

Standraumregelung und Ertragsleistung

Mit 5 Abbildungen

Von E. ASSMANN, München

Ausarbeitung eines am 4. 6. 57 auf der Forsttagung in Wien gehaltenen Vortrages

Der Problemkreis, den das Thema berührt, ist so umfangreich, daß ich mich im wesentlichen auf Fragen beschränken muß, die in letzter Zeit die forstliche Fachwelt bewegt haben und zu deren Klärung die forstliche Ertragskunde beizutragen vermag. Diese ist in ihrer heutigen Zielsetzung und Methodik ein junger Zweig am Baum der ebenfalls noch jungen Forstwissenschaft. Sie versucht, an eine naturwissenschaftlich begründete Forschungstradition anzuknüpfen, die vor allem mit dem Namen von Robert HARTIG verbunden ist und neuerdings von BURGER, BOYSEN-JENSEN und C. MAR:MØLLER wieder aufgenommen wurde. Die Situation, in welcher diese junge Wissenschaft sich heute befindet, weist gewisse Ähnlichkeiten mit der Lage der Botanik um die Mitte des vorigen Jahrhunderts auf, als diese unter dem beherrschenden Einfluß der Naturphilosophie stand. Ohne die Bedeutung einer philosophischen Betrachtung von Welt und Wissenschaft im mindesten verkleinern oder gar ihre Notwendigkeit anzweifeln zu wollen, muß aber doch gesagt werden, daß der Erkenntnisfortschritt auf naturwissenschaftlichem Gebiet weniger irgendwelchen Spekulationen als vielmehr langwieriger und mühevoller Experimentierarbeit zu danken ist. Teleologische und ganzheitliche Betrachtungsweisen vermögen zwar wertvolle Arbeitshypothesen zu liefern, können aber die eigentliche Experimentierarbeit keineswegs überflüssig oder nebensächlich machen.

Für unser forstliches Handeln sind vielseitige Gesichtspunkte von Gewicht und Bedeutung. Der Wald soll nicht nur Holzträge liefern, sondern eine Fülle von Schutzwirkungen entfalten, Wasserspender sein, als Luftfilter wirken, Schönheit und Stille gewähren. Diese Funktionen haben heute ein ebensogroßes Gewicht wie die reine Ertragsleistung. Um aber die hier verlangten weitreichenden Entscheidungen treffen zu können, muß man sich über die Ertragsleistung und ihre mögliche Beeinflussung durch die biologische Technik des Forstmannes erst einmal Klarheit verschaffen.

Der weitaus größte Teil heute gebräuchlicher Waldbautechnik läßt sich unter den Oberbegriff „Standraumregelung“ bringen: Angefangen bei der natürlichen oder künstlichen Begründung junger Bestockungen, deren künftige Erträge von der Begründungsart, dem Pflanzverband, der Übershirmungsdauer und der Baumartenmischung abhängen, über die Jungwuchspflege, Säuberung, Auslese- und Lichtwuchsdurchforstung bis zur erneuten Verjüngung, zum etwaigen Einbau weiterer Baumschichten, zum Umbau in Plenterstruktur oder schließlich zum Erhalten dieser, wenn sie schon vorliegt.

Bei der Fülle der hier auftauchenden Probleme müssen wir uns auf die wichtigsten ertragskundlichen Auswirkungen dieser Maßnahmen beschrän-

ken, welche die Produktionsvorgänge in Baumbeständen vor allem mit Hiebseingriffen in jeweils erwünschter Richtung zu steuern suchen.

Die vom Reißhaken geleitete Axt des Holzhauers ist heute immer noch das Gerät, von dem sich der Forstmann den größten Erfolg verspricht. Er hat sich so daran gewöhnt, daß er ihr Wirken unbedenklich als ein „natürliches“ Mittel ansieht, im Gegensatz zu ihm verhaßten „künstlichen“ Mitteln. Es ist hier daran zu erinnern, daß im Naturwald alle erzeugte Holzsubstanz im Walde verbleibt und in den Kreislauf der organischen Stoffe übergeht. Wenn auch mit der reinen Holzernte dem Walde jeweils nur ein relativ kleiner Teil des laufenden Nährstoffbedarfs entzogen wird, so dürften jahrhundertlang wiederholte Entnahmen auf armen Standorten eben doch von erheblicher Bedeutung sein. Gar nicht zu reden von den Nährstoffverlusten bei weitgehender Entnahme von Feinreisig oder gar den kaum wieder gut zu machenden Devastationen durch Streunutzung.

Die Frage, welche uns das Thema stellt, lautet:

Können wir mittels Standraumregelung den Ertrag unserer Wälder nach Holzvolumen und Wert erhöhen? Beschränken wir uns vorerst auf das erzeugte Holz-Volumen, bzw. Trockengewicht, so stoßen wir auf die Kernfrage: Können wir die Assimilationsleistung oder, enger gefaßt, die Nettowerte der Stoffproduktion auf gegebenem Standort durch Maßnahmen verbessern, welche auf eine möglichst günstige räumliche Verteilung der assimilierenden Blattmasse abzielen? Zur Beantwortung dieser Frage müssen wir uns einige Ergebnisse von Assimilationsuntersuchungen vor Augen führen.

