Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss foresty journal = Journal forestier suisse

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 149 (1998)

Heft: 12

Artikel: Behandlungskonzepte der Buche aus heutiger Sicht

Autor: Schütz, Jean-Philippe

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-766149

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 16.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Behandlungskonzepte der Buche aus heutiger Sicht[1]

Von *Jean-Philippe Schütz*

Keywords: Beech; thinning; cleaning; silvicultural concepts; shade regeneration; phenotypic selection; growth stress; wood strains; wood discoloration. FDK 176.1 Fagus : 24: 81: 85

Einleitung

Die Buche ist waldbaulich gesehen ein «Allrounder», eine ausserordentlich wettbewerbsfähige und auch flexible Baumart. Sie erlaubt einen grossen Spielraum in der Behandlungsweise und kann somit in unterschiedlichen Waldbaukonzepten Platz finden. Bei kaum einer anderen Baumart gibt es derart diametral entgegengesetzte Möglichkeiten bezüglich Pflege und Erneuerung.

Die Buche ist unter mitteleuropäischen Verhältnissen der kollinen bis montanen Stufe hinsichtlich Bildung des Waldgefüges wahrscheinlich unsere wettbewerbsfähigste Baumart. In den Naturwäldern Zentraleuropas gilt sie grossräumig als die dominante Klimaxbaumart, und zwar bis hoch in die montane Stufe. Offen ist dabei die Frage, welche Eigenschaften ihr eigentlich diese Vorreiterrolle gewähren. Die Frage ist nicht in allen Punkten geklärt, weil diese Fähigkeit wahrscheinlich auf mehreren Komponenten beruht. Aus der Forschung kommen immer neue Erkenntnisse, die dafür ergänzende Erklärungsansätze liefern.

Im grossen und ganzen kann man die Herrschaft der Buche mit den drei folgenden Eigenschaften erklären:

1. Die berühmte Schattenfestigkeit erlaubt der Buche, sich unter Schirm einzustellen und sozusagen in Warteposition zu bleiben, bis die Voraussetzungen für ihr gutes Gedeihen gegeben sind. Allerdings gilt dies in

[1]Nach einem Referat, gehalten am 12. Januar 1998 im Rahmen der Montagskolloquien der Abteilung für Forstwissenschaften der ETH Zürich.

bezug auf das Gedeihen und nicht ohne Restriktion bezüglich der Form. Bei zu langer und zu stark ausgeprägter Beschattung wächst die Buche schräg (sogenannt plagiotrop), was die spätere Bildung einer dominanten wipfelschäftigen Stammachse einschränkt *(Kurth,* 1946). So zeigt *Korpeľ* (1995), dass in Buchenurwäldern die Stammqualität äusserst unterschiedlich ausfällt, vermutlich abhängig vom Erneuerungsmodus. Die Schattenfestigkeit ist einer der Gründe, warum in der Erneuerungsdynamik der Naturwälder die Buche sich selbst folgt, nach einer schirmschlagartigen langen Überlappung der Generationen. Das heisst, dass auf Buchenstandorten im Urwald die Erneuerung normalerweise ohne eine Pionierphase erfolgt *(Korpeľ,* 1995).

2. Die Buche besitzt, dank der Fähigkeit, Kurz- und Langtriebe zu bilden, eine ausserordentlich effiziente Art der Erschliessung und Besetzung des Kronenraumes. Die Langtriebe erlauben die Expansion der Krone (die Exploration nach *Thiébaut,* 1981), und die Kurztriebe, die im wesentlichen das Laub tragen, sorgen für die gute Ausnützung des inneren Kronenraumes *(Dupré et al.,* 1986; *Thiébaut et al.,* 1990). Dies ist einer der Gründe, warum die Buche im Wettbewerb um das Licht im oberen Bestandesraum sehr konkurrenzfähig ist und bei genügender Ressourcenversorgung die meisten anderen Baumarten verdrängt *(Korpeľ,* 1988). *Pardé* (1981) konnte in über hundert Jahren ertragskundlich beobachteten Versuchsflächen im Raum Nancy zeigen, dass in anfänglich gemischten Buchen-Eichen-Bestockungen ohne aktive Durchforstungen mit der Zeit praktisch alle Eichen verdrängt wurden bzw. verschwanden. Die Wettbewerbsfähigkeit der Buchenkrone ist nicht nur der Bildung neuer Triebe zuzuschreiben; eine grosse Rolle spielt auch die Blattstellung. Weil sie ihre Blätter quer zu den Sonnenstrahlen stellt, interzipiert die Buchenkrone das Licht effizient. Sie gehört diesbezüglich nach *Horn* (1971) zu den sogenannten *mono-layers* im Gegensatz etwa zu Esche oder Birke oder Vogelbeere, welche viel mehr Licht ins Bestandesinnere eindringen lassen. Die Buchenkronen sind undurchsichtiger als diejenigen von anderen Baumarten. Unter Buchenbeständen ist es folglich auch wesentlich dunkler als z. B. unter Eichenbestockungen *(Lüpke et al.,* 1997). Diese Eigenschaft der Kronenraumausnützung zeigt einerseits, dass die Buche nicht gut geeignet ist für sehr feine Mischungen. Sie ist, vom Standpunkt der Waldpflege gesehen, mehr als herdenhafte Baumart zu bezeichnen, die einer kollektiven Erziehung im Rahmen von gleichen Artgenossen bedarf. Andererseits verleiht die effiziente Kronenraumbesiedlung der Buche eine gute Reaktionsfähigkeit auf Durchforstungseingriffe *(Bouchon et al.,* 1989), auch im hohen Alter und in höheren Lagen *(Chollet et al.,* 1998).
3. Heute wissen wir, dass die Buche auch im Bodenraum eine hohe Konkurrenzfähigkeit aufweist. Sie bildet ein sehr dichtes Feinwurzelsystem und erschliesst somit den Boden effizient. Aus der Erfahrung des Mittelwald-

betriebes war schon bekannt, dass die Buche das Wachstum der Hauschicht einschränkte und auch eine grosse Konkurrenz zu den anderen Baumarten der Oberschicht darstellte *(Mathey,* 1929); und weil sie darüber hinaus sehr breite Kronen bildete, war sie nicht besonders gesucht. Sie wurde meistens gezielt zur Förderung der Brennholzproduktion eliminiert. Gute Bodenerschliessung des Feinwurzelsystems, aber auch die Fähigkeit der Wurzelexpansion, verleihen ihr eine hohe Wettbewerbsfähigkeit. Die Buche verdrängt das Wurzelsystem vieler beigemischter Baumarten, z. B. in der Beimischung mit Eiche *(Büttner* und *Leuschner,* 1994). Interessanterweise gilt dies aber nicht gegenüber allen Baumarten. Untersuchungen von Feinwurzeln in Rheinland-Pfalz *(Fölster et al.,* 1991) zeigen, dass in Beimischung mit der Fichte die feinen Buchenwurzeln in tiefere Horizonte ausweichen. Damit erklärt sich die bessere Volumenleistung der Fichte in Mischbeständen mit der Buche, weil in tieferen Horizonten die Nährstoffverfügbarkeit weniger günstig ist als in den obersten. In der Tat: In der Beimischung Buche mit Fichte profitiert bezüglich Holzproduktion die Fichte (+15%) zu Lasten der Buche *(Flury,* 1930; *Burger,* 1941; *Wiedemann,* 1942; *Kennel,* 1965; *Drescher,* 1965). Die Tendenz der Buchenwurzeln, denjenigen der Fichten auszuweichen, wurde in der Schweiz im Rahmen der Waldschadenforschung an Feinwurzelbeobachtungen in Fichten/Buchen-Altbestockungen an der Versuchsfläche Lägern nachgewiesen *(Niederer,* 1991) und in Zusammenhang mit Mykorrhizierung erklärt.

Die Schwächen der Buche

Die erwähnten ausserordentlich günstigen Eigenschaften genügen, um die herrschende Rolle der Buche in der Waldsukzession zu begründen. Dies gilt aber nur, wenn die Buche genügende Ressourcen in bezug auf Wasser, Wärme und vielleicht auch Nährstoffversorgung findet. Die Buche ist viel mehr als andere Baumarten auf mittlere Standortbedingungen angewiesen. Sie besitzt klare Grenzen hinsichtlich Trockenheit wie auch Nässe *(Klötzli,* 1983). Sobald die Wasserversorgung nachlässt, werden auch ihre Leistungen deutlich zurückgehen. Noch mehr begrenzend für ihr Vorkommen ist der Wasserüberschuss. Die Buche erträgt praktisch keine Überschwemmung oder stagnierende Nässe. Zuletzt gelten die Fröste als Einschränkung für das Vorkommen der Buche. Sie sind z.B. dafür verantwortlich, dass die Buche im mittleren Wallis nicht mehr vorkommt.

Als weitere Schwäche sind Erscheinungen in Zusammenhang mit der dünnen Rinde der Buche zu erwähnen. Sie ist zuerst einmal besonders verletzungsempfindlich. Mit dem Älterwerden hat die Rinde die Tendenz, sich sklerotisch zu entwickeln; es bilden sich kleine Risse, welche Eintrittspforten

für ungünstige Veränderungen im Holzkörper sind: Oxydationen (Verfärbungen, T-Krankheit), Eintritt von Pathogenen wie Weissfäulen oder Erreger von Schleimfluss. Weil das Holz insbesondere wegen der ausgeprägten Markstrahlen schlecht widerstandsfähig ist, führt dies zur relativ kurzen natürlichen Lebensdauer der Buche. Von unseren Klimaxbaumarten Fichte, Tanne, Eiche und Buche ist die Buche im Naturwald mit 230 bis 250 Jahren durchschnittlichen Lebensalters die kurzlebigste Baumart *(Korpeľ,* 1995). Die Diskrepanz zwischen waldbaulichen Produktionszeiträumen und natürlichen Generationszyklen ist in diesem Falle relativ klein (140./.240, oder in einem Verhältnis von 1,7) im Vergleich zu langlebigen Baumarten wie Tanne oder Arve, wo das Verhältnis 1:4 steht.

