

Sonderdruck aus Forstw. Cbl. 79. Jg. 1960 (3/4), 65-71

Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdruckes, der photomech. Wiedergabe und der Übersetzung, vorbehalten
VERLAG PAUL PAREY · HAMBURG 1, SPITALERSTRASSE 12

Über Brauchbarkeit des Verfahrens von HART-BECKING zum Festlegen der Durchforstungsstärke

Von E. ASSMANN

Auf der Arbeitstagung der „Sektion Ertragskunde“ im Mai 1959 wurde u. a. über die Methodik künftiger Durchforstungsversuche beraten und in diesem Zusammenhange auch das Verfahren von HART-BECKING als mögliches Verfahren zum Kennzeichnen der Durchforstungsstärke in zwei Referaten behandelt. Da ein allgemeines Interesse für diese Fragestellung vermutet wird, soll das Referat des Verfassers nachstehend veröffentlicht werden.

I. Grundzüge des Verfahrens

Das Verfahren von HART-BECKING (1, 2) stellt einen Versuch dar, optimale Stammzahlhaltungen unabhängig vom Alter, allein als Funktion der Bestandeshöhe herzu-leiten. Es geht also, wie BECKING selbst erwähnt, auf den Gedanken der „Höhenstammzahlen“ von KÖHLER (6) zurück, der bekanntlich ein optimales Verhältnis von 1:6 für die Beziehung Kronendurchmesser zu Bestandeshöhe bei der Fichte angenommen hat. Während die KÖHLERSchen Höhenstammzahlen auf die Mittelhöhe bezogen werden, legen BECKING und HART eine *Oberhöhe* zugrunde, welche als arithmetisches Mittel der jeweils höchsten Bäume auf je 10×10 m großen Teilflächen des Bestandes bestimmt wird. Es handelt sich also um die mittlere Höhe der jeweils 100 *höchsten* Bäume pro ha.

Der „gegenseitige mittlere Abstand“ der Bäume a wird bestimmt aus dem Ansatz

$$N \text{ pro ha} = \frac{10.000}{a^2 \cdot \frac{1}{2} \sqrt{3}} ; \quad a = \sqrt{\frac{10.000}{N \cdot 0,866}}$$

Es wird dabei angenommen, daß die Standflächen der Bäume regelmäßige Sechsecke sind, denen die Kronenkreise vom Durchmesser a einbeschrieben sind. In diesem Ideal-fall entspricht der Durchmesser des Inkreises bekanntlich dem Stammabstand in jeder Richtung, d. h., es liegt ein *regelmäßiger Dreiecksverband* vor.

Das Verhältnis $\frac{a}{OH} \cdot 100$ nennen BECKING und HART *Standraumfaktor*, abgekürzt S %. Einem gegebenen prozentischen Verhältnis Standraumdurchmesser : Oberhöhe kommen nun mit zunehmender Oberhöhe (zugleich mit wachsendem Alter) ganz bestimmte Stammzahlen zu. Aus einem Durchforstungsversuch mit Douglasie, dessen 3 Flächen auf Standraumfaktoren von 16, 19 und 22 gestellt wurden, und der vom Alter 17 bis 19 beobachtet wurde, folgert BECKING, daß für die Durchforstung der Douglasie ein $S = 22$ % optimal sei und daß in Holland durchweg zu schwach durchforstet würde.

Bevor auf das Ergebnis von Nachprüfungen des Verfahrens an bayerischen Fichten-Df.-Versuchen eingegangen wird, soll die Berechnung des Standraumfaktors, beziehungsweise der entsprechenden Stammzahl, etwas vereinfacht werden. Wenn wir den Inhalt der mittleren Standfläche, welche wir durch die Division von $10.000 : N$ finden, I nennen und den Durchmesser der Inkreise für Quadrat mit a_0 , für Sechseck mit a_6 bezeichnen, so gilt