1. ASSIMILATIONSFAKTOREN

Fassen wir die Hauptfaktoren beim Assimilationsprozeß kurz zusammen: L i c h t und W ä r m e, beide aus der Sonnenstrahlung stammend, K o h l e n s ä u r e aus der Atmosphäre, W a s s e r und N ä h r s a l z e aus dem Boden. Die Assimilationsausbeute ist bei gegebener Kohlensäurekonzentration abhängig von der zugeführten Menge assimilationswirksamen Lichtes, von der Temperatur, vom verfügbaren Transpirationswasser (Wassermangel führt zum Schließen der Spaltöffnungen) und vom ausreichenden Vorhandensein der benötigten Pflanzennährstoffe (von diesen besonders bedeutsam N und P als Eiweißbausteine für die Chloroplasten). Sehen wir von der möglichen Ergänzung knapper Nährstoffe mittels Düngung ab, so kann Wasser im Walde i. d. R. nicht künstlich zugeführt werden. Auch die CO₂-Konzentration der Luft können wir nicht erhöhen. Aus HUBERS Untersuchungen wissen wir, daß die zur Assimilation be-

nötigte Kohlensäure einer mächtigen, bis zu 100 m hohen Luftschicht entstammt und daß eine dauernde Luftturbulenz nötig ist, um immer neue Luftschichten mit noch minderungsfähigem Kohlensäuregehalt heranzuführen. Demgegenüber hat die Bodenkohlensäure bei weitem nicht die Bedeutung, welche ihr bislang zugemessen wurde. Es hat sich nämlich gezeigt, daß die LUNDEGARDH'schen Zahlen über die Bodenatmung in Waldbeständen um ein Vielfaches zu hoch waren. Auf die Temperatur können wir schließlich ebenfalls keine Einwirkung nehmen, und so bleibt lediglich eine Variation der Beleuchtung übrig.

Aus den bekannten Darstellungen der Assimilationsleistung von Licht- und Schattenblättern entnehmen wir leicht, daß die Schattenblätter bereits bei geringeren Beleuchtungsstärken einen Assimilationsgewinn erzielen, also untersuchungsmethodisch gesprochen mehr Kohlensäure bei der Photosynthese verbrauchen als sie gleichzeitig bei der Atmung abgeben. Dafür steigt die Leistungskurve der Lichtblätter für höhere Lichtstärken noch weiter an; auch ist ihre absolute Höchstleistung größer (Abb. 1). Immerhin könnte man aus den so bekannt-

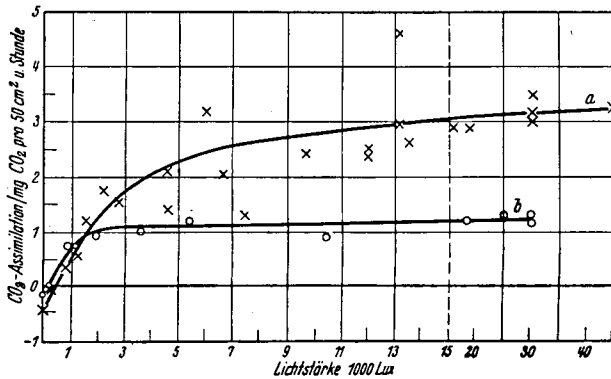


Abb. 1: Assimilationskurven von Lichtblättern (a) und Schattenblättern (b) der Buche (nach BOYSEN-JENSEN).

gewordenen Daten folgern, daß eine überwiegende Belaubung mit Schattenblättern günstig sei, weil diese mit geringeren Lichtmengen auszukommen vermögen. Dabei wird etwas Wichtiges übersehen. Die betreffenden Kurven sind nämlich an Einzelblättern gewonnen, die zwar entsprechend geschwächtem, aber in seiner spektralen Zusammensetzung nicht grundlegend verändertem Licht ausgesetzt wurden. Die Schattenblätter unserer Waldbäume erhalten dagegen vielfach Licht, das bereits andere Blätter passiert hat und so in den photosynthetisch wirksamen Spektralbereichen durch Absorption geschwächt, somit selektiv ausgefiltert ist. Dies haben die Untersuchungen SEYBOLDS und seiner Schüler eindeutig ergeben, ohne daß es von forstlicher Seite bisher gebührend berücksichtigt wurde. Die Abb. 2, entnommen einer Arbeit von SEYBOLD und WEISSWEILER (6) läßt erkennen, wie stark die Absorption von Buchen-Licht- und Schattenblättern in ganz bestimmten, bevorzugten Spektralbereichen ist. Wie ORTH (5) hervorhebt, ist nach dem Gesetz von GROTHUS-DRAPER nur die absorbierte Strahlung photochemisch wirksam.

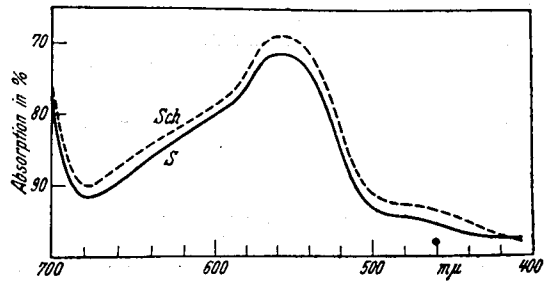


Abb. 2: Absorptionskurven eines Sonnenblattes (S) und eines Schattenblattes (Sch) der Buche (nach SEYBOLD und WEISSMÜLLER).

Wenn, wie bekannt, dem Buchen-Lichtblatt bereits Luxwerte von etwa 15 000 Lux zu voller Assimilationsleistung ausreichen, d. h. also $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{4}$ der vollen Sonnenstrahlung an einem Sommertage, so ist die Schrägstellung der Lichtblätter zur Einfallrichtung der Strahlung ein wirksames Mittel, die assimilationsfähigen Blattoberflächen von Bäumen und Beständen auf ein Vielfaches der jeweils bestockten Bodenfläche zu erhöhen, so bei der Buche auf das 4- bis 6fache.

