

Die waldbaulichen Formen und die Grenzen der Plenterung mit Laubbaumarten

Autor(en): **Schütz, Jean-Philippe**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal
= Journal forestier suisse**

Band (Jahr): **143 (1992)**

Heft 6

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-765821>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Die waldbaulichen Formen und die Grenzen der Plenterung mit Laubbaumarten¹

Von Jean-Philippe Schütz

FDK: 221.4: 176.1

Einleitung: Klarstellung der Begriffe

Bevor wir uns mit der Kernfrage unseres Themas, nämlich den Besonderheiten und Grenzen der Laubbäume in der Plenterfrage, auseinandersetzen, scheint die Klarstellung und Definition einiger Begriffe angebracht, da darüber oftmals verschwommene oder gar verwirrende Vorstellungen bestehen. In der Tat werden Bezeichnungen wie Plenterbetrieb, Plenterprinzip(ien), Plenterung, Plenterwald, Plenterstruktur und Plenterverfassung in der Praxis oft wahllos und ohne grosse Differenzierung verwendet, obwohl sich die Bezeichnungen auf klar bestimmte waldbauliche Inhalte beziehen.

Unter dem Begriff «Plenterwald» verstehen wir die besondere Bestandesform, also das Waldbild, die Waldstruktur, wie sie aus der vollkommenen Ausübung der Plenterung entsteht. Der Begriff «Plenterung» bezeichnet den Eingriff im Plenterwald, welcher gleichzeitig alle Funktionen der Steuerung der biologischen Produktion erfüllt. Mit dem Ausdruck «Plenterbetrieb» sind die Besonderheiten gemeint, welche durch die Ausübung der Plenterung zum forstbetrieblichen Bewirtschaftungskonzept führen. Unter «Plenterverfassung» verstehen wir die bestandesstrukturellen Eigenarten des Plenterwaldes. Die Ausdrücke «Plenterverfassung» und «Plenterstruktur» sind identisch.

Mit der Bezeichnung «Plenterprinzip(ien)» beginnen bereits die Verständigungsschwierigkeiten und Missverständnisse. Primär wird darunter das Nutzungs-Organisationsprinzip bzw. Forsteinrichtungsprinzip verstanden. Etwas salopper ausgedrückt wird unter Plenterprinzip das im regelmässigen Turnus wiederkehrende waldbauliche Eingreifen in der immer gleichen Waldpartie verstanden (zum Beispiel in einer Abteilung). So verstanden, können diese Plenterprinzipien nicht nur mit der idealen Plenterstruktur in Verbindung gebracht werden, sondern sind ohne weiteres auch auf andere Waldformen anwendbar, zum Beispiel auf einen Mittelwald. Historisch

¹ Referat, gehalten am 9. Dezember 1991 im Rahmen der Kolloquien der Abteilung für Forstwirtschaft an der ETH Zürich.

gesehen ist diese Begriffspräzisierung nicht unbedeutend, entstanden doch daraus viele der irrtümlichen Vorstellungen oder gar früher einmal eine abwertende Einstellung zum Plenterwaldgedanken. Für manche Vertreter der Ordnung im Walde war die Plenterung der Inbegriff einer unkontrollierbaren Nutzung der Wälder. In diesem Sinne der Nutzungsorganisation soll der Altbegriff Plenterung verstanden werden. Er wurde schon Anfang des 19. Jahrhunderts (zum Beispiel bei *Dralet*, 1820) als Gegensatz zur geläufigeren Flächenfachwerkmethode der Forsteinrichtung verwendet, eine Methode, welche eine lange Schonungszeit der neu begründeten Wälder vorschrieb, um sie gegen Übernutzung zu schützen. In der alten Literatur bedeutete also der Begriff Plenterung nicht absolut das gleiche wie heute, weil wir heute darunter ein Produktionsprinzip verstehen und damit verbunden das Strukturbild des sich auf kleinster Fläche selbst erneuernden idealen Plenterwaldes. Vergessen wir diesbezüglich nicht, dass die Entwicklung der Kontrollmethode, welche sehr eng mit dem Begriff Plenterwald verbunden ist, ursprünglich vom Franzosen A. Gurnaud von der Bewirtschaftung der Mittelwälder abgeleitet wurde (*Gurnaud*, 1885).

Die biologischen Charaktermerkmale des Plenterwaldes

Hier soll der Plenterwald klassischer Prägung, also die besondere Bestockungsstruktur mit der einzelstammweisen Verteilung aller Baumdimensionen auf kleinster Fläche, mit seiner einzigartigen Produktionsform hervorgehoben und entsprechend definiert werden. Diese Produktionsform ist grundlegend anders als praktisch alle anderen Betriebsarten mit einer mehr oder weniger flächenweisen Verjüngung. Diese Originalität des Produktionssystems beruht grösstenteils auf folgenden zwei Eigenschaften:

1. Im Plenterwald erfolgt die Erneuerung ständig und ohne wesentlichen Kronenunterbruch. Es ist die Betriebsart der absolut spontanen Erneuerung. Man spricht nicht mehr von Nachfolgegeneration, sondern von Nachwuchs, der mehr oder weniger kontinuierlich und praktisch überall erfolgt. Damit das Prinzip der Nachhaltigkeit erfüllt wird, soll dieser Nachwuchs in Menge und Wuchsdynamik so beschaffen sein, dass er in der Lage ist, die durch Nutzung entnommenen Bäume langfristig zu ersetzen. Die Regelgrösse für das Aufkommen des Nachwuchses in genügender Menge sind die Lichtverhältnisse in der unteren Bestandespartie. Damit ist ein wichtiges Postulat der Plenterstruktur vorgegeben, nämlich dass zu ihrer langfristigen Erhaltung bestimmte minimale Lichtverhältnisse zur Sicherstellung des Nachwuchses am Boden notwendig sind, verbunden mit gewissen nicht zu überschreitenden Vorräten, den sogenannten Gleichgewichtsvorräten (siehe *Tabelle 1*).

Table 1. Gleichgewichtsvorräte für verschiedene Standorte typischer einzelstammweiser nadelholzreicher Plenterwälder.

Standort	Gleichgewichtsvorräte (m ³ /ha)		
	Minimum	Optimum	Maximum
Tannen-Buchenwald mit Waldschwingel (Typ Couvet Nordhang)	300	350	400
Gute Tannen-Buchenwald-Standorte im Emmental (Typ Schallenberg-Rauchgrat)	350	450	500
Fichten-Tannenwälder der Tieflagen (Typ Hasliwald)	330	380	430
Obermontane Gebirgsfichtenwälder	220	250	300

Der optimale Gleichgewichtsvorrat ergibt sich als Vorrat zur Sicherstellung der Nachhaltigkeit unter den bisher realisierten Nutzungsvorstellungen. Mit Maximum und Minimum sind entsprechende Varianten mit anderer Vorstellung bezüglich Erntedurchmesser bezeichnet.
(Nach Schütz, 1989)

- Die Wuchsmechanismen im Plenterwald sind in verschiedener Hinsicht grundlegend anders als im flächenweise verjüngten Hochwald. Die Bäume wachsen langsam in der Jugend, später aber mit einer erstaunlichen Gleichmässigkeit und besonderen Ausdauer. Die Alterungsphänomene treten nach ganz anderen Massstäben ein als im gleichförmigen Hochwald. Die Gründe für diese besonders wichtige Eigenschaft liegen im guten Bekronungsgrad der Bäume, welcher eben diese Wuchskonstanz ermöglicht. Mit ein Grund ist weiter die Tatsache, dass die Bäume früh im Einzelwuchs stehen, das heisst ohne direkte Konkurrenz im unmittelbaren Kronenbereich durch Nachbarn.

