

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

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 156 (2005)

Heft: 6

Artikel: Intensität der Waldpflege und Baumartendiversität im Wald - oder : Naturautomation contra Entmischung

Autor: Schütz, Jean-Philippe

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1098047>

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: 01.05.2026

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

Intensität der Waldpflege und Baumartendiversität im Wald – oder: Naturautomation contra Entmischung

JEAN-PHILIPPE SCHÜTZ

Keywords: Outmixing; interspecific competition; biological rationalisation; gaps; irregular shelterwood. FDK 181 : 23 : 24

Einleitung

Die dramatische Verschlechterung der Ertragslage im Segment der Holzproduktion hat viele Forstbetriebe, welche nicht rechtzeitig drastische Massnahmen zur Reduktion der Kosten getroffen haben, in eine finanzielle Schieflage, ja sogar in einen Überlebenskampf gebracht. Andererseits ist das Interesse für ethische und ästhetische Leistungen im Wald derart gestiegen, dass die Erfüllung solcher Anforderungen in den Waldbehandlungskonzepten heute unumgänglich ist. So entstanden heftige Diskussionen um die Notwendigkeit der Funktionalisierung (euphemistische Bezeichnung für Funktionstrennung) oder um die Chancen einer echten Multifunktionalität. Diese setzt als Prinzip, den Wald so zu gestalten, dass die Erfüllung aller Funktionen grundsätzlich möglich ist, auch wenn diese differenziert, je nach Lage und Ziele, ausfallen. Unser naturnaher Waldbaugedanke fusst seit Förstergenerationen auf dem Prinzip der Multifunktionalität. Die Naturnähe stellt den Weg zum Ziel dar – wie im Namen selbst geprägt. Dies gilt auch dann, wenn die Multifunktionalität am Anfang des 20. Jahrhunderts eine etwas andere Kombination der Funktionen anstrebte als heute. So erbrachte der Schweizer Waldbau seit Generationen eine Ethik der Waldbehandlung bzw. -nutzung, welche zur Schaffung vielfältig zusammengesetzter, meistens strukturierter, standortangepasster Waldbestände führte. Diese erhebliche Leistung zur Erfüllung von heute gefragten, publikumsfreundlichen Waldstrukturen und günstigen Lebensstätten für Tiere und Pflanzen, wird (leider) nicht immer unserer Waldbaulehre und Waldwirtschaft zuerkannt.

Ob es noch möglich ist, in der jetzigen Ertragsituation diese sinnvolle Kombination unterschiedlicher Anforderungen weiter zu erfüllen, ist eine sehr berechtigte und ernste Frage der forstlichen Modernität. Grossflächige, monokulturartig zusammengesetzte Wälder und grossmaschinelle Behandlung erfüllen dies bestimmt nicht, und somit fallen solche Lösungen vordergründig ausser Betracht. Dagegen gibt es eine Fülle von Rationalisierungsmöglichkeiten, um die forstliche Ertragslage ins Lot zu bringen. Erhebliches Potenzial liegt dabei bei den so genannten biologischen Rationalisierungen (SCHÜTZ 1996, 1999, 2003; AMMANN 2004). Sie haben gegenüber anderen Formen der Rationalisierungen den grossen Vorteil, die Naturnähe keineswegs einschränken zu müssen. Abgesehen davon müssen in einem Land, wo selbst im Mittelland nur 55% der Wälder den Grossmaschinen zugänglich sind – im Schweizer Durchschnitt sind es 32% (HOFER *et al.* 2000), für die Waldpflege andere Wege als der Harvestereinsatz gesucht werden.

Biologische Rationalisierungen fundieren auf dem Prinzip der Naturautomation, welche möglichst viel der Selbstentwicklung der Natur überlässt. Es impliziert darüber hinaus, dass man sich mit dem begnügt, was natürlicherweise aufwächst und sich selbst erhält (so genanntes opportunes Vorgehen). Die Naturautomation, kombiniert mit dem Prinzip situativer Eingriffe, lässt sich bei einer Konzentration auf das Wesentliche sehr rationell umsetzen. Situative Eingriffe bedeuten, nur den geringen nützlichen Teil der Individuen mit Wertschöpfungspotenzial bzw. mit dem Potenzial, sich selbst durchzusetzen, zu fördern. So erlauben biologische Rationali-

sierungen eine Kostenreduktion um das zehnfache oder sogar mehr der bisherigen Pflegekonzepte (SCHÜTZ 2005; AMMANN 2004).