Forstw. Cbl. 1960, 79, (3/4), 65-71

1960 - 1
ASSMANN

II. Nachprüfen der BECKING-HART'schen Faktoren an Fichten-Versuchsreihen

Es war nicht möglich, bei unseren bayerischen Fichten-Versuchsreihen die BECKING'schen Oberhöhen zu berechnen. Es darf aber angenommen werden, daß die *Oberhöhen* dieser Flächen, welche als Höhe des Grundfl.-Mittelstammes der jeweils 100 stärksten Bäume pro ha berechnet wurden, als brauchbarer Ersatz gelten können und daß sich jedenfalls bei ihrer Zugrundelegung für die Berechnung der S-Werte keine prinzipiellen Änderungen der gesetzmäßigen Beziehungen ergeben. Es wurden berechnet S₀/0-Werte für quadr. Stfl. für die Versuchsreihen:

Sachsenried 2 (Pfl., 1,4 × 1,4)

Denklingen 5 (desgl.)

Eggharting 73 (Weitverband 1,2 × 2,0)

Eggharting 72 (Engverband 0,9 × 0,9)

jeweils für A-, B-, C-Grad, und in den Abbildungen 2 und 3 wiedergegeben.

Es zeigt sich folgendes:

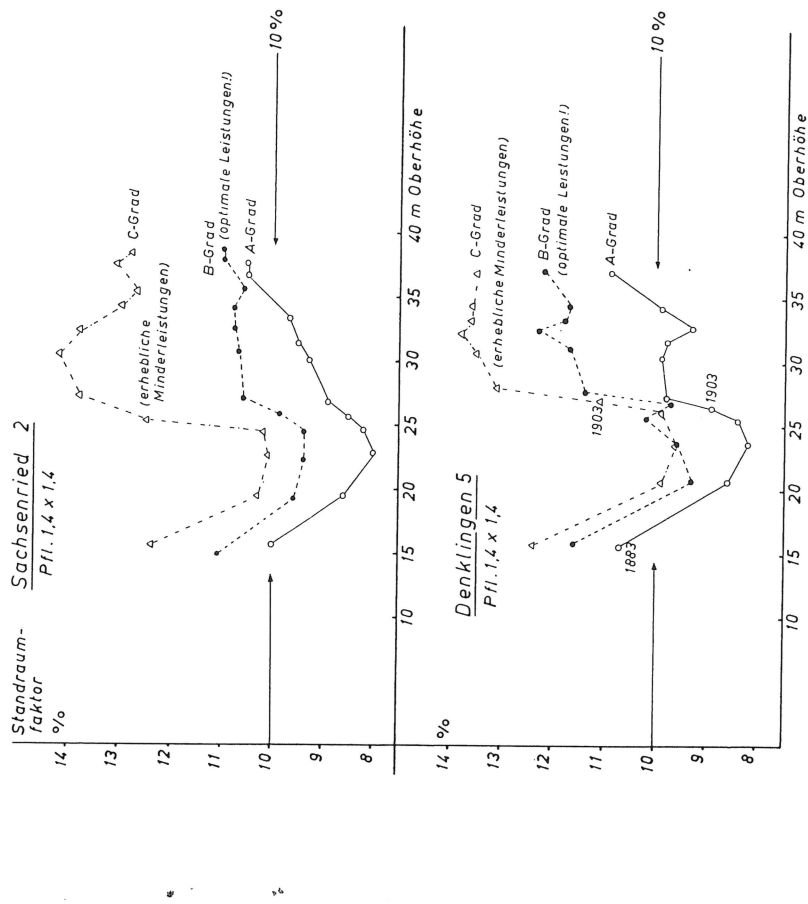


Abb. 2

1. Wie der Kurvenverlauf der S-Werte der A-Flächen aller 4 Versuchsreihen übereinstimmend erkennen läßt, sinken die für OH = 15 (bei mittl. Begründungsweiten) zunächst bei etwa 10 % gelegenen Werte bis zu OH-Werten von 20-25 m auf Mini-

$$a_q = \sqrt{I}$$

$$a_s = \sqrt{\frac{I}{1/2 \sqrt{3}}} = \sqrt{I} \cdot 1,075$$

mit anderen Worten: Für gegebene Standflächen, die sich jeweils aus der Division 10.000 : N ergeben, betragen die Kronendurchmesser bzw. Standraumdurchmesser beim Dreiecksverband das 1,075fache der mittl. Kronendurchmesser, bzw. Standraumdurchmesser beim Quadratverband. Umgekehrt sind die Standraumseiten beim Quadratverband für gleiche Stammzahlen nur 0,931 mal so groß wie die Standraumdurchmesser bei Dreiecksverband bzw. sechseckigen Standräumen. Werden für a berechnete Werte auf die gleiche Oberhöhe bezogen, so verhalten sich die danach berechneten Standraumfaktoren offenbar wie folgt:

$$\frac{\text{Standraumfaktor f. Quadrat}}{\text{Standraumfaktor f. Sechseck}} = \frac{1}{1,075} \quad \text{oder} \quad S_Q = S_S \cdot 0,931.$$

Da es bequemer ist, mit quadratischen Standflächen zu operieren, werden bei den folgenden Untersuchungen Standraumfaktoren für quadratische Standflächen benutzt. Diese können leicht durch Erweiterung mit 1,075 auf die S-Werte von BECKING umgerechnet werden.

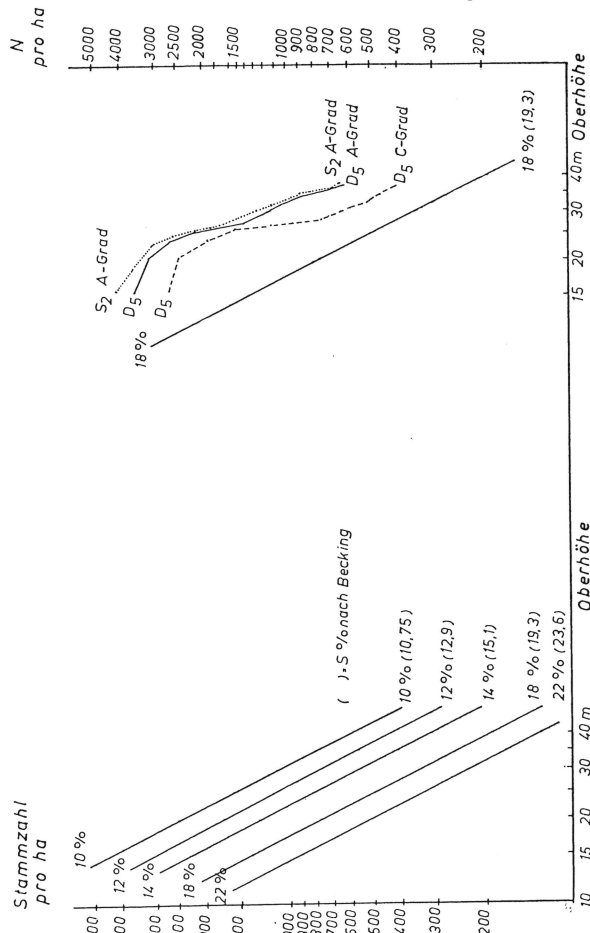


Abb. 1. Stammzahl-Logarithmen als Funktion der Oberhöhen-Logarithmen. Für bestimmte S₀/0 (links) und für einmige Fichten-Versuchsflächen (rechts)

Trägt man auf doppelt log. Koordinatenpapier die Stammzahlen für bestimmte S₀/0 über den Oberhöhen auf, so erhält man parallele Geraden. Vgl. Abb. 1. Das besagt, daß sich für einen vorgegebenen prozentischen Standraumfaktor S ganz bestimmte Stammzahlen als Funktion der Oberhöhe ergeben. Wir bekommen so ideale Stammzahlentwicklungen, welche - unabhängig vom Alter - nur noch von der jeweiligen Oberhöhe des Bestandes bestimmt werden.

malbeträge von etwa 8 % ab, um dann zügig für Oberhöhenwerte von 35 m und mehr auf etwa 11 % anzusteigen.