Dies lassen die beiden in Abb. 3 dargestellten Assimilationskurven von *Sinapis* nach BOYSEN-JENSEN schön erkennen. Beim Einzelblatt wird die höchste Assimilationsleistung bereits bei 12 000 Lux erreicht. Während diese Kurve schon bei 7000 Lux stark abzufallen beginnt, steigt die Assimilationskurve einer ganzen Kultur von *Sinapis*-Pflanzen, mit einer Blattoberfläche, welche 3,4mal so groß ist wie die bestockte Bodenfläche, proportional der ansteigenden Lichtstärke bis über 15 000 Lux hinaus gleichmäßig an! Sobald aber gegenseitige Beschattung der Blätter in Frage kommt, ist durch eine Vermehrung des Blattareals offenbar keine Mehrleistung mehr zu erreichen. Denn die Schattenblätter, welche aus der Lichtnot eine Tugend machen müssen, haben bei hohen Respirationsverlusten nur bescheidene Assimilationsüberschüsse. Dies beweisen u. a. Versuche von KIENITZ, BURGER und LADEFOGED, welche schattennadeltragende untere Astquirle von Nadelbäumen entfernten, ohne daß Zuwachsverluste ein-

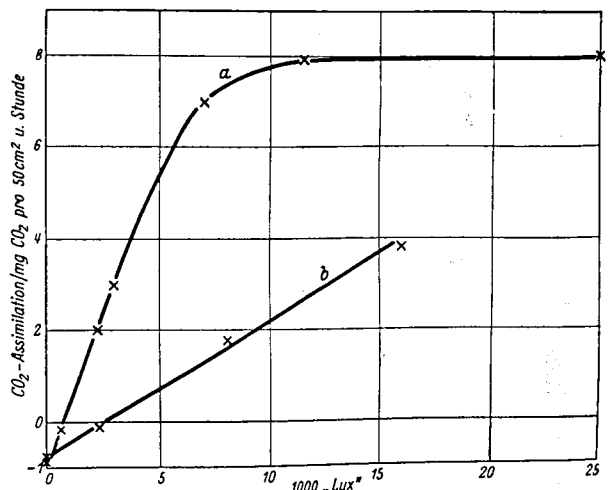


Abb. 3: Assimilationskurven für horizontale *Sinapis*-Blätter (a) und für eine Kultur von *Sinapis*-Pflanzen (b) (nach BOYSEN-JENSEN).

traten. Insbesondere LADEFOGED, der 21jährige Fichten mit je 9 bis 11 nadeltragenden Astquirlen untersuchte, fand, daß die oberen zwei Drittel der Kronen bereits rund drei Viertel der Nadel trocken-gewichtsmasse enthielten. Dabei produzierte das untere Kronendrittel mit überwiegender Schattenbenadelung nur 15 % des Schaftvolumens. BURGER und BOYSEN-JENSEN fanden übereinstimmend, daß unter- und zwischenständige Bäume mit gegebener Blattmasse weit weniger, zum Teil nur halbsoviel Zuwachs leisten wie herrschende Bäume mit gutbelichteter Krone. Das hängt sicherlich mit der Tatsache zusammen, daß den beherrschten Bäumen mit überwiegender Schattenbelaubung vor allem ausgefiltertes Licht zur Verfügung steht.

Bei den bekanntesten Versuchen von BOYSEN-JENSEN, die Stoffproduktion von zwei jungen Eschenbeständen betreffend, stellte sich heraus, daß die unter- und zwischenständigen Bäume einen unverhältnismäßig hohen Atmungsverlust hatten. Bei der Ausdeutung dieses Versuches darf nicht übersehen werden, daß der durchforstete Eschenbestand einer *Niederdurchforstung* unterworfen wurde, bei welcher also vor allem die unökonomisch arbeitenden beherrschten Bäume mit überwiegender Schattenbelaubung entfernt wurden. So erklärt sich einleuchtend die Tatsache des geringeren Atmungsverlustes beim durchforsteten Bestand. Für die 10prozentige Mehrleistung bei der Nettoproduktion des durchforsteten Bestandes dürfte vor allem die sogenannte *Wuchsbeschleunigung* ausschlaggebend gewesen sein, über die noch zu sprechen ist.

2. BAUMKRONE UND ZUWACHS

BURGER unterscheidet in seinen bahnbrechenden Arbeiten (2) die *Lichtkrone*, welche oberhalb der größten seitlichen Kronenausdehnung bzw. des größten Kronendurchmessers liegt, von der darunter beginnenden *Schattenkrone*. Weiter unterscheidet er den benadelten bzw. blattbesetzten *Kronenmantel* vom unbenadelten *Kronenkern*. Die assimilatorische Leistung einer Baumkrone wächst nicht etwa proportional ihrem Inhalt, sondern proportional ihrer Mantelfläche, genauer gesagt: proportional der Oberfläche des Lichtkronenteils. Es kommt offenbar auf das Verhältnis des voll assimilierenden Lichtkronenmantels zum Kroneninhalte an. Je größer dieses Verhältnis, je schmaler und länger die Lichtkrone, desto günstiger wird auch das Verhältnis der aktiv assimilierenden zu den nur tragenden, aber gleichzeitig atmenden Sproßteilen der Krone. Je schmaler die Krone, desto mehr Bäume können auf gegebener Bestandsfläche untergebracht werden, desto größer wird die Flächenleistung, d. h. die produktionstechnisch maßgebliche Leistung pro bestockte Flächeneinheit (also je Quadratmeter oder je Hektar).