Waldbauliche Eigenschaften im Naturwald

Die ausserordentlichen Eigenschaften der Buche, den Raum zu erobern und zu erschliessen, befähigen sie dazu, mittlere Öffnungen des Kronendaches relativ rasch zu schliessen. Die Buche besitzt somit natürlicherweise eine hohe Tendenz, das Kronendach zu schliessen. Dies führt zu hoher Biomassenakku-

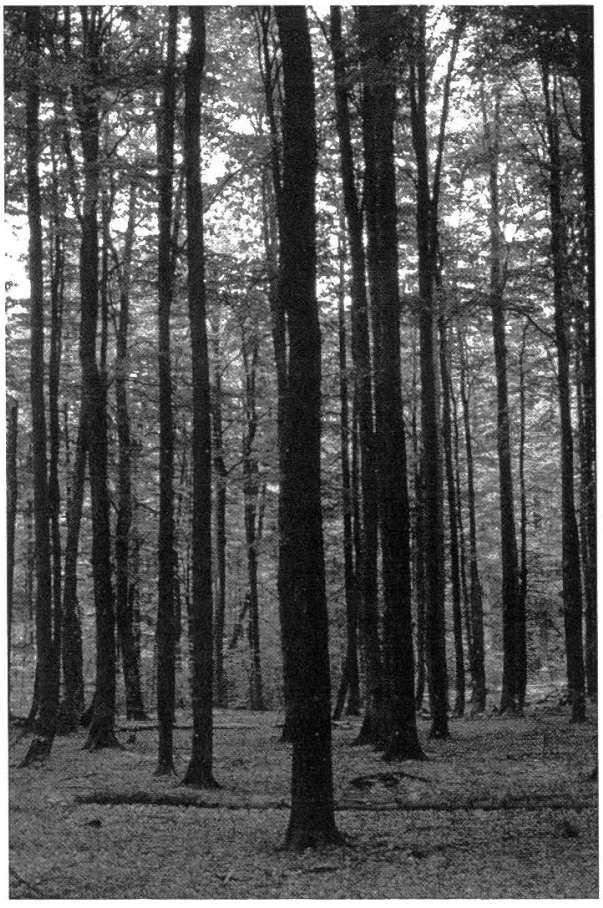

Abbildung 1. Typische gleichförmige Bestandesstruktur, wie sie auf grösseren Flächen in reinen Buchenurwäldern vorkommt. Buchenurwald der Quellen der Nera bei Mt. Semenic, Rumänien (Banat, Forstdirektion Reşita) Höhenlage etwa 1300 m ü. M. (Foto: J.-Fr. Matter)

mulation. Im Urwald bildet sie während langen Phasen ihres sylvigenesischen Zyklus relativ gleichförmige, zumindest geschlossene Bestandesstrukturen. *Korpeľ* (1995) zeigt, dass in Buchenurwäldern während der ganzen Generationsentwicklung der Vorrat nie unter 400 m^3/ha Holz sinkt. Eine Zeitlang wurde sogar der Archetypus von Hallenbestand als formtypisches Merkmal den Buchen-Naturwäldern zugeschrieben. Heute ist dies zwar etwas umstritten *(Korpeľ,* 1982a, 1982b), weil die Buche als kurzlebige Baumart verhältnismässig kurze Zeit ihres natürlichen Lebenszyklus in der obersten Bestandesschicht verbringt, was zu einer mehr oder weniger regen Erneuerungdynamik führt. Um die Sukzessionsdynamik in Buchenurwäldern richtig zu verstehen, sollen diese anscheinend entgegenwirkenden Eigenschaften der Kurzlebigkeit und des guten Kronenschlusses zusammengebracht werden. Wie dem auch sei, man beobachtet bei Buchenurwäldern in der Erneuerungsphase ein kleinflächiges Erneuerungsmuster, gekennzeichnet durch gruppen- bis horstweise Verjüngunskollektive, und zwar in Kombination mit langen Überschirmungen der Generationen *(Korpeľ,* 1982a, 1982b). Wegen des guten Kronenschlusses einerseits und der Biomassenakkumulation andererseits bleiben die flächenbezogenen Vorräte trotz Schwankungen in der Zerfallsphase relativ hoch. Somit ist verständlich, warum die Plenterform praktisch nie vorkommt *(Reh,* 1993) bzw. nicht möglich ist *(Schütz,* 1997). Demgegenüber kommen während verhältnismässig langen Phasen des ontogenesischen Zyklus horizontal geschlossene Strukturen vor (siehe *Abbildung 1).*

Plenterung

Lange Zeit haben Waldbauer fest geglaubt, dass die Buche unfähig sei, in reinen Bestockungen ungleichförmige Bestandesformen zu bilden, geschweige denn echte Plenterwälder. In kleinen Beimischungsanteilen gehört selbstverständlich die Buche zum klassischen Plenterwald, weil sich diese Betriebsform vorzugsweise auf Standorten der Tannen-Buchen-Mischwälder bildet. Im Plenterwald klassischer Ausprägung kommt aber die Buche bestenfalls als dienende Baumart vor. Viele Kenner der Plenterung sind der Auffassung, dass, wenn sie 10 bis 15% Vorratsanteile überschreitet, dies auf die Dauer die Erhaltung der Plenterstruktur stört *(Borel,* 1933; *Schaeffer,* 1920; *Schütz,* 1992, 1997). Weil die Buche auf Vereinzelung mit der Bildung von Klebästen reagiert, kann sie nicht für hohe Wertleistung sorgen. Darüber hinaus dehnt die Buche ihre Krone im Plentergefüge in die Breite. Sie weist eine ungünstige Raumausnützung auf. *Badoux* (1949) konnte in schweizerischen Plenterversuchsflächen zeigen, dass die Buche drei- bis viermal mehr Platz beansprucht als Fichte oder Tanne für die gleiche Wuchsleistung. In der Wertleistung ist das Verhältnis noch ungünstiger im Bereich von 10% (siehe *Abbildung 2).*

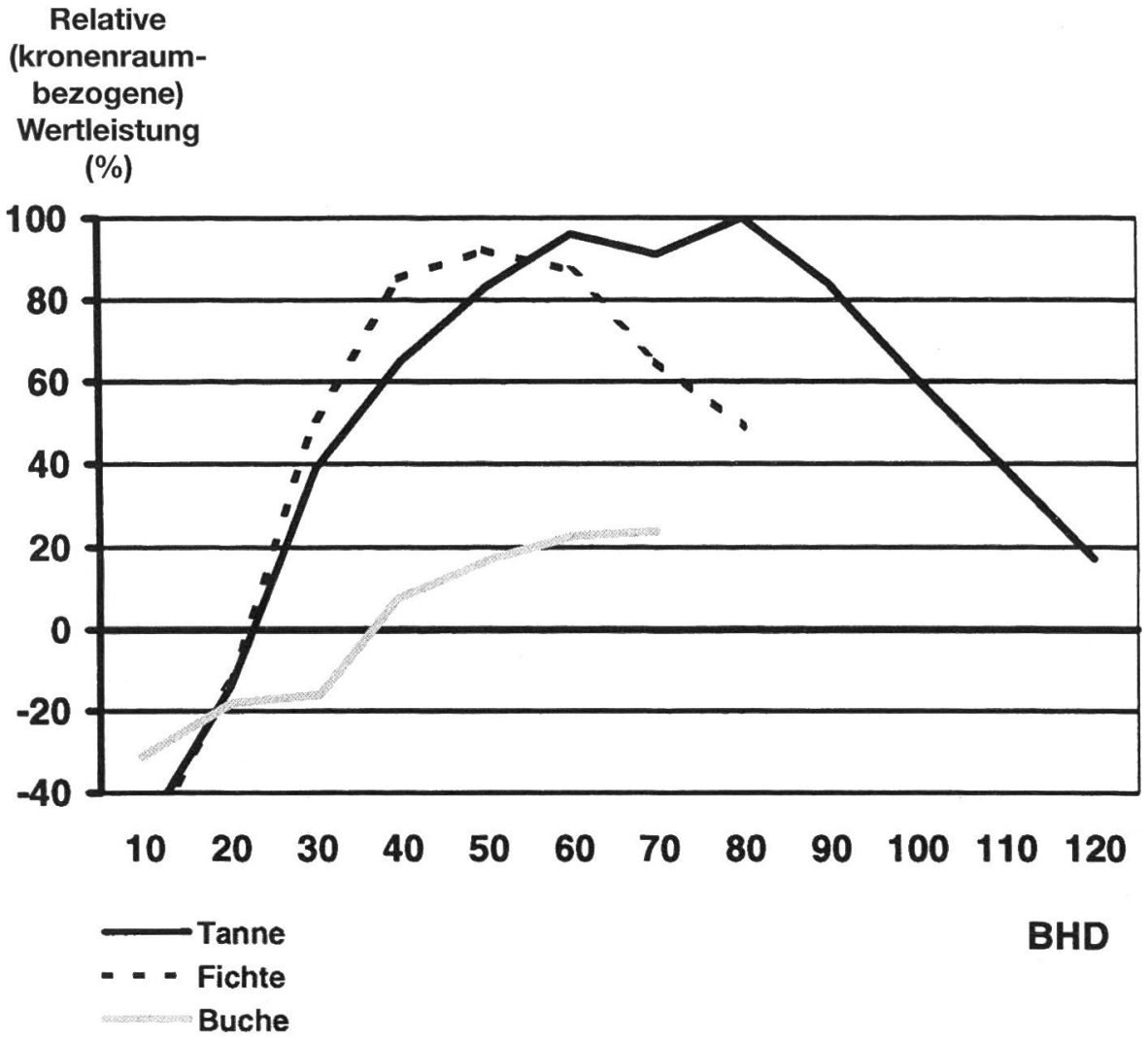

Abbildung 2. Relative Kronenraumausnützung der Buche im Plenterwald bezüglich Wertleistung. Kronenraumbezogener laufender Wertzuwachs von Fichten, Tannen und Buchen unterschiedlicher BHD in der Plenterversuchsfläche Schallenberg-Rauchgrat (Emmental). Zuwachsangaben nach den Originaldaten von *Badoux* (1949) umgerechnet auf die heutige Wertleistung, Werttarif 1995 der Professur für Waldbau der ETH Zürich. Siehe auch *Flury* (1917).

Das Klischee der Unfähigkeit der Buchen für die Plenterform konnte nach der Öffnung der Grenzen in Osteuropa begraben werden. Um das Thüringer Becken existieren auf einigen tausend ha lebensfähige, betriebsbildende Buchenplenterwälder. Diese Form ist allerdings praktisch nur dort anzutreffen. Dank besonderer Umstände historischer, standörtlicher und besitzstruktureller Art sowie aus Gründen der Tradition wurde sie möglich. Die Buchenplenterwälder entstanden aus einer aus dem Mittelwaldbetrieb hergeleiteten Bestandesform, welche den Interessen einer gemeinschaftlichen Nutzung in korporativem Besitz gut entsprach *(Dittmar,* 1990). Die Plenterform bei reinen Buchenwäldern ist wegen der bereits erwähnten natürlichen Tendenz des Ver-

schlusses des Kronenraumes waldbaulich nicht sehr einfach zu erhalten (geschweige zu schaffen). Steigt der Vorrat über eine Grösse von 220 m^3/ha, kann der Nachwuchs von unten nicht mehr in genügender Menge gewährleistet werden. Ab 300 m^3/ha ist das Wachstum der Nachwuchsbäume sogar praktisch gestoppt *(Schütz,* 1997). Somit geht die Plenterstruktur mittelfristig verloren. Die Präsenz dieser Buchenplenterwälder zeigt aber, dass mit einer Baumart, welche eher für die Gleichförmigkeit geeignet ist, auch andere Formen mit entsprechenden waldbaulichen Lenkungsmassnahmen erreichbar sind. Schwierig erweist sich in der ungleichförmigen Struktur die Tatsache, dass vereinzelte Buchen mit der Bildung einer sekundären Krone aus Klebästen reagieren, insbesondere im Stammbereich *(Schütz,* 1992). Allenfalls wird auch die formmässig ungünstige Eigenschaft der Verzwieselung besonders für dazu neigende Individuen ausgeprägt.

Das Beispiel der Buchenplenterwälder zeugt von der grossen Flexibilität der Baumart Buche. Interessant ist, dass dank guter Baumdimensionsstruktur die bei Fichten-Tannen-Plenterwald bekanntermassen gute Produktionsökonomie *(Schütz,* 1985; *Hanewinkel,* 1998; *Knoke,* 1998) auch im Fall der Buchenplenterwälder zum Ausdruck kommt. Ökonomische Kalkulationen zeigen, dass das Plentermodell eine sehr günstige Produktionsökonomie aufweist, im Bereich von 2,5mal mehr als Hochwaldmodelle *(Schütz,* 1997). Dies lässt sich mit dem guten Massen-Stück-Verhältnis und der Konzentration der Produktion auf Starkhölzer erklären. Eine Rolle dabei spielt auch der minimale Anteil an Schwachhölzern der Plenterstruktur und somit die kostengünstige Pflege in schwachen Dimensionen.

