

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
Herausgeber: Schweizerischer Forstverein
Band: 147 (1996)
Heft: 5

Artikel: Bedeutung und Möglichkeiten der biologischen Rationalisierung im Forstbetrieb
Autor: Schütz, Jean-Philippe
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-767032>

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: 15.01.2026

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

Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen

Journal forestier suisse

147. Jahrgang

Mai 1996

Nummer 5

Bedeutung und Möglichkeiten der biologischen Rationalisierung im Forstbetrieb¹

Von Jean-Philippe Schütz

Keywords: Biological automation; silvicultural systems; biological production; forest tending.

FDK 24: 23: 65

Einführung

Es ist nicht das Ziel der nachstehenden Ausführungen, pfannenfertige Rezepte anzubieten, welche die defizitären Forstbetriebe wieder in Schwung bringen sollen. Vielmehr soll versucht werden, die Rationalisierungsmöglichkeiten im ganzen Umfeld der Waldnutzung aufzuzeigen und dabei die Multifunktionalität der Leistungen und die aktuelle Bedeutung der einzelnen Funktionen mitzuberücksichtigen. Die Prinzipien unseres naturnahen Waldbaus basieren seit jeher auf einem biologisch rationalen Denken. Sie wurden auch immer als Optimierungsaufgabe im Sinne anerkannter Leitmotive aufgefasst, wie z. B. des bekannten Aphorismus von Bacon «on ne commande à la nature qu'en lui obéissant»:

Die in der Praxis geltenden Waldbaukonzepte wurden zu einer Zeit entwickelt, als die Arbeitskosten noch tief waren. Heute jedoch tragen die hohen Arbeitskosten wesentlich zu den negativen Betriebsergebnissen bei. Dies zwingt uns, unsere Konzepte oder zumindest bestimmte Massnahmen in Frage zu stellen und neu zu überdenken. Tatsächlich befindet sich unsere Forstwirtschaft in einer schwierigen Situation. Diese begann schleichend und entwickelte sich allmählich zur handfesten Ertragskrise. In aller Deutlichkeit zeigen dies die Ergebnisse der Forstbetriebsabrechnungen des Waldwirtschaftsverbandes der Schweiz (FZ-BAR). In *Abbildung 1* sind die Betriebsergebnisse in Fr./ha Waldfläche dargestellt. Interessanterweise sind die Defizite der Forstbetriebe des Mittellandes in den letzten Jahren ungleich stärker gewachsen als

¹ Vortrag, gehalten am 20. Februar 1995 anlässlich der Montagskolloquien der Abteilung für Forstwissenschaften der ETH Zürich.

diejenigen der Gebirgsforstbetriebe, welche offensichtlich eine weniger intensive Bewirtschaftung betreiben. Klaffen Erlös und Kosten derart deutlich auseinander, muss von einer Krise gesprochen werden. Obwohl diese teilweise konjunkturell bedingt ist, haben wir es offensichtlich nicht nur mit einer vorübergehenden Erscheinung zu tun, sondern mit einer Entwicklung, die möglicherweise kaum mehr reversibel ist. Vorausssehbare Konsequenzen dieser verheerenden Entwicklung sind beispielsweise Substanzverluste, insbesondere von hochqualifizierten Fachleuten, Stilllegungen, Resignation oder Abtretung von Aufgaben an Dritte.

Forstbetriebsergebnisse

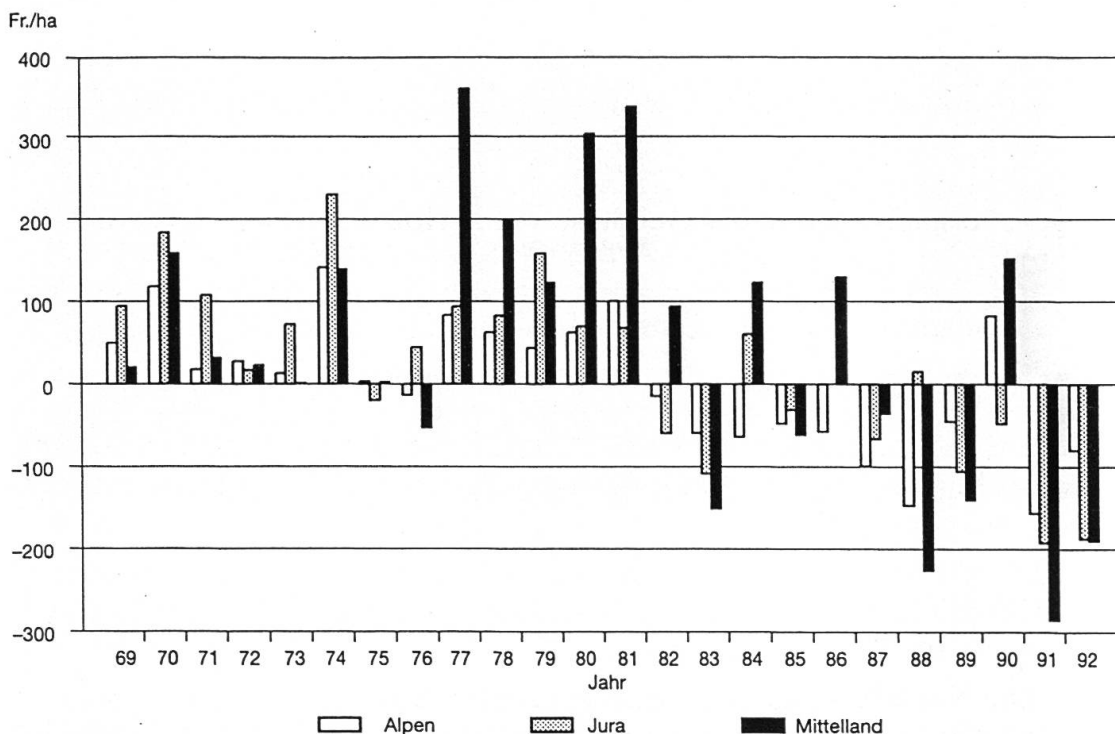


Abbildung 1. Entwicklung der Ertragslage schweizerischer Forstbetriebe von 1969 bis 1992, gemäss FZ-BAR, getrennt nach Grossregionen Alpen, Jura und Mittelland. Aus: Amstutz, U. (1994).

Leider kommen diese Schwierigkeiten zu einer Zeit, in der die Forstwirtschaft schon vor genügend anderen Herausforderungen steht, die eigentlich unsere ganze Aufmerksamkeit erfordern würden, zum Beispiel:

- Die zunehmende Bedeutung der ethisch-ästhetischen Komponente des Waldes, insbesondere seiner Erholungsfunktion und seiner Bedeutung für den Natur- und Landschaftsschutz. Im Sinne einer harmonischen Vereinigung müssen wir neue Lösungen für eine Mischnutzung entwickeln, also Modelle, die im Gegensatz zu bisher die Multifunktionalität noch besser

einbeziehen, auch wenn die finanzielle Abgeltung der allgemeinen Sozialleistungen des Waldes noch viel zuwenig berücksichtigt wird. In Wirklichkeit leben wir, zumindest in finanzieller Hinsicht, noch immer nach den Regeln der Kielwassertheorie, weil die Erlöse aus dem Holzverkauf im wesentlichen die Voraussetzungen schaffen, um die anderen Funktionen günstig zu gestalten, d.h. mit fachlich gut ausgebildeten Arbeitskräften und mit effizienten, flächendeckenden Forstbetrieben.

- Die Bedeutung des Holzes im Zusammenhang mit globalen Umweltproblemen wird heute immer noch nicht richtig wahrgenommen. Gemeint ist damit die Bedeutung der Holzproduktion ganz allgemein, aber auch ihr Beitrag zur Senkung des CO₂-Wertes der Atmosphäre und ihre wichtige Rolle im Zusammenhang mit dem Treibhauseffekt und den bevorstehenden Klimaveränderungen. Zur Zeit spüren wir in den Forstbetrieben eher die Kehrseite dieser Rolle, nämlich ein sich langsam ausweitendes Verbot des offenen Verbrennens von Schlagabraum in unseren Holzschlägen. Allerdings könnte das Ganze schon morgen wieder ins Gegenteil umschlagen, beispielsweise in das Gebot, so wenig Holz wie möglich im Wald vermodern zu lassen, weil dabei CO₂ freigesetzt wird! Eine solche Trendwende ist durchaus vorstellbar; sie könnte das derzeit recht angekratzte Image der Holzproduktion völlig korrigieren. Man wird hoffentlich bald erkennen, dass das Holz einen echten Beitrag zur Lösung des CO₂-Problems bieten kann:
 - Die Optimierung der Holzproduktion und deren vollständige Nutzung kann als gutes Mittel zur Bindung von CO₂ in Biomasse betrachtet werden (*Burschel et al.*, 1993).
 - Die möglichst lange Bindung dieser Biomasse, z.B. durch die systematische Förderung des Holzes als Baustoff, entzieht dem Kreislauf Kohlenstoff.
 - Die Nutzung von bisher liegengelassener Biomasse als Energie in kontrollierten Feuerungen erlaubt die Einsparung von fossilen Brennstoffen. Das Gleiche dürfte für die Wiederverwertung von Holzabfällen sowie für ausgedientes Baulholz gelten.

Die gegenwärtig in aller Schärfe spürbare schlechte Wirtschaftslage der Forstbetriebe ist sehr ernst zu nehmen. Gleichwohl gilt es aber, einen kühlen Kopf zu bewahren, um falsche Entscheide oder Einsparungen am falschen Ort zu verhindern. Gerade weil Abgeltungen für die Sozialfunktionen noch in den Kinderschuhen stecken und weil die gerechte Honorierung für die CO₂-Fixierung des Holzes praktisch fehlt, müssen wir im Moment differenzierte Strategien entwickeln. Der Hackschnitzelpreis müsste beispielsweise mindestens um das zweifache erhöht werden, um diesem wertvollen Rohstoff einigermaßen gerecht zu werden. Seine bisherige Indexierung ist im Vergleich zu den Ölpreisen keinesfalls umweltgerecht, denn bei den Ölpreisen wird die durch den

Transport vom Produktionsort zum Verbraucher sowie die für die Raffinierung verursachte enorme Umweltbelastung nicht eingerechnet. *Burschel* (1993) schätzt diese «Umweltkosten» auf 0,60 bis 1 Fr. pro Liter Öl. In Erwartung einer gerechten Abgeltung müssen wir in der heutigen Situation rasch vorsorgliche Massnahmen zur Sanierung unserer Betriebe treffen, selbst wenn einige dieser Massnahmen mit den langfristigen Zielen nicht voll vereinbar sind und eventuell später wieder aufgehoben werden müssen, sobald beispielsweise gerechte Holzpreise oder Abgeltungen Realität geworden sind. Kurzfristig gilt es, zu überleben und die Substanz unserer Forstbetriebe zu erhalten, selbst wenn harte Massnahmen getroffen werden müssen. Im Moment haben wir nur die Möglichkeit, die Ausgaben zu kontrollieren, um die Finanzen wieder ins Lot zu bringen. Dieses Ziel ist in relativ kurzer Zeit durchaus realisierbar. Mittelfristig geht es darum, Modelle zu entwickeln und umzusetzen, die eine optimale d.h. kostengerechte Ökosystemgestaltung ermöglichen.

Wenn wir einen Blick auf die Kostenstruktur unserer Forstbetriebe gemäss FZ-BAR werfen (*Tabelle 1*), wird sofort ersichtlich, welches die wesentlichen Kostenstellen sind und wo das grösste Einsparungspotential liegt. An erster Stelle stehen die Kosten für die zweite Produktionsstufe, also die Nutzungskosten, die 50 % der Gesamtkosten ausmachen. Darauf folgt der Bereich der Waldpflege, der immerhin stolze 16 % der Kosten ausmacht und schliesslich die Kosten für die Bestandesbegründung mit einem Anteil von 7 %. Eine Massnahme zur Reduktion der aktuellen Kosten könnte beispielsweise darin bestehen, die nicht kostendeckenden, nutzbaren Holzsortimente vermehrt im Wald liegen zu lassen. Zur Zeit sind dies praktisch alle Industriebölzer und Energieholzprodukte, selbst wenn das Ziel in Zukunft in einer besseren Nutzung dieser Sortimente liegen dürfte. Diese Möglichkeit, Kosten zu sparen, scheint richtiger bzw. prioritärer, als Einsparungen von Investitionen in die Wertvermehrung, d.h. bei der Waldpflege, vorzunehmen. Damit ist keinesfalls gesagt, dass nicht auch Einsparungen in diesem Bereich möglich wären.

