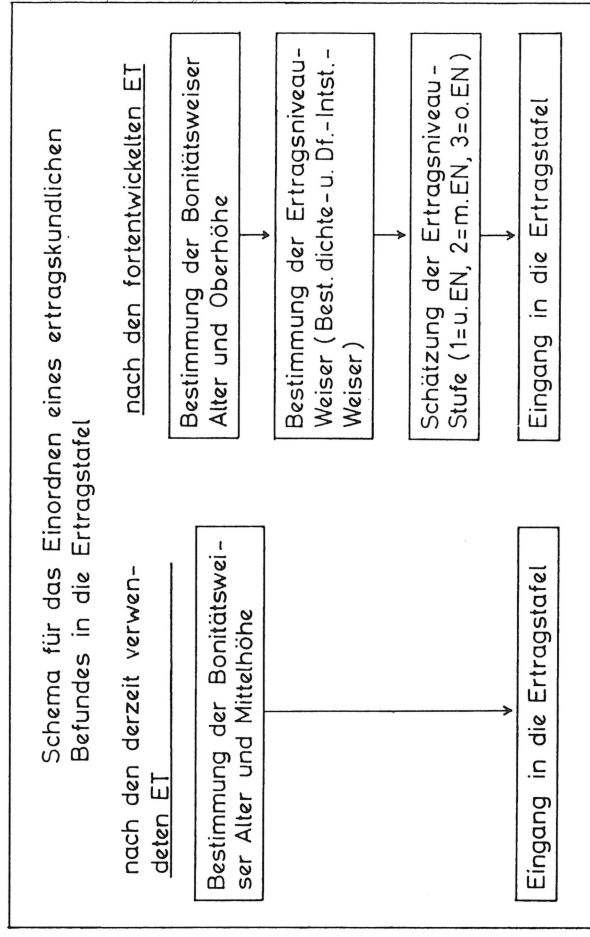


Abb. 6

2.1.2 Die derzeitigen Normalertragstafeln sind, wie wir wissen, lediglich in *Bonitäten* untergliedert, wobei im allgemeinen Mittelhöhenbonitäten verwendet werden⁶. Eine Mittelhöhenbonität wird aus den Bonitätsweiser Alter und Mittelhöhe be-

⁶ Die (zusätzliche) Untergliederung in DGZ-Stufen bei einigen Tafeln ist nichts weiter als eine andere Ausdrucksform der Bonitätsgliederung. Sie stellt vielfach eine unzulässige Gleichsetzung von Höhenbonität und Ertragsleistung dar (s. hierzu ASCHMANN 1961 S. 175).

stimmt. Sind Alter und Mittelhöhe bekannt, so können wir einen Bestand in die Tafeln einordnen.

2.1.3 Die neuen Tafeln sind zusätzlich noch nach *Ertragsniveau-Stufen* gegliedert. Diese Stufen sind durch die Stufenwerte 1, 2 und 3 gekennzeichnet. Stufe 1 wird als unteres, Stufe 2 als mittleres und Stufe 3 als oberes Ertragsniveau bezeichnet. Ebenso wie die Bonität muß auch das Ertragsniveau aus Weisergrößen bestimmt werden, wenn wir es nicht nur grob-überschlägig aus dem Gesamteindruck der Bestockung heraus schätzen wollen.

2.1.4 Wir sehen hier, daß die „gezielte Information“, die uns die neuen Tafeln vermitteln, erkaufte werden muß mit einer breiteren *Informationsgrundlage*. Denn für das Einordnen eines Bestandes in das neue Tafelschema werden neben den Bonitätsweisergrößen auch noch Ertragsniveau-Weiser benötigt.

2.2 Bestimmung des Ertragsniveaus

2.2.1 Wir bezeichnen den Zusammenhang zwischen der Bestandeshöhe (Ober- oder Mittelhöhe) und der Gesamtwuchsleistung für optimale Bestockungsdichte als (allgemeines) Ertragsniveau (ASSMANN, 1955). Diese Größe „Ertragsniveau“ vermag besser als jede andere ertragskundliche Größe die *potentielle Leistung* auszudrücken, die eine Baumart auf gegebenem Standort erwarten läßt. Es ist ein *ertragskundlicher Kennwert für das standörtliche Leistungsvermögen*. Zu seiner *Bestimmung* sollten daher in erster Linie standortskundliche und pflanzenphysiologische *Weisergrößen* verwendet werden. Solche Größen stehen uns für die Ertragsniveau-Schätzung unter praxisüblichen Bedingungen jedoch noch nicht zur Verfügung. Wir sind darum auch hier zunächst noch auf ertragskundliche Weisergrößen angewiesen.