Produktionsziele

Die Buche ist eine Baumart, die sowohl für eine Massenproduktion als auch zur Lieferung von Holzprodukten mit hoher Wertschöpfung geeignet ist. Heute besteht kein Zweifel mehr, dass die Buche eine ausgezeichnete Holzart mit interessanten Möglichkeiten der Wertschöpfung ist. Es lohnt sich bei der Buche mehr denn je das Ziel, Qualitätsholz auf den Markt zu bringen, weil die Gunst der Mode bei Furnierholz momentan eindeutig die Farbe und die Struktur von Buchenholz bevorzugt. Allerdings darf nicht vergessen werden, dass bei Laubholzproduktion im allgemeinen und speziell bei der Buche durchschnittlich weniger als 40% der Produktion auf Stammholzsortimente entfällt *(Statistisches Jahrbuch,* 1997). Das heisst, dass die Produktion von Buchenholz naturgemäss einen hohen Anteil an Koppelprodukten im Bereich des Industrie- und Energieholzes liefert. Weil diese Sortimente heute praktisch nicht mehr kostendeckend genutzt werden können, lohnt es sich, wertvermehrende Massnahmen, d. h. einen pflegeintensiven Waldbau nur dann anzustreben, wenn ein genügend hoher Anteil an guten Sortimenten erzeugt

werden kann (eine sogenannte hohe Wertschöpfung) bzw. wenn sinnvolle Verwendungen für die Koppelprodukte zu angemessenen Preisen gefunden werden. Bei der Festlegung der Produktionsziele und Waldbaukonzepte muss man heute diese sehr unterschiedlichen Komponenten gebührend berücksichtigen. In der Tat gilt bezüglich Verhältnis zwischen Produktionskosten und Wertschöpfung für die Massenproduktion das Prinzip einer Minimierung der Produktionskosten; hingegen ist für Qualitätsholz mit hoher Wertschöpfung eine nach Kosten-Nutzen (d. h. Kosten-Wertvermehrung) optimierte Pflege anzustreben. Beide Produktionsformen lassen sich, sogar im gleichen Bestand, kombinieren. Heute werden Konzepte erwogen, die vom Gedanken der bestandesweisen gleichen Produktion wegkommen, hin zum Konzept der Mischproduktion und der baumweisen Betrachtung *(Schütz,* 1997). Im gleichen Bestand ist es denkbar, die diametral entgegengesetzten Produktionsgrundsätze der Massen- und der hohen Wertschöpfung zu kombinieren, indem man nur diejenigen Elemente bevorzugt, die dazu geeignet sind, d. h. bei denen ein hohes Wertvermehrungspotential besteht, und nur diese Bäume intensiv durch Förderungsmassnahmen pflegt. Zwischendurch besteht ein Puffer aus Bäumen, dem ohne weiteres eine Massenproduktion zugewiesen werden kann mit möglichst minimalsten Produktionskosten. Ideal ist es, wenn diese Kombination sozusagen automatisch erfolgt und sich gegenseitig günstig ergänzt.

Bei der Buche spielt die Jahrringbreite holztechnologisch keine so entscheidende Rolle wie bei anderen Baumarten *(Ferrand,* 1982). Allerdings hat die Dimensionserzeugung, d. h. das Erreichen eines angemessenen Enddurchmessers nach wie vor eine massgebliche Bedeutung. Darüber hinaus spielen andere wertbestimmende Faktoren wie die Nutzholzlänge eine wichtige Rolle *(Bachmann,* 1990). Bei der Buche stehen einige wichtige Qualitätsmerkmale offensichtlich in Zusammenhang mit Alterungsproblemen. Das gilt z. B. für die unerwünschten Holzspannungen und gewissermassen auch für die Farbverkernung (siehe Beiträge v. Büren und Höwecke in diesem Heft). Kurz, wir haben Interesse mit der Förderung der ausgezeichneten technologischen Eigenschaften einen guten *Kompromiss zu finden zwischen der Erzeugung von jungen und möglichst genügend dicken Buchen.* Ob sich dies mit frühen oder verspäteten Durchforstungseingriffen realisieren lässt, wollen wir weiter unten diskutieren.

Bezüglich Astigkeit ist folgendes zu überlegen: Weil bei der Buche die natürliche Astreinigung gut funktioniert, spielt die Astigkeit für die Produktionskonzepte eine weniger entscheidende Rolle als bei Totasterhaltern wie Fichte, Tanne u.a. In der Regel dürfte die künstliche Wertastung bei dieser Baumart kaum notwendig sein *(Winterfeld,* 1955), vorausgesetzt dass eine genügende kollektive Erziehung bzw. Umpackung der Qualitätsträger gegeben ist. Individualisierung des Wachstums *(Schütz,* 1992) wie starke Kronenunterbrüche *(Zimmerle,* 1944) führen bei der Buche zur Bildung von langfristig unerwünschten Klebästen, allenfalls zu Sonnenbrandschäden und teilweise zur Förderung schlechter Stammformen *(Dittmar,* 1991).

Darüber hinaus lässt es sich für die Zukunft überlegen, ob für die Verarbeitung guten Buchenholzes nach wie vor astfreies, kreisrundes, geradfaseriges Holz gesucht wird oder ob neue Verarbeitungstechnologien, wie das Schälen zur Herstellung von Furnierschichthölzern oder andere Formen der rekonstituierten Holzprodukte (z. B. faserorientierte Platten), sich durchsetzen werden. Für die Produktion von Furnierschichthölzern aus Buche bedarf es nicht notwendigerweise astfreien Holzes, sondern es können durchaus Furnierschichtplatten aus mittelguter Ware sein (Gehri, mündliche Mitteilung). Die Nachteile der hohen Schwindung des Buchenholzes liessen sich mit den letzterwähnten Methoden zumindest kontrollieren. Sollte sich diese Tendenz durchsetzen, ergäben sich bezüglich der waldbaulichen Behandlung konsequenterweise Konzepte mit möglichst geringer Lenkung durch Waldbaumassnahmen, also durchforstungsarme (oder durchforstungslose) Produktionsmodelle. In Wirklichkeit sind solche neue Verarbeitungstechniken mehr als Chance denn als Konkurrenz zu werten, weil sie eine gute Ergänzung der Palette der Erzeugnisse im Sinne der oben erwähnten gemischten Produktion darstellen.

Zukunft der Durchforstung

Welche Bedeutung soll die Durchforstung zukünftig haben? Auch hier steht man vor einem Dilemma. Einerseits beginnen wir zu ahnen, dass sich ohne Durchforstung genügende Individuen natürlich durchsetzen, wie *Pardé* schon 1981 zeigen konnte, andererseits bestehen offensichtlich klare Zusammenhänge zwischen engen Kronen und unerwünschten Holzspannungen *(Lenz et al.,* 1959; *Polge,* 1973, 1980, 1981; *Keller et al.,* 1976; *Ferrand,* 1982) bzw. zwischen hohem Alter und Rotkernbildung.

Eine möglichst naturopportunistische, d. h. durch Selbstentwicklung gesteuerte Produktion, scheint biologisch gesehen ohne grosse waldbauliche Lenkungen realisierbar. *Pardé* (1981) hat in Versuchsflächen in Frankreich, die 100 Jahre beobachtet wurden, gezeigt, dass sich in schwach durchforsteten Versuchsflächen der Buche eine gute Selbstdifferenzierung ergibt und dass die 100 stärksten Bäume praktisch die gleichen Dimensionen erreichen wie in unterschiedlich stark durchforsteten Vergleichsflächen. Zu ähnlichen Ergebnissen führen die bayerischen Beobachtungen aus ertragskundlichen, langfristigen Versuchsflächen. Nach *Utschig* (1997) wird der Durchmesserzuwachs der Oberhöhenbäume (die 100 stärksten pro ha) durch die Eingriffsstärke nur geringfügig beeinflusst. Es sieht also so aus, dass in Buchenbestockungen eine genügende Anzahl von Bäumen (rund 100/ha) mit natürlicher (oder angeborener) hoher Vitalität und Wettbewerbsfähigkeit sich in der Bestockung ohne Hilfe von Durchforstungseingriffen selbst durchsetzen. Jedoch ist die Wertvermehrung dahin, auch wenn sich ohne Durchforstung am Schluss eine genü-

gende Anzahl von vitalen Bäumen durchsetzen, die aber Holzspannungen und Farbkern aufweisen. Aus diesen Gründen werden heute in Frankreich Behandlungsvorstellungen der Buchenbestandeserziehung in ähnlichen Bestockungsdichten wie in früheren Mittelwäldern, d. h. mit Endstammzahl von 70 bis 90 Bäumen/ha und Umtrieben von 90 bis 120 Jahren *(Bastien,* 1997) diskutiert. Dies lässt sich aber nur mit sehr kraftvollen und wiederholten frühzeitigen Durchforstungen erreichen. Der Nachteil solcher Lösungen liegt in der Intensität der dafür notwendigen waldbaulichen Steuerungsmassnahmen und insbesondere in den für die Jungwaldpflege entsprechend hohen Kosten.

Darüber hinaus führt das extrem starke Durchforsten zwangsläufig zu Einschränkungen der gesamten Wuchsleistung an Holz und allenfalls zur ungünstigen Beeinflussung gewisser qualitätsbestimmender Faktoren (z. B. durch Klebastbildung oder Förderung der Zwiesel). Für moderne Produktionskonzepte sollten diese offenbar gegensätzlichen Kräfte genügend betrachtet bzw. abgestimmt werden. Darüber hinaus scheint es nicht nachgewiesen, dass nur extrem grosskronige Buchen bezüglich Holzspannungen den Anforderungen an hohem Wert genügen. Ein klarer Zusammenhang zwischen Kronendimensionen und Holzspannungen wurde zwar von *Polge* (1973, 1980, 1981) und *Ferrand* (1982) festgestellt, obwohl diese Autoren auch andere Faktoren wie Standort und Genetik bei der Bildung von Spannungen vermuten bzw. ausweisen. Dabei muss beachtet werden, dass nicht nur die Spannungen selber entscheidend sind, sondern ihre Wirkung auf die Holzprodukte, d.h. auf die Bildung von Stammrissen bzw. das Aufreissen der Rundhölzer. *Lenz et al.* (1959) konnten in einer schweizerischen Studie über das Aufreissen von Buchenklötzen die These des positiven Einflusses der Kronengrösse nicht bestätigen. Weil darüber hinaus allzu grosskronige Buchen den Raum schlecht ausnützen, heisst das Ziel der Bestandespflege, einen Kompromiss zwischen Raumausnützung und Voraussetzungen für die Holzstruktureigenschaften zu suchen. Dies bedeutet, dass sich die Lösung wahrscheinlich auf einem mittleren Weg befindet.

Auf der andere Seite ist der positive Einfluss von wiederholten Durchforstungen auf die Durchmesserentwicklung mehrmals gezeigt und zumindest im Durchschnitt aller Bäume eines Bestandes verschiedentlich ausgewiesen. *Bouchon et al.* (1989) zeigen die sehr enge Korrelation zwischen Befreiungsgrad der Buchen-Auslesebäume und Förderung ihres Durchmesserzuwachses, und zwar in einem sehr breiten Altersbereich. *Chollet et al.* (1998) weisen sogar darauf hin, dass die Reaktion auf Durchforstung umso besser ist, je dichter der Bestand zuvor gehalten wurde, und dies bis zu recht hohen Höhenlagen (1400 bis 1500 m ü. M). Auch ist der Lichtungszuwachs der Buche schon seit längerer Zeit allgemein anerkannt, weil eine der Standraumreduzierung gegenüber überproportionale flächenbezogene Wuchsreaktion erfolgt *(Freist,* 1962; *Noisette,* 1928).

