

S. 7. — 10. HILF, H. H.: Gesetzmäßigkeiten bei der Arbeitsleistung im Hauungsbetrieb. Geffa-Mappe 1950. — 11. HILF, H. H.: Die Arbeitsleistung im Hauungsbetrieb. Forstarchiv 1952, H. 5/6, S. 81-93. — 12. HILF, H. H., und ECKERT, K.-H.: Die Verteilung der Leistungsgrade im Hauungsbetrieb. 1. Teilbericht über die Überprüfungsarbeiten des Einheitshauerlohntarifs. Januar 1954. — 13. HILF, H. H.: Begriffe, Maße und Methoden der Leistungsuntersuchungen im Hauungsbetrieb. Berichte des 2. Kongresses des Internationalen Verbandes forstlicher Forschungsanstalten, Rom 1953, S. 934-955. — 14. JOBST, H.: Hauerlohntarif - Hauerlohnstatistik. Forstw. Centralblatt 1953, S. 264-275. — 15. SAUER, H.: Mathematisch-statistische Auswertungsmethoden für Zeitstudien. Zentralblatt für Arbeitswissenschaft 1955, H. 6, S. 92. — 16. SAUER, H.: Zur Problematik des Leistungsgradschätzens. Refa-Nachrichten 1953, H. 4. — 17. SYLVESTER, L. A.: Handbook of Advanced Time - Motion - Study. Funk & Wagnalls Company, New York 1950. — 18. VÖRY, J.: Statistical determination of the average work performance in the preparation of timber. Metsäteho No. 32, Helsinki 1954. — 19. VÖRY, J.: Analysis of the Time study materials of some forest jobs. Metsäteho No. 31, Helsinki 1954. — 20. WEBER, E.: Grundriß der biologischen Statistik für Naturwissenschaftler und Mediziner. Verlag Gustav Fischer, Jena 1948.

Eine gute Ausgleichsfunktion zur Konstruktion von Massentafeln

Von G. MÜLLER und E. ZAHN

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

Um die Mitte des vorigen Jahrhunderts ließ die bayerische Forstverwaltung insgesamt 40 220 Stämme verschiedener Baumarten, darunter allein 21 780 Fichten, sektionsweise vermessen. Auf der Grundlage dieser Werte wurden die „Bayerischen Massentafeln“ aufgestellt, die das Volumen ohne Stockholz für die jeweiligen Bruthöhendurchmesser und Höhen angeben (3). Die Baumhöhe wurde hierbei vom Stockabschnitt bis zur Schaftspitze gemessen. Diese Tabellen sind noch heute in Gebrauch. Auch andere Massentafeln in Deutschland stützen sich teilweise auf dieses reichhaltige statistische Material.

Vor kurzem wurde festgestellt, daß sich gleichaltrige Fichtenreinbestände über mehrere Jahrzehnte hinweg nach mathematisch exakt formulierbaren Gesetzen (Potenzfunktionen) entwickeln. Auch die Reaktionen auf verschieden starke Durchforstungseingriffe ergaben für Baum und Bestand ganz eindeutige Gesetzmäßigkeiten (7). Des weiteren fand man, daß sich der Mittelstamm eines *gleichmäßig behandelten* Bestandes nach einer straffen Tariffunktion entwickelt:

$$\log D = \log k + a \log V \quad \text{I}$$

Einige von uns untersuchte Stammanalysen bestätigen diese Funktion grundsätzlich auch für den Einzelstamm. Etwaige Störungen des Entwicklungsganges, z. B. durch eine Freistellung, bewirken jedoch eine Veränderung der Konstanten a und k .

Die Gleichung I läßt sich mit Hilfe der Massentafeln für jede beliebige Bestandshöhenkurve und auch für die Wachstumskurve eines Einzelbaumes ableiten, soweit diese Kurven einer Exponentialfunktion entsprechen (2). Das legt den Schluß nahe, daß den Massentafeln eine ganz bestimmte, mathematisch formulierbare funktionale Beziehung zwischen den Werten H , $D_{1,3}$ und V (Schaft- oder Baumholz) zugrunde liegen muß.