Opportunes Vorgehen könnte aber zur Reduktion der Baumarten- und Strukturvielfalt führen. Dies lassen die Erkenntnisse der natürlichen Entwicklungstendenzen in den Urwäldern erwarten (KORPEL' 1995). Diesbezüglich als Referenz für unser Land und für mittlere Höhenlagen (bis 900 m ü.M.) gelten im Wesentlichen reine Buchenwälder. Die praktisch flächendeckend bestehende Kartierung der potenziellen Vegetation (pflanzensoziologische Karten) zeigt, dass Buchenformationen weitestgehend dominieren. Sie machen z.B. 93% der Waldfläche in einem typischen Mittellandkanton wie dem Aargau aus (FINANZDEPARTEMENT DES KANTONS AARGAU 2002) bzw. 79% im Schweizer Durchschnitt für Höhenlagen bis 900 m ü.M. (KUHN 1998). Davon entfällt auf eutrophe Buchenwälder (des *Eu-Fagions*) der Hauptanteil, z.B. im Kanton Aargau 89% (Schweiz: 66%).

Welche genauen Konsequenzen der opportune, kostengünstige Waldbau hat, hängt einerseits ab von der Frage, wie die soziale Selbstdifferenzierung in Beständen läuft. Dies ist heute einigermaßen abschätzbar (AMMANN 2004) und legitimiert sehr situative (d.h. nur um etwa 100 Z-Bäume) kostengünstige Behandlungskonzepte (AMMANN 2005, SCHÜTZ 2005). Eine weniger evidente Frage im Falle von Mischbeständen ist zu wissen, wie die vorhandenen Baumarten sich gegenseitig verhalten bzw. ertragen, ja sogar verdrängen: Das heisst, ob die interspezifische, soziale Differenzierung anders verläuft als die intraspezifische und beispielsweise zur Ausmerzungen von Baumarten führt. Mit einer aus Kostengründen gezielten Reduktion der Waldpflege auf das strikte Minimum (d.h. derzeit praktisch nichts tun bis Ende der Stangenholzstufe; Bestandeshöhe etwa 20 m), wird diese Frage relevant. Sie soll hier anhand der Beobachtung der natürlichen Entwicklung in einer feingemischten Naturverjüngung in Kleinlochstellung (Versuchsfläche Unteraffoltern am Albis) erörtert werden.

Zukünftig relevante Baumarten

Auf repräsentativen Standorten in mittleren Höhenlagen der eutrophen Buchenformationen kommen Edellaubbaumarten wie Esche und vielleicht auch Bergahorn eine neue Bedeutung zu. Sie lassen sich nicht nur relativ einfach auf natürlichem Weg verjüngen – vorausgesetzt die Lichtdosierung stimmt –, sie profitieren auch von der allgemeinen Eutrophierung der Standorte infolge anthropogen bedingter Lufteinträge und weisen hervorragende technologische Eigenschaften auf, welche sie zu Holzveredelungsprodukten mit hoher Wertschöpfung prädestinieren. Die Ergebnisse des Schweizerischen Landesforstinventars 1993 bis 1995 zeigen, dass im Mittelland Esche und Ahorn 30% der Baumartenvertretung bei den jüngeren Altersklassen (Dickungen, BHD 4 bis 10 cm) ausmachen, gegenüber 28% Buche und 27% Fichte/Tanne (BRASSEL & BRÄNDLI 1999). In den noch jüngeren Entwicklungsstufen (Jungwüchse) ist der Anteil mit 46% noch grösser. Auch in der Grossregion Jura machen Esche und Ahorn 26% in Dickungen

und 42% in Jungwüchsen aus. So darf man diese Baumarten als Zukunftsträger unseres Produktionswaldes überhaupt einschätzen.

Esche und Bergahorn sind in ihrem waldbaulichen Verhalten und ihrem Wachstum nicht nur eher wenig bekannt, sie zeichnen sich gegenüber den klassischen Baumarten Buche oder Fichte auch mit einem zum Teil unterschiedlichen Wuchsgang aus. So zeigt NÜSSLEIN (1995) bei der Analyse der Mischungen in Nordbayern, dass die Esche nach einer raschen Höhenentwicklung in der Jugend (bis etwa im Alter 40) deutlich nachlässt (Abbildung 1) und von der durchschlagskräftigeren Buche dank gutem Kronenexpansionsvermögen später im Wachstum eingeholt werden kann.