Hier entstehen anscheinende Widersprüche, die es sorgfältig zu analysieren bzw. sachlich anzugehen gilt. Durch Extrapolation der dänischen Durch-

forstungsergebnisse (Totterup) im Wald von Bregentved *(Bryndum,* 1980, 1987) lässt sich die Verkürzung des Produktionszeitraumes infolge der Durchforstungstätigkeit abschätzen. Diese Buchendurchforstungsversuche, die von der Bestandesbegründung bis ins Alter von 70 Jahren beobachtet wurden, sind insofern aufschlussreich, als sie eine sehr breite Palette der Behandlungen und sehr grosse Variation der Eingriffsstärken ausweisen (mit äusserst grosser Variation der Bestockungsdichten von 100% mittlerer Grundflächenhaltung [mGH] bei der Null-Variante bis mGH von 25% im Falle der sehr starken Lichtung). Die Unterschiede im Produktionszeitraum, d. h. bezogen auf das Erreichen einer Enddimension von 60 cm für die 100 stärksten Bäume, machen 40 Jahre zwischen den schwach durchforsteten Varianten und extrem starker Lichtung aus, bzw. 25 Jahre zwischen schwach durchforsteten Varianten und starken Durchforstungen (mittlere Grundflächenhaltung von 42% der maximal möglichen). Mit entsprechend starken, aber waldbaulich noch vertretbaren Durchforstungen (z. B. Durchforstungsstärke D nach der klassischen Bezeichnung in der Ertragskunde) lassen sich die Endnutzungsdimensionen von 60 cm BHD in 80 Jahren erzeugen. Es darf aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass sich im Versuch Totterup solch starke Resultate nur nach vielen (alle drei und sogar zwei Jahre wiederholten) Eingriffen erreichen liessen. Dies sind heute aus Gründen der hohen Kosten nicht mehr für die Praxis empfohlene Waldbauverfahren, zumindest in der Jungwaldphase.

Für die ganze Abstimmung zwischen Wuchsförderung einerseits, Kosten und Wertschöpfung andererseits, ist eine ausführliche Analyse der qualitätsbildenden Faktoren notwendig.

Qualitätsrelevante Faktoren

Um die Produktionskonzepte beurteilen zu können, müssen die qualitätsbildenden Faktoren näher analysiert werden, und zwar unter Berücksichtigung ihrer Beeinflussung durch die waldbauliche Behandlung. Wir können grundsätzlich zwei Kategorien von Wertfaktoren unterscheiden:

a) holzanatomisch-holztechnologische Kriterien wie Holzspannungen und Farbkern, allenfalls Drehwuchs,
b) sylvologische Merkmale der Stammform. Es geht hier im wesentlichen um die Fähigkeit, durchgehende (lange) Schäfte zu bilden (Wipfelschäftigkeit).

Von den holzanatomischen Faktoren gehören die Holzspannungen wahrscheinlich zu den schwerwiegendsten Fehlern mit den grössten ökonomischen Konsequenzen. Farbkernbildung ist für die Praxis die offensichtlichste und weitverbreitetste Erscheinung. Sie ist aber im Grunde nicht als echten Fehler anzusehen, weil es zu keinen Veränderungen der Holzeigenschaften führt *(von Büren,* 1997). Sie bringt wohl Deklassierungen und entsprechende Ertrags-

verminderungen. Ihre Bedeutung muss aber relativiert werden. Nach *Höwecke* und *Mahler* (1991) lässt sich eine gesamte (d. h. auf die Bestandesproduktion bezogene) Ertragsverminderung infolge Rotkern erst ab BDH von 70 cm nachweisen, weil unter dieser Grenze der Zuwachs von weissem Holz die Zunahme durch Verfärbung noch zu kompensieren vermag. Für die Zukunft ist auch offen, ob Rotholz von Buche für unterschiedliche, neue, wertvolle Anwendungen nicht gebraucht werden könnte.

Für Produktionskonzepte spielt die Vermeidung der Holzspannungen folgerichtig eine entsprechend massgebende Rolle. Wie schon erwähnt, haben seit den 70er Jahren französische Holzforscher wie *Polge* (1973, 1980, 1981) und *Ferrand* (1982) schon den direkten Zusammenhang zwischen hoher Bestockungsdichte und Vorkommen von Spannungen im Holz gezeigt. In wenig durchforsteten Buchenaltbeständen mit kurzen, eingeklemmten Kronen ist der Anteil an Holz mit Spannungen deutlich grösser als in durchforsteten Beständen. Bezüglich Rotkernbildung bestehen widersprüchliche Aussagen. Praktische Beobachtungen, dass im Mittelwaldbetrieb erzogene grosse Buchen auch völlig weiss bleiben, widersprechen anderen Feststellungen, dass Mittelwaldbuchen besonders häufig verfärbt sind *(Becker et al.,* 1989; *Höwecke* und *Mahler,* 1991). Um diese für die Festlegung von unseren Durchforstungsstrategien entscheidende Frage zu beantworten, müssen wir das Phänomen der Rotkernbildung etwas differenzierter analysieren. Wenn man weiss, dass Rotkern sowohl vom Wurzelsystem stammaufwärts (sogenannter Nasskern oder abnorme Kerne nach *Seeling,* 1992) vordringen kann als auch von Astbrüchen ausgehend in der umgekehrten Richtung (sogenannter trockener Rotkern nach *von Büren,* 1997), ist der Schluss zumindest für den Trockenrotkern naheliegend, dass zu mächtig entwickelte Kronen zu grösseren Astbruchrisiken und somit zu vermehrtem Farbkern führen können. Die Ergebnisse der breit ausgelegten Untersuchungen von Susanne von Büren bestätigen den Einfluss der waldbaulichen Behandlung auf die Verminderung des Rotkerns, indem gut bekronte Buchen tendenziell weniger Rotkern aufweisen. Die Ausprägung dieses Faktors ist aber eher schwach und wird von vielen anderen Faktoren überlagert. Sie zeigen auch, dass die Schaftform einen mitwirkenden Einfluss ausübt, indem wipfelschäftige Buchen signifikant weniger Rotkern aufweisen als Zwieselschäftige. Alles in allem bleibt vordergründig festzuhalten, dass der Hauptfaktor für die Verkernung in der Alterung bzw. den starken Dimensionen zu suchen ist. Für Produktionskonzepte heisst es folgerichtig: Durchforstung ja, aber nicht allzu stark, insbesondere bei ohnehin von Natur aus vitalen und herrschenden Kandidaten, und nicht notwendigerweise früh. Ausserdem soll sie nicht Individuen mit allzu stark ausladenden Kronen sowie zwieselschäftige Typen fördern.

Darüber hinaus zeigt die ganze ertragskundliche Forschung, dass bezüglich Ertragsbildung der Kompromiss zwischen Massen-Stück und Dimensions- bzw. Qualitätsförderung gesucht werden muss. Das Vorhandensein von vielen Bäumen in einem Bestand führt zu einer grösseren Produktion, mindestens

massenmässig, als wenn eher wenige vorhanden sind. Das ist die ewige Abstimmung zwischen Eichhornschen oder Schädelinschen Vorstellungen, nämlich die Wahl zwischen den möglichst vielen oder den wenigen guten. Das heute anzustrebende Konzept der gemischten Produktion geht dahin, beide antagonistischen Vorstellungen zu verbinden.

Erkenntnisse, ob starke oder sogar hyperstarke Durchforstungseingriffe langfristig positive oder negative Wirkungen haben, können wir aus mehreren teilweise schon im 19. Jahrhundert begonnenen und mittlerweilen bis auf die Endnutzung gut dokumentierten Versuchen unter dem Begriff des Seebacher-Lichtungsbetriebes gewinnen. Beim Seebachschen Lichtungsbetrieb (nach dem Namen des gleichnamigen Hannoverschen Forstmeisters) ging es darum, in bisher eher schwach durchforsteten Buchenbestockungen im Alter 60 bis 80 Jahren einmalige hyperstarke Lichtungseingriffe (Entnahmen bis 60% der Grundfläche) zur Förderung des sogenannten Lichtungszuwachses zu verwirklichen. *Dittmar* (1991) berichtet über die Produktionsergebnisse im Alter von 140 bis 150 solcher Versuche im Vergleich zu konventionell geführten, d. h. hochdurchforsteten Buchenbeständen. Er zeigt, dass trotz der günstigen Wirkung auf die mittleren Durchmesser (+22 bis 28%) die Endnutzung in Seebacherflächen doppelt so viel Schichtholz und 16% mehr Holz aus minderwertigen Stammholzklassen (C und D nach deutscher Sortierung, d. h. n/f und f nach schweizerischen Holzhandelsusanzen) aufweist als in den Vergleichsflächen. Dies kommt daher, weil die hyperstarken Eingriffe mit der Förderung der Zwiesel und Tiefzwiesel einen eher negativen Einfluss auf die Stammform hatten. *Zimmerle* (1944) berichtet für die württembergischen Seebacherversuchsflächen, dass in gewissen Fällen die starken Lichtungseingriffe zur unerwünschten Bildung von Klebästen führten. Immerhin lässt der Anteil an Furnierholz der Endnutzung in den Versuchsflächen von Dittmar von 35% in den Seebacherflächen (gegenüber 43% bei der Hochdurchforstung) erkennen, dass die ursprünglich befürchteten Minderleistungen des Seebachschen Betriebes sich bis zur Endnutzung in Grenzen hielten, weil die nach dem Eingriff völlig aufgelösten Bestockungen nach 30 bis 40 Jahren schon den Kronenschluss erstellt hatten. Die Seebacherversuche (eine Stimmungsbild solche Bestände vermittelt *Abbildung 3)* zeigen aber unmissverständlich das enorme Reaktionspotential der Buchenbestockungen auf zum Teil extremen waldbaulichen Eingriffen.

Die zweite Gruppe wertbildender Faktoren ist wahrscheinlich weniger offensichtlich. Weil diese aber von der waldbaulichen Behandlung klarer beeinflussbar sind als die anderen, können sie eine relevante Bedeutung für die Behandlungskonzepte haben. Unter diesen sylvologischen Merkmalen ist primär die Bildung langschäftiger Bäume zu verstehen. Geht man davon aus, dass bei Laubbäumen im allgemeinen und der Buche im speziellen der Anteil an Nicht-Stammholz bedeutsam ist, dürfte der Schluss naheliegend sein, dass möglichst langschäftige Buchen anzustreben sind. Bei ausgewachsenen

Abbildung 3. Bestandesbild eines 170jährigen Buchenbestandes aus dem Seebacher Lichtungsbetrieb (Versuchsfläche Harzgerode 197). Bild G. Lück (1993), freundlicherweise vermittelt von Prof. K.W. Lockow, forstliche Versuchsanstalt Eberswalde.