Die Diskussion um die biologische Rationalisierung kann sinnvollerweise nur in diesem übergeordneten Zusammenhang geführt werden. Es muss klar darauf hingewiesen werden, dass es keine Patentlösungen gibt. Je nach Situation und Entwicklung sind die Probleme anders anzupacken. Klar ist hingegen, dass wir grundsätzlich denjenigen Systemen den Vorzug geben müssen, die eine möglichst hohe Anpassungsfähigkeit aufweisen. Altbewährte Prinzipien, wie Risikoverteilung und Risikominimierung durch standortgerechte Baumartenwahl und Förderung der Baumartenvielfalt, behalten dabei nach wie vor ihre volle Gültigkeit.

Aus dieser Situationsanalyse scheint sich ein erster Schluss herauszukristallisieren. Die Nulllösung, d.h. den Wald sich selbst überlassen, kann nicht generell die anzustrebende Lösung sein, weil sie bezüglich Multifunktionalität und CO₂-Haushalt nicht angemessen ist. Dazu kommt, dass die Nulllösung zum Sterben der Forstbetriebe führt.

Tabelle 1. Kostenstruktur der Mittelland-Forstbetriebe in der Schweiz gemäss FZ-BAR-Statistik; Jahr 1992.

<i>Rubrik</i>	<i>Detailpositionen</i>		<i>Hauptrubriken</i>	
	<i>Fr./m³</i>	<i>%</i>	<i>Fr./m³</i>	<i>%</i>
1. Produktionsstufe			36.90	25
– Bestandesbegründung (inkl. Forstschutz, Wildschadenverhütung und Schlagabräumung)	10.30	7		
– Pflege	23.50	16		
– Übrige	3.10			
2. Zweite Produktionsstufe			74.75	50
– Holzernte	71.10			
– Einmessen und übrige	3.65			
3. Nebennutzungen			23.20	16
4. Strassen und Verbau			13.20	9
<i>Total</i>			148.05	

Zukunftsansichten der Wertholzproduktion

Das Ziel unseres Waldbaus bestand bisher darin, einmal abgesehen von den Wäldern mit vorrangiger Schutzfunktion, eine höchstmögliche Wertschöpfung zu erzielen. Diese Zielsetzung prägte die bis heute geltenden Waldbaukonzepte in erheblichem Masse. Die Maximierung der Wertschöpfung wurde mit zum Teil sehr arbeitsintensiven und aus diesem Grunde immer kostspieliger werdenden Pflegemassnahmen verwirklicht. Es ist daher unumgänglich, diese Zielsetzung der Wertholzproduktion in bezug auf ihre Gültigkeit und ihre Zukunftsperspektiven kritisch zu analysieren.

Gewisse Trends in der Holzverarbeitung, insbesondere die Entwicklung in der Verleimungstechnologie, lassen Zweifel aufkommen, ob die bisherigen Preisvorteile der traditionellen Wertholzsortimente ihre Gültigkeit behalten werden. So ist es heute beispielsweise möglich, wertvolle Holzprodukte durch Zusammenfügen kurzer Holzstücke von teilweise nur mittlerer Holzqualität herzustellen. Zu erwähnen sind hier neue Produkte wie faserorientierte Platten, geleimte Platten und Schälschichthölzer. Allerdings dürfte der hohe Anteil an chemischen Bindestoffen, die zur Herstellung solcher Produkte benötigt werden, nicht gerade für ihre Umweltfreundlichkeit sprechen. Zudem passen diese Hilfsstoffe nicht ganz in das Konzept einer Wiederverwertung von ausgedienten Holzprodukten. Dazu kommt, dass doch gewisse Qualitätsanforderungen an das Holz gestellt werden, weil die Verarbeitung im Werk und nicht im Wald stattfindet.

Bei entsprechender staatlicher Förderung, z.B. durch eine Umweltsteuer, kann man sich durchaus auch eine Aufwertung des Massivholzes vorstellen. Dies um so mehr, als neue technologische Möglichkeiten wie die Verbindung mit anderen Materialien, sogenannte Kompositmaterialien, die Anwendungsmöglichkeiten erheblich erweitern können. Entwicklungen in dieser Richtung an der Professur für Holztechnologie unseres Departements (Prof. E. Gehri) zeigen sehr interessante Perspektiven auf. So scheint es möglich zu sein, aus Schwachhölzern bereits ab etwa 12 bis 14 cm Durchmesser durch Neukombinierung und Verleimung wertvolle Holzträger für die Holzkonstruktion zu produzieren. Dies könnte in Zukunft das Problem der nicht kostendeckenden Gewinnung und einer ungenügenden Vermarktung von Durchforstungsmaterial aus Stangenhölzern lösen.

Alle von mir konsultierten Experten der Holzbranche sind überzeugt, dass Werthölzer Zukunft haben und dass auch weiterhin Qualität gesucht sein wird. Abgesehen von neu entstehenden Marktsegmenten, die sich durch das Versiegen des Imports von tropischen Werthölzern eröffnen, sprechen vor allem ökologische Argumente für die Wertholzproduktion. Unsere guten Standorte der mittleren Höhenlagen sind für Edellaubhölzer verschiedenster Art geeignet. Über diesen ökologischen Vorteil verfügen nur wenige der tonangebenden, grossen Holzproduzentenländer.

Ausserdem passt die Produktion mit hoher Wertschöpfung gut zur kleinflächigen Waldbehandlung und zu den topographischen Gegebenheiten unseres Landes. Soweit sich die Tendenzen in der Holzverwendung voraussehen lassen, zeichnet sich allerdings ein Trend zur Spaltung der Sortimente in zwei Gruppen ab, deren Preise immer deutlicher auseinanderklaffen werden. Einerseits eine Gruppe mit gewinnbringenden Produkten von hoher Wertschöpfung, wie Furniere, Schreinerware usw., andererseits eine Gruppe mit sogenannten Koppelprodukten, kurzum Massenware, die naturgemäss billig sind, und die immer einem Preisdruck ausgesetzt sein werden. Sollten sich diese Tendenzen bestätigen oder gar noch verstärken, so würde diese Entwicklung logischerweise unsere bisherigen Produktionskonzepte wesentlich beeinflussen. Das Risiko, eine hohe Wertschöpfung mit einem hohen Pflegeaufwand anzustreben, lohnt sich in diesen Fall nur noch für einen Teil der Bäume einer Bestockung, nämlich nur für diejenigen Bäume, die ein gutes Qualitätspotential aufweisen (die beispielsweise furniertauglich sind oder ähnliche Sortimente erzielen). Dies führt konzeptmässig weg von der bisher üblichen Behandlung der gesamten Bestockung hin zu einer Pflege des Einzelbaumes in einer Grundbestockung mit lediglich dienender Funktion. Dies bedeutet eine zweistufige Produktion, nämlich einerseits eine Konzentration der Kräfte auf die bestveranlagten Individuen und andererseits eine möglichst minimale Pflegeinvestition für den Rest der Bäume, denen ohnehin nur noch eine Begleitfunktion zukommt. Entsprechende Vorstellungen einer gezielten, lediglich auf Einzelbäume ausgerichteten Waldbehandlung sind schon bei eini-

gen unserer Nachbarn erkennbar, insbesondere in Frankreich, wo sich solche Konzepte zur Schaffung von Einzelbäumen im Kollektiv in der Praxis unter gewissen Voraussetzungen langsam durchsetzen.

Prinzipien der biologischen Rationalisierung

In einem nächsten Schritt sollen die Prinzipien der biologischen Rationalisierung dargelegt werden. Im wesentlichen handelt es sich um die Kombination zweier wichtiger Effekte, die zu biologisch gesteuerten, rationellen Leistungen und damit zur Erreichung der gewünschten Ziele mit einem kostengünstigen Input an lenkenden Massnahmen führen können. Diese zwei Effekte heissen einerseits *Naturautomation* und andererseits *Konzentrationsprinzip*.

Biologische Rationalisierung kann sowohl für ganze Produktionssysteme – in diesem Fall sprechen wir von systeminhärenter Rationalisierung (z.B. durch die Wahl des Plenterbetriebes als System) – wie auch nur für Teile davon (z.B. die Phase der Auslese) möglich sein. Unter dem Begriff Naturautomation verstehen wir die Ausnützung der natürlichen Selbststeuerungsmechanismen, wie z.B. die natürliche Selbsterneuerung (Naturverjüngung) oder die Selbstdifferenzierung. Naturautomation beruht auf dem Grundsatz, «der Natur möglichst viel, was sie für uns erledigt, zu überlassen und höchstens durch leichte Lenkungsmassnahmen korrigierend einzugreifen». Sinnvollerweise soll nur dort korrigiert werden, wo die Naturabläufe gegen unsere Ziele arbeiten. Unter Konzentrationsprinzip verstehen wir, unsere Ziele durch die Konzentration der Produktion oder der Massnahmen auf ein Minimum von Bäumen zu erreichen, d.h. uns nur auf jene Bäume zu beschränken, bei denen unsere Massnahmen genügend Wirkung zeigen.

Produktionssysteme mit einem hohen Potential an biologischer Rationalisierung

Auf der Ebene der Produktionssysteme gilt es, Waldstrukturen zu finden, die ein hohes Potential an Selbstdifferenzierung aufweisen. Um dies zu veranschaulichen, verwende ich das Beispiel eines interessanten Versuches von französischen Forschern. Im Jahre 1970 wurde in forêt d'Amance in der Nähe der forstlichen Versuchsanstalt von Nancy eine Fichtenkultur begründet, mit dem Ziel, intraspezifische Konkurrenzphänomene zu untersuchen. Nach einer Idee des bekannten Ertragskundlers Noël Décourt (Décourt, 1970) wurden dabei zwei Provenienzen mit sehr unterschiedlichem Wuchsverhalten, d.h. eine

hochleistungsfähige Tieflandprovenienz und eine langsamwüchsige Hochlagenherkunft, gemischt angebaut. Die Mischung wurde so angelegt, dass die Anteile der beiden Herkünfte kontinuierlich zu- bzw. abnehmen (siehe *Abbildung 2*). Mit der Zeit bildete sich so ein Bestand, aus dem die gutwachsenden Fichten um mehrere Meter herausragten und sich von den natürlicherweise zurückbleibenden Gebirgsfichten abhoben. Diese Struktur hat den Vorteil, dass die Konkurrenz weniger ausgeprägt ist und dass die langsamwachsenden Bäume gleichzeitig eine Umhüllung bilden, die für die Astreinigung und den Schutz des Bodens vorteilhaft ist. Durch diese künstlich erzeugte Strukturdifferenzierung erhalten die wuchskräftigen Fichten eine bessere Bekronung als in einer gleichförmigen Bestockung; sie bekommen dadurch auch eine bessere Stabilität und weisen zudem ein besseres Wachstum auf (*Dreyfus, 1990*).