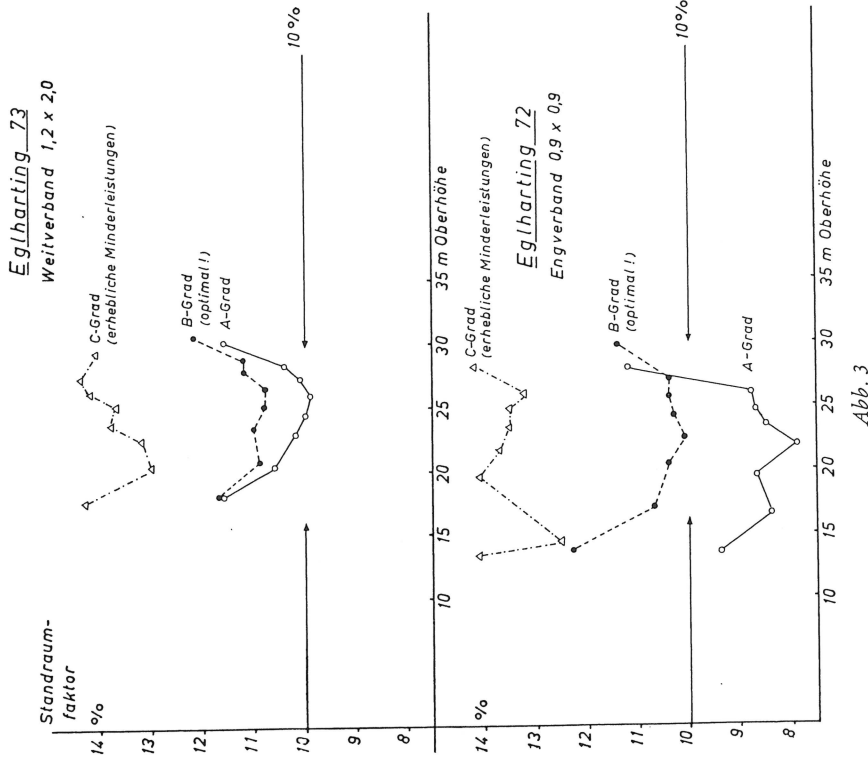


Abb. 3

Bei nicht aktiver Durchforstung und somit „natürlicher“ Entwicklung müssen wir also mit erheblichen, charakteristischen und nicht einsinnigen Veränderungen der Standraumfaktoren im Laufe der Bestandesentwicklung rechnen.

Wie sich das auf die Stammzahl auswirkt, erweisen die Stammzahlen für OH 25, die für S = 8 % 2.500, für S = 10 % 1.600, für S = 12 % 1.111 betragen! An diesen Umständen ist s. Z. Köhler mit seinen „Höhenstammzahlen“ gescheitert.

2. Die Kurven der S₀-Werte für den B- und C-Grad laufen parallel. Bei allen 4 Reihen haben wir bisher übereinstimmend beim B-Grad nahezu optimale Zuwachslösungen, dagegen bei C-Grad z. T. empfindliche Zuwachsverluste. Sehen wir von der Weitverbands-V.R. 73 ab, so haben wir für OH von etwa 25 m ab aufwärts optimale Leistungen, für S₀-Werte von 11 bis 12 %. Bei Werten von mehr als 12 %, entsprechend etwa 13 % nach Becking, treten bereits spürbare Zuwachsverluste auf.

Das Verhältnis Kronendurchmesser zu Oberhöhe verändert sich während der Bestandesentwicklung in einer für jede Baumart typischen Weise. In einer demnächst erscheinenden größeren Arbeit bezeichnet der Verfasser das Verhältnis Kronendurchmesser zu Höhe als *Spreadungsgrad*. Aus den von Burger (3) veröffentlichten Kronenabmaßen für Hochwaldfichten läßt sich eine typische Veränderung dieses Kennmaßes für herrschende Fichten (aus Beständen unter 800 m Höhenlage) ableiten, die

in Abb. 4 dargestellt ist. Wie ersichtlich, nimmt diese Verhältniszahl von der Höhe 5 m mit etwa 0,33 bis auf ein Minimum von 0,16 ab, das bei einer Höhe von 22 m erreicht wird. Bis etwa 30 m bleibt der Wert annähernd konstant, um dann wieder anzusteigen. Der Zusammenhang mit dem Verlauf der S₀-Kurven über der Oberhöhe in den Abb. 2 und 3 ist offenkundig.