2.2.2 Ein fertiges *Schätzverfahren für das Ertragsniveau* existiert bisher noch nicht. Die entsprechenden Untersuchungen sind noch nicht abgeschlossen. Ein erster *Verfahrensversuch* konnte jedoch inzwischen ausgearbeitet werden. Er sieht vor, zunächst die natürliche Grundfläche zu schätzen, die mit dem Ertragsniveau in enger Beziehung steht (FRANZ, 1965). Hierfür sollen folgende Daten verwendet werden: Alter, Oberhöhe, ferner Bestandesgrundfläche (vbl. Bestand), Mitteldurchmesser und Oberdurchmesser. Der Oberdurchmesser ist der zur Oberhöhe gehörende Durchmesser. Alle diese Bestandesgrößen lassen sich verhältnismäßig schnell herleiten. Neben der natürlichen Grundfläche wird zugleich die Oberhöhenbonität bestimmt. Diese beiden Größen werden dann in die Ertragstafel eingegeben. Aus der Gegenüberstellung des Schätzwertes mit dem Ertragstafelwert der natürlichen Grundfläche erhält man einen Ertragsniveau-Schätzwert.

2.2.3 Zur raschen Bestimmung der natürlichen Grundfläche wurde eine vorläufige, in erster Linie auf südbayerischen Unterlagen fußende *Schätztafel* entwickelt. Diese Schätztafel benutzt das Alter, die Oberhöhe, die derzeitige Bestandesgrundfläche und einen Durchmesserwert aus Ober- und Mitteldurchmesser⁷ als Eingangsgrößen. Mit Hilfe der Schätzwerte der natürlichen Grundfläche kann das Ertragsniveau auf die beschriebene Weise leicht eingestuft werden.

2.2.4 Eine sichere Ertragsniveau-Bestimmung ist nur in mittelalten und älteren Beständen möglich. Als Mindestalter sind etwa 40 bis 50 Jahre anzusetzen. Das Ertragsniveau kann sowohl für Einzelflächen als auch für standortgleiche Flächengruppen geschätzt werden. Bei guter Fassung und Abgrenzung der Standorteinheit ist die Schwankung des Ertragsniveaus innerhalb des Standortes sehr gering, wie neuere Untersuchungen des Münchner Ertragskunde-Instituts in Schwaben gezeigt haben.

⁷ Durchmesserdifferenzprozent $\Delta d \% = 100 (d_o - d_m) / d_o$.

Zwischen den Standorten können dagegen auch innerhalb des gleichen Wuchsbezirkes größere Unterschiede im Ertragsniveau auftreten, selbst dann, wenn die Standorte räumlich unmittelbar benachbart liegen. Nach den bisherigen, allerdings noch recht geringen Erfahrungen scheint dies aber der seltenere Fall zu sein. Im allgemeinen dürfte das Ertragsniveau zwischen benachbarten Standorten auch bei deutlichen Bonitätsunterschieden nur wenig schwanken. In diesem Fall kann auch für größere Flächeneinheiten, z. B. für eine ganze Betriebsklasse, ein durchschnittliches Ertragsniveau errechnet werden.

2.2.5 Zum Bestimmen des Ertragsniveaus sind stets mehrere Bestandesaufnahmen erforderlich. Eine Aufnahme allein würde i. d. R. ein unsicheres Resultat liefern. Die wiederholten Bestandesmessungen sollen in Form systematischer Stichprobenaufnahmen nach einem festen Stichprobenplan durchgeführt werden. Hierbei kann die Zahl der erforderlichen Stichprobenmessungen im voraus nicht festgelegt werden. Sie hängt von der Streuung des Ertragsniveaus innerhalb der Befundeinheit ab. Ist diese Streuung gering, so wird man schon nach sechs oder acht Stichprobenmessungen das Ertragsniveau klar bestimmen können. Bei größerer Ertragsniveau-Schwankung müssen entsprechend mehr Stichproben erhoben werden.