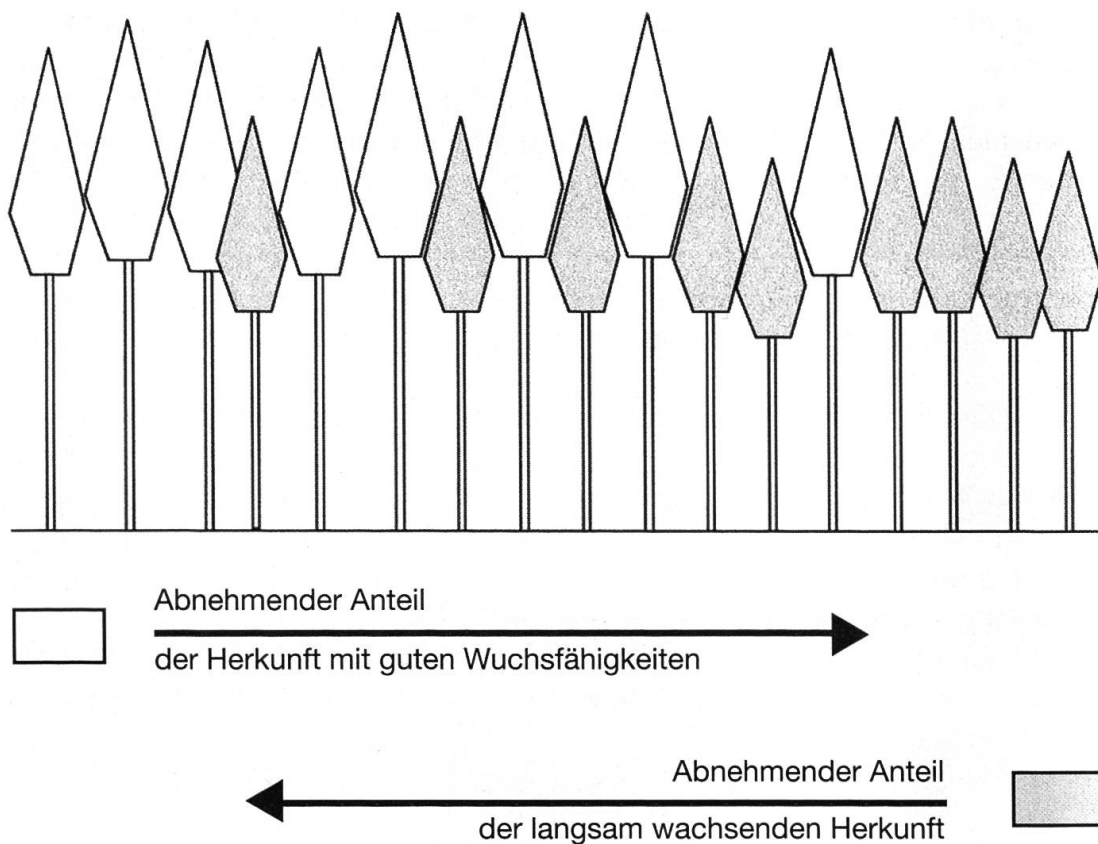


Abbildung 2. Klinale Versuchsanlage von *Décourt* (1970) zur Illustration einer künstlich erzeugten Bestandesdifferenzierung (Erläuterungen im Text). Freie Darstellung der Ergebnisse einer Mischung mit unterschiedlichen Anteilen von zwei Fichtenherkünften mit unterschiedlichem Wuchsgang. Aus: *Dreyfus* (1990).

Aus der Mischwaldforschung wissen wir, dass Ähnliches auch in richtig zusammengesetzten, feingemischten Bestockungen stattfinden kann. Bei der Einzelmischung Fichte/Buche beispielsweise profitieren die eingesprengten Fichten von der Beimischung der Buche und entwickeln so eine bessere Krone (Pretzsch, 1992), was – ähnlich wie im vorhergehenden Beispiel – Vorteile bezüglich Stabilität und Wuchsleistung hat (Flury, 1926; Burger, 1941; Kennel, 1965). Untersuchungen in Mischbestockungen aus Fichte und Bergahorn zeigen, dass die bessere Bekronung bei Fichte von der grösseren Lichtdurchlässigkeit des Bergahorns im winterlichen, laublosen Zustand herrührt (Schütz, 1989). Leider führt nicht jede Mischung zu solch günstigen Differenzierungen, weil die gemischten Arten mit unterschiedlicher Gestalt und unterschiedlichem Wettbewerbsverhalten naturgemäss auch Konkurrenz aufeinander ausüben. Diese ist sowohl im Wurzelwerk wie auch im Kronenraum nachweisbar (Schütz, 1994a). Immerhin gibt es einige Baumarten, die sehr interessante, günstige Auswirkungen auf ihre Nachbarn haben, weil sie entweder durch ihre lockere Krone genügend Licht durchlassen oder im Feinwurzelbereich nicht so exklusiv und herrschend sind wie andere. Wir nennen diese Baumarten, die eine kooperative Wirkung zeigen und ihre Nachbarn fördern können, Treibhölzer oder assoziative Baumarten. Als Beispiele seien Birke (Schütz, 1989), Vogelbeere und kleinblättrige Weiden genannt. Ihre Verwendung im Waldbau wird erst seit kurzer Zeit wieder in Betracht gezogen, und zwar mit dem Ziel, das Wachstum der Hauptbaumart gezielt zu steuern, ohne dadurch negative Folgen für die Schaftform zu erhalten oder mit der Absicht, die natürliche Walderneuerung günstig zu lenken (Leder, 1992). Die kontrollierte Anwendung solcher Baumarten verbindet mehrere Vorteile, in ähnlicher Art und Weise wie es Vorwaldsysteme tun, indem sie

- zu einer Reduktion der in der Regel zu hohen Anzahl Individuen in der frühen Jugendphase (d.h. Jungwuchs- und Dickungsphase) beitragen, was zum gewünschten Konzentrationseffekt führt;
- zu einer gewissen Differenzierung der Struktur beitragen;
- die Unterdrückung einer üppigen, konkurrenzierenden Bodenvegetation begünstigen;
- eine Art «Blitzableiterfunktion» gegenüber Schalenwildschäden (Verbiss und Fegge) ausüben.

Wir geben einer breiten Anwendung solch kontrollierter Vorbausysteme im Waldbau gute Zukunftschancen. Der ganze Kunstgriff besteht darin, die günstige Bestockungsdichte und die richtigen Mischungsverhältnisse zu finden, um die vorteilhaften Wirkungen zu optimieren und die Nachteile, wie beispielsweise zu starke Beschirmung, zu minimieren. An der Professur für Waldbau beschäftigen wir uns gegenwärtig intensiv mit der Erprobung solcher Vorbausysteme, insbesondere mit der Entwicklung billiger Begründungstechniken mittels Stecklingen und Wurzelstecklingen.

Das Plenterwaldmodell als ideales Beispiel für die biologische Rationalisierung

Das Plenterwaldmodell als Produktionskonzept kann als ideales Beispiel für die biologische Rationalisierung bezeichnet werden. Es verbindet die Vorteile der Selbststeuerung unter Ausnützung der natürlichen Erneuerung und des spontan aufwachsenden Nachwuchses in hoher Weise mit der gleichzeitigen Verwirklichung des Konzentrationsprinzips in mindestens zweifacher Hinsicht:

1. In der Jungwuchs- und Dickungsphase wird nur der minimal notwendige Nachwuchs gefördert, ausgehend von der mehr oder weniger überall vorhandenen (wenn auch nicht flächendeckenden) Verjüngung. Daraus ergibt sich die sehr kostengünstige Jungwaldpflege. Das Gleiche gilt sinngemäss für die Stangenholzphase. Weil in dieser Entwicklungsstufe die Stangen praktisch nur einzeln nachgezogen werden, sind im Plenterwald erheblich weniger Stammzahlen in diesen nutzungstechnisch ungünstigen, kostspieligen Dimensionen vorhanden – und zwar ein Drittel weniger – als im Altersklassenwald (*Abbildung 3*, nach *Schütz*, 1992).
2. Die Konzentration der Wertleistung auf wenige Starkhölzer.

Wenn das Plenterwaldmodell einmal funktioniert, benötigt es folglich weniger Massnahmen zur Steuerung der Produktion als bei der Kollektiv-erziehung notwendig sind. Die ganze Kunst liegt hier beim Versetzen der Bestockung in die ideale Strukturverfassung. Leider stellt sie sich nur unter ganz besonderen Umständen natürlich ein und hält sich ohne gezielte Eingriffe auch nicht auf Dauer, weil die natürliche Entwicklung wieder zur Gleichförmigkeit führt. Schliesslich verfügt das Plenterwaldmodell über eine besonders gute Produktionsökonomie, weil sich die Steuerung des Systems in idealer Weise mit Massnahmen der Ernte verbinden lässt, und weil die Steuerung des ganzen Systems im wesentlichen über die Lichtdosierung zur Regulierung der Nachwuchsverhältnisse geschehen kann.

Das Plenterwaldmodell ist nach wie vor das ideale Konzept für die grosse Mehrheit unserer Bergwälder im Verbreitungsgebiet der Koniferen-Mischwälder. Man muss sich allerdings im klaren sein, dass auch dieses Modell Nachteile und Grenzen hat. Dies zeigt sich schon daran, dass wir gesamtschweizerisch nur 8 % solcher Plenterbestockungen haben; im besten Fall, d. h. in den montanen Lagen und in Regionen mit Plentertradition, sind es nicht mehr als 25 bis 40 % (*Schütz*, 1994b; siehe *Tabelle 2*). Das Plentermodell hat folgende Nachteile:

- Das System ist, ausser in der subalpinen Stufe, nicht natürlich. Es benötigt grosse und dauernde Anstrengungen, bis es funktioniert.
- Es bietet wenig Möglichkeit für die maschinelle Rationalisierung (z. B. Einsatz des Vollernters).

Stem number / Stammzahl N/ha (log)

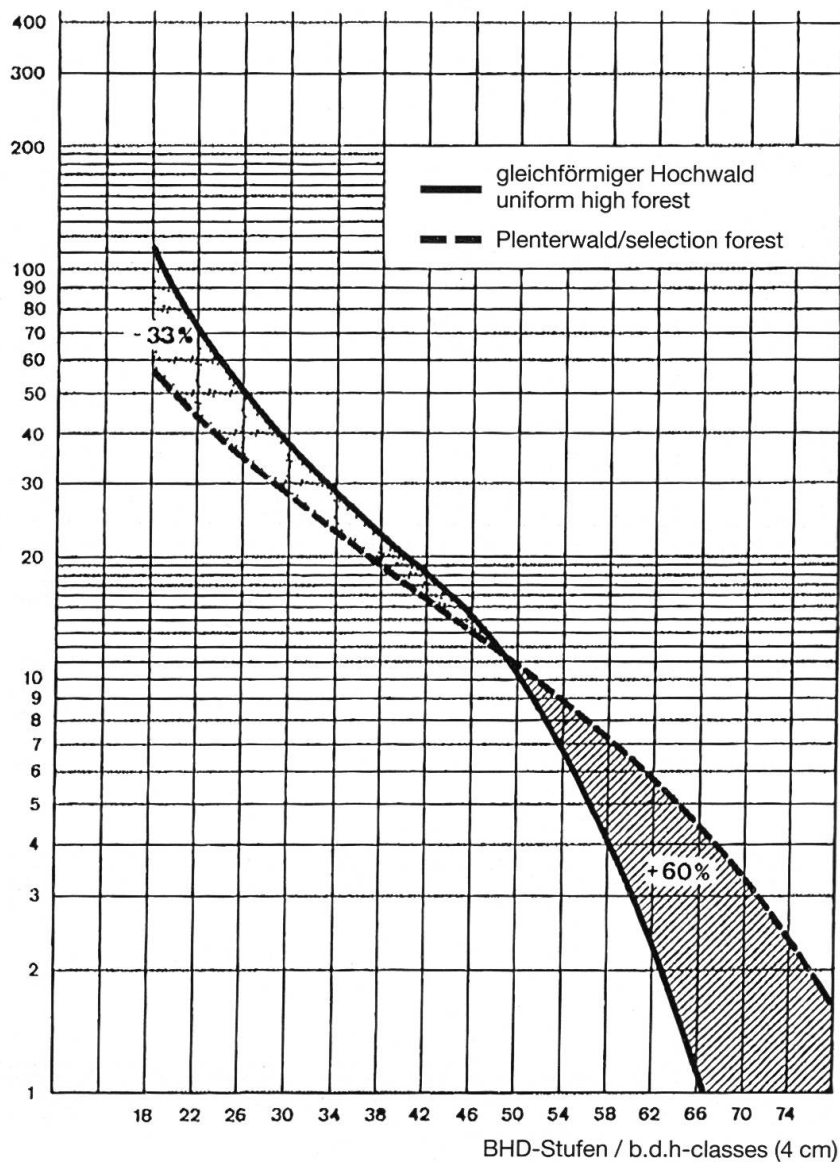


Abbildung 3. Stammzahlhaltung von Plenterwäldern gegenüber Altersklassenwald (beide Betriebe bei nachhaltigem Aufbau) nach Schütz (1975); in Schütz (1994b).

Standörtliche Voraussetzungen:

Plenterwald: Tannen-Fichten-Buchen-Plenterwald, Typ Couvet Nordhang (nach Schütz, 1975).
Gleichförmiger Hochwald: Nachhaltig aufgebautes Ertragstafelmodell für Fichte in der Schweiz (Bonität: 22 m H_{dom} im Alter 50).