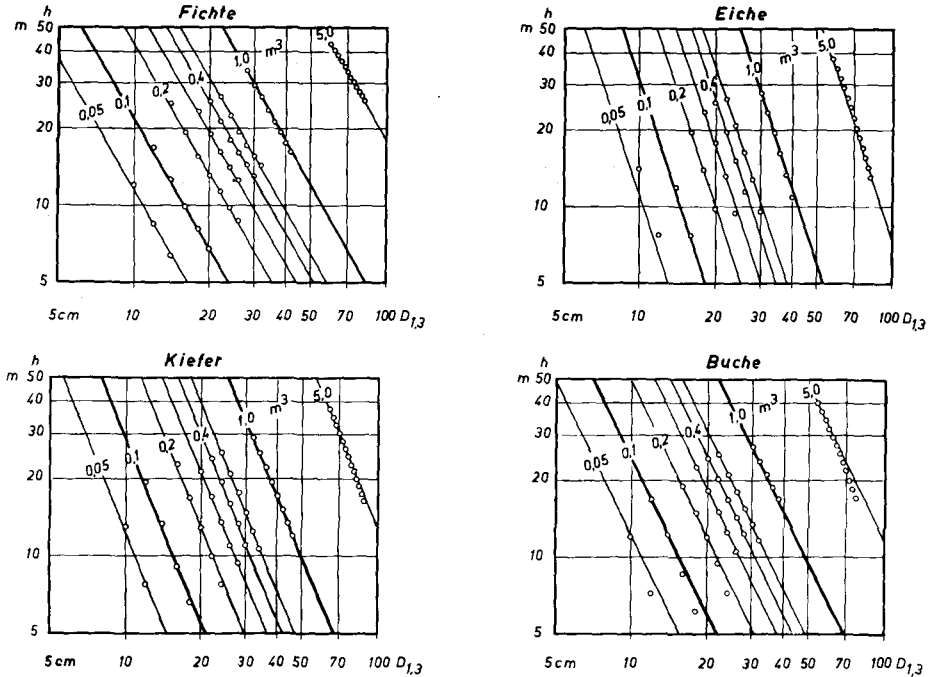
Trägt man nun die Volumenwerte der Bayerischen Massentafeln auf doppelt logarithmischem Papier im Koordinatenkreuz Höhe über Durchmesser ein, so staffeln sich die Linien gleicher Masse parallel in logarithmischen Abständen (Abb.).

Hieraus läßt sich eine für das Wachstum der Bäume gültige allgemeine Gesetzmäßigkeit ableiten. Die Formel für die Beziehungen zwischen der Baumhöhe (H), dem Bruthöhendurchmesser (D) und dem Baumvolumen (V) lautet:

$$\log H = \log c + b \log V - a \log D \quad \text{II}$$

Sie gleicht im Aufbau der in der Biologie bekannten Formel des allometrischen Wachstums (1).

Die drei Konstanten a, b und c bleiben für den ganzen Tafelbereich einer bestimmten Baumart praktisch gleich. Die Konstante a bestimmt das Steigungsmaß der Linien



Bei Eintragung der Originalwerte der Bayerischen Massentafeln auf doppelt logarithmischem Papier verlaufen die Linien gleichen Volumens parallel und staffeln sich in logarithmischen Abständen.

gleichen Volumens, b legt das Verhältnis des logarithmischen Abstandes der Masselinien zum Maßstab der Ordinate H fest, der Wert c endlich ergibt sich aus dem Schnittpunkt der 1,0 m³-Massenlinie mit der Ordinate, er fixiert das Niveau der Masselinien. Das Volumen V in Kubikmetern aufgetragen bildet also den Parameter der parallelen Kurvenscharen, die sich im logarithmischen Abstand zueinander staffeln.

Für die einzelnen Baumarten lassen sich aus den Originalwerten der Bayerischen Massentafeln mit z. T. sehr guter Näherung folgende Gleichungen ableiten:

Für die *Fichte* (V = Schaffholz):

$$\log H \approx 4,03564 + 0,95070 \log V - 1,7321 \log D_{1,3}$$

Für die *Kiefer* (V = Baumholz mit Ästen ab etwa 3 cm Durchmesser):

$$\log H \approx 5,10157 + 1,21529 \log V - 2,4142 \log D_{1,3}$$

Für die *Buche* (V = Baumholz wie bei Kiefer):

$$\log H \approx 4,45990 + 1,01445 \log V - 2,0503 \log D_{1,3}$$

Für die *Eiche* (V = Baumholz wie bei Kiefer):

$$\log H \approx 5,86027 + 1,39794 \log V - 2,9887 \log D_{1,3}$$

(Anm.: Die Maßstabeinheiten für obige Formeln sind: H (m), $D_{1,3}$ (cm), V (m³).)