Vom biologischen Standpunkt aus gesehen ist also weniger die einzelstammweise Nutzung als Charaktermerkmal des Plenterwaldes entscheidend, sondern eher der einzelstammweise Wuchs der Bäume.

Kurz gefasst: Grosskronigkeit und Individualisierung der Produktion sind neben der Fähigkeit, sich im Schatten zu verjüngen sowie sich in der Jugend im Halbschatten ohne Qualitätseinbusse zu behaupten, die massgebenden Eigenschaften der Produktionsform des Plenterwaldes.

Zur Natürlichkeit der Plenterwaldstruktur

Die im bisherigen Sinne definierte Plenterstruktur ist an sich keine selbst-erhaltende Struktur. Ohne steuernde Eingriffe kann sie sich langfristig nicht

halten. In diesem Sinne stellt die Plenterstruktur keine strikt natürliche Waldform dar. Echte, das heisst die Nachhaltigkeitsprinzipien erfüllende Plenterstrukturen sind im Urwald selten anzutreffen (*Leibundgut, 1982; Schmidt-Vogt, 1991*). In der Regel sind es vorübergehende Phasen, die nur dank besonders heterogener Bedingungen entstehen.

Demgegenüber weisen die Plenterwälder eine erstaunlich gute ökosystemische Stabilität auf, das heisst einen hohen Grad an natürlicher Selbstregulierung, was heute im kybernetischen Sinne biologische Automation genannt wird. So paradox es auch scheinen mag, widersprechen sich diese Aussagen nicht. Der Begriff «ökosystemische Stabilität» soll als Gleichgewichtssystem stabilisierender und destabilisierender Kräfte eines Ökosystems verstanden werden (*van Miegroet, 1984*), welche je nach Stadien und Phasen der Sukzessionsentwicklung sehr unterschiedlich wirksam sind. Der grosse Vorteil der Plenterstruktur liegt darin, dass sie in einer sehr ausgewogenen Phase der Sukzession steht, in welcher es mit verhältnismässig feinen Steuerungseingriffen möglich ist, das Gleichgewicht und somit die Stabilität sicherzustellen. Man darf sich aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass die grösste Schwierigkeit darin besteht, den Wald bis zu dieser Gleichgewichtsverfassung heranzuleiten. Dies erklärt die vielen Misserfolge und den recht bescheidenen Anteil an Plenterwäldern in der Schweiz von durchschnittlich 8,4%. Diese Beobachtung gilt übrigens auch für traditionelle Plenterwaldregionen. Im Forstkreis Langnau im Emmental zum Beispiel machen die einigermaßen geplenterten Wälder nur 29% der Waldfläche aus (*Marti, mündliche Mitteilung*).

Waldbauliche Vorteile des Plenterwaldes

In ertragskundlicher, waldbaulicher und wertmässiger Hinsicht hängt der Vergleich zwischen Plenterbetrieb und anderen Betriebsarten weitgehend von den bisher erwähnten, vorteilhaften Systemeigenschaften sowie den folgenden günstigen, natürlichen Regelungsmöglichkeiten ab:

- Weil man normalerweise im Plenterwald mit Naturverjüngung arbeitet, fallen die Erneuerungskosten weg. Dies gilt aber nur dann, wenn die tragbaren Wilddichten nicht überschritten werden.
- Auch wenn die Verjüngung in der Regel in Kleinkollektiven erfolgt, stehen die jungen Bäume relativ früh im Einzelwuchs, das heisst ab Dickungs- bis Stangenholzdimension. Diese frühzeitige Individualisierung der Produktion darf als entscheidender Vorteil gewertet werden. *Abbildung 1* zeigt, wie im Plenterwald der Anteil Bäume kleinerer Dimensionen wesentlich tiefer liegt als im vergleichbaren flächenweise verjüngten Hochwaldbetrieb. Im angeführten Beispiel der montanen Buchen-Tannenwald-Standorte Typ Couvet Nordhang weist die Stamm-

zahlverteilung des Plenterwaldes einen Drittel weniger Bäume zwischen der Kluppschwelle und 50 cm BHD auf als im vergleichbaren Hochwaldmodell.

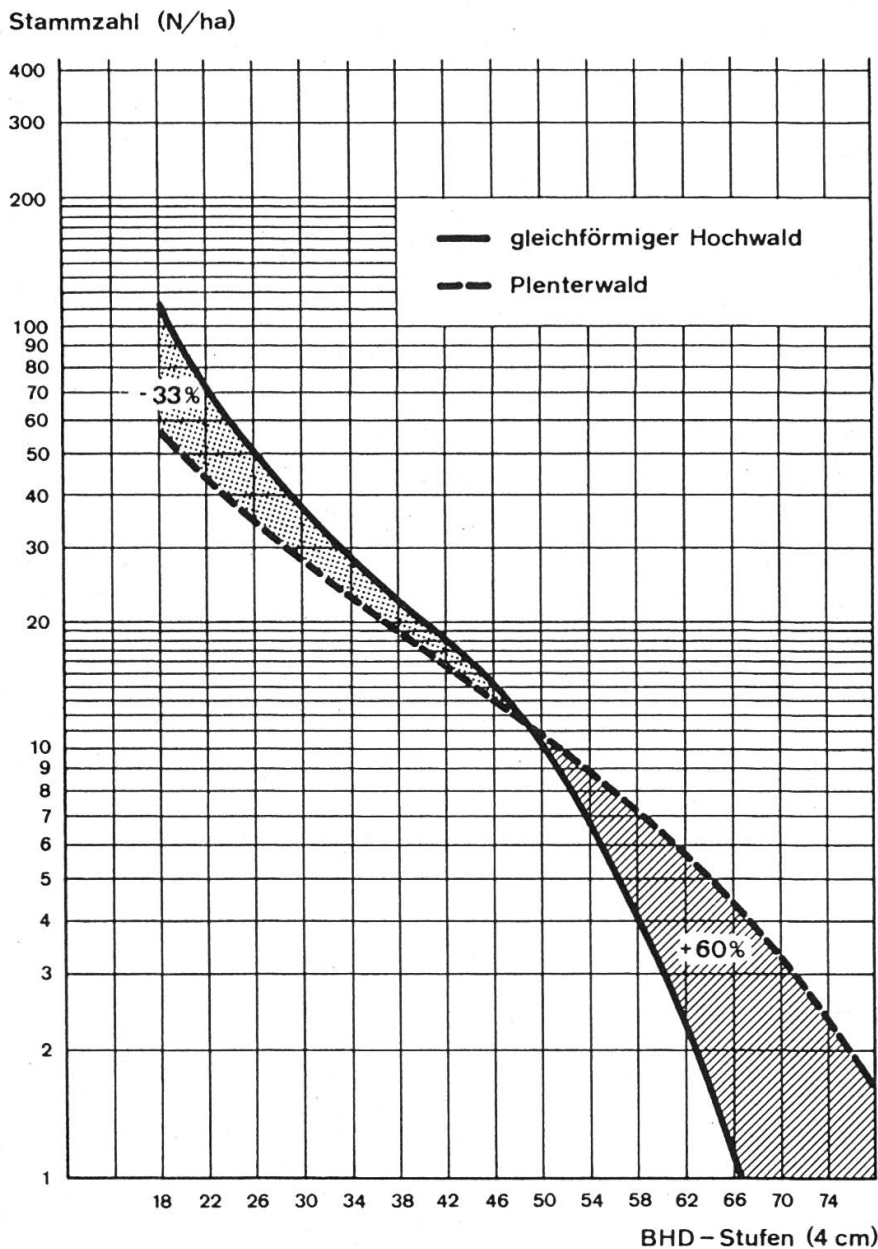


Abbildung 1. Unterschiede in der biologischen Produktion zwischen Plenterbetrieb und Betriebsarten mit flächenweiser Erneuerung. Stammzahlen pro BHD-Stufen (4 cm) beider nachhaltig aufgebauten Betriebsarten.