- Es ist besonders stark durch die übermässigen Schalenwildbestände gefährdet (Eiberle und Wenger, 1983).
- Auf Standorten mit Verunkrautungstendenzen bietet der Nachwuchs Schwierigkeiten.

- Das Modell eignet sich nicht für Bestockungen mit einem hohen Anteil an Laubhölzern, weil für das Aufkommen des notwendigen Nachwuchses eine starke Reduktion der Vorratsverhältnisse notwendig ist, was die Wertleistung und Holzqualität erheblich einschränkt (Schütz, 1992).

Tabelle 2. Anteile plenterartig aufgebauter Wälder in der Schweiz nach Höhenlagen und Regionen, in Prozent der bestockten Waldfläche.

Bezugsregion	Höhenstufe kollin und submontan %	Höhenstufe untere montan %	Höhenstufe obere montan %	Höhenstufe subalpin %	Total %
Schweiz	1,9	4,9	11,8	14,8	8,4
Nach Regionen:					
Jura	0,7	4,4	14,2	16,4	6,5
Mittelland	1,4	3,3	5,0	3,7	2,0
Voralpen	6,5	7,4	12,5	13,9	10,8
Alpen	5,7	6,2	12,2	15,7	12,8
Regionen mit Plentertradition:					
Kanton NE	–	18,5	25,9	25,0	20,6
Emmental	20,7	28,9	38,7	26,1	32,5

Gemäss: LFI Sonderauswertung; Brändli (1992).

Versuche, die Vorteile des Plenterwaldmodells und seine interessanten Prinzipien auf andere Baumarten als Tanne, Fichte und eventuell Buche zu übertragen, sind bisher grösstenteils gescheitert. Die Vorteile der Schatten-erziehung wären bei Föhre und Buche an sich anwendbar, allerdings mit der Einschränkung, dass im Falle der Föhre die Stabilität bei der Erziehung im Schatten problematisch wird. Bei der Buche ist die Tatsache zu berücksichtigen, dass sie bei langer Schattenerziehung die Fähigkeit verliert, eine durchgehende Schaftachse zu bilden, während sie bei zuviel Licht eine schlechte Kronenform und Klebäste entwickelt. Die hohen Schalenwildbestände, welche leider zur Zeit fast überall waldbaulich bestimmend sind, verleiten uns eher zur Förderung von Verjüngungssystemen mit guter Lichtzufuhr, d.h. Systeme mit raschem Verjüngungsfortschritt, damit die Verjüngung die Verbisszone möglichst rasch durchwächst.

Biologische Rationalisierung im Falle der Kollektiverziehung

Nach diesem Exkurs über das nach wie vor bedeutsame Plenterwaldmodell müssen wir uns mit den Bestockungen mit horizontalem Schluss aus-

einandersetzen. Diese Bestände machen immerhin mehr als 90% unserer jetzigen Wälder aus und bilden dementsprechend das «Gros» für unsere waldbauliche Tätigkeit. Im Gegensatz zur perfekten Individualisierung der Produktion im Plenterwaldmodell, haben wir es in diesem Fall mit einer Kollektivproduktion zu tun, selbst wenn wir kleinflächig und dezentral verjüngen und die Prinzipien der Mischwälder anwenden. Für diese flächenweise verjüngten Wälder gelten andere Gesetzmässigkeiten: *Die Bäume verbleiben stets in enger seitlicher Nachbarschaft; sie bilden eine Wettbewerbsgemeinschaft.*

Abgesehen von der Phase der Walderneuerung, die wir weiter unten näher betrachten werden, haben praktisch alle waldbaulichen Eingriffe in der sogenannten Erziehungsphase (vom Jungwuchs bis zum Baumholz) den Zweck, diesen Wettbewerb zu steuern. Damit verbunden ist die zentrale Idee der Auslese, welche sich, im Sinne einer optimalen Wertvermehrung, auf die potentiell bestveranlagten Elemente der Bestockung konzentriert. Im Sinne der Naturautomation wäre es ideal, Bestockungsstrukturen zu finden, die sich möglichst selbst differenzieren, und in denen sich die qualitativ besten automatisch durchsetzen würden. Leider führt die natürliche Entwicklung nicht zu diesem Ideal, weil die Natur erstens zur Gleichförmigkeit tendiert, was zur Verstärkung des Wettbewerbes führt, und weil sie zweitens sehr selten die qualitativ besten Bäume bevorzugt, so dass diese den Wettbewerb ohne Hilfe gewinnen könnten.

Bedeutung der Durchforstungseingriffe

Bis heute haben wir mit Durchforstungseingriffen versucht, diesen Drang der Natur zielentsprechend zu korrigieren. Solange es möglich war, das Durchforstungsmaterial mehr oder weniger kostendeckend zu verwerten, funktionierte dieses System auch zufriedenstellend.

Tabelle 3. Aufteilung der Kosten der Waldpflege im Forstbetrieb. Gemäss Arbeitsstatistik des Lehrreviers der ETH Zürich, Revier Albisriederberg, Durchschnitt der Jahre 1991 bis 1994.

<i>Kostenrubrik Waldpflege</i>	<i>%</i>
Jungwuchspflege	16
Dickungspflege	11
Stangenholzpflge	66
Wertastung	7

Die wuchssteuernden Durchforstungseingriffe machen in einem Forstbetrieb, der hohe Anforderungen an die Pflegequalität stellt, wie etwa das Revier Albisriederberg des Lehrwaldes der ETH Zürich, den weitaus grössten Teil der pflegerischen Massnahmen aus. Unsere Kontrolle der Aufwendungen für die Waldpflege in den letzten Jahren zeigt, dass rund zwei Drittel der

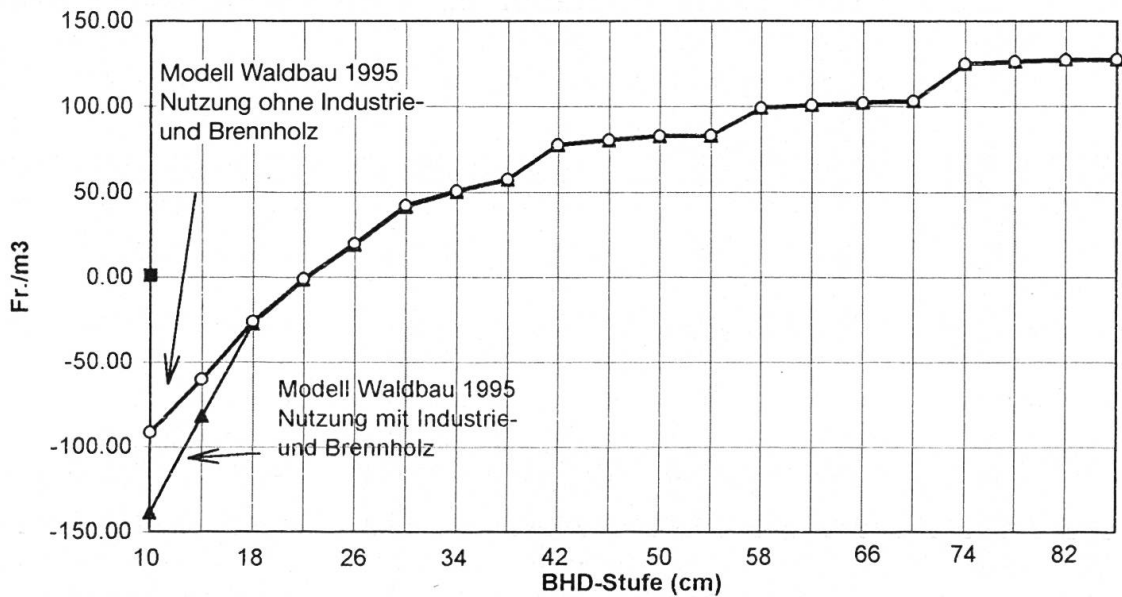
Kosten der ersten Produktionsstufe bei Durchforstungseingriffen in Stangenhölzern anfallen (siehe *Tabelle 3*). Demgegenüber fallen die Kosten für eine Massnahme wie die Wertastung, die notabene bei Totasterhaltern wie Fichte, Tanne, Douglasie, Föhre und Kirsche systematisch ausgeführt wird, mit nur 7% kaum ins Gewicht. Weil Astung als die wirksamste Massnahme für die Wertvermehrung zu betrachten ist, ist sie kaum wegzurationalisieren. Die Durchforstungen in Stangenhölzern sind hingegen ein massgebender Kostenfaktor im Forstbetrieb. Ursachen dafür sind einerseits die hohe Arbeitsintensität des Eingriffes und andererseits der schlechte Kostendeckungsbeitrag bei der Verwertung der Durchforstungsprodukte. Betrachten wir die erntekostenfreien Erlöse (siehe Werttarif der Professur für Waldbau für Fichte und Buche, *Abbildung 4*), so liegt die Grenze für die Deckung der Erntekosten durch den erzielbaren Verkaufserlös heute bei einem BHD von 26 cm bei der Fichte und sogar bei 36 cm BHD bei der Buche, sofern wir von der konventionellen Arbeitstechnik ausgehen (motormanuelle Holzerei und Holztransport im Bestand in kurzer Form mit Transporter). Der steile Verlauf der Tarifikurven unterhalb der Kostendeckungsgrenze zeigt die erheblichen Kosten (z.B. um Fr. 50.– pro m³ für eine 16 cm dicke Fichte), welche eine solche Pflege in schwachen Stangenhölzern verursacht. Kosteneinsparungen durch Liegenlassen der meisten Industrie- und Brennholzsortimente sowie der Einsatz eines Forwarders für den Transport im Bestand (neues Modell) haben wenig Einfluss auf die Kostendeckungsgrenze (nur 4 cm bei Fichte respektive 2 cm bei Buche). Aufgrund dieser Betrachtung muss man sich ernstlich fragen, ob solch teure Eingriffe noch zu rechtfertigen sind und ob es nicht sinnvoller wäre, die aktiven Durchforstungseingriffe auf später zu verschieben, wenn die Kostendeckung annähernd erreicht ist.

Ein weiterer Schritt in der gleichen Denkrichtung konnte sein, die ausscheidenden Bäume nur abzuschneiden und stehenzulassen, oder sie allenfalls leicht schräg zu stellen, so dass sie später unter der Schneelast und der Schwerkraft irgendwann von selbst zu Boden fallen. Experimente in dieser Richtung zeigen, dass dies, zumindest unmittelbar nach dem Eingriff (siehe *Abbildung 5*), zu ungewöhnlichen Waldbildern führt, an welche wir uns und vor allem auch das erholungssuchende Publikum wohl oder übel zuerst gewöhnen müssten.