3. BESTANDSSTRUKTUR UND ZUWACHS

a) Einschichtige Reinbestände

So wird es erklärlich, daß die höchsten, bisher bekannt gewordenen Flächenleistungen in Wäldern der gemäßigten Zone von stammzahlreichen, einschichtigen Stangenhöl-

zernspitzkroniger Nadelbäume erzielt worden sind. In reinen Fichtenbeständen aus unbeschirmtem Erwuchs finden wir diese maximalen Flächenleistungen von 30 fm und mehr in Beständen von 13 bis 18 m Baumhöhe, welche sich in der natürlichen Altersphase der Vollkraft befinden. In ihnen ist eine optimale Auffaltung der Assimilationsschicht gegeben, und zwar bei solchen Baumhöhen, die noch keine zu großen Energien für das Aufrechterhalten der Transpiration beanspruchen.

b) Mehrschichtige Plenterbestände

Demgegenüber erwarten sich manche Forstleute von einem stark gestuften Bestockungsaufbau, von der Mischung und gestaffelten Schichtung großkroniger Altbäume mit mittel- und unterständigen Bäumen noch günstigere Assimilationsbedingungen. Denn so, sagen sie, sei ja der ganze Bestandesraum mit assimilierender Blattmasse erfüllt. Tatsächlich haben auch die Messungen BURGERS ergeben, daß die Nadelmasse im Fi-Ta-Bu-Plenterwald beträchtlich größer ist als in vergleichbaren Hochwaldbeständen. Zugleich mit dieser Feststellung äußert er aber auch die Meinung, daß es sich zum Teil um *Ballast* handelt, dem keine entsprechende Assimilationsleistung zukommt. Die gleiche Ansicht vertritt übrigens BOYSEN-JENSEN.

Dafür, daß die hier gehegten großen Erwartungen enttäuscht werden müssen, sind zwei Tatsachen verantwortlich:

1. Die großkronigen Oberständer des Plenterwaldes haben ein relativ ungünstiges Verhältnis Lichtkronenmantel zu Kroneninhalt. Sie vollbringen deshalb, bezogen auf den beanspruchten Standraum bzw. die eingenommene Standfläche, eine wesentlich geringere Leistung als sie Hochwaldbäume in der

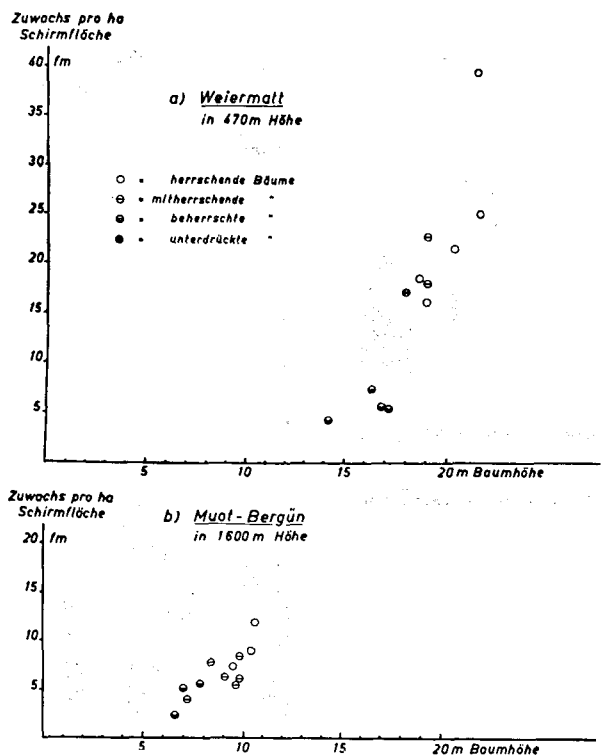


Abb. 4: Schirmflächen-Leistungen von 40j. Hochwaldfichten (nach Untersuchungen von BURGER).

gleichen natürlichen Zuwachspphase erzielen. Die Plenterwaldbäume erreichen nämlich die Phase der Vollkraft und damit die höchste Schirmflächenleistung nicht nur in einem bedeutend höheren faktischen Alter, sondern — als Folge ihrer besonderen Aufwuchsbedingungen — auch bei wesentlich größeren Baumhöhen als im Schlagwald, nämlich erst bei 20 bis 30 m Höhe. So haben wir als Folge überoptimaler Kronendimensionen und großer energetischer Beanspruchung bei der Transpiration relativ niedrige Leistungen pro qm Kronenschirmfläche und pro bestockte Flächeneinheit.

2. Ein großer Teil der mittelständigen und der überwiegende Teil der unterständigen Bäume hat den Schirmdruck der großkronigen Oberständer auszuhalten. Dieser wirkt sich besonders stark aus, weil sich die Kronen der genannten Baumschichten zum Teil noch unterhalb des breiten Schattenkronenteils der Oberständer befinden. So ist es kein Wunder, daß die „Schirmflächenleistungen“ (pro qm Kronenprojektionsfläche) der Mittel- und Unterständer im Plenterwald nach den Zahlenergebnissen von BURGER und BADOUX so gering ausfallen (Abb. 4 u. 5).

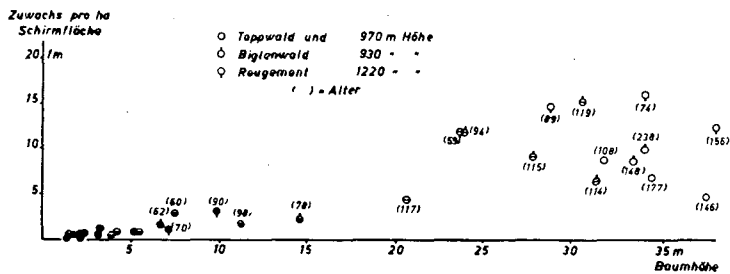


Abb. 5: Schirmflächen-Leistungen von 10-238j. Plenterwald-fichten (nach den Untersuchungen von BURGER).