Voraussetzung:

Gleichförmiger Hochwald: Nachhaltig aufgebautes Ertragstafelmodell für Fi (EAFV, 1968). Oberhöhenbonität 22. Umtriebszeit 110 J. (= ertragskundlich optimaler Verjüngungszeitpunkt nach Bachmann [1990]). Dies entspricht einem mittleren Vorrat von 309 m³/ha.

Plenterwaldbetrieb: Im Plentergleichgewicht stehende Stammzahlverteilung (nach Schütz, 1975) für typische Fichten-Tannen Plenterbestockung Typ Couvet Nordhang, Modell mit normaler Auslesetätigkeit und ortsüblicher Eingriffsstärke.

- In beiden Fällen wird selbstverständlich die nachhaltige Struktur vorausgesetzt. Da gerade die Nutzungskosten der Schwachhölzer die Betriebs-erträge stark negativ belasten, darf diese erstaunliche Produktionsökonomie des Plenterwaldes als besonderer Vorteil hervorgehoben werden.
- Ab der Dimension von 50 cm BHD kehrt sich das Verhältnis um. Das Plenterwaldmodell weist 60% mehr Stämme stärkerer Dimension auf als der gleichförmige Hochwald. Das zeigt, dass der Plenterwald seine Produktion auf die wenigen Bäume von nutzungstechnisch günstiger Dimension zu konzentrieren vermag. Auch wenn die Nutzungen im Plenterwald mehr Sorgfalt benötigen, ergibt sich durch das günstige Stückzahl-Massen-Verhältnis ein Vorteil im Bruttoerlös von 20 bis 24% gegenüber dem vergleichbaren gleichförmigen Hochwald (*Schütz, 1985*).
 - Auch die Kosten für die Jungwaldpflege oder die sogenannte Nachwuchspflege im Jungwuchs bis zur Stangenholzdimension dürften im Fall des Plenterwaldes schliesslich eher günstiger ausfallen, auch wenn sich die Nachwuchspflege im Plenterwald auf die ganze zur Nutzung kommende Fläche bezieht und im Gegensatz zur konventionellen Jungwaldpflege andauernd, das heisst während der ganzen Produktionsdauer, immer wieder anfällt. Da die Arbeitsbelastung für die Nachwuchspflege in einem Verhältnis von einem Fünftel bis einem Zehntel der klassischen Jungwaldpflege steht (*Schütz, 1989*), sind die Gesamtpflegekosten im Plenterwald am Ende geringer als im flächenweise verjüngten Hochwaldbetrieb.

Die Laubbäume im Plenterwald

Beginnen wir mit der Frage der Beimischung von Laubholzarten in nadelholzreichen klassischen Plenterwäldern, etwa in der montanen Tannen-Buchen-Zone, allen voran der Beimischung der Buche, die wegen ihrer Schattenfestigkeit und passenden Standortansprüche die naheliegendste der in Frage kommenden Baumarten ist.

Dass generell eine Laubholzbeimischung ökosystemisch günstig wirkt, dürfte kaum bestritten sein, insbesondere wegen der Bodenpflege und der günstigen Wirkung einer Baumartenvielfalt auf die natürlichen Regelprozesse. Dies ist besonders in der Verjüngungsphase der Fall. Nicht zuletzt ist auch der ästhetische Beitrag einer im saisonalen Wechsel lebhaften Laubbaumart anerkannt. Will man mehr als diese allgemeinen Bemerkungen aussagen, beginnen die Interpretationsschwierigkeiten und Meinungsverschiedenheiten. Es geht zum Beispiel um die Frage der Quantifizierung der günstigen Wirkung der Laubbäume auf die Plenterverfassung, aber auch um die durch ihr Vorhandensein verbundenen Nachteile.

An sich kann schon ein volumenmässig geringfügiger Buchenanteil diese Ziele erfüllen, vorausgesetzt, dass vereinzelte fruktifizierende Mutterbäume

in der Oberschicht vorhanden sind. Es wäre möglich, schon mit Volumenanteilen von wenigen Prozenten diese günstige ökosystemische Wirkung zu erzielen, zumindest auf unseren gut gepufferten Standorten. Andererseits scheint die Überschreitung gewisser Buchen- (oder Laubholz-)Beimischungsanteile Probleme mit der stufigen Verfassung und ihrer Erhaltung zu verursachen. Diesbezüglich haben sich einige Kenner des Plenterwaldes und erfahrene Waldbauer ziemlich dezidiert ausgesprochen. So vertraten zum Beispiel die bekannten Plenterspezialisten des französischen Juras, *Schaeffer, Gazin* und *d'Alverny* (1930), die Auffassung, dass die Buche im Plenterwald auf guten Standorten 5% Volumenanteil nicht überschreiten dürfte, ohne Probleme der Konkurrenzkontrolle nach sich zu ziehen. Die Grenze dürfte nach diesen Autoren bei 10% für durchschnittliche Standorte und bei 15% für ärmere Standorte liegen.

Will man die positiven und negativen Wirkungen der Buche auf die Plenterverfassung objektiv analysieren, kommt man nicht darum herum, die Frage der Holzproduktionsfähigkeiten der Buche und ihr soziales Verhalten in der stufigen Verfassung zu prüfen, und zwar besonders hinsichtlich der Möglichkeit, Wertholz zu bilden.

Die Schaftachsenbildung der einzeln im Schatten aufgewachsenen Laubbäume

In der waldkundlichen Fachliteratur ist unbestritten, dass Baumarten wie die Buche mit ihrem sympodialen Verzweigungssystem in der Jugend der Umgebung gleichhoher Nachbarn bedürfen, am besten von Artgenossen, um eine einigermaßen durchgehende wipfelschäftige Schaftachse zu bilden. Darum wird die Buche hinsichtlich ihrer Erziehungsmöglichkeiten auch als herdenhaft bezeichnet (Schütz, 1990). Sinngemäss gilt das auch für Arten mit ähnlicher Verzweigungsmorphologie, wie Linden, Hagebuche, Ulmen und ebenso Eichen. Der Grund liegt in der relativ labilen Apikaldominanz der Endmeristeme (Endknospen), welche zu häufiger Verzweiselung der Schaftachse führt. Weil solche Baumarten eine relativ gute Astreinigung aufweisen, ist die Fähigkeit der Bildung eines durchgehenden Schaftes auf mindestens 10 m eine Grundvoraussetzung für die Auslese im Hinblick auf die Wertholzproduktion.

Es ist aber auch bekannt, dass eine allzu grosse und lang andauernde Beschattung in der Jugend zum Verlust der lotrechten Achsenbildung und somit zu plagiotropem oder schrägem Wuchs führt (*Kurth*, 1946). Auch wenn sich im Urwald die Buche in sehr schattigen Bestockungspartien zu verjüngen vermag und dies auch lange behalten kann, werden dadurch ihre Stabilität und somit ihre späteren Entwicklungschancen beeinträchtigt. Ihr Vorkom-

men in der Lochstellung scheint diesbezüglich günstigere Aussichten sowohl hinsichtlich der Stabilität als auch der Ausbildung genügender Schaftqualitäten zu haben. Dieser durch Schatten verursachte Verlust der Fähigkeit zum lotrechten Wuchs bei den sympodial verzweigten Laubbäumen muss als entscheidender Nachteil gewertet werden. Dies im Gegensatz zu den Nadelbaumarten im allgemeinen, welche eine viel stärkere axiale Dominanz aufweisen, die insbesondere bei Fichte und Tanne im Schatten uneingeschränkt beibehalten wird. Diese Arten können sich Jahrzehnte oder gar Jahrhunderte im Schatten sozusagen in Wartestellung mit einem sehr reduzierten Wuchsgang behaupten, ohne dass ihre zukünftigen quantitativen und qualitativen Entwicklungsfähigkeiten dadurch im geringsten eingeschränkt würden (Schütz, 1969).