Gezielte Kontrolle der Vitalität von stehenden Bäumen

Bisher kaum erforscht sind Methoden, die gezielt die Wuchskraft von Konkurrenten vermindern und so die Ausleseebäume indirekt fördern. Sobald letztere genügend Wuchsvorsprung haben, können sie sich gegenüber den zurückbleibenden Konkurrenten selbst behaupten. Dabei geht es um etwas Ähnliches wie im erwähnten französischen Versuch von Décourt. Es ist Auf-

WERTTARIF FICHTE



WERTTARIF BUCHE

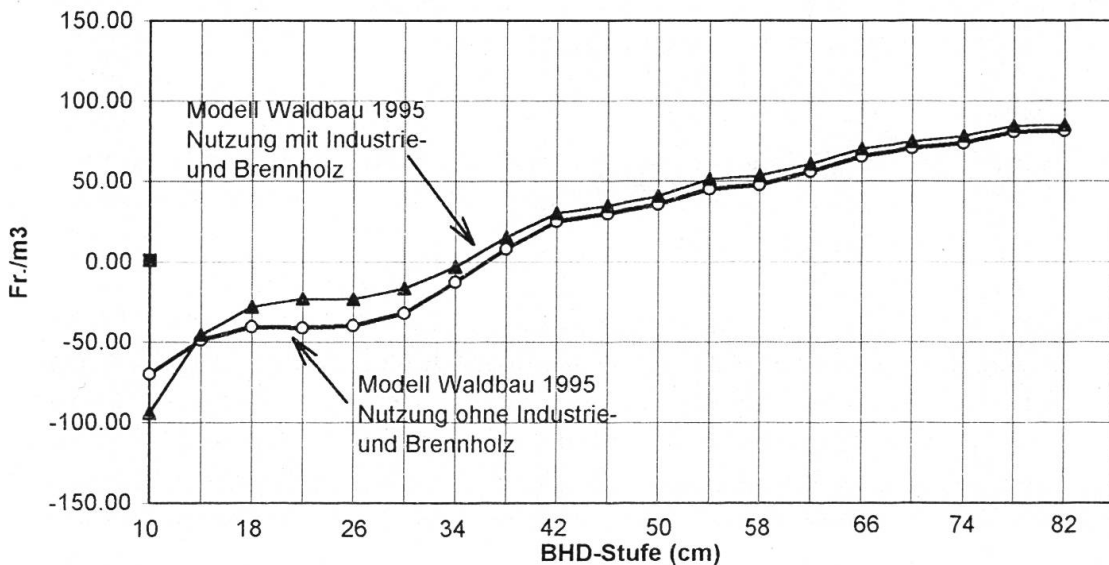


Abbildung 4. Werttarife 1994 der Professur für Waldbau. Erntekostenfreie Erlöse pro BHD-Stufen (Preis-Kosten-Basis 1994), mit und ohne Liegenlassen der Industrie- bzw. Brennholzsortimente.
Nach Good (1995).

gabe der Forschung herauszufinden, ob es mit einfachen Eingriffen möglich ist, in dieser Weise auf das Wachstum der Bäume einzuwirken. Eingriffe in das Wasser- und Nährstoffleitsystem der Bäume, wie beispielsweise durch Ringeln, Strangulieren oder durch andere einfache bzw. günstige Massnahmen,



Abbildung 5.
Stangenholzpflge: die
auszuscheidenden Bäume
werden nur abgeschnitten
und stehengelassen.
Ausgeführt in Abteilung 1
des Lehrreviers der ETH
Zürich, im Winter 1993/94.

könnten zu dieser gezielten Bestandesdifferenzierung führen, was selbstverständlich ohne Einsatz von chemischen Mitteln erfolgen muss. Solche Möglichkeiten sind denkbar für Pflegeeingriffe, die sehr früh (Ende Dickung bis Anfang Stangenholz) durchgeführt werden müssen und nicht auf später verschoben werden können. Ein im Jahre 1994 begonnener Grossversuch an unserer Professur soll die Grenzen und die Probleme dieser völlig neuen Konzeption der Bestandesdifferenzierung und der Ausformung aufzeigen helfen. Ideal wäre es, Methoden zu finden, die nicht zum Tode der behandelten Konkurrenten, sondern nur zur Dämpfung ihrer Wuchskraft führen würden. Ein solches Konzept hätte den Vorteil, dass mit einem einzigen Eingriff alle Konkurrenten (d. h. 5 bis 6 pro Auslesebaum) gleichzeitig behandelt werden könn-

ten, weil durch diese Devitalisierung keine schockartige Wirkung – wie dies bei der Entnahme von Bäumen der Fall ist – sondern eine langsame, progressive Abnahme der Konkurrenz resultieren würde. Solche einmaligen Massnahmen zur Differenzierung könnten eventuell sogar bis zum Produktionsende wirksam bleiben. Damit hätten wir ein Produktionssystem ohne Durchforstungen, mit einem einzigen Eingriff. Sicher ist es jetzt noch verfrüht, über die Zukunft solcher Methoden zu diskutieren, weil noch viele Probleme ungelöst sind, aber Experimente sollten durchaus gewagt werden.

Das Konzentrationsprinzip und die optimale Auslese

Wie vorgängig festgestellt wurde, stellt die Kontrolle des Wettbewerbes und die frühzeitige Auslese in einschichtigen Bestockungen einen der grössten Kostenfaktoren bei der Wertholzerzeugung dar. Damit stehen nicht nur die Eingriffsart, der optimale Zeitpunkt für die Erstdurchforstung und der Eingriffsturnus zur Diskussion, sondern ebenso auch die Frage, wieviel Bäume wir mit grossem und kostspieligem Arbeitseinsatz fördern wollen. Es geht also um die Frage, ob die Auslese auf diejenige Anzahl Bäume, die am Ende der Produktion vermutlich noch vorhanden sein wird (die sogenannte Endstammzahl), beschränkt werden kann oder ob wir ein Mehrfaches davon als notwendige Reserve benötigen.

Die Pflegekonzepte, die in der Praxis angewendet werden, sind von zwei Prinzipien geprägt, deren Richtigkeit wir heute zum Teil hinterfragen müssen:

1. Der Bestand wird als Ganzes betrachtet, in welchem alle Bäume mehr oder weniger die gleichen Chancen besitzen und ungefähr gleich behandelt werden. Dieser Vorstellung liegt auch der Gedanke zugrunde, dass stets der ganze Raum für die Produktion ausgenützt werden soll, bzw. dass keine brachliegenden Flächen vorkommen dürfen. Diese Annahmen müssen in Zukunft differenzierter betrachtet werden.
2. Abgesehen von der unbestrittenen Wirkung der phänotypischen Auslese, die sehr früh erfolgen muss (in der Dickung-Stangenholzstufe), um erfolgreich und effizient zu sein, bezwecken unsere Pflegeeingriffe im wesentlichen die Lenkung des individuellen Zuwachses und die Steuerung der Produktion in optimalen Zeiträumen. In diesem Zusammenhang muss über die Bedeutung der Zeit als Kostenfaktor nachgedacht und diskutiert werden.

Die Vorteile kräftiger Durchforstungseingriffe in jungen Bestockungen werden ertragskundlich damit begründet, dass rein rechnerisch ein grösserer Wertzuwachs pro Zeiteinheit entsteht, weil der Erntedurchmesser früher erreicht wird. Diese Betrachtung gilt nur unter der Voraussetzung, dass die

Zeit als ein wichtiger Kostenfaktor zu betrachten ist. Dieses Axiom hinsichtlich der Bedeutung der Zeit kann man aber in Frage stellen, weil im Wald der Produktionsapparat selbsttätig funktioniert und er – im Gegensatz zu industriellen Produktionsapparaten – keinen monetären Input benötigt und wenig Kosten für den Unterhalt und die Amortisation der Infrastruktur verursacht. Nicht die Produktion an sich, sondern nur die Steuerung für die Wertvermehrung verursacht Arbeitskosten. Wenn wir uns von der Vorstellung lösen, dass Zeit etwas kostet, dann kommen wir auf eine ganz andere Konzeption unserer Durchforstungstätigkeit. Statt mit kostspieliger Arbeit die Pflege nach der biologisch optimalen Wirkung auszurichten, können wir sie in der nicht kostendeckenden Phase der Durchforstung auf das Notwendigste reduzieren, beispielsweise indem wir lediglich sicherstellen, dass die Ausleseebäume im Bestandeskollektiv ohne Qualitätseinbusse überleben, damit die notwendige Auslesebasis erhalten bleibt. Wie Beobachtungen von nie gepflegten Stangenhölzern zeigen – als Beispiel sei auf eine unbehandelte Eschendickung im Totalwaldreservat Girstel am Uetliberg verwiesen (*Abbildung 6*) – stellt sich eine natürliche Selbstdifferenzierung durchaus von selbst ein, ohne dass die Stabilität dabei gefährdet ist. Bei den in der Stabilität stärker gefährdeten Baumarten, im wesentlichen bei Koniferen (Fichte, Föhre), sollten diese minimalen Eingriffe etwas kräftiger sein. Erst wenn die Bestockung stärkere Dimensionen erreicht hat (im Bereich der Kostendeckungsgrenze), kann wie bisher mit den waldbaulich wie biologisch wünschbaren, kräftigen Eingriffen zur Kronenpflege begonnen werden. Konzepte mit differenzierten, auf die optimale Kostenwirksamkeit hin ausgerichteten, minimalen Pflegeeingriffen setzen aber Kenntnisse über die vertretbaren Risiken sowie über die Reaktion der Bestände auf verspätete Eingriffe voraus. Schliesslich müssen auch die Verletzungsgefahr durch die späte Entnahme von Bäumen sowie deren gravierende, perverse Folgen (Ernteschäden, Entwertung durch Fäule) mitberücksichtigt werden.

Die Frage bezüglich der Anzahl Ausleseebäume stellt sich vor allem in den stammzahlreichen Entwicklungsstufen, namentlich in der Dichtung und im Stangenholz, da in dieser Phase viele Möglichkeiten für die Auslese bestehen. Dies ist im übrigen auch die Phase, in der die Auslese stattfinden sollte, weil getroffene Massnahmen in dieser Entwicklungsphase die grösste Wirkung zeigen. Zur Anzahl Ausleseebäume, die begünstigt werden sollen, kann man wie folgt argumentieren: Es lohnt sich nicht, Bäume zu fördern, die nicht ein ausgezeichnetes Qualitätspotential aufweisen, und die folglich nicht in der Lage sind, eine hohe Wertschöpfung zu erzielen. Bei krummen, sperrigen, mittelmässigen, aber auch bei zuwachsschwachen Bäumen lohnen sich arbeitsintensive Pflegeaufwendungen daher nicht. Das gleiche gilt für Bäume, welche nicht bis zur Hiebsreife stehen bleiben. Konsequenterweise lohnt es sich nur, so viele Bäume zu pflegen, wie maximal im Endbestand übrig bleiben werden. Bei vollständiger Berücksichtigung der Multifunktionalität kann die Anzahl

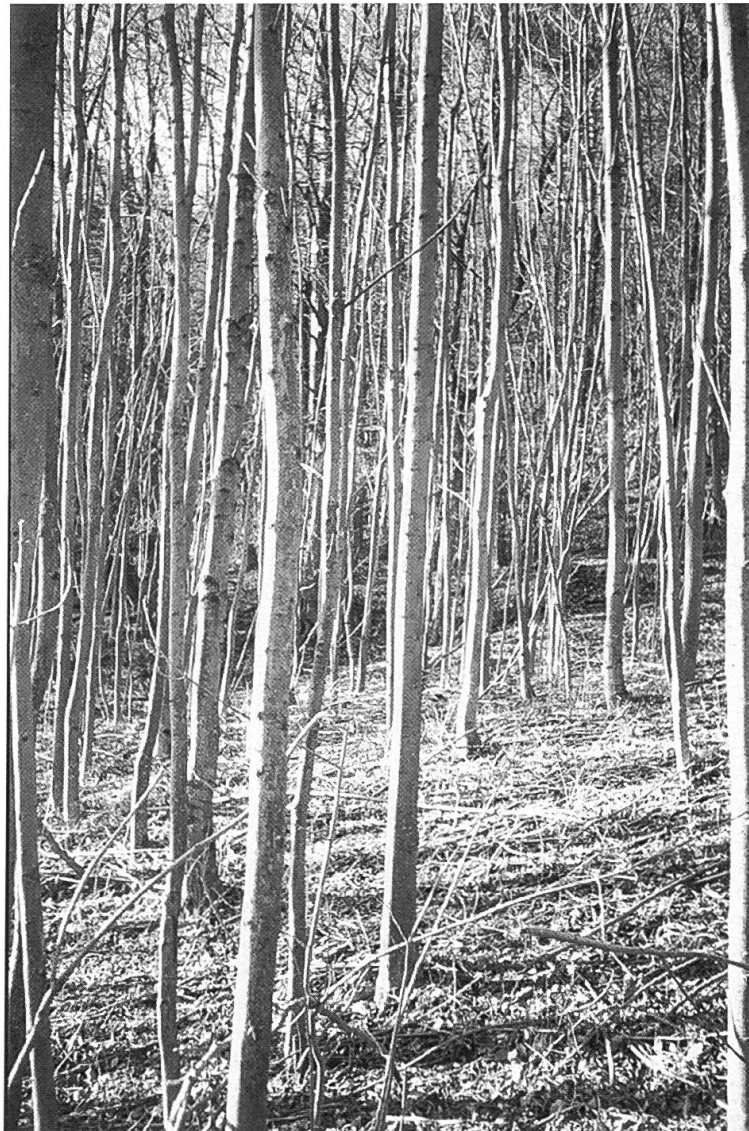


Abbildung 6.
Bisher nie gepflegtes
Eschen-Stangenholz im
Reservat Girstel der
Professur Waldbau.
Alter: rund 30 Jahre.

an ausgewählten Bäumen sogar kleiner sein als diejenige, die für eine optimale Qualitätsholzproduktion im Endbestand notwendig ist, damit auch andere, ökologisch und ästhetisch wertvolle Arten eine Chance haben, in der Bestockung mitzuhalten.