Die Bäume der gleichen mittleren und jüngeren Altersphasen befinden sich im mehr oder weniger einschichtigen Schlagwald in weit günstigerer Position, da sie als Nachbarn Bäume mit nur unwesentlich verschiedenen Höhen haben. Diese können ihnen bei weitem nicht so viel Licht wegnehmen wie die großkronigen Plenterwald-Oberständer ihren soziologisch unterlegenen Nachbarn. Der bislang hinsichtlich der möglichen Zuwachsleistung merkwürdigerweise als Vorteil angesehene stark gestufte Aufbau des Plenterwaldes erweist sich bei kritischer Betrachtung, vom rein assimilationsphysiologischen Standpunkt aus, als Nachteil. Das Licht, das man als im Überfluß vorhanden angesehen hat, wird beim gestuften Aufbau von Schattholzbeständen zum Mangelfaktor!

c) Mischungen von Licht- und Schattbaumarten

Stammweise Plenterung ist nur mit Schatt- bzw. Halbschattbaumarten möglich. Wie aber, wenn wir Licht- und Schattbäume mischen? Hier ergeben sich zweifellos günstige Möglichkeiten, wenn wir Lichtbaumarten mit lichtdurchlässigen Kronen in der Oberschicht und Schattbaumarten in der Unterschicht haben. Dabei wird nach KRENN ein von ihm so benannter „additiver Zuwachs“ erzielt. Gegenüber einer reinen Lichtholzbestockung erhalten wir i. d. R. einen bedeutenden Mehrzuwachs. Dieser dürfte allerdings zu einem nicht geringen Teil darauf zurückzuführen sein, daß so die organische Pro-

duktion einer meist üppig entwickelten Bodenflora größtenteils in Holz umgewandelt wird.

Daß auch der Schirmdruck lichtkroniger Bäume nicht unterschätzt werden darf, ergaben die Messungen meines Doktoranden, Fm. MANG, in Föhren-Überhaltsbeständen des Forstamtes Lindau am Bodensee. Bei selten günstigen, man darf wohl sagen optimalen, Boden- und Klimaverhältnissen wird hier die Unterschicht von einem Mischbestand von je rd. $\frac{1}{3}$ Tanne, Fichte, Föhre und etwas Laubholz gebildet, also überwiegend von Schatt- und Halbschattbaumarten. Trotzdem macht sich die Überschirmung durch die Föhren-Überhälter in einer unerwartet hohen Zuwachsminderung der zweiten Schicht bemerkbar. Diese Minderung beträgt zu Beginn des Überhaltes, so lange die zweite Schicht noch niedrig ist und das Überschirmungsprozent nur 5—10 % ausmacht, wenige Prozente. Je näher sich die zweite Schicht an den unteren Kronenrand der Überhälter heranschiebt, desto größer wird der Lichtentzug und die gleichzeitige Zuwachsminderung. Diese erreicht schließlich Werte von 20 %, wenn die Überhälter mit ihrer Krone in die zweite Schicht gleichsam eintauchen und das Überschirmungsprozent auf 15 % und mehr angestiegen ist. Da gleichzeitig die Flächenleistung der Überhälter stark abgesunken ist, vermögen sie in dieser späten Phase die Minderleistung der zweiten Schicht nicht mehr auszugleichen.

Auf guten Standorten des ostdeutschen Diluviums mit einer — gegenüber Lindau — ausgesprochen knappen Wasserversorgung haben Mischbestandsversuche der ehem. Preuß. Versuchsanstalt in Kiefernbeständen mit und ohne Buchen-Unterbau nach jüngst von ERTELD veröffentlichten Zahlen (3) zweierlei ergeben:

1. eine immerhin etwa 10prozentige Leistungsmin- derung der oberständigen Kiefern infolge des konkurrierenden Buchen-Unterbaus,
2. im ganzen aber eine bedeutende Überlegenheit des Mischbestandes gegenüber dem Kiefern- Reinbestand, welche, in Holztrockenstoff gemessen, Werte von 30 bis 50 % erreicht.

Wenn man bei solchem Bestockungsaufbau den unterschiedlichen Zuwachsablauf von Licht- und Schattbäumen geschickt aufeinander abzustimmen versteht, indem man den früheren Zuwachsschwall des oberständigen Lichtholzes mit kräftigen Vornutzungen abschöpft und die Vollkraftphase der Schattholzschicht zum Tragen bringt, wenn die Leistung der Oberschicht abklingt, so sind hier wirtschaftlich bedeutende echte Zuwachssteigerungen mittels planmäßiger Standraumregelung möglich.

Wir haben hier also einen Sonderfall zwei- stufigen Aufbaues, der beträchtliche Zuwachsmehr- leistungen verheißt, wenn man im Oberstand Licht- baumarten hält und sich bezüglich Anzahl, Dimen- sion und Alter der Oberständer weise Beschrän- kung auferlegt.

Im übrigen bestehen beachtliche Möglichkeiten auch für mehr oder weniger einschichtige Mischungen, wenn es sich um Baumarten handelt, die sich durch Ausnutzen verschiedener

Wurzelhorizonte oder variierende Lichtbedürfnisse ergänzen, eine günstige Mischstreu liefern, unter sich verträglich sind und im Erntealter zusammenpassen. Schließlich möge bedacht werden, daß erziehungstechnisch ein — zumindest vorübergehender — Gleichschluß der Bestockung durchaus von Vorteil ist, ja, bei Laubbäumen mit ausgesprochener Tendenz zu starker Verastung und Kronenausladung, wie etwa Buche und Eiche, überhaupt nicht entbehrt werden kann.