2.2.6 Das Schätzverfahren schließt ab mit dem Einordnen des geschätzten Ertragsniveaus in eine der drei Ertragsniveau-Stufen. Wie bereits erwähnt wurde, hat das Schätzverfahren bisher noch ausgesprochen vorläufigen Charakter. Bis zu seiner Praxisreife werden noch zahlreiche Untersuchungen, insbesondere solche stichprobentheoretischer Art, erforderlich sein. Haben wir erst eine allseits brauchbare Methode, so ist es naheliegend, diese mit dem Forsteinrichtungsverfahren zu koppeln, so daß Holzvorratsinventur und Ertragsniveau-Bestimmung auf der gleichen Erhebungsgrundlage durchgeführt werden können.

2.3 Bestimmung der Oberhöhenbonität

2.3.1 Ebenso setzt auch der Übergang von der Mittelhöhen- zur Oberhöhenbonitierung voraus, daß die Aufnahmemethode geändert wird. Dies betrifft besonders die Auswahl der Höhenmeßstämme. Bei der Oberhöhenbonitierung muß, mehr noch als bei der Bonitierung nach einer Mittelhöhe, auf eine gleichmäßige Verteilung der Höhenmeßstämme über die Bestandesfläche geachtet werden.

2.3.2 Bestehen innerhalb des Bestandes systematische Bonitätsunterschiede, so muß die Oberhöhe nach Flächenteilen annähernd gleicher Bonität getrennt hergeleitet werden. Anderenfalls erhält man falsche und dann meistens zu hohe Bonitätswerte.

2.3.3 Ein solcher Bonitierungsfall kann z. B. in Hanglagebeständen auftreten, für die eine *durchschnittliche Oberhöhenbonität* ermittelt werden soll. In diesen Beständen nehmen die Höhen und Durchmesser vom Oberhang in Richtung des Hangfußes i. d. R. mehr oder minder stetig zu; die 100 stärksten Bäume je Hektar, auf die sich die Oberhöhe bezieht, stehen gehäuft am Unterhang. Würde die gesamte Hangfläche als eine Einheit, d. h. ohne Berücksichtigung der reliefbedingten Bonitätsunterschiede bonitiert, so würde dies praktisch allein an Hand von Unterhangstämmen, vielleicht noch an Hand einiger Stämme aus dem Mittelhang geschehen. Die oberen Hangteile blieben gänzlich unberücksichtigt, weil hier gar keine Meßstämme mit Oberhöhenwerten mehr stehen. Damit würde praktisch nur der Unterhang bonitiert werden, dessen Bonität würde jedoch auf den gesamten Bestand übertragen.

2.3.4 Ein solches Bonitierungsverfahren ist besonders fehlerhaft bei unmittelbarer Verwendung von Oberhöhenbonitäten. Um einen realen Durchschnitt der Oberhöhenbonität zu erhalten, ist es erforderlich, die Oberhöhe zunächst in den einzelnen Hang-

Stichprobenverfahrens. Die Oberhöhen aus den einzelnen Stichprobenmessungen werden zu einer durchschnittlichen Oberhöhe zusammengefaßt, die für die Bonitierung verwendet wird. Wegen des großen Rechenaufwandes, der mit dem Herleiten von Stichprobenoberhöhen verbunden ist, sollte auch hier eine elektronische Datenauswertung angestrebt werden.