Bei diesem Konzept der frühzeitigen Auslese und Förderung der besten Bäume in der Endverteilung muss auch die Frage diskutiert werden, wann die definitive Auslese erfolgen soll: Wir haben schon mehrmals betont, dass eine effiziente Auslese sehr früh getroffen werden soll, je nach Baumart schon in der Dickungsphase, spätestens aber in der schwachen Stangenholzstufe. Dabei muss jedoch deutlich nach Baumarten differenziert werden, insbesondere nach ihrer Fähigkeit, eine durchgehende Schaftachse bilden zu können. Bei Laubholzarten, bei denen nicht alle Individuen eine gute Schaftachse bilden,

sondern nur jener Anteil mit einer guten genetischen Veranlagung, soll die Auslese früh erfolgen, d. h. in der Dickungsstufe. Dies gilt vor allem für sympodiale Baumarten (Buche, Eiche, Linde, Ulme), bei welchen die gut veranlagten Individuen und ihre Eigenschaften (z. B. die Wipfelschäftigkeit) schon bei Oberhöhen ab 4 bis 5 m zu erkennen sind (siehe *Abbildung 7*). Bei Baumarten, die ein hohes Risiko zur Verzweiselung durch Schädigung der Endknospe (sogenannte traumatische Zwiesel) aufweisen, wie Esche, Ahorn, Roteiche oder Douglasie, ist die Auslese erst erfolgreich, wenn eine Schaftachse von 8 bis 10 m ausgebildet ist, also in der schwachen Stangenholzstufe. Bei Koniferen fallen die Vorteile einer frühen Auslese weniger stark ins Gewicht, da sie eher aufgrund der Wuchseigenschaften erfolgt. Dafür sind hier die Stabilitätseigenschaften massgebend. Bei dieser Gruppe können, sofern die Stabilität nicht gefährdet ist, die Erstdurchforstungen etwas hinausgeschoben werden, allerdings wegen der Ernteschäden auch nicht allzu lange.

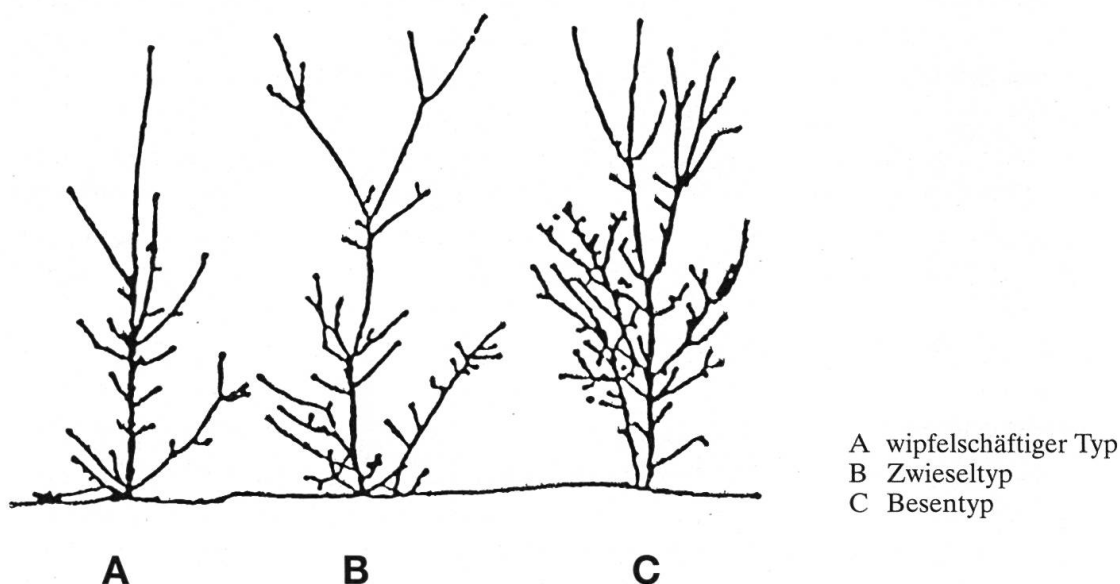


Abbildung 7. Die Verzweigungs- bzw. Schaftformen bei zu sympodischem Wuchs neigenden Baumarten, am Beispiel der Eiche.
Nach Krahel-Urban (1959).

Den bisherigen Pflegekonzepten lag die Vorstellung zugrunde, dass in der Dickung ganze Kollektive gepflegt werden müssten. Einerseits deshalb, weil im Sinne der Risikoverteilung eine grösstmögliche Reserve herausgearbeitet werden sollte, andererseits weil die Eigenschaften der Ausleseebäume noch nicht genügend ausgeprägt seien. Diese Vorstellung wurde durch die grundlegenden Arbeiten von Leibundgut (1976) klar widerlegt. Die Vorteile einer sehr frühen positiven Auslese wurden mehrfach nachgewiesen. Weil Dickun-

gen, insbesondere jene aus Naturverjüngung, sehr stammzahlreich sein können, ist eine solche Kollektivpflege sehr zeitraubend. Als Rationalisierungsmöglichkeit kann bei der Auslese durchaus nach dem Prinzip «zeitliche statt räumliche Reservehaltung» vorgegangen werden. Dabei konzentriert man sich nur auf die minimale Anzahl an Kandidaten, die man in der Schlussverteilung haben will und fördert nur dieses Kollektiv von 100 bis 250 Individuen pro Hektare (siehe *Tabelle 4*). Selbstverständlich greift man bei der Auslese positiv ein. Die Stärke der Eingriffe soll lediglich so sein, dass sich die Ausleseebäume gegenüber ihren Nachbarn bis zum nächsten Eingriff in der Oberschicht behaupten können. Gegenüber der heute gültigen Konzeption, bei welcher die Bäume etwa im vorletzten Abstand ausgelesen werden, ergibt sich bei der Konzentration der Eingriffe auf die Bäume im Endabstand ein erhebliches Sparpotential an Arbeitszeit, da bei dreimal weniger Bäumen eingegriffen werden muss. Natürlich besteht die Gefahr, dass früh ausgewählte Bäume sich teilweise nicht bewähren oder ausscheiden. Aber statt wie bisher dieses Risiko mit einer grossen Anzahl von Reservebäumen auszuschalten, kann man bei späteren Eingriffen prüfen, ob die Geförderten noch immer den Anforderungen entsprechen und in den wenigen Fällen, wo dies nicht der Fall ist, sorgt man für Ersatz in der nächsten Umgebung innerhalb der gleichen Zelle. Die Eingriffsstärke in der Dickungsphase soll also relativ schwach sein. Es geht nur darum, den Ausleseebäumen genügend Platz zu verschaffen, damit sie sich in der Oberschicht halten können. Die grösste Schwierigkeit dieses Konzeptes dürfte darin bestehen, unsere Mitarbeiter so umzuschulen, dass sie bei der Pflege wirklich nur das Notwendigste entfernen. Der Erfolg hängt zudem stark von der Qualität der Auslese ab, was hochqualifiziertes Forstpersonal voraussetzt.

Zusammengefasst unterscheiden sich die hier präsentierten Vorstellungen in zweifacher Hinsicht von den bisher gültigen Konzepten: einerseits in der Anzahl der Ausleseebäume bei den ersten Eingriffen und andererseits im Zeitpunkt, in dem die Kronenpflege erfolgt. Dieser Zeitpunkt wird mit Rücksicht auf einen hohen Kostendeckungsbeitrag durch den Verkauf der Durchforstungsprodukte hinausgeschoben. Die Überlegungen zur Anzahl der Ausleseebäume sind als definitiv zu betrachten, hingegen ist die Frage des Zeitpunktes der Kronenpflege von ökonomischen Randbedingungen abhängig. Vom Standpunkt des Waldwachstums aus ist sie nämlich nur «suboptimal», denn die bisherige Art und Weise der relativ frühen Kronenpflege, möglichst ab der Stangenholzstufe, ist und bleibt die biologisch günstigste. Dies wird künftig aber nur dann wieder möglich werden, wenn es gelingt, das Durchforstungsmaterial als edlen Rohstoff besser zu verwerten. Wir haben deshalb ein grosses Interesse daran, dass den neuen Technologien, die Prof. Gehri zur Aufwertung der Schwachhölzer als Baumaterial für die Holzkonstruktion entwickelt, Erfolg beschieden ist. Hier ist eine breite Unterstützung gefragt und nicht nur Lippenbekenntnisse!

Tabelle 4. Anzustrebende Endstammzahl für eine optimale Bestandeswertentwicklung gemäss heutiger Vorstellung (nach Schütz, 1990).

Baumarten	Endstammzahl (N/ha)	entspr. mittlerer Abstand (m)*
Fichte/Tanne	250	7
Föhre	200	8
Lärche	130	9,5
Buche, Esche, Bergahorn	150	9
Eiche	100	11
Douglasie	150	9

* bei einer Dreiecksverteilung, siehe Schütz (1987).

Kommentar zu Tabelle 4: Diese Zahlen sind aus vielen ertragskundlichen, langfristigen Forschungsarbeiten abgeleitet (siehe Referenzen in Schütz, 1990). Sie geben optimale Bestandesstrukturen für eine optimale Wertentwicklung ganzer Bestände wieder, unter Berücksichtigung der dafür notwendigen Durchforstungspolitik (d.h. Stärke und Folgen) und der entsprechenden Kronenausformungen. Diese Zahlen gelten nur als Richtgrössen. Bei einer vermehrt baumweisen Betrachtung sind die Qualitätseigenschaften massgebender als die Abstände zwischen den Bäumen. Beim Vorliegen ausgezeichneter Qualitäten dürfen die Ausleseebäume zum Teil erheblich von diesen Richtwerten abweichen. Sofern ein Minimalabstand von 4 m nicht unterschritten wird, sind keine holztechnologisch relevanten Nachteile zu erwarten (Korpel et al., 1965).

Rationalisierungsmöglichkeiten bei der Bestandenerneuerung

Zunächst soll die Frage der Verjüngungsart, d.h. die Wahl zwischen Naturverjüngung oder Kunstverjüngung, und anschliessend das Problem der Verjüngungstechnik diskutiert werden.

Es entspricht einer recht verbreiteten Auffassung, dass die Förderung der Naturverjüngung zu einer der effizientesten Massnahmen der Naturautomation gehört. So klar ist diese Aussage in Wirklichkeit nicht. Es ist richtig, dass die natürliche Bestandenerneuerung nichts kostet und deshalb kurzfristig betrachtet in der Kosten-/Nutzen-Analyse vorteilhaft abschneidet. Abgesehen von der Notwendigkeit, die Verjüngung mittels differenzierter, mehrfacher Hiebsfolge in Gang zu bringen, müssen noch weitere negative Aspekte berücksichtigt werden. Die waldbaulichen Zielvorgaben werden mit Naturverjüngung oftmals nicht erfüllt, insbesondere

- ist die Zusammensetzung der Bestockung bezüglich Struktur, Baumartenmischung und Dichte zumeist nicht ideal, weshalb korrigierende Massnahmen, wie z.B. eine Mischungsregulierung, unabdingbar sind;
- ist die Anzahl der jungen Pflanzen meistens übermässig hoch. Es ist deshalb notwendig, früher als bei Kulturen eine Erdünnerung vorzunehmen. Dies verursacht Mehrkosten, welche ungefähr in der Grössenordnung liegen, die durch die natürliche Erneuerung gegenüber Kulturen eingespart werden (Burschel und Huss, 1987).

Echte biologische Rationalisierungen im Falle der Naturverjüngung finden also nur statt, wenn die Naturverjüngung in Kombination mit Massnahmen zur Reduzierung der Pflanzenzahlen erfolgt, z.B. durch Schirmstellung oder auch mittels Vorbausystemen.