Mit der Feststellung, dass alle waldbaulich relevanten schattenertragenden Laubbaumarten die gleichen Verzweigungssysteme wie die Buche haben und sich also entsprechend verhalten, kann man generell behaupten, dass die Vorratsstruktur von plenterartigen Wäldern mit solchen Laubbaumarten, selbst wenn sie aus schattentoleranten Arten zusammengesetzt sind, sich nur bei einer erheblich geringeren Vorratshaltung erhalten kann als im Falle von nadelholzreichen Plenterwäldern. Nach *Schaeffer* und *Schaeffer* (1951) soll die Vorratshaltung bei Buchenplenterwäldern, welche eine nachhaltige Verjüngung und Nachwuchs gewährt, wenn überhaupt möglich, Vorräte von 200 bis 250 m³/ha nicht überschreiten. Folglich sind wir schon weit entfernt von den stolzen 450 oder gar 500 m³/ha Gleichgewichtsvorräten der Emmentaler Plenterwälder oder den 350 bis 400 m³/ha der guten Juraplenterwälder. Abgesehen von der Frage der möglichen Wertholzerzeugung in stufigen Laubholzwäldern weisen allein schon diese biologischen Grenzen der Vorratshaltung auf Probleme der guten Ausnützung des Ertragspotentials hin. Zu tiefe Vorräte führen tatsächlich zu Ertragseinbussen. Strebt man die Produktion von wertholztauglichen Jungbäumen an, sollten zudem die besonderen Erziehungsanforderungen der Laubbäume, wie schon erwähnt, eine kollektive Erziehung zumindest in Kleingruppen bedingen. Die Verjüngung der Buche soll also eher in der Schachtstellung erfolgen. Im Vergleich dazu ist die Kleinkollektivverjüngung bei den Nadelbäumen nicht zwingend erforderlich. Eine Individualisierung der Produktion bei den Laubbäumen wird erst denkbar, wenn sie starke Stangenholzdimensionen erreicht und einen genügend langen Schaft ausgebildet haben. Die Empfindlichkeit der Buche bezüglich Sonnenbrand fällt hier ebenfalls als Schwierigkeit ins Gewicht.

Zu berücksichtigen ist sodann das Verhalten der erwachsenen Buchen, nachdem sie in der Jugend im Kleinkollektiv erzogen wurden und irgendwann zum Einzelwuchs in der stufigen Verfassung geraten. Beobachtungen zeigen, dass die Buche eine recht grosse Tendenz hat, in einer solchen Umgebung ihre Krone in die Breite auszudehnen. Gemäss den bekannten Untersuchungen von *Badoux* (1949) beanspruchen die Plenterwaldbuchen bei

gleichen Stammdimensionen dreimal soviel Kronenraum wie Tannen und Fichten, um die gleiche Menge Holz zu produzieren. Die Produktionsökonomie der Plenterwaldbuchen ist also bei weitem nicht überzeugend. Dieses ernüchternde Ergebnis kann mit dem Produktionsverhalten der Buche in Mischbeständen verglichen werden. Es ist bekannt, dass die Buche in Beimischung, zum Beispiel mit der Fichte, entsprechend ihrem Anteil deutlich weniger zu produzieren vermag als in der Reinbestockung (*Kennel, 1965; Otto, 1986*). Dieses Verhalten könnte auf eine Konkurrenzschwäche der Buche im Wurzelbereich zurückgeführt werden. Kürzliche Beobachtungen in Intensivversuchsflächen der schweizerischen Waldschadenforschung (NFP 14) zeigen, dass beim Vorhandensein von Fichtenfeinwurzeln diejenigen der Buchen ausweichen (*Niederer, 1991*).

Letztlich zeigt sich, dass die Buchen, welche lange Zeit im Einzelwuchs in stufiger Bestockung standen, eine hohe Prädisposition zur Klebastbildung und zur Erzeugung einer sekundären Krone aufweisen, obwohl die Buche normalerweise nicht besonders zur Wasserreiserbildung neigt. Es scheint, dass das Halblichtklima der stufigen Bestockung diese vom Standpunkt der Wertholzleistung unerwünschte Erscheinung fördert. Dies wird auf einem Bild der bekannten buchenreichen Plenterwälder von «Les Erses» der Familie Borel im waadtländischen Mt-Aubert-Gebiet deutlich (*Borel, 1933*) (*Abbildung 2*).

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass sich die Buche im Hinblick auf eine hohe Wertholzerzeugung besser im Schosse eines flächenweisen Vorkommens erziehen lässt oder zumindest in gruppenweiser Beimischung. Ihre Rolle in der Einzelplenterung dürfte deshalb eher eine dienende sein, und zwar entsprechend der Standortsgüte mit eher bescheidenen Mischungsanteilen.

Wir können hier die Auffassung der bekannten französischen Waldbauer André und Léon Schaeffer teilen, welche sich folgendermassen äusserten:

«Die Einzelbeimischung aller Alter ist bei der Buche nicht anstrengbar. Einzelbuchen neigen zu ungünstigen Formen und leiden an Sonnenbrand. Bessere Ergebnisse werden durch eine Gruppierung im Hinblick auf ihre Erziehung erreicht. Dabei soll eher der Begriff «horstweiser Hochwald» anstelle von «Plenterwald» benützt werden.» (*Schaeffer und Schaeffer, 1951*)

Der Widerspruch zwischen den Begriffen der flächenweisen Erneuerung und der plenterweisen Erziehung

Nun kommen wir zum Begriff «Gruppenplenterung», welcher gerade in bezug auf das besondere Verhalten der Buche in unserem Lande von

E. Favre geprägt wurde (Favre, 1956). Man muss einsehen, dass ein grundlegender Widerspruch zwischen der Produktionsform im Plenterwald, welche mehr oder weniger auf dem Einzelwuchs fundiert, und den Begriffen wie Gruppen und Horste, welche die kollektive Produktionsform voraussetzen, besteht. In der Fachliteratur werden leider hie und da solche Begriffe wie gruppen-, horst- oder sogar bestandesweise Plenterung (Futaie jardinée par parquets), insbesondere für die Bewirtschaftung von Laubwäldern verwendet. Darunter wird eine Anhäufung von an sich gleichaltrigen Baumkollektiven flächiger Ausdehnung ohne besondere räumliche Ordnung verstanden. Solche Begriffe, zum Beispiel im Falle des horstweisen Verteilungsmusters,



Abbildung 2. Form der einzelstehenden Buche in der Plenterstruktur, mit der Bildung einer ausgeprägten Sekundärkrone aus Klebästen (Plenterwald von «Les Erses», waadtländischer Jura, Mt-Aubert-Gebiet).

haben mit dem Wesen der Plenterproduktionsform nichts gemeinsam und sind somit irreführend.

Unter Laubholzplenterwald im vorgenannten Sinne ist vielmehr eine Hochwaldform zu verstehen, bei welcher die Beschirmung nie wesentlich unterbrochen wird, wie dies namhafte Kenner der Laubwälder in Frankreich, zum Beispiel *Perrin* (1954) oder Léon Schaeffer (1938), auch aufgefasst haben. Solche Waldformen weisen eine Analogie zum Mittelwald auf, ihnen fehlt aber die Hauschicht. Neben der Bezeichnung «Plenterwald» ist auch der Begriff «Futaie claire» bekannt, auf Deutsch etwa «lichter Hochwald» (*Huffel*, 1927).