Zusammenfassung

1. Im Institut für Ertragskunde der Forstlichen Forschungsanstalt München wird z. Z. ein neues Ertragstafelwerk aufgestellt, das eine verbesserte Grundlage für die Beurteilung des Wachstumsanges und das Schätzen der Ertragsleistung der wirtschaftlich wichtigen Holzarten in Bayern liefern soll. Als erste Tafel in diesem Tafelwerk wurde im Jahre 1963 eine „Vorläufige Fichten-Ertragstafel für Bayern“ entwickelt.
2. Das neue Tafelwerk wird mit Hilfe einer fortentwickelten ertragskundlichen Konstruktionsmethode aufgestellt. So werden insbesondere die neueren Forschungsergebnisse über den Weiserwert des sog. Ertragsniveaus für die Ansprache der standörtlich möglichen Holzmassenleistung und über den Einfluß der Durchforstungsstärke auf den Bestandeszuwachs bei der Ertragstafelkonstruktion maßgeblich berücksichtigt.
3. Die neuen bayerischen Fichten-Ertragstafeln sind in drei Ertragsniveau-Stufen untergliedert. Für jede Ertragsniveau-Stufe wurde eine gesonderte Teil-Ertragstafel aufgestellt, die nach Oberhöhenbonitäten gestaffelt ist. Die Gliederung in Ertragsniveau-Stufen und die Verwendung der Bestandesoberhöhe als Bonitätsweiser ermöglichen eine differenzierende Leistungsschätzung.
4. Die in den Tafeln eingegebene Grundflächenhaltung ist auf nachhaltig optimale Zuwachslleistung abgestellt. Daneben wird auch die sog. kritische Grundfläche angegeben, deren Unterschreiten Verluste an Bestandeszuwachs zur Folge hat. Alle Grundflächenwerte sind an der standörtlich maximal möglichen Grundflächenhaltung orientiert. Eine der Ertragstafel angeschlossene Zuwachsreduktionstafel gibt die laufenden Zuwächse für solche Bestockungsdichten an, die von der optimalen Bestandesdichte abweichen.
5. Das ertragskundliche Modell der neuen Ertragstafel wurde auch als biometrisches Modell formuliert. Das biometrische Ertragstafelmodell wurde in ein elektronisches Rechenprogramm für den Elektronenrechner IBM 7090 einbezogen, mit dem die Ertragstafel aufgestellt wird. Der Aufbau des Rechenprogramms und die schrittweise Herleitung der Ertragstafelwerte werden an Hand von Schemadarstellungen erläutert. Für die Aufstellung der „Vorläufigen Fichten-Ertragstafel für Bayern 1963“ einschließlich aller Vorlaufrechnungen wurden rund 6 1/2 Stunden Rechenzeit benötigt.
6. Abschließend werden einige Vorschläge zur praktischen Handhabung der neuen Ertragstafeln, besonders zum Bestimmen des Ertragsniveaus unter praxisüblichen Bedingungen, sowie einige Anmerkungen zur Oberhöhenbestimmung gemacht.

Bei der Aufstellung ihres Ertragstafelprogramms wurden die Verf. der Vorläufigen Fichten-Ertragstafel für Bayern von den Mitarbeitern des Ertragskunde-Institutes, Fm. Dr. KENNEL und Fm. SCHMIDT, wirkungsvoll unterstützt, wofür an dieser Stelle verbindlichst gedankt sei.

Summary

The Forest Yield Research Institute in Munich intends to build up a new series of regional yield tables for the main species of wood growing in Bavaria, using advanced methods of construction and computation. As the first table of this series a prelimi-

nary yield table for spruce in Bavaria was constructed in 1963 and published in 1965. The model for the structure of the new tables has been outlined by Prof. ASSMANN (1962), with the following characteristics:

1. Yield level groups as the main discriminant characteristics;
2. top heights as site class indicators;
3. maximum, optimum, and critical basal area values as stand density criteria;
4. increment reduction tables for non-optimal stocking conditions with respect to volume production.

The yield table data were calculated by an IBM 7090 computer. The main computer program routines are described by means of a program scheme. The program is extensible for computation of annex tables which give additional information on growth and yield that cannot directly be gained from the basic yield table data field.

Literatur

ASSMANN, E., 1955: Die Bedeutung des „erweiterten Eichhornschen Gesetzes“ für die Konstruktion von Fichten-Ertragstafeln. Forstw. Cbl. **74**, 321-330. — ASSMANN, E., 1961: Wald-ertragskunde. 490 S., München-Bonn-Wien. BLV-Verlagsgesellschaft. — ASSMANN, E., 1962: Die Fortentwicklung unserer Ertragstafeln. Allgem. Forstzeitschr. **17**, 817-820, 839-841. — ASSMANN, E., und FRANZ, F., 1965: Vorläufige Fichten-Ertragstafel für Bayern. Aurorenreferat. Forstw. Cbl. **84**, 13-43. — ASSMANN, E., und FRANZ, F., 1965a: Vorläufige Fichten-Ertragstafel für Bayern 1963. 112 S., Fotodruck, München. — FRANZ, F., 1965: Ermittlung von Schätzwerten der natürlichen Grundfläche mit Hilfe ertragskundlicher Bestimmungsgrößen des verbleibenden Bestandes. Forstw. Cbl. **84**, 357-386.