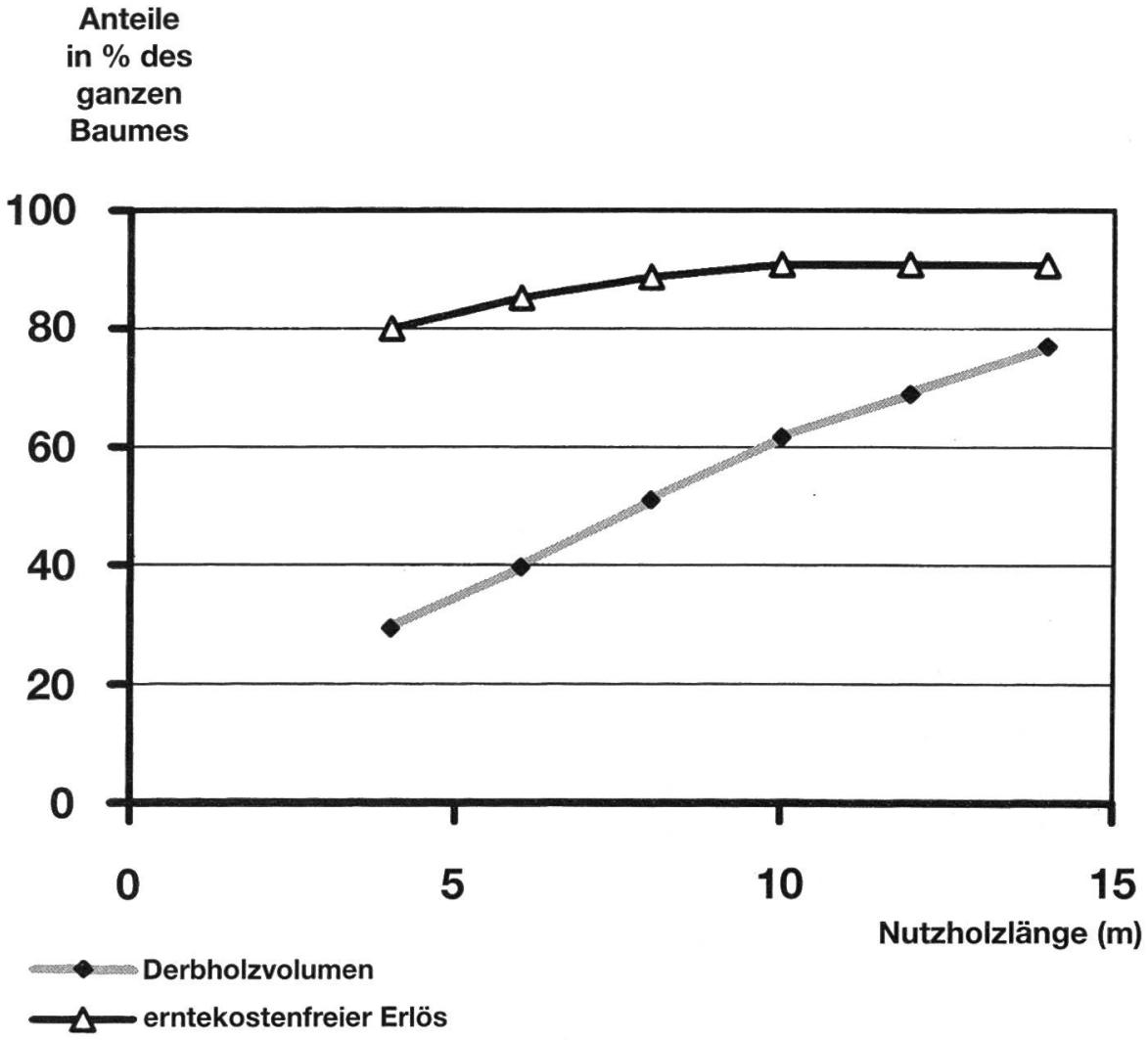

Abbildung 4. Bedeutung der Nutzholzlänge bei Erntedimension (BHD 50) im Verhältnis zum Volumen- bzw. Wertertrag bei einer Modellbuche. Volumen bzw. erntekostenfreier Erlös des Erdstückes unterschiedlicher Länge im Verhältnis zu den entsprechenden Ergebnissen des ganzen Baumes. Modellkalkulation mit dem Werttarif 1995 der Professur für Waldbau der ETH Zürich.

Buchen (mit z. B. BDH 50 cm) liegt bis 90% des Wertes im Stammholzabschnitt. Die Zunahme der Stammholzlänge um zwei Meter führt zu einer Steigerung des Nutzholzanteils (volumenmässig) um rund 10%. Strebt man an, Buchen zu produzieren, mit 10 oder sogar 12 m Stammholzlänge statt z. B. 7 m, verbessert sich der Nutzholzanteil von 40% auf 55 bzw. 63% (siehe *Abbildung 4).* Wertmässig dürfte dies eine Steigerung von 65 % auf 85 bzw. 90% der Nettoerlöse aus dem Holzverkauf darstellen. Daraus ist abzuleiten, dass es sich lohnt, die Eigenschaften zur Bildung genügend hoher Nutzholzlängen gebührend zu betrachten.

Weil die Buche eine gute natürliche Astreinigung aufweist *(Butin* und *Kowalski,* 1983), sind zur Förderung der Wertleistung primär solche Bäume

auszulesen, welche eine ausgeprägte gute axiale Dominanz (durchgehende, unverzwieselte, kurzum wipfelschäftige Schaftachse) besitzen. Es wurde weiter oben schon darauf hingewiesen, dass die Verzweigungsform «wipfelschäftig» darüber hinaus nachweislich auf die Farbverkernung günstig wirkt *(von Büren,* 1997). Die dadurch erzielte Wertvermehrung durch phänotypische Auslese dürfte entscheidend sein. Moderne Behandlungskonzepte nach hoher

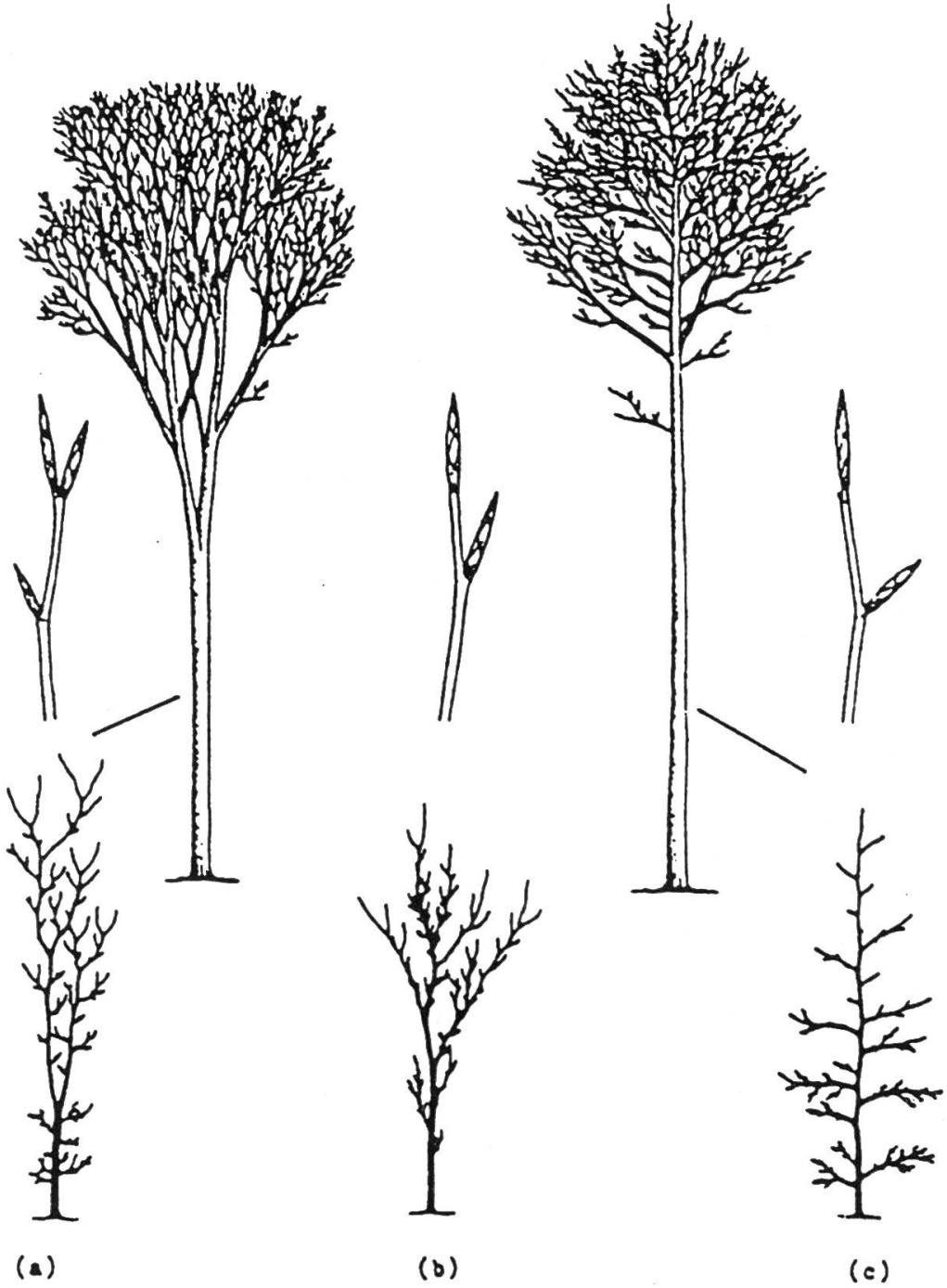

Abbildung 5. Die zwei Grundformen des Kronenverzweigungsmusters, aus welchen sich die verschiedenen phänotypischen Typen bei der Buche ergeben. a = Zwieseltyp, b = Besentyp und c = wipfelschäftiger Typ. Nach *Krahl-Urban* (1953a, 1953b), In: *Roloff* (1985).

Wertschöpfung sind auf Erkennung und frühzeitige Förderung von Individuen aus diesem Anteil der Population zu richten. Seit den Arbeiten von *Krahl-Urban* (1953a, 1953b) weiss man, dass in Buchenpopulationen sehr unterschiedliche Phänotypen vorkommen, vom Dauerzwiesel bis zur hochdominanten Wipfelschäftigen (siehe *Abbildung 5).* Der Anteil wipfelschäftiger Individuen ist auch von Populationen zu Populationen sehr verschieden.

Weil die Wipfelschäftigkeit nicht nur oder schwach von der Veranlagung abhängt *(Madsen,* 1995), sondern in stärkerem Mass von waldbaulichen Faktoren, insbesondere vom Lichtgenuss in der Jugend *(Schütz* und *Barnola,* 1996; *Sagheb-Talebi,* 1995, 1997), dürfte die Erneuerungsart auch einen Einfluss haben. *Dupré et al.* (1986) haben gezeigt, dass die Lichtverhältnisse den Status des akrotonen (aufrechten) Wuchses prägen, was zur Eigenschaft der Wipfelschäftigkeit führt, indem rasch geführte Naturverjüngung die Wipfelschäftigkeit offenbart. Dies gilt insbesondere für genetisch dazu neigende Individuen, also das Teilkollektiv der Gesamtpopulation mit angeborener Tendenz zum unverzwieselten Wuchs (Akrotonie). So kann bei einer Lichterziehung zusammen mit einer frühzeitigen positiven Auswahl der Zukunftsbäume eine deutliche Qualitätsvermehrung erreicht werden. Ergebnisse der Qualitätsbeurteilung von jungen (9jährigen) Buchen entlang von Belichtungsgradienten nach *Sagheb-Talebi* (1996) zeigen, dass in praktisch voll belichteten Flächen doppelt soviel Heisterpflanzen mit ausgezeichneter Qualität vorkommen als in beschirmten Partien (siehe *Abbildung 6).* Dies ist der Grund, warum wir heute eher die Lichterziehung der Buche mit Ablösung des Schirms durch den Mutterbestand, wenn die Verjüngung knie- bis hüfthoch ist, empfehlen *(Schütz* und *Barnola,* 1996).

Offensichtlich haben solch rasche Verjüngungen weitere Vorteile hinsichtlich Befall durch Buchenkrebs *(Perrin,* 1981, 1985). Weil Buchenkrebs doch bei starkem Befall zu erheblichen Stammverformungen in Dickungen führt und weil krebsinfizierte Altbestände den Krebs auf die Junggeneration übertragen, sollen heute eher rasche Generationsablösungen angestrebt werden als langsame, insbesondere in Regionen mit hoher Luftfeuchtigkeit.

Das heisst nicht, dass die sogenannte Schattenerziehung der Buche in langen Verjüngungszeiträumen zukünftig auf der Palette der waldbaulichen Möglichkeiten ausfällt. Diese Behandlungsweise ist nach wie vor möglich. Vorteile bei langer Überlappung der alten und neuen Generation liegen in der Schaffung von stammzahlarmen und qualitativ phänotypisch homogenen Bestockungen. Solche Verjüngungen sind aber waldbaulich sehr anspruchsvoll bzw. schwierig, weil sie eine dauernde Kontrolle der Beschirmung benötigen, damit die ohnehin langsam wachsenden Verjüngungen nicht sitzen bleiben (verbutten). Dazu ist wiederholte Nachbelichtung nötig. Die praktische Erfahrung lehrt uns, dass dies oft zuwenig berücksichtigt wurde und der Gesamterfolg langsamer Verjüngungen nicht so evident ist, abgesehen von den Ernteschäden.