Ganz generell geht es beim Begriff «Plenterwald» um die wichtige Definitionsfrage, was das Hauptwesen der Plenterung überhaupt ist und was bestimmend ist für die Kennzeichnung der Plenterverfassung: die vertikale Anordnung der entwicklungsmässig unterschiedlichen Komponenten oder deren horizontale Anordnung. An den klassischen Beispielen des Einzelplenterwaldes haben wir gezeigt, dass die Eigenart und die grossen Vorteile des Plenterwaldmodelles weniger in der zerstreuten Besiedlung der Fläche und in der Verteilungsform der unterschiedlichen Entwicklungsstufen liegen als im besonderen Produktionsprozess durch die Vereinzelnung der Produktion. Die Vermischung ohne räumliche Ordnung genügt unserer Meinung nach nicht, um den Plenterwald zu definieren. Begriffe, zum Beispiel horstweise Vermischung, haben eher mit einem ungeordneten Femelschlag zu tun als mit der Plenterung. Wir möchten in Erinnerung rufen, dass definitionsgemäss ein Horst zwischen 10 und 50 Aren Ausdehnung hat, was einer Zahl von 25 bis 125 hiebsreifen, nebeneinander stehenden Bäumen entspricht. Es leuchtet auch ein, dass hinsichtlich der Nutzungstechnik sowie der Verlängerung abrupter Bestockungsfronten solche ungeordneten Mischungsmuster waldbaulich nicht sehr sinnvoll sind. Das nirgends unterbrochene Kronendach als Grundvoraussetzung für die Charakterisierung des Plenterwaldes scheint uns um einiges klarer zu sein und soll deshalb zur Definition der Plenterverfassung miteinbezogen werden.

Wie steht es nun mit der gruppenweisen Vertretung der Bäume und dem Plenterbegriff? Es besteht kein Zweifel, dass die Gruppenform unter gewissen Umständen und für gewisse Baumarten waldbaulich sinnvoll ist. Denken wir dabei auch an die natürliche Anhäufung von Bäumen in Kleinkollektiven in der Subalpinstufe, die sogenannten Rotten, das heisst die sich selbst schützenden Kampfgemeinschaften, welche gerade die Gebirgsplenterwaldstruktur charakterisieren. Dass für die Qualitätsholzerzeugung der Buche mindestens die Gruppenform nötig ist, haben wir bereits dargestellt.

Demgegenüber steht auch fest, dass Begriffe wie flächenweise Vermischung letztlich nicht sehr kohärent mit der Produktionsform des Plenterwaldes sind und dass irgendwo eine begriffliche Abgrenzung mit der flächenweisen Walderneuerung notwendig ist. Dass es in der Praxis alle Übergänge

zwischen einem Femelschlagbetrieb und der Einzelplenterung gibt, ist nicht nur denkbar, sondern unter Umständen auch erstrebenswert. Dies soll uns aber nicht daran hindern, klare, abgrenzbare Waldbaubegriffe zu definieren und zu gebrauchen.

Die Eigenarten der Plenterung mit Lichtbaumarten

Kehren wir zu den Eigenschaften der Laubholzplenterverfassung zurück. Das, was über die ungünstige Eignung der Buche für die stufige Bestandesform gesagt wurde, gilt sinngemäss für Baumarten mit ähnlichen Verzweigungsformen, wie Linden, Hagebuchen, Ulmen und auch Eichen. Bei den Edellaubbäumen gibt es aber Arten mit monopodialer Schaftachsenbildung, etwa die Esche, den Kirschbaum und die Ahorne, welche an sich die Kollektiverziehung nicht unbedingt benötigen. Das Grundproblem besteht darin, dass die meisten Edellaubbäume lichtbedürftig sind, wenn auch einige, zum Beispiel Ahorne, Esche und sogar die Eichen, in der frühen Jugend noch im Halblichtklima zurechtkommen.

Ein Modell der Bestandserneuerung ohne Kronenunterbruch – um bei unserer Grundbedingung zu bleiben –, ist nur dann möglich, wenn die Bestockung genügend Licht einfallen lässt, um einen gesicherten Nachwuchs zu ermöglichen. Dies bringt uns sehr nahe an das Modell des früheren Mittelwaldbetriebes heran. Einmal abgesehen von Bedeutung und Nutzung der Hauschicht des Mittelwaldes entsprechen die Prinzipien der Erneuerung des Oberholzes durch die Herausarbeitung eines Nachwuchses von Jungbäumen, sogenannten Lassreiteln (franz.: balivage) in genügender Anzahl, den Erneuerungs- und Nachhaltigkeitsprinzipien des Plenterwaldes.

Man muss sich aber im klaren sein darüber, dass beim Mittelwaldbetrieb die Vorräte des Oberstandes sehr niedrig waren. Unmittelbar nach den periodischen Eingriffen lagen sie für schweizerische Verhältnisse im Bereiche von 45 bis 60 m³/ha, ausnahmsweise 100 m³/ha, was am Schluss der Periode 100 bis maximal 170 m³/ha ausmachte (*Forststatistik des Kantons Thurgau*, 1860). Ähnliche Vorratswerte galten für Mittelwälder in Nachbarländern (*Mathey*, 1898). Dies entsprach Beschirmungsgraden von etwa 45 % nach den Hieben (*Perrin*, 1954; *de Lempis*, 1951). Bei solchen Vorräten ist es nahelegend, dass eine derartige Reduktion des photosynthetischen Produktionsapparates zu entsprechenden Verminderungen der Ertragsmöglichkeiten führt, welche beim Mittelwald in der Grössenordnung von 60 % der Ertragsfähigkeit zu liegen kommen. Berücksichtigt man zudem die sehr bescheidene Nutzholzausbeute, welche durch die mächtige Kronenausdehnung, aber insbesondere auch durch Klebastbehang verursacht wird, erreichen schliesslich

solche Mittelwälder nur 18 % der potentiellen Nutzholzmöglichkeiten eines vergleichbaren Hochwaldes oder nur 10 % der möglichen Wertleistung (Dubourdieu, 1991).

Es ist klar, dass die niedrige Bestockungsdichte der Mittelwälder auch für die optimale Entwicklung der Brennholz liefernden Hauschicht konzipiert war. Somit dürfte sich das Modell nicht direkt auf einen sich selbst erneuernden Laubholz-Hochwald übertragen lassen. Die lichten Laubholzplenterwälder in Frankreich und Belgien unter dem schon erwähnten Begriff «Futaie claire» weisen aber doch viele Analogien mit dem Mittelwaldbetrieb auf, zumindest mit den etwas oberholzreicheren Mittelwäldern. Ein berühmtes entsprechendes Lehrprojekt wurde im Jahre 1886 auf 66 ha Waldfläche im Lehrwald der Forstschule Nancy in Amance durch A. Gurnaude selber eingerichtet und auch einige Jahrzehnte lang praktiziert (Huffel, 1927). Ein wesentlicher Unterschied zwischen der «futaie claire» und dem Mittelwald lag dabei in der Notwendigkeit der viel kürzeren Umlaufzeit der Eingriffe bei der «futaie claire» und der grösseren Intensität der Pflege. De Lemp (1949) behauptete sogar, dass sich das Scheitern des Eichennachwuchses in Mittelwäldern des französischen Burgunds, wo seit dem letzten Jahrhundert grossflächig Nachwuchsmangel von Eichenlassreiteln eindeutig nachgewiesen wurde, nebst der zu hohen Vorratshaltung mit ungenügender Pflege zwischen den Eingriffen erklären lässt. Ohne konzentrierte, drastische und wiederholte Pflegemassnahmen können die verjüngten Eichen der Konkurrenzkraft der Stockausschläge und der Bodenvegetation nicht widerstehen. Die zur ständigen Erneuerung der Lichtbaumarten notwendige Vorratshaltung sollte die Werte von 200 m³/ha nicht überschreiten. Für die Eichenbewirtschaftung dürfte gemäss L. Schaeffer (1938) dieser maximale Vorrat bei 180 bis 200 m³/ha liegen. Auch weitere Versuche zur Plenterung mit Lichtbaumarten, zum Beispiel diejenigen von Sabroe (1959) mit Eschen-Bergahorn in Dänemark, weisen nach dem Hieb Vorratsgrössen von 150 bis 170 m³/ha auf. Bei solchen Vorratswerten scheinen Ertragsverluste sowohl in Masse als auch in Wert unvermeidbar. Perrin, Waldbauprofessor in Nancy und grosser Kenner der Eichenbewirtschaftungsmethoden, vertrat die Auffassung, dass solche Formen gelichteter Hochwälder wegen der Vegetationskonkurrenz und den Stockausschlägen auf den Nachwuchs nicht für alle Eichenstandorte verallgemeinert werden können. Er hält sie überhaupt nur für möglich für ärmere Eichenstandorte und im Falle der Traubeneiche, welche Schatten etwas besser erträgt als die Stieleiche. Für Stieleichenwälder und -standorte hält Perrin eine Kombination von lichter Schirmstellung und horstweiser Abdeckung auf mindestens 20 Aren für die Erneuerung der Eiche für richtig. Eine Auffassung, die auch Léon Schaeffer (1938) und de Lemp (1949) vertraten. Übrigens kommen heute sehr ähnliche Vorstellungen der Eichenbewirtschaftung im bayerischen Forstamt Ebrach zur Anwendung, in einer Walderneuerung in einer schirmfemelschlagartigen Verjüngungstechnik.