4. AUSWIRKUNGEN SPEZIELLER HIEBS- MASSNAHMEN AUF DIE VOLUMEN- UND WERT- LEISTUNG VON BESTÄNDEN

a) Durchforstungswirkungen in Reinbeständen

Es erscheint notwendig, wenigstens einen Teil der wichtigsten Durchforstungswirkungen in Bezug auf die Volumen- und Wertleistung von Reinbeständen zu behandeln. Von Reinbeständen, weil für diese in zahlreichen Versuchen inzwischen Ergebnisse von allgemeiner Bedeutung vorliegen.

Die Konkurrenz milderung vermag bei knapper Versorgung mit Nährstoffen und vor allem mit Wasser wirtschaftlich bedeutsame Zuwachssteigerungen von etwa 10 % zu bewirken, und zwar vielfach auch dann noch, wenn außer den beherrschten Bäumen noch ein bemessener Anteil mitherrschender oder herrschender entnommen wird. Ganz anders liegen die Dinge auf gut wasserversorgten Standorten, wo schon die Entfernung zwischenständiger Bäume geringe Zuwachsminderungen verursachen kann. Ähnlich standortsbedingt sind die Auswirkungen gesteigerten Streuumsatzes infolge gelockerter Beschirmung und der Umsetzung von Wurzelmassen ausgeschiedener Bäume, auf welche ROMELL aufmerksam gemacht hat. Beide führen zu einem gesteigerten Angebot von Nährstoffen, insbesondere von N und P.

Ein bedeutsamer Effekt, der erst vor kurzem richtig gedeutet werden konnte, ist die Wachbeschleunigung. Der natürliche Wachstumsablauf der Bäume mit den drei Phasen: Jugend (Aufschwung), Vollkraft (große Periode nach v. SACHS) und Alter (Abschwung) kann durch Aufwuchsbedingungen gehemmt (Überschirmung im Plenterwald) oder beschleunigt (Aufwuchs ohne Schirm) werden. Maßgeblich ist dabei sowohl vertikale Überschirmung wie seitliche Einengung. Vermindern wir diese durch starke Durchforstungseingriffe zu Beginn oder während der Vollkraftperiode vor eingetretener Zuwachsgipfelung, so beschleunigen wir den natürlichen Wachstumsrhythmus und können vorübergehende Zuwachsgewinne der früher und stärker durchforsteten Bestände erzielen. Dieser Effekt zeigt sich nicht nur bei früh begonnenen Fichten-Durchforstungs-Versuchen (Schnellwuchsbetrieb) sondern auch bei Versuchsreihen der Rotbuche, deren reaktionsfähiges Grenzalter bedeutend höher liegt als das der Fichte. So konnte ich in einer neueren Arbeit (1) nachweisen, daß in vier typischen Buchen-Durchforstungsreihen die ersten Eingriffe bedeutende Mehrleistungen der stärkeren Durchforstung gegenüber der Vergleichsfläche mit schwacher Durchforstung und zwar bis zu 30 % und

mehr ausgelöst haben. Aber später treten dann erhebliche Rückschläge ein. Erneute starke Eingriffe wirken nur noch wenig. Es ist wie bei einem Pferdegespann, das auf den ersten Peitschenhieb mit flottem Trab antwortet, nach längerer Fahrt aber auf erneute Peitschenhiebe kaum noch reagiert. So erklären sich zwanglos gewisse Unklarheiten und gegensätzliche Anschauungen in der Durchforstungsfrage, die heute noch bestehen.

Zusammenfassend muß gesagt werden, daß die Möglichkeiten, mit Hilfe der Durchforstung die Volumleistung unserer Bestände zu steigern, enttäuschend gering sind. Messen wir die Durchforstungsstärke nach meinem Vorschlag mit der sogenannten mittleren Grundflächenhaltung und beziehen wir die im Durchforstungswege jeweils herbeigeführte mittlere Grundflächenhaltung auf die standörtlich höchstmögliche Grundflächenhaltung, so können wir mit natürlichen Bestockungsgraden bzw. Durchforstungsgraden operieren. Setzen wir den Grundflächen-Haltungswert und die Zuwachsleistung der maximalen Grundflächen-Haltung = 100 und tragen die prozentualen Zuwachswerte über den abnehmenden prozentualen Grundflächenhaltungen oder natürlichen Bestockungsgraden auf, so erhalten wir charakteristische Optimumkurven. Diese verlaufen bei jungen Beständen und für knapp wasserversorgte Standorte stärker gekrümmt, werden mit zunehmendem Alter flacher und sind für gut wasserversorgte Standorte durchweg nur schwach gekrümmt. Wir können so nur auf knapp wasserversorgten Standorten auf längere Sicht wirtschaftlich bedeutsame Zuwachssteigerungen von, sagen wir, 5—10 % im Durchforstungswege erwarten. Die Effekte der Wuchsbeschleunigung sind vorübergehend und nur in kurzen Umtriebszeiten ausnutzbar. Unter diesen Umständen ist die von mir so genannte kritische Grundflächenhaltung, bzw. der entsprechende natürliche kritische Bestockungsgrad, bei welchem gerade noch 95 % der Optimalleistung erreicht werden, für uns wichtiger, als der optimale Bestockungsgrad. Denn er bietet uns eine voll ausreichende Spanne der Eingriffsstärke, innerhalb derer wir die notwendigen bestandespflegerischen Eingriffe ohne Gefahr größerer Zuwachsverluste ausführen können. Er liegt übrigens für Buche bei 0,6 bis 0,7 und für Fichte bei 0,75 bis 0,80 der örtlich maximalen Grundfläche.