In diesem Sinne hat die Kunstverjüngung immer noch Zukunft, und sei es nur wegen der Baumartendiversität oder für die Anlage von selbstdifferenzierenden Mischungen im vorerwähnten Sinne. Im Gegensatz zu bisherigen Vorstellungen muss eine Kultur nicht notwendigerweise flächendeckend angelegt werden. Aus Kostengründen wird man eher und vorzugsweise – im Sinne einer Anreicherung – wertvolle Baumarten in relativ weiten Abständen, bei Laubholzarten allenfalls truppweise, in eine bestehende Naturansamung einbringen. Bedingung dabei ist die richtige Wahl der Provenienzen und die Verwendung von genetisch einwandfreiem Pflanzenmaterial.

Trotzdem wird man in Zukunft im wesentlichen die Prinzipien der Naturverjüngung anwenden, am besten unter Verwendung von Waldbautechniken, die den Altholzschirm ausnützen. Die klassische Technik der dezentralen Verjüngung in Lochstellung, bekannt unter dem Begriff Schweizerischer Femelschlagbetrieb, behält nach wie vor seine Gültigkeit. Angesichts der Wildschäden wird man tendenziell etwas raschere Fortschritte bevorzugen, um Kosten für Einzäunungen zu sparen. Wo überwucherndes Unkraut die Ansamung verhindert, z.B. bei flächendeckendem Brombeerwuchs, soll mit kontrollierten Vorbausystemen gearbeitet werden. Durch Beschattung eines Vorbaus aus assoziativen Treibholzarten kann die unerwünschte Vegetation derart unterdrückt werden, dass sich eine natürliche Ansamung einstellen kann, auch wenn dies 20 oder mehr Jahre dauern sollte. Zeit kostet nichts! Treibhölzer helfen zudem mit, die Stammzahlen in der Dichtung tief zu halten, ohne dass damit notwendigerweise eine Qualitätseinbusse verbunden ist (*Leder*, 1992). Die Verwendung der Pioniervegetation in Anlehnung an die natürliche Sukzession bringt darüber hinaus grosse ökologische Vorteile mit sich.

Werden aus Kostengründen bei Verjüngungsschlägen weniger Sortimentemente genutzt, so entsteht durch den zusätzlichen Anfall von Schlagabraum ein neues Problem, insbesondere auch deshalb, weil aus lufthygienischen Gründen dessen Verbrennung immer mehr verpönt ist. Am besten lässt man den Kronenabraum ohne allzu starke Entastung einfach liegen, bis er vermodert (diese Zeit kostet nichts!). Der Vorteil liegt darin, dass dadurch die ohnehin zu dicht aufkommende Naturverjüngung von selbst reduziert wird und dass gleichzeitig ein Schutz gegen das Wild entsteht. Die Begründung eines lockeren Vorbausystems kann unter Umständen helfen, günstige Bedingungen für das Vermodern des Abraums bzw. für das Entstehen einer neuen Ansamung zu schaffen.

Auf das Entfernen der konkurrenzierenden Bodenvegetation in freigestellten Verjüngungsflächen kann man nach unserem Dafürhalten weitgehend verzichten. Bei einer vorhandenen Ansamung setzen sich die Forstpflanzen

auch ohne Pflege von selber durch, und dies viel besser, als wir uns gemeinhin vorstellen. Nur in Extremfällen kann eine übermässige Entwicklung der Konkurrenzvegetation die Ansamung bzw. die Verjüngung verhindern. Sogar der Pestwurz in montanen Lagen wirkt nach neuen Erkenntnissen eher günstig auf die Ansamung (*Diaci*, 1995), falls er sich nicht allzu dicht entwickelt, was mittels Lichtdosierung gesteuert werden kann. *Burschel* und Mitarbeiter (1993) haben im bekannten Bergmischwaldversuch in Bayern, im pflanzensoziologischen Bereich der Tannen-Buchen-Wälder gezeigt, dass die Entfernung der Adventivvegetation im Rahmen der Jungwuchspflege bei keiner der vorhandenen Baumarten, wie Buche, Ahorn, Fichte und Tanne, zu besseren Resultaten geführt hätte, als keine Pflege, ausser bei der Douglasie. In der Phase des Jungwuchses bleibt hingegen die Mischungsregulierung die überhaupt wichtigste Massnahme für eine waldbaulich sinnvolle Gestaltung einer Bestockung. Wir glauben nicht an die Vorteile von maschinell eröffneten Pflegegassen, wie sie hie und da aus Frankreich übernommen werden. Hat die Ansamung einmal Fuss gefasst, so entwickelt sie sich derart stark und schnell, dass solche Pflegegassen immer wieder neu geöffnet werden müssen. Abgesehen davon, erfordert die Anlage solcher Gassen zunächst eine flächendeckende Schlagräumung sowie andere kostspielige Massnahmen, wie etwa das Abschneiden der Stöcke usw. Überdies entfällt der Vorteil einer solchen Massnahme, wenn wir uns bei der Dickungspflege auf wenige hundert Auslese-bäume beschränken.

Schlussfolgerungen

Wie eingangs erläutert, sollte es bei diesen Darstellungen nicht darum gehen, pfannenfertige Lösungen zu präsentieren, sondern Gedankenwege und Ideen zu entwickeln, die helfen können, die Kosten etwas besser in den Griff zu bekommen.

Sollten diese Ausführungen als revolutionär verstanden werden, dann wäre dies eine völlig falsche Interpretation. Die präsentierten Lösungen stellen die Prinzipien des naturnahen Qualitätswaldbaus überhaupt nicht in Frage. Im Gegenteil, es werden lediglich altbewährte Vorstellungen bei der Umsetzung in Frage gestellt, Vorstellungen, die wir aus der Tradition übernommen haben und die wir uns heute vielfach nicht mehr leisten können.

Wichtig ist vor allem, dass eine effiziente Waldpflege in Zukunft in vermehrtem Masse differenzierterer Lösungen bedarf. Dies setzt seitens des ausführenden Forstpersonals eine hohe Beobachtungsgabe, Entscheidungskompetenz und selbstverständlich entsprechende Qualifikationen voraus.

Damit ist der Kreis geschlossen: Oberstes Ziel der biologischen Rationalisierung ist, hochqualifizierte Arbeitsplätze und funktionstüchtige Betriebe zu erhalten.

Zusammenfassung

Die ständig steigenden Kosten der schweizerischen Forstbetriebe und der gleichzeitige Rückgang der finanziellen Erträge aus dem Holzverkauf führen unausweichlich zu defizitären Betriebsergebnissen. Als Beitrag zur dringend erforderlichen Sanierung der Forstbetriebe werden Möglichkeiten für eine sogenannte biologische Rationalisierung diskutiert. Unter diesem Begriff werden sowohl Rationalisierungsmöglichkeiten auf Ebene der Produktionskonzepte als auch Möglichkeiten zur Verbesserung einzelner Waldbaumassnahmen verstanden. Ziel ist das Überleben der Betriebe und die Erhaltung qualifizierter und kompetenter Fachleute, bis eines Tages die bislang nicht bezahlten Leistungen des Waldes gerechter honoriert werden.

Als erstes werden die Prinzipien der biologischen Rationalisierung dargestellt. Diese basieren auf zwei komplementären Elementen: Einerseits auf dem Prinzip der sogenannten biologischen Automation, d.h. der Ausnützung der natürlichen Produktionskräfte, indem man der Natur alles überlässt, was zielkonform ist, andererseits auf dem Prinzip der Konzentration auf das Wesentliche, damit eine hohe Holzwertschöpfung erzielt werden kann. Das Ganze wird im Rahmen übergeordneter Produktionsziele unter Berücksichtigung der nach wie vor hohen Bedeutung der Wertholzproduktion dargestellt. Im Gegensatz zu den bisherigen Waldbaukonzepten wird eine bessere Trennung zwischen potentiellen Wertholzträgern eines Bestandes und jenen Bäumen, welchen nur eine Begleitfunktion zukommt, angestrebt. Dadurch entstehen modulierte, zweistufige Waldbaukonzepte, wo einerseits ein hoher Input an Pflege zur Förderung einer begrenzten Anzahl von Wertträgern erfolgt, andererseits beim restlichen Teil der Bäume minimale Pflegeinvestitionen getätigt werden.

Die Prinzipien der biologischen Automation werden an Beispielen von Systemen mit hoher Selbsterhaltung und Selbstdifferenzierung veranschaulicht. Diese Systeme können naturnah sein (wie bei der Plenterung), aber auch künstlich erzeugt werden, etwa durch Beimischung von Treibholzarten, die vorteilhaft auf ihre Nachbarn einwirken, d.h. einen kooperativen Einfluss ausüben. Das Ganze basiert auf dem Prinzip, dass Zeit als Produktionsfaktor nichts kostet; dies im Gegensatz zu den bisher angewandten betriebswirtschaftlichen Kalkulationsgrundsätzen.

Im traditionellen Waldbau sind die Pflegemassnahmen in der ersten Produktionsstufe (Jungwaldpflege und Erstdurchforstungen) einer der Hauptfaktoren für hohe Investitionskosten, die nicht mehr durch den Verkauf von Holzprodukten abgedeckt sind. Gerade in diesem Bereich ist die Rationalisierung interessant, nebst Rationalisierungsmöglichkeiten im Bereich der Walderneuerung.

Jungwuchs- und Dickungspflege sind für die rechtzeitige, zielentsprechende Gestaltung der Bestockungen notwendig. Sie beruhen weitgehend auf einem phänotypischen oder auch waldbaulichen Ausleseeffekt. Das Konzentrationsprinzip wird durch eine grösstmögliche Reduzierung der Anzahl Zielbäume erreicht. Dies geschieht entweder durch Erziehung am Schatten, unter Schirm der Altbestockung oder durch einen künstlich erstellten Vorbau mit Pionierbaumarten. Die Eingriffe erfolgen nicht mehr flächig, sondern konzentriert in einem stark reduzierten Kollektiv von Zielbäumen (ungefähre Anzahl wie in der Endverteilung). Eventuelle Ausfälle werden nicht mehr räumlich wie bisher, sondern zeitlich kompensiert.

Zur Durchforstung werden Überlegungen zur zeitlichen Staffelung der Eingriffe zur Kronenausformung und Konkurrenzregelung bis hin zu jener Entwicklungsstufe

angestellt, wo die Baudimensionen Holzerträge mit gutem Kostendeckungsgrad zulassen. Zur Zeit liegt die Grenze kostendeckender Durchforstungen bei etwa 25 cm BHD für die Fichte und 35 cm BHD für die Buche. Mit weiteren, weniger konventionellen Methoden soll eine Strukturdifferenzierung der Bestände durch Beeinflussung des Wuchsganges der Bäume erreicht werden. Diese Methoden müssen allerdings noch erprobt werden, bevor sie in die Praxis umgesetzt werden können.

Bei der Bestandenerneuerung wird oftmals die Verwendung der Naturverjüngung als Rationalisierungsmassnahme erwogen, indes werden die Kostenvorteile dieser Methode meistens überschätzt, da die Natur selten optimale Zielbestockungen produziert. Die Pflanzung wird zur Schaffung strukturfördernder günstiger Mischungen und zur Förderung der Artenvielfalt beibehalten. In Zukunft wird aber eher punktuell und im Sinne einer Anreicherung gepflanzt anstatt wie bisher flächendeckend.

Résumé

Importances et possibilités de rationalisations biologiques dans la gestion forestière

L'évolution des coûts dans l'économie forestière suisse, parallèlement à une détérioration constante des rentrées financières de la vente des bois concourent depuis quelques années à conduire de plus en plus inéluctablement les résultats d'exploitation dans la zone déficitaire. On s'interroge sur les possibilités de rationalisations biologiques, c'est-à-dire qui portent d'une part sur les principes mêmes de la production et d'autre part sur sa conduite par les interventions culturales qu'il est pensable de mettre en œuvre pour maintenir à flot les entreprises forestières. Il s'agit également et surtout de conserver une main d'œuvre qualifiée et compétente, en attendant des jours meilleurs, c'est-à-dire que les prestations impondérables de la forêt soient plus justement honorées.