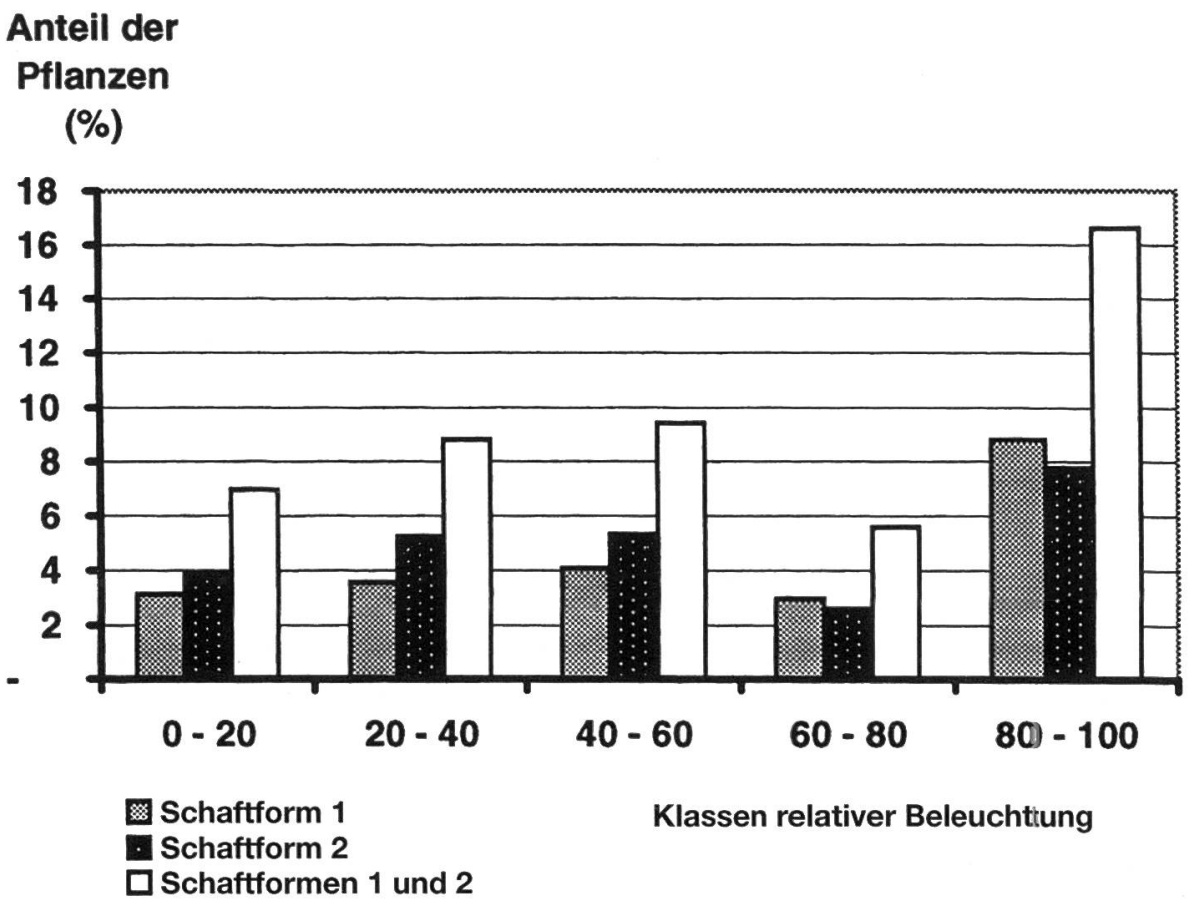

Abbildung 6. Wirkung des Lichts auf die Schafteigenschaften junger (9jähriger) Buchen in unterschiedlich beschatteten Naturverjüngungen. Anteil von bezüglich Schaftformeigenschaften einwandfreien (Schaftform 1) und guten (Schaftform 2) Individuen im Verhältnis zu den relativen Beleuchtungsverhältnissen. Aus Datenmaterial von *Sagheb-Talebi* (1997) (nicht veröffentlicht).

Welches Durchforstungsregime ist in Zukunft anzustreben?

Bisher waren Durchforstungen markante Bestandteile der Produktionskonzepte, insbesondere diejenigen, die zu hoher Wertvermehrung führen *(Schädelin,* 1937). Dies war begründet durch die günstige Wirkung der Durchforstung in dreierlei Hinsicht: die Auslese der besten, die Wuchsförderung und die Förderung der Stabilität. Weil heute die Nutzungskosten derart gestiegen sind, ergibt sich die Notwendigkeit einer Überprüfung der Berechtigung nicht nur der Durchforstung selbst, sondern des konkreten Zeitpunktes ihrer Verwirklichung. Dabei können durchaus bezüglich Eingriffsart und -stärke und zeitlicher Staffelung modulierte Konzepte ausgedacht werden. Dies gilt insbesondere für den kostenintensiven Bereich der Schwachholzdimensionen. Bei konventioneller Holzernte liegt für schweizerische Verhältnisse die kostendeckende Grenze bei Dimensionen von nahezu 40 cm BHD *(Schütz,* 1996a).

Aus solchen Überlegungen führen moderne, ökonomisch optimierte Produktionsmodelle dazu, die Bestände so zu gestalten, dass waldbauliche Eingriffe für den ungünstigen Dimensionsbereich (Stangenholz bis schwaches Baumholz) auf das minimal Notwendigste auszurichten sind und zeitlich so gestaffelt werden, dass daraus eine günstige Kostendeckung resultiert.

Die Lösung könnte möglicherweise darin bestehen, die Wirkung der Auslese und der Wuchsförderung zu zerlegen bzw. teilweise zeitlich zu trennen. Ziel der Auslese (in der Dickungs- bis schwachen Stangenholzsstufe) sollte sein, eine gemessen an der anvisierten Endbestockungsdichte nicht grössere Anzahl von Kandidaten als die Endstammzahl, aber von ausgezeichneten Eigenschaften auszuscheiden bzw. so zu fördern, dass sie sich bis zum Eintritt der echten Produktionsförderungseingriffe durchsetzen können. Bei der Produktionsförderung, welche sich primär auf die Auslesebäume konzentriert (und nicht wie bisher auf den ganzen Bestand), sollten zusätzlich die Kostenrelationen berücksichtigt werden. Die Eingriffe sind dann primär auf die Förderung des individuellen Bekronungsgrades der Wertholzträger zu richten. Entnahmen von Konkurrenten sollen nur stark ausfallen, wenn Kandidaten ungünstige Kronendimensionen (etwa <40%) aufweisen. Die Frage der Durchforstungsstärke misst sich somit nicht am Bestandesdurchschnitt, sondern an den zu fördernden Auslesebäumen. Dies gilt, sofern die Reaktionsfähigkeit der Bestockung noch wirksam ist. Im Fall der Buche trifft dies bis ins Baumholzalter zu.

Die Buche stellt gegenüber dem Modell der Fichtenwirtschaft bezüglich Notwendigkeit der frühzeitigen Auslese eine besondere Form dar. In der Tat ist die Auslese sehr früh (spätestens in der Dickung) erforderlich *(Schütz,* 1996b). Sie erfolgt im wesentlichen nach dem Merkmal der Wipfelschäftigkeit von etwa 100 Auslesebäumen (es könnten auch nur 50 bis 60 bei ungenügendem Qualitätsausweis sein). Dabei sollen die Auslesebäume von ihren direkten Konkurrenten nur so weit befreit werden, dass sie sich bis zum Einsetzen der kronenpfleglichen Erstdurchforstungen in der Oberschicht behaupten können. Die Durchforstungen sind so zu verzögern, dass ein günstiger Kostendeckungsgrad erreicht wird. Dies hängt von der verwendeten Nutzungstechnologie und der möglichen Vermarktung der Produkte ab. Kräftige Kronenbefreiung ist ohne weiteres möglich, umsomehr wenn nur die relativ geringe Zahl der ausgewählten Z-Bäume berücksichtigt wird. Allerdings sind überstarke Eingriffe, insbesondere flächendeckende, wegen Klebastgefahr und allenfalls Sonnenbrand zu vermeiden.

Das Ziel, möglichst viel Holz höchster Qualität angemessen jung und kostendeckend zu Enddimensionen zu bringen, lässt sich so doch verwirklichen. Offen ist noch, mit wie vielen Eingriffen und in welcher Staffelung dies erfolgen soll. Diesbezüglich sind noch feine Abstimmungen notwendig. Die Ergebnisse der Seebacherversuche lassen erkennen, dass es eher mit wenigen Eingriffen denkbar ist.

Schlussfolgerungen

Die besonderen waldbaulichen Eigenschaften der Buche ermöglichen recht unterschiedliche Behandlungskombinationen. In einer Zeit, da die Vielfalt der Behandlungsweise die beste Antwort der Praxis auf die Wünsche nach Förderung der Biodiversität durch Diversifizierung der Waldbiotope ist *(Schütz,* 1997), weist die Buche diesbezüglich viele Vorteile auf. Waldbaulich ist mit ihr allerdings kaum eine vertikale Strukturierung sinnvoll. Das Ziel liegt vielmehr in der horizontalen Differenzierung, d. h. in der gruppen- bis horstweisen räumlichen Staffelung sowie in der unterschiedlichen Gestaltung der Verjüngungsphase. Schliesslich bewirkt eine zeitlich und räumlich differenzierte Auslegung der Durchforstung eine gewisse Strukturierung im Kronenraum. Weil mit der Alterung unerwünschte Erscheinungen eintreten, ist die Buche auch eher ungeeignet für Behandlungen, die zur Verlängerung der Produktionszeit führen.

Wollen wir Qualitätsholz anvisieren, ist die Wirkung der Auslese optimal auszuschöpfen. Die Auslese wird nur voll zur Geltung kommen, wenn sie erstens positiv und zweitens früh vorgenommen wird. Wuchssteuerungmassnahmen wie klassische Durchforstungen sind wohl nach wie vor gerechtfertigt, sie können aber zeitlich recht verlagert werden.

Zusammenfassung

Behandlungskonzepte der Buche aus heutiger Sicht

Buchenbestockungen weisen eine äusserst hohe Flexibilität bezüglich waldbaulicher Behandlung auf. Weil die Buche eine hohe Wettbewerbsfähigkeit bei der Verjüngung sowie im Kronen- und Wurzelbereich aufweist, ist sie weniger geeignet für feine Mischungen und noch weniger für die Vereinzelung der Produktion nach dem einzelstammweisen Plentermodell, obwohl es unter bestimmten, allerdings besonderen Rahmenbedingungen echte Buchenplenterwälder gibt.

Die Buche führt, einmal installiert, normalerweise zur Schliessung des Kronendaches, weil ihre Krone ein gutes Expansions- und Entwicklungspotential aufweist. Dies verleiht ihr aber eine recht gute Reaktion auf Durchforstungseingriffe auch in höherem Alter. Heute beginnen wir einzusehen, dass in kaum oder wenig durchforsteten Bestockungen eine nicht unbeträchtliche Anzahl von vitalen Bäumen sich mit einer genügenden Vitalkraft und guter Bekronung selbst entwickeln. Dies erlaubt, neue Wege in der Auslegung der Durchforstungsstrategien zu gehen.