Es besteht kein Zweifel, dass wir heute für die Erhaltung der ökologisch wertvollen, vielfältigen, fein gemischten Laubwälder aus Lichtbaumarten unsere bisherigen Waldbaumethoden überprüfen bzw. weiterentwickeln müssen. Unter Umständen erhalten Konzepte mit kleinflächiger Erneuerung oder gar Erneuerung ohne Kronendachunterbrechung eine neue Bedeutung. Diesbezüglich können uns solche Modelle, wie die «futaie claire», interessante Denkanstöße vermitteln, auch wenn sie mit Ertragseinbussen verbunden sind. Andererseits müssen dabei die biologischen Grenzen und waldbaulichen Schwierigkeiten zur Realisierung sachlich und sorgfältig erfasst werden, bevor sie als generelle Lösung für die Praxis empfohlen werden. Mangels genügend lange beobachteter Experimente und Demonstrationsobjekte sind wir auf frühere Erfahrungen angewiesen, welche in der älteren Literatur wiedergegeben sind.

Diesbezüglich müssen wir darauf hinweisen, dass die in der euphorischen Zeit der Vorkriegsjahre überall in der Schweiz begonnenen Versuche, auch in Laubholzgebieten zu plentern, im grossen und ganzen gescheitert sind. Heute finden wir nämlich keine entsprechende Plenterstruktur mehr, offenbar deshalb, weil das vorgestellte Ziel nicht so einfach zu realisieren war.

Die Grenzen der Erziehung in der Kleinlochstellung

Es scheint nun angebracht, das Fallbeispiel der Eiche am Problem der Erneuerung und Erziehung in der Kleinlochstellung exemplarisch zu diskutieren. Diese Baumart ist insofern interessant, weil sie hohe Anforderungen an die Lichtverhältnisse stellt, aber auch im allgemeinen in der Jugend die Kollektiverziehung benötigt, um eine gute durchgehende unverzweigte Schaftachse zu bilden. Wie André und Leon Schaeffer bemerkten, ist «die einzelweiser Mischung und Erziehung der Eichen noch illusorischer als bei der Buche» (Schaeffer und Schaeffer, 1951). Die klassische waldbauliche Lehrvorstellung ist, dass Eichen mindestens auf einer Fläche von einer Drittel- bis einer halben Hektare verjüngt und erzogen werden sollen. Das heisst aber nicht, dass die Eiche nicht in der Lage ist, sich in einer entsprechend lichten Bestockung «hinaufzuschleichen». Es gibt im Gegenteil vereinzelte Beispiele dafür. Zuerst einmal sind es meistens Fälle mit der etwas Schatten ertragenden Traubeneiche. Öfters ist das jedoch nur möglich in Beimischung mit lichtdurchlässigen Baumarten wie Föhre und Lärche. Wie schon erwähnt kommt dies auch in lichten Bestockungen mit Vorratshaltungen wie in den früheren Mittelwäldern vor. Aus solchen Beispielen darf man aber keine allgemeingültige Regel ableiten. Eine Einschlebung der Eiche in Kleinlochstellung hängt wesentlich von den Standortverhältnissen ab und in unserem Lande in besonderem Masse von der Gefährdung durch die Nassschnee-Ereignisse.

Untersuchungen von in der Kleinlochstellung verjüngten Eichenbestockungen im schweizerischen Mittelland zeigen, dass die in kleinen Schächten (etwas kleiner als 15 Aren) verjüngten Eichengruppen insbesondere im Dickungsalter durch flächige Schneedruckschäden gefährdet waren (Keller, [1990] in: Schütz, 1991). Offenbar sind unter diesen schattigen Bedingungen die Eichenheister zu schlank. Darüber hinaus wachsen sie schief, was sie eben gegenüber Nassschneedruck anfällig macht. *Abbildung 3* zeigt, dass unterhalb einer Lochgrösse von 15 Aren dieser für die Stabilität gefährliche Schiefstand sehr deutlich zunimmt.

Diese Schwierigkeiten der sogenannten «Schattenerziehung» der Eiche fallen um so mehr ins Gewicht, als durch die genetische Veranlagung die durchschnittlichen Qualitätseigenschaften in einer Eichenpopulation oft sub-optimal sind, wie dies in unserem Land generell der Fall ist (Schütz, 1979).