Was nun die Steigerung der Wertleistung angeht, so beruht diese auf 3 Hauptwirkungen, nämlich der Durchmessersteigerung, der Auslesewirkung und der Begünstigungswirkung. Ihr Ausmaß wird vom Praktiker, der unter dem einseitigen Eindruck der Ausformung des jeweils verbleibenden Bestandes steht, in der Regel überschätzt. Denn es kommt ja auf den Wert des gesamten Anfalles während der ganzen Lebensdauer des Bestandes, bzw. den laufenden Anfall einer entsprechenden Betriebsklasse an. Der Gesamtanfall eines 100jährigen Fichtenbestandes auf gutem Standort z. B., mit dessen Durchforstung im Alter von 35 Jahren begonnen wurde, verändert sich mit stärkerer Durchforstung so, daß dann zwar etwas mehr besonders starke Bäume erzeugt

werden; dafür vermindert sich aber der Anfall mittelstarker Bäume. Der mittlere Durchmesser aller bis dahin erzeugten Bäume ist z. B. bei starker Durchforstung nur um 3 Millimeter größer als bei schwacher Durchforstung, während sich die Mittelstämme des verbleibenden Bestandes immerhin um $43,1 - 37,3 = 5,8$ cm unterscheiden. Hinzu kommt eine bisher übersehene negative Wirkung in Gestalt der „Verkürzung der mittleren Erntelängen“. Da nämlich bei starker Durchforstung des jetzt 100jährigen Fichtenbestandes die Bäume gleicher mittlerer Durchmesserstärken zum Teil 20 Jahre früher geerntet wurden als bei schwacher Durchforstung, haben sie etwa um 10 % geringere Höhen.

Der wertsteigernde Einfluß der Auslesewirkung hängt ab von dem Zeitpunkt des Auslesebeginns (möglichst früh), von der natürlichen Differenzierung der Schaftgütern nach Schnürigkeit und Beastung (bei Buche größer als bei Fichte) und von den Preisspannungen der erzeugten Holzsorten. Bei der Begünstigungswirkung, welche mittels Kronenfreihiebes bestgeformter Bäume ausgelöst wird, kann man auch des Guten zuviel tun, wenn man den betreffenden Bäumen zu früh und zuviel an Standraum gewährt, so daß die astfreien Schaftlängen zu sehr verkürzt werden (z. B. bei Buche und Eiche!) Das heute, — man möchte sagen — in Mode gekommene Ideal der Stufigkeit bietet, wie wir gesehen haben, hinsichtlich der Assimilationsleistung keine Vorzüge, jedenfalls soweit Schatt- und Halbschattwälder in Frage stehen. Inwieweit es sonst Vor- und Nachteile gewährt, wollen wir kurz am Beispiel des Plenterwaldes erörtern, bei welchem dieses Ideal in extremer Form verwirklicht ist.

b) Volumen- und Wertleistung von Plenterwäldern

Die Volumleistung eines Plenterwaldes, etwa der Mischung Ta, Fi, Bu, kann schon nach den vorher angestellten Überlegungen keinesfalls höher sein als die einer vergleichbaren Hochwaldbetriebsklasse gleichen Mischungsverhältnisses, die mit angemessenen langfristiger natürlicher Verjüngung arbeitet. Die bisher bekannt gewordenen, einwandfrei gemessenen Zuwachsleistungen derartiger Plenterwälder gehen auch auf besten Standorten über 15 bis 16 fm nicht hinaus. Auf diesen Standorten ist aber von Fichte und Tanne bei Umtriebszeiten von 100—140 Jahren ein dGZ von 16—18 fm zu erwarten. Nun liegen die mittleren Erntealter in solchen Plenterwäldern bei 180 bis 200 Jahren. Bei gleich hohen mittleren Erntealtern würde man in einem Schlagwaldbetrieb ebenso starke Hölzer nutzen können. Allerdings, und das ist ein Vorzug des Plenterwaldes, bedürfte es dazu im Schlagwald eines wesentlich höheren Einsatzes an Durchschnittsvorrat. Der Plenterwald stellt, wie BÜHLER treffend gesagt hat, einen Lichtwuchsbetrieb dar. Ist er einmal aufgebaut, so vermag er Hölzer starker Dimensionen mit einem Minimum an Holzvorrat zu produzieren. Die Vorräte für Plentergleichgewicht, die PRODAN errechnet, liegen auch für beste Standorte erst bei knapp 400 fm. Für Schlagwaldbetrieb würden die Durchschnittsvorräte einer vergleichbaren Betriebsklasse

bei etwa 600 fm liegen müssen. Entscheidend ist allerdings die Frage, ob die im Plenterwald überwiegend erzeugten Starkhölzer auch entsprechend bezahlt werden, und ob die Holzwirtschaft nicht mehr Mittel- und Schwachholz braucht. Mit diesen und anderen Fragen hat sich jüngst MITSCHERLICH in seiner bekannten Schrift über den Ta-Fi-Bu-Plenterwald beschäftigt (4).