Die Buche ist eine Baumart, die sowohl für eine Massenproduktion wie auch zur Lieferung von Holzprodukten mit hoher Wertschöpfung geeignet ist. Im Gegensatz zu Koniferen weist diese Produktion naturgemäss einen hohen Anteil an Koppelprodukten industrieller Hölzer auf. Produktionskonzepte sollen diese Eigenart berücksichtigen, indem sie zur Kombination von pflegeintensiver Wertschöpfung der relativ wenigen Wertträger mit minimalen Pflegeinvestitionen für die füllenden Begleiter zu verbinden ist. Solche

Konzepte entwickeln sich weg vom Gedanken der bestandesweisen gleichen Produktion und hin zum Konzept der Mischproduktion und der baumweisen Betrachtung.

Bei der Buche spielt die Jahrringbreite holztechnologisch keine so entscheidende Rolle wie bei anderen Baumarten wie z. B. der Eiche. Allerdings hat die Dimensionserzeugung, d. h. das Erreichen eines angemessenen Enddurchmessers nach wie vor eine massgebende Bedeutung. Zumindest für das Kollektiv der Wertträger gelten als wertbestimmende Faktoren holztechnologische sowie Stammformeigenschaften. Bezüglich Holzqualität gilt es, die alters- und pflegebedingten Spannungen im Holz zu vermeiden bzw. möglichst wenig Farbverkernung zu erhalten. Dazu ist ein guter Kompromiss zwischen Erzeugung von jungen und möglichst genügend dicken Buchen zu finden. Irgendwie sollten für moderne Produktionskonzepte diese offenbar gegensätzlichen Kräfte genügend beachtet bzw. abgestimmt werden.

Bezüglich Stammqualität bzw. Schaffung von möglichst langen Nutzholzlängen sind durch pflegerische Auslese die wipfelschäftigen Individuen genügend früh, d. h. in der Dickung auszulesen bzw. zu fördern. Wegen der hohen Kosten der Jungwaldpflege kommt man zu Pflegestrategien, die die Phase der Auslese von derjenigen der Wuchsförderung zeitlich trennen, indem die Wuchsförderung durch adäquate Kronenbefreiungseingriffe erst in einer Entwicklungstufe zu verlegen ist, in der die Bäume genügende Dimensionen aufweisen, um einen günstigen Deckungsgrad der Eingriffskosten zu ermöglichen. Weil die Buche auch im höheren Alter auf Durchforstungseingriffe reagiert, lässt sich die punktuell um die Auslesebäume auszurichtende Durchforstung in die Baumholzstufe verschieben. Dazu müssen die Wertträger in der Dickung genügend freigestellt sein, um sich bis zu diesem Zeitpunkt durchzusetzen. Bezüglich Durchforstungsstärke ist zu beachten, dass die Eingriffe nicht bestandesweise auszurichten sind, sondern auf die Wertträger gerichtet und differenziert je nach ihrem Selbstentwicklungspotential.

Résumé

Traitement sylvicole du hêtre aujourd'hui

Le hêtre démontre une grande flexibilité en ce qui concerne les interventions sylvicoles. En raison d'aptitudes remarquables au niveau de la régénération aussi bien que de la compétitivité des houppiers et finalement de l'expansion du système racinaire fin, le hêtre ne se prête guère à la création de mélanges trop fins et encore moins à former des structures verticalisées propres à la futaie jardinée, encore qu'on rencontre des forêts jardinées de hêtre mais dans des conditions très particulières.

Une fois installé le hêtre conduit normalement à une rapide fermeture du couvert parce que ses houppiers ont une capacité d'expansion et de compétition élevée. Il a tendance à la régularisation de la structure. Mais ces propriétés lui confèrent également une bonne faculté de réaction aux interventions d'éclaircie même à un âge avancé. Aujourd'hui nous commençons de réaliser que dans les peuplements non ou peu éclaircis il y a un nombre suffisant d'individus de bonne vitalité naturelle qui se maintiennent naturellement dans la partie supérieure du couvert avec un encouronnement suffisant. Cette constatation ouvre de nouvelles voies pour la définition des stratégies d'éclaircie.

Le hêtre est une espèce qui se prête aussi bien à une production de masse qu'à former des produits de haute valeur ajoutée. Au contraire des conifères sa production implique une part importante d'assortiments de bois d'industrie. Les concepts de production doivent tenir compte de cette particularité en cherchant le compromis entre les nécessité de soins culturaux intensifs que requiert la haute valeur ajoutée pour un petit nombre d'individus susceptibles de fournir des produits de valeur (les porteurs de valeur) et d'investissement minimum pour la production de masse des arbres de bourrage dévolus à une production de masse. De tels concepts de production mixte ne recherchent plus comme par le passé une perception peuplement pour s'orienter vers une perception arbres.

Chez le hêtre la largeur des cernes ne joue pas de rôle déterminant sur les propriétés technologiques comme chez d'autres espèces d'arbres tels que les chênes. Cependant en réalité l'obtention de dimensions d'exploitation suffisantes reste un objectif important. Pour le collectif des arbres porteur de qualité il y a des facteurs technologiques aussi bien que sylvologiques notamment de forme de tige qu'il faut considérer. En ce qui concerne la qualité du bois ce sont surtout les fentes de tension qu'il faut éviter et aussi bien que dans une moindre mesure du développement de cœur coloré. Ces défauts dépendent du traitement sylvicole. Il faut trouver le compromis entre la production de bois jeune et de dimensions suffisante. Les concepts actuels de production doivent concilier de telles conditions apparemment opposées.

Pour l'élaboration de tiges de bois de service de longueur suffisante il convient de pratiquer une sélection selon le critère de leur capacité à former un axe non partagé (acrotonie). Cette sélection positive doit intervenir de façon suffisamment précoce, au fourré. Etant donné le coût des soins aux très jeunes peuplements on arrive à des concepts tendant à séparer la phase de sélection et celle de favorisation du grossissement par des interventions de libération des houppiers. Ces dernières interventions peuvent être décalées dans le temps jusqu'au moment où les arbres réalisent des dimensions suffisantes pour que les frais d'interventions soient en partie couvert par la vente des produits. Etant donné que le hêtre réagit bien aux interventions d'éclaircies, même tardives celles-ci peuvent se réaliser à l'état de futaie, de façon ponctuelle c'est-à-dire focalisées sur les arbres de place seulement. Cela ne vaut que dans la mesure où, au fourré, les arbres de place sont libérés de telle sorte à se maintenir dans la partie supérieure du peuplement et ceci jusqu'au moment des premières interventions de favorisation du grossissement. La force des interventions d'éclaircie ne se mesure donc plus aux caractéristiques de densité moyenne du peuplement mais à la façon dont les arbres de place sont libérés et ceci en fonction de leur potentiel propre d'autoévolution.

Summary

Treatment Concepts for Beech from Today's Standpoint

The silvicultural treatment of beech stands is very flexible. Because beech is highly competitive as regards regeneration as well as canopy and rooting, it is somewhat less suited for fine mixtures and still less for individualisation of the production according to the single-stem selection system, although in certain, albeit special limiting conditions, real beech selection forests exist. Once in place, beech usually leads to canopy

closure, as the crown has excellent expansion and development potential. Good reaction to thinning operations is therefore possible even at a more advanced age. We are beginning to realise that, in stands which have hardly ever been thinned, a substantial number of vital trees develop independently with sufficient vitality and a good crown. New ways in thinning operation strategies can thus be conceived.

Beech is a tree species suitable for mass production as well as for the supply of wood products with a higher value added. In contrast to conifers, this production has a naturally higher proportion of associated products of industrial woods. Production concepts should therefore take these characteristics into account in that it is to be linked with a combination of intensive value added silvicultural interventions concerning the few value carriers with minimal investment in educative operations for the fill-in escorts. Such concepts lead away from the idea of identical production for all trees of a stand to the concept of combined and single-stem production.

Annual ring width of beech does not play such a decisive role from a wood technology point of view as it does for other tree species, for instance for oak. However, dimensions, i.e. the achievement of a suitable end diameter, are still essential. Value determining factors are wood technological as well as stem form characteristics, at least for the collective of the value carriers. For optimal wood quality, it is necessary to avoid wood stress, caused by age and silvicultural treatment, as should heartwood colouring. A good compromise must therefore be found between growing young beeches and beeches with the largest diameter possible. In some way or other these apparently contrary influences need to be sufficiently taken into account for modern production concepts.

As regards stem form, i. e. the elaboration of the longest possible usable wood length, individuals with excurrent crown forms should be selected or promoted early, i.e. in the thicket stage.

Because of the high costs of cleaning operations, one arrives at silvicultural strategies, which separate the phase of selection from that of growth promotion. To this end, thinning operations are delayed until the trees have sufficiently grown to cover the costs of the operation. Since beech also reacts at an advanced age to thinning it is possible to postpone the thinning of the selected trees until the adult stage. This can only be done when the value carriers have been given sufficient room, in the thicket stage, to assert themselves. As regards the degree of thinning, it must be noted that the interventions are not distributed equally in the stand, but must be directed at the value carriers and be differentiated in accordance with the potential for self-development.

Literatur

Bachmann, P. (1990). Produktionssteigerung im Wald durch vermehrte Berücksichtigung des Wertzuwachses. Ber. Eidg. Forschungsanst. 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.

Bastien, Y. (1997). Pour l'éducation du hêtre en futaie claire et mélangée. Rev. For. Fr. *49,* 1: 49–68.

Becker, D.; Freist, H.; Ollgard, M. (1989). Zielstärkennutzung und Buchenrotkern. Forst u. Holz *44,* 1: 12–14.

Bouchon, J.; Dhôte, J.-F.; Lanier, L. (1989). Note sur la réaction individuelle du hêtre à différentes intensités d'éclaircie et à différents âges. Rev. For. Fr. *41,* 1: 39–50.

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.