Aus der Abbildung kann man ersehen, daß bei der Fichte die Originaltafelwerte nur bei extrem hohen oder extrem niedrigen Bäumen etwas von der genauen Formel

abweichen. Der Steigungswinkel der Schaftholzmassenlinien ist bei dieser Baumart übrigens gleich 60° .

Die Baumholzmassenlinien der anderen Baumarten – Kiefer, Buche und Eiche – verlaufen dagegen wesentlich steiler. Die Originaltafelwerte weichen vor allem bei Buche und Eiche im Bereich der sehr starken, kurzschäftigen und der sehr schwachen Bäume etwas mehr von den Massenlinien ab. Dies dürfte jedoch dadurch zu erklären sein, daß vermutlich in diesen Grenzbereichen nur relativ wenig Stämme vermessen wurden und daß besonders das nicht erfaßte Astholz unter 3 cm Durchmesser bei stark beasteten und bei schwachen Bäumen einen verhältnismäßig großen Anteil am Gesamtvolumen einnimmt. Sicherlich ließe sich auch für diese Baumarten eine für den ganzen Tafelbereich gültige einheitliche Funktion ableiten, wenn man das gesamte Volumen an produzierter Holzmasse genau erfassen könnte.

Die in den Bayerischen Massentafeln enthaltenen Gesetzmäßigkeiten bestätigen auch für das europäische Wuchsgebiet das von SCHUMACHER und HALL (8) 1933 entwickelte Verfahren zur Aufstellung von Massentafeln. Die beiden Autoren stellten zunächst die Theorie auf, daß das Volumen eines Baumes im Gegensatz zu dem einer Walze nicht einfach linear mit der Höhe und mit dem Quadrat des Durchmessers wächst, sondern als Funktion anderer Potenzen von Höhe und Brusthöhendurchmesser. Sie erhielten nach logarithmischer Umformung ihres allgemeinen Ansatzes die von uns aus den Bayerischen Massentafeln abgeleitete Formel II. Diese rein theoretisch ermittelte allgemeine Gleichung überprüften sie sodann mit ausgezeichnetem Erfolg an dem Aufnahmematerial verschiedener Kollektive von jeweils einigen hundert Stämmen gleicher Baumart, indem sie für die einzelnen Kollektive die drei Konstanten der Formeln mit logarithmischen Regressionsgleichungen, also nach der Methode der kleinsten Quadrate, bestimmten.

Die Aufstellung neuer Massentafeln erfolgt in Amerika seit längerer Zeit nach diesem rechnerischen Verfahren, wie überhaupt in der neueren ertragskundlichen Literatur mehr und mehr auf die den biologischen Vorgängen zugrunde liegenden mathematisch-statistischen Beziehungen eingegangen wird (u. a. 4, 6).

Die Verwendung doppelt logarithmischen Papiers in der oben beschriebenen Weise vereinfacht in Kombination mit der rechnerischen Methode die Aufstellung und Überprüfung von Massentafeln und besonders die Ermittlung der in den Grenzbereichen liegenden Werte wesentlich. Es lassen sich Massentafeln für bisher nicht bearbeitete Baumarten oder Rassen mit geringerem Aufwand erstellen. Sollten bisweilen geringe systematische Unterschiede zwischen den tatsächlichen Volumenwerten und den Massentafelangaben festgestellt werden, so könnte eine Aufgliederung nach Wuchsgebieten, Standorten, Kronenklassen oder sonstigen Gesichtspunkten verhältnismäßig einfach erfolgen.

Stellt man die Massentafeln in geeignet großem Maßstab wie in obiger Zeichnung graphisch dar – man könnte auch logarithmische Leitern, sog. Nomogramme, wählen –, so wird die Massenberechnung der Bestände nach Mittelstämmen oder nach Durchmesserstufen sehr verfeinert und erleichtert. Die genauen Volumenwerte lassen sich nach Höhe und Durchmesser direkt ohne Interpolation aus der Zeichnung entnehmen.