Der Bestockungsaufbau des Plenterwaldes bietet unstreitig ein Maximum an Betriebssicherheit. Auch gestattet er einen Nachhaltbetrieb auf kleinster Fläche, was für den Bauernwald ausschlaggebend sein kann. Dazu scheint diese Waldaufbauform der Tanne optimale Daseinsbedingungen zu gewährleisten. Die Grenze zwischen Plenter- und Schlagwaldbetrieb dürfte da zu ziehen sein, wo man mit einer planmäßigen, raumzeitlich geordneten Verjüngung zu arbeiten beginnt. Bei sehr langfristiger Verjüngung ergeben sich Übergangsformen, die gegenüber der strengen Einzelplenterung betriebliche Vorzüge bieten. Es herrscht heute wohl Einigkeit darüber, daß Plenterwald nur auf bestimmten und begrenzten Standorten möglich ist. Bei der Verbesserung des bisherigen Waldaufbaues werden wir uns wohl damit begnügen müssen, die allzu großflächigen Aufbauformen des Fachwerkes in kleinflächigere zu verwandeln. Gesunde Mischung und größere Betriebssicherheit werden sich auch so erreichen lassen. Nun haben wir z. B. in Bayern auf großen Waldflächen Boden- und Bestandesverhältnisse, welche eine unbefriedigende Produktion bedingen. Man denke nur an die Waldbestände, welche durch jahrhundertlang betriebene Streunutzung verwüstet sind. Und hier erhebt sich die Frage, ob uns nicht heute schon wirksamere Mittel der Ertragssteigerung zu Gebote stehen als die bislang einseitig bevorzugten Verfahren der Standraumregelung.

Eines der frappierendsten Ergebnisse der Untersuchungen Carl MAR: MÖLLERS ist die Feststellung, daß von ihm untersuchte dänische Buchenbestände I. Höhenbonität mit einer dGZ-Leistung von 11 fm und solche III. Bonität mit einer Leistung von nur 5,5 fm etwa die gleiche Blattmasse hatten! Die Ursache dieser unterschiedlichen Leistungen ist die inzwischen — besonders durch die neuen Arbeiten von O. TAMM (8) — gut belegte Tatsache, daß die assimilatorische Leistungsfähigkeit der Blätter von ihrem Stickstoff- (und Phosphorsäure-) Gehalt abhängt, der auf besseren Standorten entsprechend größer ist. Dr. STREBEL, ein Mitarbeiter meines Münchener Kollegen LAATSCH, führte im Rahmen noch unveröffentlichter Untersuchungen u. a. zahlreiche Nadelanalysen auf unseren langfristige beobachteten Fichten-Versuchsreihen aus. Diese lassen eine deutliche Parallelität des Stickstoffgehaltes mit den beobachteten Zuwachswerten erkennen. Neuere Düngungsversuche der Württ. Versuchsanstalt zeigen nach Mitteilungen von HAUSSER, daß sogar älteste Kiefernreife auf N- und P-Gaben mit unerwarteten Zuwachssteigerungen reagieren. Dazu scheinen nach den jüngst veröffentlichten Untersuchungen von RONDE auch die Bodentiere — sozusagen unsere Hilfstruppen — für solche Gaben empfänglich zu sein. Sollen wir etwa solche

„künstlichen“ Mittel verschmähen, die uns unvergleichlich größere Möglichkeiten der Ertragssteigerung bieten als die bisher einseitig bevorzugten? Dazu können wir vielerorts erst mit ihrer Hilfe die Voraussetzungen schaffen für den Aufbau gesunder und krisenfester Mischbestände. Hierzu darf ich noch auf den Vortrag von WITTICH verweisen: „Die Verwirklichung waldbaulicher Ziele GAYERS durch die Entwicklung der forstlichen Standortskunde“ (7).

Jede Technik, auch die biologische Technik des Forstmannes, ist so gut oder so schlecht wie der Grad, in dem sie den Naturgesetzen entspricht, ist so gut oder so böse, wie der Zweck, dem sie dient, und wie die Gesinnung der Menschen, die sie anwenden.

Schrifttum

1. ASSMANN, E.: Durchforstungsgrad und Zuwachs bei vier typischen Buchen-Versuchsreihen. Allg. Forstzshr. 1957 S. 329—332 und 349—351.
2. BURGER, H.: Holz, Blattmenge u. Zuwachs. Mitt. Schweiz. Anstalt f. d. Forstl. Versuchsw. (Noch lfd. Veröffentlichungsreihe mit zahlr. Mitt.) Hier besonders: „Der Kronenaufbau gleichaltriger Nadelholzbestände“, Bd. XXI, S. 6 ff. „Baumkrone und Zuwachs in zwei hiebsreifen Fichtenbeständen“, Bd. XXI, S. 147 ff. „Fichten im Plenterwald“ Bd. XXVIII, S. 147 ff. „Fichten im gleichaltrigen Hochwald“, Bd. XXIX, S. 38 ff.; referiert im Forstarchiv 1955, S. 15.
3. ERTELD, W.: Die Einwirkung des Buchenunterbaus auf die Ertragsleistung von Kiefernbeständen. Archiv für Forstwesen 1953 S. 97—141 (Ref. Forstarchiv 1955 S. 000).
4. MITSCHERLICH, G.: Der Tannen-Fichten-(Buchen)-Plenterwald. Heft 8 der Schriftenreihe der Bad. Forstl. Versuchsanstalt, Freiburg/Br. 1952 (Rez. Forstarchiv 1953 S. 210).
5. ORTH: Strahlung, Lichtfeld und Pflanze. Bioklimatische Beiblätter, Braunschweig 1938.
6. SEYBOLD und WEISSWEILER: Spektrophotometrische Messungen an grünen Pflanzen. Bot. Arch. 43, 1942, S. 267.
7. WITTICH, W.: Die Verwirklichung waldbaulicher Ziele Gayers durch Entwicklung der forstlichen Standortskunde. Allg. Forstzshr. 1957 H. 14/15.
8. TAMM, O.: Untersuchungen über die Ernährungsverhältnisse des Waldes (Teil I—III) (Original schwedisch). Megd. Stat. Skogsforskn. Inst. Stockholm.