Einfluss der Femellochgrösse auf die Stammqualität von Eichenstangenhölzern

Anteil lotrechter bzw. schiefer Stämme in %

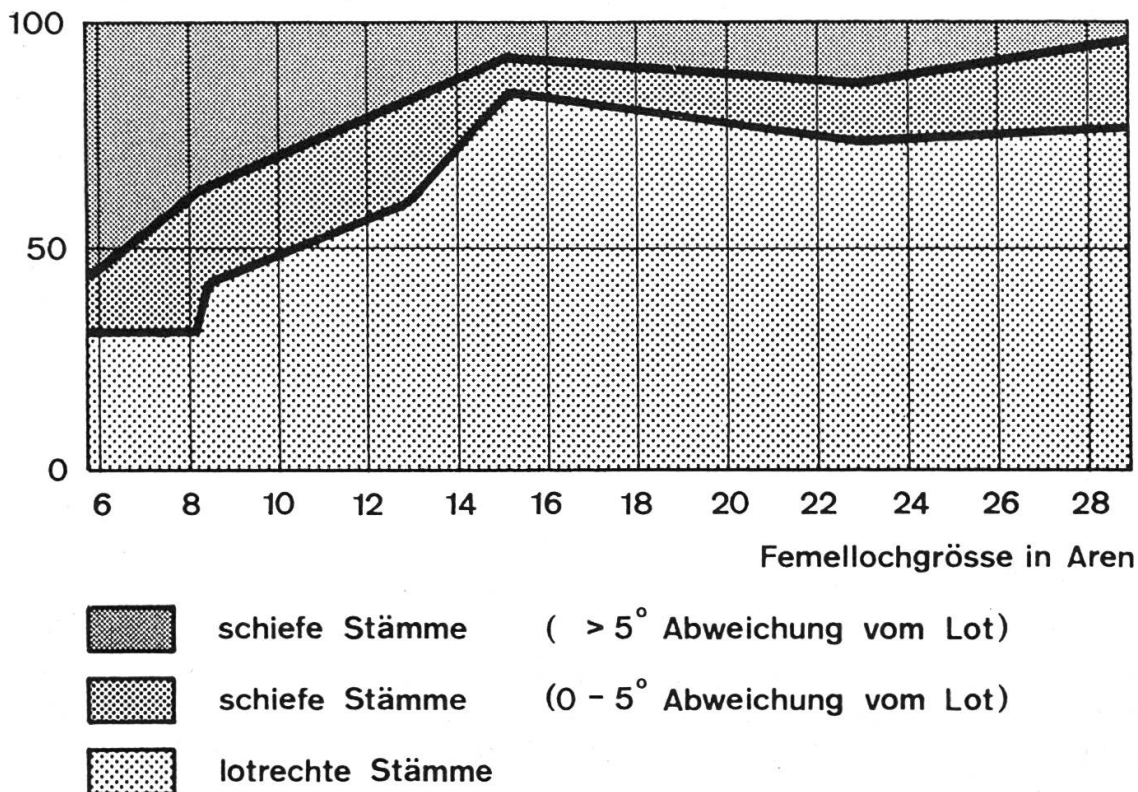


Abbildung 3. Lochstellung und Eichenschiefstand.

Die Basis für eine gute Auslese bei der Eiche ist deshalb für einen Qualitätswaldbau mit allen Mitteln zu fördern.

Wir kommen somit zum Schluss, dass die Erziehung der Eiche im Hinblick auf eine hohe Wertleistung nach wie vor die Verjüngung auf einer genügend grossen Fläche, das heisst mindestens in Horstgrösse, erfordert.

Die Eignung der Plenterkonzepte klassischer Prägung für Laubmischwaldstandorte

Anders als die Frage nach der Eignung lichtbedürftiger Laubbäume für die Plenterstruktur stellt sich das Problem eines waldbaulich mehr oder weniger klassischen Plenterwaldkonzeptes für Standorte der Laubmischwälder. Oder anders formuliert: Sind Formen des Einzelplenterwaldes beispielsweise auf reichen Buchenmischwaldstandorten des schweizerischen Mittellandes anwendbar, und wenn ja, mit welchen Begrenzungen?

Aus dem vorher Dargestellten geht klar hervor, dass ein solches Konzept einen relativ hohen Anteil an schattenertragenden Nadelbäumen erfordert. Dieser ist notwendig, weil nur die schattenertragenden Nadelbäume, das heisst besonders die Fichte, allenfalls die Tanne, im Gegensatz zu den Laubbaumarten eine genügende Differenzierungsdynamik zur Erhaltung der stufigen Struktur aufweisen. Die Fichte spielte in unseren Mittelwäldern immer eine recht bedeutende Rolle, und zwar nicht nur wegen ihrer hervorragenden holztechnologischen Eigenschaften, sondern weil sie zu den ganz wenigen Baumarten zu zählen ist, die sich im hohen Konkurrenzdruck der Hauschicht genügend lange am Schatten erhalten und durchsetzen konnte. Andererseits kann nicht übersehen werden, dass auf solch reichen Standorten mittlerer Höhenlagen die Erneuerungsdynamik durch eine erstaunlich hohe Dominanz der Laubbaumarten sowie durch eine recht hohe standortsbedingte Verunkrautungstendenz gekennzeichnet ist. Unter schattigen Bedingungen stellt sich die Buche flächig ein, unter lichterem die Esche und der Bergahorn. Diese Baumarten neigen dazu, jeden gebildeten Lichtschacht in der Oberschicht zu besetzen, bevor die Nadelbaumarten sich verjüngt haben.

Der Versuch, solche Strukturen plenterähnlich zu schaffen und zu erhalten, ist mit einer intensiven aufwendigen Pflege verbunden, um die Nadelbäume immer wieder stellenweise durch Beseitigung des Unterwuchses oder durch Mischungsregelungseingriffe in Laubholzgruppen zu fördern. Seit dem Erwerb des Lehrwaldes am Albisriederberg im Jahre 1927 durch die ETH Zürich werden zwei bis drei Planungseinheiten in einem solchen Sinne plenterartig bewirtschaftet. Die Ergebnisse können heute bestenfalls als bescheiden bezeichnet werden, um nicht den Ausdruck ernüchternd zu

gebrauchen. Auf solch guten Standorten ist der natürliche Drang der Laubbäume nach Gleichförmigkeit und flächiger Erneuerung zu stark.

Ganz ähnliche Probleme sind in den typischen, reinen Buchenwäldern in montanen Lagen, wie sie in unserem Lande grossflächig vorkommen, zu verzeichnen. Die Konkurrenzkraft der Buche in der Ansamungs- und Jungwuchsphase ist mächtig. Die zur Wahrung der Stufigkeit notwendige Nadelholzbeimischung muss mit energischen konzentrierten Eingriffen erzwungen und mit entsprechender Pflege begleitet werden.

Für die edellaubholz-fähigen guten Buchenstandorte muss man sich schliesslich fragen, ob der für die stufige Struktur notwendige Nadelholzanteil wirklich angemessen sei, oder ob nicht die Waldbauformen gesucht werden sollten, welche am besten mit der Produktion hochwertiger Edellaubbäume kompatibel sind. Die Plenterverfassung ist auf alle Fälle nicht Selbstzweck, sondern sollte unter Berücksichtigung der Machbarkeit immer erwogen werden.

Man muss jedoch einsehen, dass im allgemeinen auf Laubbaumstandorten die Verwirklichung der Plenterverfassung leider mit grossen Schwierigkeiten und Nachteilen verbunden ist.

Résumé

Les formes sylvicoles et les limites du jardinage avec les essences de feuillus

Ce qui caractérise la futaie jardinée, au sens moderne du terme, c'est son principe de production. La croissance individualisée des arbres dans un environnement très irrégulier leur confère un bon encouronnement qui garantit une croissance très longtemps soutenue. C'est la raison pour laquelle, comparativement au modèle de la futaie régulière, celui de la futaie jardinée comprend, dans les conditions d'équilibre, c'est-à-dire de respect du rendement soutenu, un tiers de moins d'arbres de dimensions inférieures à 50 cm de DHP et deux fois plus au-delà de cette limite (voir la *figure 1*).

Ces caractéristiques valent pour la forêt jardinée de conifères de type classique. Ces derniers, en raison du remarquable maintien de leur dominance axiale à l'ombre du sous-bois, peuvent y subsister très longtemps sans perdre leurs facultés de développement ultérieur et la qualité de leurs tiges. Ce n'est malheureusement pas le cas des feuillus et la raison pour laquelle l'éducation individualisée, même dans le cas de ceux qui comme le hêtre, supportent bien l'ombrage, est loin d'être facile pour ne pas dire comme L. Schaeffer inadéquate.

Il faut d'abord s'entendre sur la notion même de futaie jardinée appliquée aux feuillus, tant l'acception du terme diverge et conduit à des confusions. L'auteur démontre que le modèle d'une apposition non-ordonnée d'aggrégats (collectifs d'arbres) en soi équiennes, tels que des bouquets, n'a plus rien de commun avec le

principe général de la futaie jardinée. Par contre le critère de non-interruption du couvert convient bien mieux à la définition de la futaie jardinée, comme le postulaient déjà Perrin et L. Schaeffer.