Die Genauigkeit der Bestandesmassenberechnung nach graphischen Massentafeln dürfte – sofern man die tatsächlich im Walde ermittelten Höhenkurven den Berechnungen zugrunde legt – den bisher vielfach angewandten Tarifverfahren überlegen sein (5). Da sich zudem je nach Bestandesdichte, also in klarer Abhängigkeit von der Durchforstungsstärke, das Verhältnis von Höhe zu Durchmesser gesetzmäßig ändert, werden bei diesem Verfahren auch alle Tarifverlagerungen weitgehend mitberücksichtigt.

Literatur

1. BERTALANFFY, L. v., Theoretische Biologie Bd. II, Bern 1951. — 2. ECKERT, K. H., Die Verwendung halblogarithmischer Zeichenpapiere als Hilfsmittel der Höhenmessung bei der praktischen Forsteinrichtung und der Darstellung der Höhenkurven. Allg. F. u. J. Ztg. 1957, H. 12. — 3. GANGHOFER, A., Der praktische Holzrechner. 3. Auflage Augsburg 1877 und 6. neubearb. Auflage Augsburg 1939. — 4. LOETSCH, F., Wesen und Anwendungsmöglichkeit der mathematischen Statistik in der Forstwirtschaft speziell bei forstlichen Vorrats- und Zuwachsinventuren. Schweiz. Ztschr. f. Forstwesen 1954. — 5. LOETSCH, F., Der Einfluß von Höhenstufen und Holzarten auf einen einheitlichen Massentarif bei mitteleuropäischen Waldvorratsinventuren. Zeitschr. f. Weltforstwirtschaft (15) 1952. — 6. MEYER, H. A., Forest Mensuration. Penns. Valley Publishers Inc. Pennsylvania 1953. — 7. MÜLLER, G., Über Gesetzmäßigkeiten im Wachstumsgang von reinen gleichaltrigen Fichtenbeständen unter besonderer Berücksichtigung verschiedener Durchforstungsstärken. Diss. Freiburg 1957, noch unveröffentlicht. — 8. SCHUMACHER, F. X., und HALL, F. D. S., Logarithmic expression of timber-tree volume. Journal of agricultural research. 47. Bd. 719-734. Washington 1933.

II. MITTEILUNGEN

Zum 75. Geburtstag des Freiherrn Felix von Hornstein, Orsenhausen

Am 8. Juni 1958 beging Dr. Frhr. Felix von Hornstein in Orsenhausen bei Laupheim (Württ.) seinen 75. Geburtstag. Der Jubilar wurde in Wien geboren, verbrachte seine Jugendjahre in Linz a. d. D. und in Kremsmünster und studierte Rechts- und Staatswissenschaften in Wien. — Promotion 1907. Anschließend war er im österreichischen Staatsdienst tätig, bis ihm 1926 durch Erbfolge das Freiherrl. v. Hornsteinsche Fideikommiß Orsenhausen zufiel.

Der große Waldbesitz des Gutes Orsenhausen war der Anlaß, daß v. Hornstein sich dem autodidaktischen Studium der Forstwissenschaft und intensiver praktischer forstwirtschaftlicher Tätigkeit zuwandte, zunächst unter Anleitung, bald in Zusammenarbeit mit seinen forstlichen Beratern.

1935 begann v. Hornstein mit waldegeschichtlichen Untersuchungen in seinem Wald. In der Erkenntnis, daß sich Waldgeschichte biologischer Richtung stets auf eine bestimmte Region, auf eine natürliche Landschaft erstrecken muß, weil nur im größeren

Raum die Zusammenhänge der Entwicklung „in der Zeit“ durch Analogie und Vergleich geklärt werden können, zogen seine Arbeiten bald das ganze Bodenseegebiet und schließlich das Alpenvorland Deutschlands, Österreichs und der Schweiz in ihren Bereich. Aus diesen Arbeiten erwuchs das Buch „Wald und Mensch, Waldgeschichte des Alpenvorlandes...“, das 1951 erschien und den Verfasser mit einem Schlag in die



Felix von Hornstein