Bei der Analyse des Wuchsverhaltens ist daher die frühe Entwicklung entsprechend zu berücksichtigen. Auch die Probleme des interspezifischen Verhaltens sind sehr früh zu analysieren. Bezüglich Verjüngung gehören Esche wie Ahorn zu den lichtbedürftigen Baumarten, auch wenn sie in sehr frühen

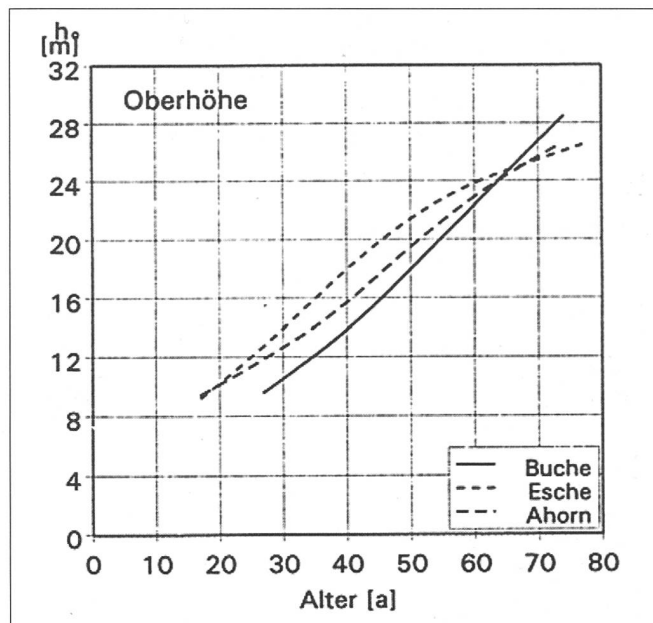


Abbildung 1: Oberhöhenentwicklung von Esche, Bergahorn und Buche in Mischbeständen in Nordbayern (nach NÜSSLEIN 1995).

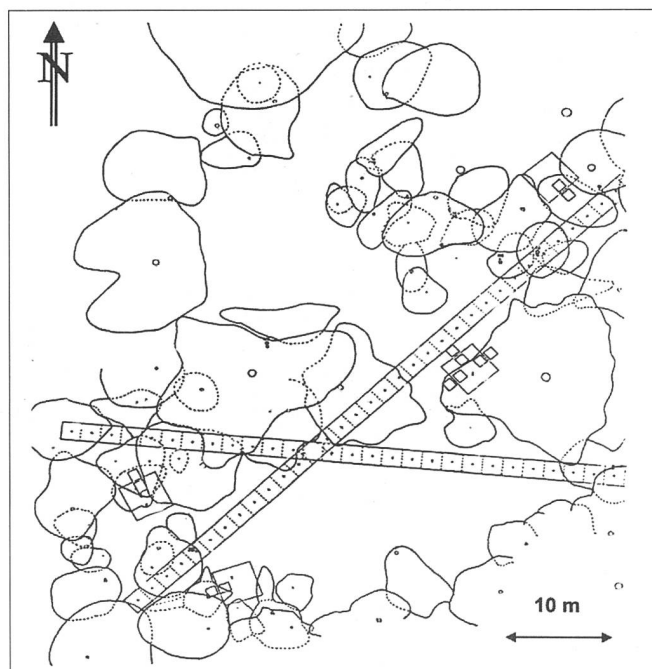


Abbildung 2: Versuchsanlage im Lochverjüngungsversuch Affoltern am Albis.

Stadien (Ansamung und Jungwuchs) als noch etwas tolerant gelten. Die geeignete Technik für Naturverjüngung dieser lichtbedürftigen Baumarten ist die Femelverjüngung, weil die Lückenstellung bezüglich Lichtdosierung effizienter ist als etwa die Schirmstellung.