Bryndum, H. (1980). Der Buchen-Durchforstungsversuch im Waldort Totterup (Orig. Dänisch). Det forstl. Forsøgsvaesen i Danmark *38,* 1, 76 S.
Bryndum, H. (1987). Buchendurchforstungsversuche in Dänemark. Allg. Forst u. J.-Ztg. *158,* 7/8: 115–121.
Büren, S. v. (1997). Der Farbkern der Buche *(Fagus sylvatica* L.) in der Schweiz nördlich der Alpen. Untersuchungen über die Verbreitung, die Erkennung am stehenden Baum und die ökonomischen Auswirkungen. Diss. ETH-Z, Zürich, 178 S.
Büttner, V.; Leuschner, Ch. (1994). Spatial and temporal patterns of fine root abundance in a mixed oak-beech forest. Forest Ecol. and Management *70:* 11–21.
Bundesamt für Statistik und Bundesamt für Umwelt Wald und Landschaft, Eidg. Forstdirektion (1997). Jahrbuch der Wald- und Holzwirtschaft der Schweiz. 143 S.
Burger, H. (1941). Beitrag zur Frage der reinen und gemischten Bestände. Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchswes. *22:* 164–203.
Butin, H.; Kowalski, T. (1983). Die natürliche Astreinigung und ihre biologischen Voraussetzungen. I. Die Pilzflora der Buche *(Fagus sylvatica).* Eur. J. Path. *13:* 322–334.
Chollet, F.; Demarcq, Ph. (1998). Réaction des hêtraies de montagne aux éclaircies tardives. Rev. For. Fr. *50,* 4: 349–355.
Dittmar, O. (1990). Untersuchungen im Buchen-Plenterwald Keula. Ein Vergleich zwischen dem Buchen-Plenterwald Keula und dem gleichaltrigen Buchenhochwald anhand langfristiger Versuchsflächen. Forst. u. Holz *45:* 419–423.
Dittmar, O. (1991). Der Seebach'sche Lichtungsbetrieb. Ein interessanter Aussenseiter der Buchenwirtschaft des 19. Jahrhunderts. Der Wald (Berlin) *41,* 5: 165–168.
Drescher, W. (1965). Aus der Bestandes- und Ertragsgeschichte von Beständen des südlichen Hochschwarzwaldes. Schriftenr. Landesforstverw. Baden Württemberg 19.
Dupré, S.; Thiébaut, B.; Tessier du Cros, E. (1986). Morphologie et architecture des jeunes hêtres *(Fagus sylvatica* L.), influence du milieu, variabilité génétique. Ann. Sci. For., *43,* 1: 85–102.
Ferrand, J.-Ch. (1982). Etude des contraintes de croissance.1ère partie: méthode de mesure sur carottes de sondage. 2ème partie: variabilité en forêt des contraintes de croissance du hêtre *(Fagus sylvatica* L.). Ann. Sci. For., *39,* 2: 109–142; *39,* 3: 187–218.
Flury, Ph. (1917). Untersuchungen über die Sortimentsverhältnisse der Fichte, Weisstanne und Buche. Mitt. Schweiz. Centralanst. Forstl. Versuchswes., 11, *2:* 153–272.
Flury, Ph. (1930). Untersuchungen über Zuwachs, Massen- und Geldertrag reiner und gemischter Bestände. Mitt. Eidg. Anst. Forstl. Versuchswes. *16:* 453–472.
Fölster, H.; Degenhardt, M.; Flor, T.; Lux, M. (1991). Untersuchungen zur Tiefendurchwurzelung und Durchwurzelungsintensität auf Braunerdepseudogleyen im Vorderen Hundsrück in Abhängigkeit von Baumart und Bestandesstrukturparameter. Mitt. Forstl. Versuchsanst. Rheinland-Pfalz, *19:* 91–106.
Freist, H. (1962). Untersuchungen über den Lichtungszuwachs der Rotbuche und seine Ausnützung im Forstbetrieb. Forstwiss. Forsch. Beih. Forstwiss. Cbl. 17.
Hanewinkel, M. (1998). Plenterwald und Plenterwaldüberführung. Modellstudien zu planungstechnischen, waldbaulichen und ökonomischen Aspekten am Fallbeispiel des Wuchsgebietes Schwarzwald. Schriften aus Inst. Forstökon. Univ. Freiburg, 9, 256 S.
Höwecke, B.; Mahler, G. (1991). Untersuchungen zur Farbverkernung bei der Rotbuche *(Fagus sylvatica* L.) in Baden-Württemberg. Mitt. Forstl Versuchs- u. Forschungsanst. Baden Württemberg, Nr. 158 I, 106 S.
Horn, H. C. (1971). The adaptive geometry of trees. Princeton Univ. Press, Princeton New Jersey. 144 S.
Keller, R.; Timbal, J.; Le Tacon, F. (1976). La densité du bois de hêtre dans le Nord-Est de la France. Influence des caractéristiques du milieu et du type de sylviculture. Ann. Sci. For. *33,* 1: 1–17.
Kennel, R. (1965). Untersuchungen über die Leistung von Fichte und Buche in Rein- und Mischbeständen Allg. Forst.- u. J.-Ztg. *136,* 7: 149–81; 8, 173–189.
Klötzli, F. (1983). Neuere Erkenntnisse zur Buchengrenze in Mitteleuropa. Schriftenr. Akad. Naturwiss. Bosnien-Herzegovina 72, Abt. Natur- und Mathematikwissensch., Heft *21:* 381–395.
Knoke, Th. (1988). Analyse und Optimierung der Holzproduktion in einem Plenterwald- Zur Forstbetriebsplanung in ungleichaltrigen Wäldern. Forstl. Forschungsber. München Nr. 100/1998. 182 S.

Korpeľ, S. (1982a). Erkenntnisse über Entwicklung und Strukturdynamik der Naturwälder in der Slowakei mit Bezug auf Waldbautechnik. Tidsk. Skogsbruk. *90:* 87–94.
Korpeľ, S. (1982b). Degree of equilibrium and dynamical changes of the forest on example of natural forests of Slovakia. Acta Facult. Forest. Zvolen. *24:* 9–31.
Korpeľ, S. (1988). Pflege der gemischten Eichen-Buchen-Bestände. In: 3. IUFRO-Buchensymposium, 3.-6.6.1988 in Zvolen (Korpeľ, S. & Paule, L. Eds): 233–242.
Korpeľ, S. (1995). Die Urwälder der Westkarpaten. Fischer, Stuttgart. 310 S.
Krahl-Urban, J. (1953a). Baumtypen bei Eichen und Buchen. Allg. Forstz., *8,* 20: 245–248.
Krahl-Urban, J. (1953b). Rassenfragen bei Eichen und Buchen. Allg. Forstz., *8,* 44: 478–480.
Kurth, A. (1946). Untersuchungen über Aufbau und Qualität von Buchendickungen. Mitt. Schweiz. Anstalt forstl. Versuchswes., Heft 2: 581–658.
Lenz, O.; Strässler, H. J. (1959). Contribution à l'étude de l'éclatement des billes de hêtre *(Fagus sylvatica* L.). Mitt. Schweiz. Anstalt forstl. Versuchswes., *35,* 5: 369–411.
Lüpke, B. v.; Welcker, B. (1997). Ein undurchforsteter Eichenbestand als Greenpeace Referenzfläche. In: Jahrestagung Deutsch. Verb. Forstl. Forschungsanst. Sekt. Waldbau. 10.–12. September 1997 in Arnsberg: 129–140.
Madsen, S. F. (1995). International Beech provenance experiment 1983–1985. Analysis of the Danish member of the 1983 series. In: Madsen, S. F. (Ed.) – Genetics and silviculture of Beech. Proceedings from the 5th Beech-symposium of the IUFRO Project Group P1.10-00, 19.–24. Sept. 1994, Mogenstrup, Denmark. Forskningsserien *11,* 1995: 35–44.
Mathey, A. (1929). Traité théorique et pratique des taillis. Vilaire, Le Mans, 353 S.
Niederer, M. (1991). Untersuchung der Zusammenhänge zwischen Mykorrhizierung, Zuwachs und Kronenbild von Bäumen. Bundesamt für Umwelt Wald Landsch., Eidg. Forstdirektion, Bern, 46 S.
Noisette, M. (1928). Etude de peuplements feuillus pendant la période de la régénération. Ann. Ecole Nat. Eaux For. *2,* 2: 301–391.
Pardé, J. (1981). De 1882 à 1976/80 les places d'expérience de sylviculture du hêtre en forêt domaniale de Haye. Rev. For. Fr. *33,* No spéc.: 41–64.
Perrin, R. (1981). De quoi souffre l'écorce du hêtre? Schweiz. Z. Forstwes. *132,* 1: 1–16.
Perrin, R. (1985). La variabilité de la sensibilité du hêtre au chancre dû à *Nectria ditissima* Tul. Ann. Sci. For., *42,* 2: 225–238.
Polge, H. (1973). Etat actuel des recherches sur la qualité du bois de hêtre. Bull. Techn. Office Nat. For. *4,* 2: 13–22.
Polge, H. (1980). Un défaut méconnu du hêtre: les contraintes de croissance. Bull. Tech. Off. Nat. For., *12:* 31–39.
Polge, H. (1981). Influence des éclaircies sur les contraintes de croissance du hêtre. Ann. Sci. For., *38,* 4: 407–423.
Reh, J. (1993). Structure, development and yield conditions of beech virgin forests in the Popricny mounts. in: Symposium über die Urwälder. Forstl. Fakultät Techn. Univ. Zvolen, Zvolen. pp. 23–25.
Roloff, A. (1985). Morphologie der Kronenentwicklung von *Fagus sylvatica* L. (Rotbuche) unter besonderen Berücksichtigung möglicherweise neuartiger Veränderungen. Diss. Univ. Göttingen, 178 S.
Roloff, A. (1986). Morphologie der Kronenentwicklung von *Fagus sylvatica* L. (Rotbuche) unter besonderer Berücksichtigung möglicherweise neuartiger Veränderungen. Ber. Forschungszentrum Waldökosysteme/Waldsterben, Univ. Göttingen, Bd. 18: 177 S.
Sagheb-Talebi, K. (1995). Study of some caracteristics of young beeches in the regeneration gaps of irregular shelterwood system (Femelschlag). In: Madsen, S. F. (Ed.) – Genetics and silviculture of beech. Forkskningsserien *11:* 105–116.
Sagheb-Talebi, K. (1996). Quantitative und qualitative Merkmale von Buchenjungwüchsen *(Fagus sylvatica* L.) unter dem Einfluss des Lichtes und anderer Standortsfaktoren. Diss. ETH-Z . Beih. Schweiz. Z. Forstwes. 78. 218 S.
Schädelin, W. (1937). L'éclaircie, traitement des forêts par la sélection qualitative. 111 p., Neuchâtel/Paris, Attinger.
Schädelin, W. (1942). Die Auslesedurchforstung als Erziehungsbetrieb höchster Wertleistung. 3. Aufl., 147 S., Bern/Leipzig, Haupt.

Schaeffer, A. (1920). Essai de futaie jardinée de feuillus. Conférence à l'occasion du Congrès de 1920 de la Société forestière de Franche-Comté. Bull. Soc. For. Franche-Comté et Belfort. *13,* pp. 239–247.
Schütz, J.-Ph. (1985). La production de bois de qualité dans la forêt jardinée. Ann. Gembloux. *91,* pp. 147–161.
Schütz, J.-Ph. (1992). Die waldbauliche Formen und die Grenzen der Plenterung mit Laubbaumarten. Schweiz. Z. Forstwes. *143,* 6: 442–460.
Schütz, J.-Ph. (1996a). Bedeutung und Möglichkeiten der biologischen Rationalisierung im Forstbetrieb. Schweiz. Z. Forstwes. *147,* 5: 315–349.
Schütz, J.-Ph. (1996b). Grundzüge der Waldpflege. In: Schweiz. Forstkalender 1996, 91, Anhang: 48–55.
Schütz, J.-Ph. (1997). Sylviculture 2. La gestion des forêts irrégulières et mélangées. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne. 178 S.
Schütz, J.-Ph.; Barnola, P. (1996). Importance de la qualité et de sa détermination précoce dans un concept d'éducation du hêtre. Rev. For. Fr. *48.*
Seeling, U. (1992). Abnorme Kernbildung bei Rotbuche *(Fagus sylvatica* L.) und ihr Einfluss auf holzbiologische und holztechnologische Kenngrössen. Ber. Forschungszentr. Waldökosysteme, Reihe A, Nr. 77, 167 S.
Statistisches Jahrbuch (1997). Jahrbuch 1996 der Wald und Holzwirtschaft. Bundesamt für Statistik, Bern 1997.
Thiébaut, B. (1981). Formation des rameaux. In: Le hêtre. Dép. Rech. Forest. INRA, Teissier du Cros (Ed.), Paris, INRA, 613 p.
Thiébaut, B.; Comps, B.; Teissier du Cros, E. (1990). Développement des axes des arbres: pousse annuelle, syllepsie et prolepsie chez le hêtre *(Fagus silvatica* L.). Can. J. Bot. *68:* 202–211.
Utschig, H. (1997). Buchenweiserflächen zur Durchforstung der Buchen. Versuchskonzeption und Steuerung. In: Jahrestagung der Sekt. Ertragsk. Deutsch. Verb. Forstl. Forschungsanst. In Grüneberg, 12.–15.5.1997: 173–185.
Wiedemann, E. (1942). Der gleichaltrige Fichten-Buchen-Mischbestand. Hannover.
Winterfeld, K. (1955). Untersuchungen über die Auswirkungen der Grünästung bei der Rotbuche. Diss. forstl. Fak. Univ. Göttingen, Hann. Münden. 131 S.
Zimmerle, H. (1944). Erfahrungen mit dem v. Seebach'schen Lichtwuchsbetrieb in Württemberg. Allg. Forst. u. J.-Ztg. *120:* 29–48.

Verfasser:
Prof. Dr. Jean-Philippe Schütz, Professur für Waldbau, Departement Wald- und Holzforschung der ETH Zürich, CH-8092 Zürich.