N'ayant pas la faculté de maintenir très longtemps à l'ombre du sous-bois leur dominance axiale, les feuillus à ramification sympodique (hêtre) demandent des conditions de lumière plus élevées que les résineux pour se rajeunir et surtout assurer le recrutement continu en futaie jardinée. Les volumes sur pied critiques se situent pour la hêtraie vers 200–250 m³/ha contre 350–500 m³/ha pour les futaies jardinées de conifères classiques (cf. *tableau 1*). De plus, dans l'entourage irrégulier, le hêtre à croissance individualisée forme de larges couronnes, demande trois fois plus de place que l'épicéa (pour une production identique), souffre des coups de soleil et produit des branches gourmandes. Il est donc préférable, dans la mesure où sa fonction dépasse celle d'amélioration du sol ou de maintien de la diversité d'en assurer le rajeunissement et l'éducation en collectifs d'étendue d'au moins le groupe.

Chez les feuillus à ramification monopodiale (frêne, érable, merisier) les conditions limites de matériel sur pied se situent vers 150–170 m³/ha, ce qui rapproche un tel modèle des formes culturelles anciennes du taillis sous futaie, voire celle de la futaie claire.

Finalement, à l'exemple du chêne, essence de lumière et nécessitant un certain entourage pour son éducation, on montre, à l'appui des expériences anciennes (notamment l'essai de futaie claire de la forêt d'Amance près de Nancy), les difficultés et les limites d'une éducation en mélange très fin, voire intime. Même dans le cas de la futaie claire avec des volumes sur pied adéquats (c'est-à-dire très bas et conduisant à des pertes de production), il n'était possible d'assurer un recrutement convenable de chêne que sur les stations les plus pauvres, avec le chêne rouvre plus sciaphile que le pédonculé. Sur les stations à chêne pédonculé, la création de trouées de la grandeur de bouquets apparaissait nécessaire.

Literatur

- Bachmann, P.*, 1990: Produktionssteigerung im Wald durch vermehrte Berücksichtigung des Wertzuwachses. Ber. Eidg. Forsch. Anst. f. Wald Schnee Landsch. Nr. 327, 73 S.
- Badoux, E.*, 1949: L'allure de l'accroissement dans la forêt jardinée. Mitt. Eidg. Anst. forstl. Versuchswes. 26, 1: 9–58.
- Borel, W.*, 1933: Résultats de quarante ans d'application de la méthode du contrôle dans la forêt des Erses (Jura vaudois). Jacques & Demontrond, Besançon, 67 p.
- Dralet, M.*, 1820: Traité des forêts d'arbres résineux et des terrains adjacents. Vieusseux, Toulouse, 271 p.
- Dubourdieu, J.*, 1991: L'intérêt de la conversion des taillis-sous-futaie en futaie et ses limites. Rev. forest. fr. 43, 2: 147–161.
- Favre, E.*, 1956: L'évolution forestière dans le Canton de Neuchâtel. Dép. Agric. Canton de Neuchâtel, Neuchâtel, 96 p.
- Forststatistik des Kantons Thurgau*, 1860: Huber, Frauenfeld.
- Gaspersic, F.*, 1974: [Gesetzmässigkeiten der Naturverjüngung in Tannen-Buchenwäldern des Hohen Karstes im Bergmassiv von Sneznik-Javornik]. Orig. Slow., Diss Biotechn. Fak. Univ. Ljubljana, 133 S.
- Gurnaud, A.*, 1885: La méthode française et la question forestière. Jacquin, Besançon, 25 p.
- Huffel, G.*, 1927: Les méthodes d'aménagement forestier en France. Ann. Ecole Nat. Eaux et For. et Stat. Rech. Expér., 1, 2: 3–229.

- Kennel, R., 1965: Untersuchungen über die Leistung von Fichte und Buche in Rein- und Mischbestand. *Allg. Forst- u. J.-Ztg.*, 136, 7: 149–161; 8: 173–189.
- Kurth, A., 1946: Untersuchungen über Aufbau und Qualität von Buchendickungen. *Mitt. Schweiz. Anst. forstl. VersWes.* 24, 2: 581–658.
- de Lemps, F., 1949: A propos de la régénération du chêne dans les taillis sous futaie de la Vallée de la Saône. *Rev. forest. fr.* 1, 7: 314–323.
- de Lemps, F., 1951: Volume critique, plan de balivage et composition normale des taillis-sous-futaie. *Rev. forest. fr.* 3, 9: 552–572.
- Leibundgut, H., 1982: Europäische Urwälder der Bergstufe. Haupt, Bern & Stuttgart, 306 S.
- Mathey, A., 1898: Les taillis sous futaie dans le bassin de la Saône. *Rev. Eaux et For.* 37: 698–703, 721–738, 753–765.
- van Miegroet, M., 1984: Concepts of forest stability and forest management. *Silva Gandavensis* 50: 39–64.
- Niederer, M., 1991: Untersuchung der Zusammenhänge zwischen Mykorrhizierung, Zuwachs und Kronenbild von Waldbäumen. Bundesamt für Umwelt, Wald u. Landschaft, Eidg. Forstdirektion, Bern, 46 S.
- Otto, H. J., 1986: Standortliche Voraussetzungen, Ziele und Waldbautechnik in Fichten-Buchen-Mischbeständen des Harzes. *Allg. Forst- u. J.-Ztg.* 157, 10: 188–196; 11: 214–222.
- Perrin, H., 1954: Sylviculture II. Le traitement des forêts, théorie et pratique des techniques sylvicoles. Ecole Nat. Eaux et For., Nancy, 411 p.
- Sabroe, A. S., 1959: Plenterwaldartige Behandlung in gemischten Laubwäldern. *Forstarchiv* 30, 7: 125–130.
- Schaeffer, A., Gazin, A., d'Alverny, A., 1930: Sapinières. Le jardinage par contenance (Méthode du contrôle par les courbes). Presses Univ. France, Paris, 100 p.
- Schaeffer, L., 1938: Le jardinage appliqué aux essences feuillues. *Bull. Soc. forest. Franche-Comté et Prov. de l'Est* 22: 67–78.
- Schaeffer, L., Schaeffer, A., 1951: Amélioration des taillis sous futaie. *Rev. forest. fr.* 3, 9: 538–551.
- Schmidt-Vogt, H., 1991: Naturnahe Fichtenwirtschaft. Wilhelm-Münker-Stiftung, Heft 31, Siegen, 55 S.
- Schütz, J.-Ph., 1969: Etude des phénomènes de la croissance en hauteur et en diamètre du sapin (*Abies alba* Mill.) et de l'épicéa (*Picea abies* Karst.) dans deux peuplements jardinés et une forêt vierge. *Beih. Z. Schweiz. Forstverein* Nr. 44, 115 S.
- Schütz, J.-Ph., 1975: Dynamique et conditions d'équilibre de peuplements jardinés sur les stations de la hêtraie à sapin. *Schw. Z. Forstwes.* 126, 9: 637–671.
- Schütz, J.-Ph., 1979: Le chêne est-il devenu l'enfant pauvre de notre sylviculture? *Schweiz. Z. Forstwes.* 130, 12: 1047–1070.
- Schütz, J.-Ph., 1985: La production de bois de qualité dans la forêt jardinée. *Ann. Gembloux* 91: 147–161.
- Schütz, J.-Ph., 1989: Le régime du jardinage. Document autographique du cours de sylvic. III, Chaire de sylvic. ETH Zürich, 55 p.
- Schütz, J.-Ph., 1990: Sylviculture I. Principes d'éducation des forêts. Presses Polytechniques et Univ. Romandes, Lausanne, 243 p.
- Schütz, J.-Ph., 1991: Lässt sich die Eiche in der Kleinlochstellung erziehen? Ein Beitrag zur Mischung von Lichtbaumarten. *Jahrestag. Deutsch. Verb. forstl. Forschungsanst., Sektion Ertragskunde*, 13.–15. Mai 1991 in Treis-Karden/Mosel: 73–86.

Verfasser: Prof. Dr. Jean-Philippe Schütz, Professur für Waldbau, ETH-Zentrum, CH-8092 Zürich.