All das war Beweggrund für das Studium der Entwicklung verschiedener Laubbaumarten in einem nach praxisüblichem Verjüngungsvorgehen, nach schweizerischem Femelschlagverfahren, angelegten Femelloch in den Waldungen der Korporation Unteraffoltern am Albis (Kanton Zürich). Die dabei im Vordergrund stehenden Fragen waren:

- Entwicklungsdynamik zumindest bis Ende Dickungsphase.
- Interspezifisches Verhalten in natürlicher Wettbewerbssituation (keine regulierenden Eingriffe). Gibt es Baumarten, welche sich selbst durchsetzen, im Gegensatz zu solchen, welche sozial verdrängt werden, was zu Entmischungsfenomenen führen kann?
- Einfluss des Lichtgradienten sowohl auf Höhenentwicklung als auch auf Wettbewerbsverhalten.

Versuchsanlage Femelverjüngung Affoltern am Albis

In den Waldungen der Holzkorporation Unteraffoltern am Albis, Abteilung 4 (47°17' N; 8°28' E), wurde im Winter 1985/86 in einem alten Mischbestand aus Eichen, Eschen, Ahorn, Hagebuchen und vereinzelt weiteren Laubbaumarten sowie einzelnen Fichten und Tannen, also in einem ausgewachsenen, ehemaligen Mittelwald (Vorrat 475 m³/ha), die planmäßige Verjüngung mit einer zonenweisen, leichten Vorlichtung eingeleitet. Im Winter 1987/88 folgte die Befreiung der erfolgreich installierten Ansamung in zwei mehr oder weniger zusammenhängenden Femellochern von insgesamt 0,09 ha im Sinne des schweizerischen Femelschlagverfahrens (Abbildung 2).

- Standortverhältnisse: gutwüchsiger, ausreichend nährstoffversorgter Standort auf kalkreicher Würmmoräne. Höhenlage: 610 m ü.M.; Niederschläge: 1190 mm/J.; Mitteltemperatur: 8 °C. Boden: Mullbraunerde; Pflanzensozioökologie: *Galio-odorati-Fagetum pulmonarietosum* (7f, nach ELLENBERG & KLÖTZLI 1972) mit im Südwesten Übergang zu *Aro-Fagetum* (11, nach EK). 1989 wurden zwei Transekte durch das Femelloch in West-Ost-Richtung bzw. NW-SO als Versuchsanlage ausgelegt, bestehend aus 65 einzelnen, quadratischen Messfeldern von 2 x 2 m. Erweiterungen: Im Winter 1992/93 wurden die beiden Lücken zu einem einzigen Femelloch von 0,16 ha Ausdehnung zusammengeschlossen. Im Winter 1995/96 erfolgte im Westen bzw. 1996/97 im Süden wegen starker Schneedruckschäden eine weitere Lückenausdehnung auf 0,26 ha. 2001 betrug die Fläche des Femelloches 0,29 ha.
- Erfasste Variablen: Erhebungen der Anzahl Pflanzen und Höhen aller Baumarten ab 1991 (Alter 5) jährlich bis 1996, dann alle zwei Jahre und zuletzt 2001 (Alter 15) im Drei-Jahres-Turnus. Ab 1994 (Alter 8) wurden die Baumhöhen nach Oberschicht und Unterschicht getrennt aufgenommen. Die Verbisschäden infolge Rehwilds am Endtrieb (so genannte Verbissintensität) wurden bis 1994 erfasst.
- Erfassung der Belichtungsverhältnisse: 1991 wurden bei jedem zweiten Einzelfeld hemisphärische Fotografien (oder so genannte Fischaugenfotos) des Kronenabbaus auf 1,3 m aufgenommen. Die relative diffuse Strahlung wurde mittels PC-Auswertungsprogramm nach dem Helligkeitsnetz von ANDERSON (1964) bestimmt (ALLGAIER 1991). Gleichzeitig wurde eine Karte der Kronenprojektion erstellt. Daraus kann für jedes Messfeld der Deckungsgrad der Kronen in

einem Kreis von 20 m Radius (entspricht einem Lichtkegel von 55° Öffnungswinkel) mittels Punktzählung erfasst werden. Zwischen DG_i (Deckungsgrad im Punkt i) und S_i (entsprechende Strahlung) besteht ein enger linearer Zusammenhang ($R^2 = 0,94$), sodass sich die relative Strahlung auf Grund der sukzessiv ermittelten Veränderung der Kronenprojektion mit der folgenden Funktion schätzen lässt:

$$(1) S = 99,59 - 93,458 * DG$$

Um die Veränderung der Lichtverhältnisse entsprechend der Lückenerweiterung zu verfolgen, wurden bei jeder Veränderung die entsprechenden Deckungsgrade der Kronenprojektionen ermittelt und mit obiger Funktion die zugehörige relative Strahlung geschätzt. Für die Simulation der relativen Lichtverteilung in Löchern verschiedener Grösse wurden die Deckungsgrade in verschiedenen Positionen im Loch (West-Ost-Orientierung) auf einfache Modelle mit der obigen Methode der Punktzählung erfasst bzw. die entsprechenden Lichtwerte mittels Funktion (1) errechnet.