Nur während eines beschränkten Zeitraumes der Bestandesentwicklung besteht ein annähernd konstantes Verhältnis, das auffallend dem von Köhler vorausgesetzten Wert 1 : 6 = 0,167 nahekommt¹. Die Kronendurchmesser und damit auch die Standraumseiten herrschender Fichten verhalten sich also nicht durchgehend proportional zu den Baumhöhen. In diesem Zusammenhange muß betont werden, daß eine genauere Erfassung der wirklichen Kronendimensionen und ihrer Veränderungen mittels unterschiedlicher Durchforstung nicht nur ein dringliches allgemeines Versuchsziel, sondern für die Ableitung brauchbarer Standraumfaktoren unerlässliche Voraussetzung ist.

Weiter lassen die Abb. 2 und 3 erkennen, daß die S-Werte für gegebene Oberhöhen bei Sachsenried 2 durchweg niedriger liegen als bei Denklingen 5. Nun sind zwar diese Unterschiede der S₀-Werte gering. Wie aber die Abbildung 5 deutlich

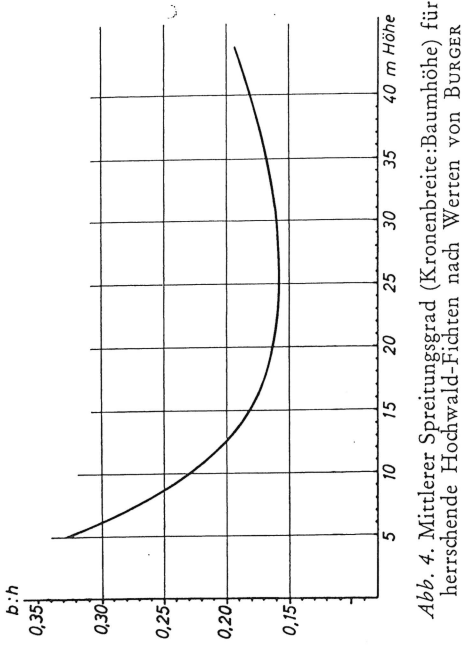


Abb. 4. Mittlerer Spreitungsgrad (Kronenbreite:Baumhöhe) für herrschende Hochwald-Fichten nach Werten von Burger

Mittlere Grundflächenhaltung der einzelnen Zuwachspetoden über der Oberhöhe in der Mitte der Z.P. der A-Flächen von Sachsenried 2 und Denklingen 5

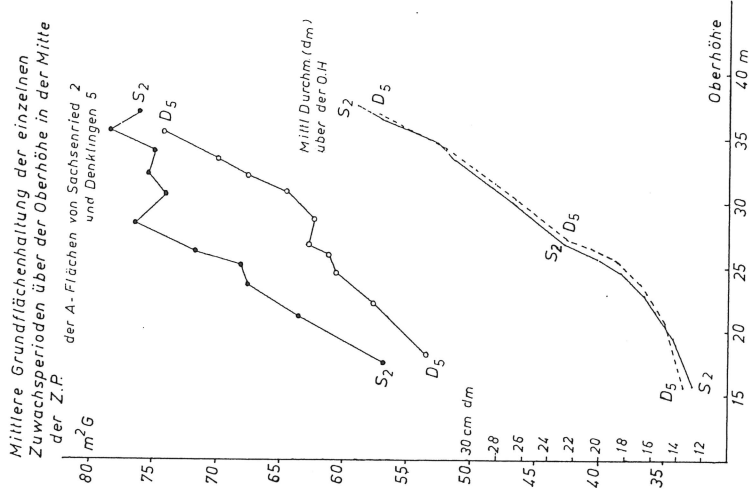


Abb. 5. Mittlere Grundflächenhaltungen und Durchmesser der Grundflächen-Mittelstämme über der Oberhöhe für zwei A-Grad-Flächen mit geringen Unterschieden der S₀-Werte

¹ Die von Köhler (6, S. 23) veröffentlichten Bestandes-Durchschnittswerte für Fichte lassen übrigens eine der Kurve in Abb. 4 ähnliche Tendenz erkennen. GEHRHARDT hat in zwei Aufsätzen über die „Höhenstammzahlen“ (Silva 1922 und 1923, hier S. 105) schon darauf hingewiesen, daß b : h als f (h) nach den von Köhler selbst veröffentlichten Werten nicht konstant ist, sondern gerade diese charakteristische Tendenz aufweist.