Les principes de rationalisations biologiques sont d'abord présentés et illustrés. Ils portent sur deux domaines, d'une part l'utilisation des propriétés d'automation biologique, c'est-à-dire de l'utilisation des forces naturelles de production qui consiste à laisser faire à la nature tout ce qui est conforme aux objectifs, et d'autre part sur le principe de portée générale de la concentration sur l'essentiel, c'est-à-dire des mesures destinées à produire une haute valeur ajoutée de la production de bois. Le tout s'interprète sur le filigrane général des objectifs de production et notamment de l'intérêt de continuer à viser une production de bois de haute valeur. La différence par rapport aux concepts valables jusqu'à présent est qu'il conviendra de mieux dissocier entre les éléments d'un peuplement susceptibles de fournir une haute valeur et le reste des arbres dont la fonction est essentiellement d'accompagner et d'entourer les meilleurs. On arrive donc à proposer un concept de production modulée (à deux niveaux) où on investit sur une forte valeur ajoutée d'un nombre relativement petit d'éléments de valeur et pour le reste on minimise les intrants de production et ceci dans le même peuplement.

Les principes de l'automation biologique sont illustrés à l'exemple de systèmes à bonne autosuffisance et autodifférenciation. Ils peuvent être proche de la nature (p. ex. le système jardiné) mais aussi construits artificiellement en utilisant les avantages de

mélanges associatifs, c'est-à-dire constitués d'essences exerçant un effet bénéfique sur leurs voisins avec un effet de coopération. Le tout s'inscrit dans le cadre du principe que le temps ne coûte rien à la production, un axiome jusqu'à présent déterminant des calculs de productivité.

Dans la sylviculture traditionnelle, un des facteurs de coûts principaux est constitué par les interventions éducatives non couvertes par la vente de produits qui constitue le premier niveau de production. Il s'agit des soins culturaux et premières éclaircies. C'est dans ce domaine que des rationalisations biologiques intéressantes apparaissent possibles, à côté du domaine de la technique de renouvellement des peuplements. Les premières interventions (soins aux recrûs et fourrés) sont nécessaires à la constitution de massifs conformes aux objectifs et utilisent l'effet d'amélioration par sélection phénotypique ou sylvicole. L'effet de concentration dans ce domaine consiste à réduire le nombre des individus sur lesquels portent les interventions, soit globalement, en utilisant les techniques d'éducation sous couvert de l'ancien peuplement ou nouvellement constitué (écran pionnier), soit en concentrant les efforts sur un nombre très restreint d'individus (à distribution finale) que l'on entend favoriser, au lieu de travailler sur l'ensemble d'un collectif. Le principe de réserve est garanti par la substitution, au fur et à mesure des nécessités, en cas de défection, au lieu d'élaborer comme aujourd'hui un nombre pléthorique de réservistes dans l'espace.

Pour les opérations d'éclaircie, il s'agit d'envisager de repousser les premières interventions de conformation des houppiers et de régulation de la croissance jusqu'au moment où les dimensions des arbres assurent une couverture favorable des coûts d'intervention. Actuellement la limite d'exploitation couvrant les coûts se situe vers 25 cm de dhp pour l'épicéa et 35 cm de dhp pour le hêtre. D'autres méthodes moins conventionnelles, consistant à garantir une différenciation des peuplements par contrôle de la vigueur, peuvent se concevoir, mais nécessitent d'être mises au point.

Au niveau du renouvellement des peuplements, le recours à la régénération naturelle est souvent envisagé mais on surestime trop souvent les économies que cela permet. La plantation reste envisageable pour la constitution de mélanges favorables, à bonne autodifférenciation et également en intervention ponctuelle d'enrichissement pour garantir une meilleure diversité d'espèces.

Summary

The importance and possibilities of biological rationalisation in forest management

The spiralling costs in Swiss forest economy have been accompanied for some years by a steady depreciation of income from the sale of wood. This divergence has led to more and more inescapable results of exploitation in a deficient sector. Questions have surfaced on the possibility of biological rationalisation which, on the one hand, concern the actual principles of production and, on the other, deal with the possibility of cultural intervention to keep forest enterprises above water. Above all it is a matter of preserving a qualified and competent workforce while waiting for better days – a time when the social functions of the forest will be more justly retributed.

Firstly, we present and illustrate the principles of biological rationalisation. These concern two areas: one is the utilisation of biological automation properties, that is to say, the utilisation of natural forces of production which consists of letting nature do its job as far as this conforms to the objectives. The second area is concentrating on the essentials, that is basically on measures aimed at the production of wood with high added value. The whole is embedded in the general frame of production objectives and especially with the aim of high valued production. The difference between this concept and those which have been developed up until the present is that it is better suited to distinguish between two parts of a stand likely to yield a high value product and the rest of the trees, whose function is essentially to accompany and to surround the best. We therefore arrive at a proposal for an adjusted concept of production (on two levels) where strong added value to a relatively small number of worthy individuals is invested in, and for the rest the input costs of production are minimised, and both are applied to one and the same stand.

The principles of biological automation are illustrated with the example of systems with good autosufficiency and autodifferentiation. They can be close to nature (e.g. the selection system) or they can be artificially constructed and use the advantages of associative mixtures, that is to say be made up of species which exercise a beneficial effect on their neighbours with cooperative results. This fits into the principle framework that time costs nothing compared to production – a determining axiom up to the present day when calculating productivity.

In traditional silviculture one of the main cost factors is caused by tending intervention (young-growth tending and first thinning) which is not covered by the sale of products and which represents the first level of production. It is in this area that interesting biological rationalisation appears possible, together with technique of regeneration.

The first interventions (juvenile spacing and tending in thickets) are necessary for the formation of stands conforming to the objectives. They use the effect of the improvement by phenotypical or silvicultural selection. Concentration effect in this area results from a reduction in the number of individuals on which intervention will be effective, whether globally by using the educational techniques under cover of an old population or newly formed (pioneer screen) or by concentrating efforts on a very restrained number of individuals (on the distribution) instead of working on the collective as a whole. The reservist principle is guaranteed by substitution, in time necessary to cover cases of defection, instead of developing, as is done nowadays, a plethora of reservists in space.

For thinning operations, it is a case of delaying first interventions on crown conformation and on growth regulation until the moment where the dimensions of trees cover the cost. This is somewhere around 25 cm dbh for spruce and 35 cm dbh for beech. Other, less conventional, methods consist in guaranteeing a differentiation of populations by controlling vigour – but which has to be improved before proposed in practice.

As to the renewal of populations, the interest in natural regeneration is generally acknowledged, but the benefits that can be gained with this method are very often overestimated. Plantation remains valid for the constitution of a favourably balanced mixture with good autodifferentiation as well as selective enrichment in order to guarantee a better diversity of species.

Translation: *Angela Rast*

Literatur

- Amstutz, U. (1994): Wie steht es mit der Rendite der Gebirgsforstbetriebe? In: Forum f. Wissen 1994. Eidg. Forsch. Anst. Wald, Schnee und Landsch.: 39–44.
- Brändli, U.-B. (1992): Schweizerisches Landesforstinventar 1992. Spezialauswertung vom 6. März 1992, 13. März 1992 und 3. Juli 1992. Forschungsanst. WSL Birmensdorf. Persönl. schriftl. Mitt.
- Burger, H. (1941): Beitrag zur Frage der reinen oder gemischten Bestände. Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Versuchswes. 22: 164–203.
- Burschel, P., Huss, J. (1987): Grundriss des Waldbaus. Ein Leitfaden für Studium und Praxis. Parey Studentexte 49. Parey, Hamburg, Berlin, 352 S.
- Burschel, P., Binder, F. (1993): Bodenvegetation – Verjüngung – Waldschäden. Allg. Forstz. 48: 216–223.
- Burschel, P. (1993): Gefordert sind Forst- und Holzpartie, denn nichts geht ohne sie! Allg. Forstz. 48: 717–720.
- Burschel, P., Weber, M., Dehrmann, T., Künstle, K. (1993): Wald und Holz als Kohlenstoffspeicher. Standpunkt (Siemens) 6, 1: 27–30.
- Décourt, N. (1970): Utilisation des dispositifs clinaux pour l'étude de la compétition dans les peuplements forestiers. Vè colloque d'écologie, 12–14 mars 1970, EWS, Paris, INRA Centre de recherches de Nancy, Station sylvic. et prod., Document interne No 70–71.
- Diaci, D. (1995): Experimentelle Felduntersuchungen zur Naturverjüngung künstlicher Fichtenwälder auf Tannen-Buchenwaldstandorten (*Homogyno sylvestris-Fagetum*) in den Savinja-Alpen (Slowenien) mit besonderer Berücksichtigung der Ansamlungsphase und unter dem Einfluss der Faktoren Licht, Vegetation, Humus und Kleinsäuger. Diss. ETH-Z, Zürich 1995. 169 S.
- Dreyfus, P. (1990): Interaction génotype-densité et compétition dans un dispositif clinal d'épicéa commun. Ann. Sci. For. 47: 1–16.
- Eiberle, K., Wenger, C.-A. (1983): Zur Bedeutung der forstlichen Betriebsart für das Reh. Schweiz. Z. Forstwes. 134: 191–206.
- Flury, Ph. (1926): Über Zuwachs und Ertrag reiner und gemischter Bestände. Schweiz. Z. Forstwes. 77: 337–342.
- Good, E. (1995): Werttarifmodelle. Interner Bericht der Professur für Waldbau der ETH-Z, 40 S.
- Kennel, R. (1965): Untersuchungen über die Leistung von Fichte und Buche im Rein- und Mischbestand. Allg. Forst. u. J. Ztg. 136: 149–161, 173–189.
- Korpel, S., Vins, B. (1965): Pestovanie jedle, Slovensko Vydavatel'stvo Podohospodarskej, Bratislava, 340 S.
- Krahl-Urban, J. (1955): Die Eichen: Forstliche Monographie der Traubeneiche und der Stieleiche. Parey, Hamburg, Berlin.
- Leder, B. (1992): Weichlaubhölzer. Verjüngungsökologie, Jugendwachstum und Bedeutung in Jungbeständen der Hauptbaumarten Buche und Eiche. Schriftenr. Forstverw. Nordr.-Westfalen. Sonderband, Zimmermann, Balve, 413 S.
- Leibundgut, H. (1976): Grundlage der Jungwaldpflege. Ergebnisse zwanzigjähriger Untersuchungen über die Vorgänge der Ausscheidung, Umsetzung und Qualitätsentwicklung in jungen Eichenbeständen. Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Versuchswes. 52, 4: 311–371.
- Pretzsch, H. (1992): Modellierung der Kronenkonkurrenz von Fichte und Buche in Rein- und Mischbeständen. Allg. Forst. u. J.-Ztg. 163: 203–213.
- Schütz, J.-Ph. (1987): Zur Auswahl der Ausleseebäume in der schweizerischen Auslesedurchforstung. Schweiz. Z. Forstwes. 138: 1037–1053.
- Schütz, J.-Ph. (1989): Zum Problem der Konkurrenz in Mischbeständen. Schweiz. Z. Forstwes. 140: 1069–1083.
- Schütz, J.-Ph. (1990): Sylviculture 1. Principes d'éducation des forêts. Presses polytechniques et Univ. Romandes, Lausanne, 243 S.
- Schütz, J.-Ph. (1992): Die waldbaulichen Formen und die Grenzen der Plenterung mit Laubbaumarten. Schweiz. Z. Forstwes. 143: 442–460.
- Schütz, J.-Ph. (1994a): Waldbauliche Behandlungsgrundsätze in Mischbeständen. Schweiz. Z. Forstwes. 145: 389–399.

Schütz, J.-Ph. (1994b): Geschichtlicher Hergang und aktuelle Bedeutung der Plenterung in Europa.
Allg. Forst- u. J.-Ztg. 165: 106–114.

Die Berichte über die Diskussion im Anschluss ans Referat werden als Anhang zu diesem Aufsatz publiziert.

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

Anhang

Berichte über die an den Vortrag anschliessende und in drei Gruppen geführte Diskussion

- Arbeitsgruppe 1:* Thema «Massnahmen bei der Walderneuerung»
Moderation: P. Rotach, Professur für Waldbau
Berichterstattung: D. Graber, Professur für Waldbau
- Arbeitsgruppe 2:* Thema «Rationalisierungsmöglichkeiten in der Jung-
wuchs- und Dickungsphase»
Moderation: H.-U. Bucher, Professur für Waldbau
P.F. Raymond, Inspecteur des forêts, Sainte-Croix
Berichterstattung: P. Brang, Professur für Waldbau
- Arbeitsgruppe 3:* Thema «Erziehungs- und Durchforstungskonzepte»
Moderation: J.-Ph. Schütz, Professur für Waldbau
Berichterstattung: J.-F. Matter, Professur für Waldbau