Interspezifische Konkurrenz zwischen den Baumarten und Entmischungstendenzen

Ursprünglich hatten sich insgesamt 20 verschiedene Baumarten installiert. Einige davon, namentlich Buche, Esche, Berg-

ahorn, Hagebuche und Kirsche kamen flächendeckend vor, andere wie Eiche, Linde, Ulme und die Nadelbäume Fichte und Tanne zerstreut. Dazu kamen auch, allerdings sehr zerstreut, einige Pionierbäume wie Birke, Pappel, Weiden usw. *Abbildung 3* zeigt, in Abhängigkeit der entsprechenden Belichtung, dass sich im Alter 6 schon eine deutliche Höhendifferenzierung zwischen den Baumarten ergibt. In die Oberschicht gelangen die wettbewerbsfähigen Baumarten bzw. die Schnellstarter. Es sind dies im Wesentlichen die Esche in den Partien mit guten Lichtverhältnissen und die Buche in der beschatteten Hälfte. Einzig vereinzelte Bergulmen und Birken vermögen sich in die obere Kronenschicht einzuschleichen. Konkurrenzschwache Baumarten wie Kirschbaum, Eiche und Linde sind schon deutlich überwachsen und haben keine Chancen, sich durchzusetzen. Noch krasser steht es mit den Nadelbaumarten Fichte und Tanne, welche zu lange in der Ansamlungsphase weilen und somit völlig unterdrückt bleiben. Als Mitherrschen- de bleiben Bergahorn und Hagebuche.

Somit zeigt sich, dass wettbewerbsfähige Baumarten sich rasch durchsetzen, sodass die Chancen für die anderen, mitzuhalten, mit der Zeit abnehmen. *Abbildung 4* zeigt die Veränderung der Baumartenanteile in der Oberschicht bis Alter 15 getrennt für die Felder mit guten Lichtverhältnissen (etwa > 60%), die beschatteten Partien (Licht < 35%) bzw. Partien mit intermediären Lichtverhältnissen. Vorausgesetzt, dass keine stammzahlregulierenden Eingriffe stattfinden, sind die Entmischungstendenzen eindeutig. Nur zwei Baumarten, nämlich die Buche in der schattigen Hälfte bzw. die Esche in der lichten Hälfte verdrängen alle anderen.

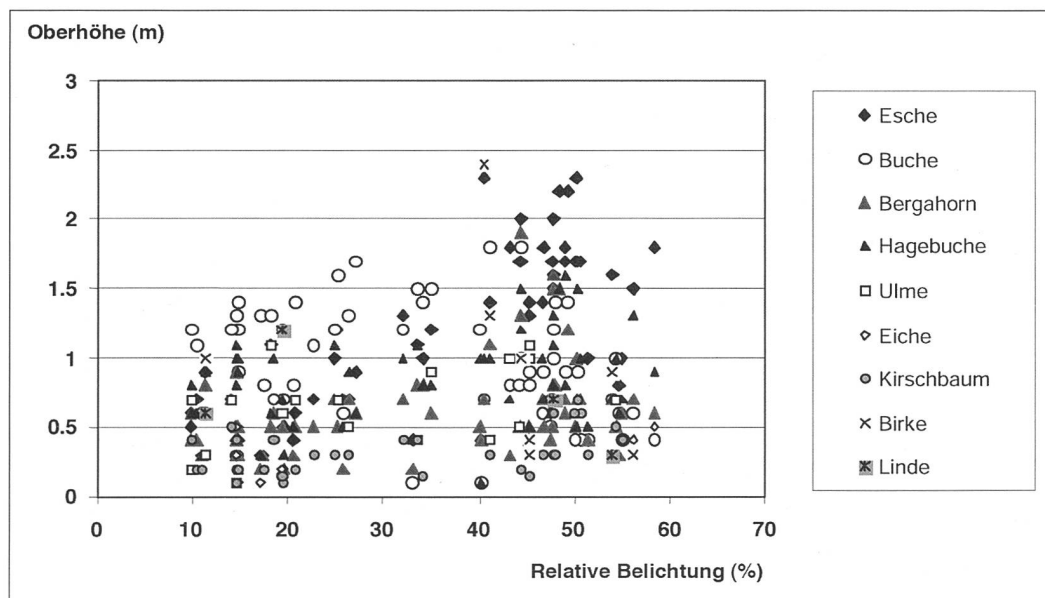


Abbildung 3: Höhen der Baumarten in Abhängigkeit der Belichtungsverhältnisse im Alter 6.