macht, sind die mittleren Durchmesser (Grundflächen-Mittelstamm) der Fläche Sachsenried 2/A als Funktion der Oberhöhe durchgehend größer als diejenigen von Denkingen 5/A. Diese geringen Unterschiede in d_m und N führen zu einer beträchtlich größeren mittleren Grundflächen-Haltung der Fläche S. 2/A, wie Abb. 5 zeigt. Sie liegt z. T. rund 20 % über denen von D 5/A. Etwa ebenso groß ist übrigens auch die Überlegenheit in der Gesamtwuchsleistung und im dGZ.

Bei der Baumart Fichte liegen also die Dinge so, daß einmal ein konstantes Optimalverhältnis a : Oberhöhe und damit ein optimales $S\%$, unabhängig vom Alter, nicht gegeben ist, und weiter, daß auch bei gleichem $S\%$ -Wert Unterschiede in der Grundflächen- und Vorratshaltung in einem Ausmaß auftreten können, welches die Verwendung von $S\%$ als Maß der Bestockungsdichte in Frage stellt.

Einem vorgegebenen $S\%$ -Wert entsprechen, wenn er Jahrzehnte hindurch eingehalten wird, verschiedene Durchforstungsstärken. Wollte man beispielsweise bei den bayer. Fichten-Durchforstungsversuchen den $S\%$ -Wert 12 von Alter 35 ab durchhalten, so würde das im Alter 50–70 eine überstarke Durchforstung mit entsprechenden Zuwachsverlusten bedeuten.

Wie sich das Verhältnis Kronenbreite zu Höhe und die entsprechenden $S\%$ -Werte bei der *Douglasie* mit zunehmendem Alter und wachsender Baumhöhe charakteristisch verändern, läßt sich mangels hinreichender Meßwerte noch nicht sicher beurteilen. Beobachtungen an stark durchforsteten Beständen und vor allem an freistehenden Randstämmen lassen vermuten, daß die *Douglasie* ein größeres Spreitungsvermögen besitzt und daß ihre zuwachsoptimalen $S\%$ -Werte *höher* liegen als bei Fichte.

III. Standortfaktoren oder mittlere Grundflächenhaltung?

Es liegt nahe, das Verfahren von HART-BECKING zur Kennzeichnung der geübten oder beabsichtigten Durchforstungsstärke mit dem Verfahren des Verfassers (7, 8) zu vergleichen, der als geeignetes quantitatives Maß die „mittlere Grundflächen-Haltung“ und den „natürlichen Bestockungsgrad“ empfiehlt.

An *Vorteilen* bietet das Verfahren von BECKING:

1. Es bietet ein *einleuchtendes Proportionalmaß* für die Dichte der Bestockung, wobei durch Bezugnahme auf die Oberhöhe Aussicht auf eine gewisse Unabhängigkeit vom Alter des Bestandes und so von der (Höhen-)Bonität eröffnet wird.
2. Bei der Anwendung brauchen nur die Stammzahl pro ha und die Oberhöhe bekannt zu sein.
3. Versuchstechnisch bietet die Einteilung in 10×10 m-Quadrate, wie sie nach BECKING zur Oberhöhe-Bestimmung verlangt wird, Vorteile und einen erwünschten Rahmen für Sondermessungen.
An *Nachteilen* weist das Verfahren auf:

1. *Der mittl. Durchmesser der Bäume (d_m) bleibt unberücksichtigt.* Es gibt aber Baumarten, für welche die höchstmöglichen oder optimalen Stammzahlen bei vorgegebener Oberhöhe je nach dem Standort mit größerem oder geringerem d_m kombiniert sind (Verschiedenes Ertragsniveau). Weiter steigt d_m bei verstärkter Durchforstung an, so daß für gleiche Stammzahlen und gleiche $S\%$ -Prozente Grundfläche und Volumen pro ha größer sind als bei kleinerem d_m . Mit anderen Worten: Stammzahlen und $S\%$ -Prozente verändern sich nicht proportional der Bestockungsdichte, wenn dabei die *wirklichen Baumdimensionen* berücksichtigt werden.

2. Es wird nur der Zustand jeweils nach eingeleiteter Durchforstung berücksichtigt. Mittelwerte für längere Beobachtungs-Perioden können zwar berechnet werden, hätten aber wegen der systematischen und nicht einsinnigen natürlichen Änderung von $S\%$ mit dem Alter nur bedingten Wert.

3. Für eine Anwendung in der Praxis ist die notwendige Bestimmung der Oberhöhe kompliziert. Bei geringen Meßfehlern ändern sich die entsprechenden $S\%$ -Prozente. Geringen Änderungen der $S\%$ -Prozente entsprechen aber bedeutende Veränderungen der Stammzahl pro ha.

4. Das Durchhalten eines bestimmten $S\%$ -Prozentes von der Dichtung bis zum Altholz bedeutet keine gleichbleibend starke, sondern in den einzelnen Altersphasen unterschiedlich starke Durchforstung.

Demgegenüber bietet die *mittlere Grundflächen-Haltung* als Maß für die Bestockungsdichte folgende Vorteile:

1. Es werden sowohl N wie d_m in der Kombination $G = N \cdot d_m^2 \frac{\pi}{4}$ berücksichtigt.
2. Es wird die Grundfläche in der Mitte der Zuwachs-Periode, also zwischen je zwei Durchforstungen, zugrunde gelegt.
3. Es können Mittelwerte für beliebig lange Beobachtungszeiten mit unterschiedlichen Abständen der Durchforstungen berechnet werden.
4. Durch Bezugnahme auf den jeweils standörtlich maximalen Wert der m. G. H. erhalten wir standörtlich-ökologisch fundierte eindeutige Maßzahlen für die Bestockungsdichte und die geübte Durchforstungs-Stärke, nämlich „natürliche Bestockungsgrade“.

5. Die Grundfläche pro ha kann leicht und genau bestimmt werden, in der Praxis unerreicht schnell mit dem BITTERLICH-Gerät.

Welches der beiden Verfahren man auch wählen mag, die Einsicht, daß wir *eindegige quantitative Maßstäbe zum Kennzeichnen der geübten oder beabsichtigten Durchforstungsstärke* benutzen müssen, dürfte sich inzwischen wohl allgemein durchgesetzt haben. Hätten wir bei unseren älteren Durchforstungsversuchen in Deutschland die Grundflächen-Haltungen mit der gleichen Konsequenz gestaffelt, wie das beispielsweise in Schweden geschehen ist, so wären wir heute in grundlegenden Erkenntnissen schon weitergekommen.²

Es ist abwegig, anzunehmen, daß eine solche quantitative Staffellung „unbiologisch“ sei. Denn man kann innerhalb des gewählten quantitativen Rahmens der Eingriffstärke alle nur möglichen biologischen, technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkte berücksichtigen. Auch der etwaige Einwand, daß als Folge pathogener oder klimatogener Schadwirkungen (z. B. Dürreperioden) Verlichtungen zu befürchten seien, die das Einhalten eines A -Grades unmöglich machen, trifft am Kern vorbei. Denn es ist wichtig, *auf jedem Standort die höchstmögliche Bestockungsdichte kennenzulernen*. Wird diese in Dürreperioden, mit denen immer wieder gerechnet werden muß, durch Absterben von Bäumen vermindert, so ist das ja gerade eine kennzeichnende Reaktion für den Wasserhaushalt und das Nährstoffpotential des betreffenden Standortes. Es darf hier daran erinnert werden, daß in den A -Flächen der schwedischen Fichten-Durchforstungsversuche nicht einmal die absterbenden Bäume entfernt worden sind. Auch ist es bisher nicht bekannt geworden, daß man etwa bei landwirtschaftlichen Düngungsversuchen deshalb auf ungedüngte „Null-Flächen“ verzichtet hat, weil vielleicht eine mäßige Düngung zugleich die Resistenz der zu testenden Pflanzen gegen Schädlingsbefall erhöht.

² Eine solche quantitative Staffellung kann beliebig gewählt werden. Für einen neuangelegten Fichten-Durchforstungsversuch wählte der Verfasser z. B. 1,0 : 0,9 : 0,7 : 0,5.