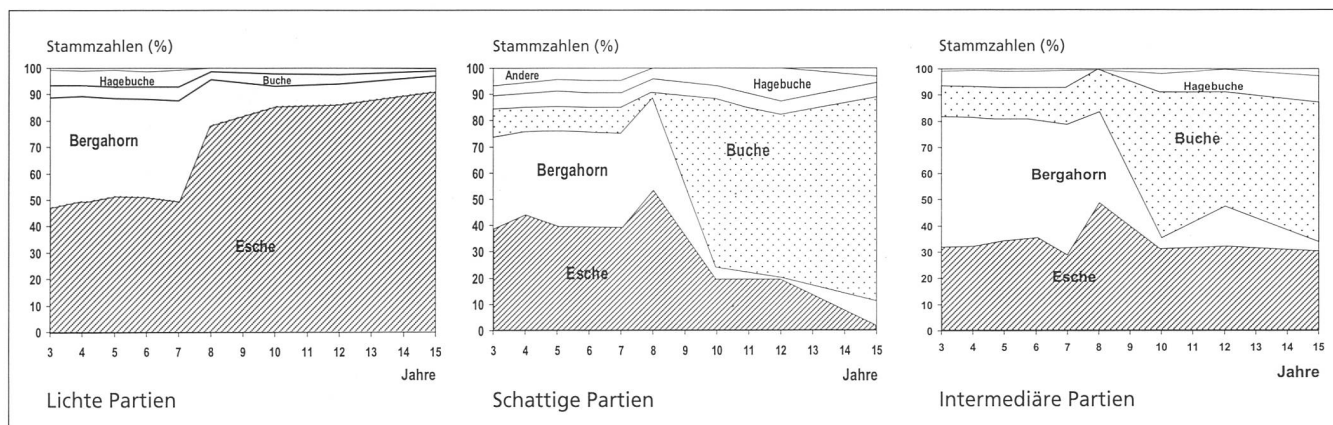


Abbildung 4: Spontane Entmischung in der Oberschicht und Lichteinfluss.

Veränderung der Baumartenanteile für drei Klassen von Belichtungen (sonnig, beschattet und intermediär).

Dies hat Konsequenzen bezüglich der Baumartendiversität. Werden nämlich konkurrenzschwächere Baumarten gewünscht, sind Massnahmen der Dichteregulierung bzw. der Kontrolle der Mischung in gleichartigen Kleinkollektiven (Förderung von kollektiven Mischungsformen) sehr früh notwendig.

Die Frage der Vereschung bzw. Verdrängung des Bergahorns

Das Phänomen der Herrschaft der Esche auf genügend nährstoffreichen und wasserversorgten Standorten ist in der Literatur unter der Bezeichnung «Vereschung» mehrfach diskutiert worden (MIEGROET 1956; BÖRTH 1990; FREIST 1990; WAGNER 1990; RYSAVY & ROLOFF 1994; HEIN 2003). Damit wird die spontane Herrschaft der Esche auf von Natur aus buchenfähigen Standorten verstanden. Dies ist aus heutiger Sicht im Sinne des Opportunitätsprinzips (und weil die Esche eine der wertvollsten Edellaubbaumarten ist) eher eine erwünschte Situation; sie scheint im Wesentlichen von der Lichtdosierung in der Frühjungend abzuhängen, d.h. von der Verjüngungstechnik. Zügig geführte Verjüngungen mit grosszügigem Lichteinfall bevorzugen die lichtbedürftige Esche. RYSAVY & ROLOFF (1994) zeigten, dass sich die Verdrängung der Buche durch die Esche im Wesentlichen durch die exklusive Besiedlung der oberen Bodenhorizonte durch das dichte, flachgründige Wurzelsys-

tem der Esche erklären lässt. Diese Dominanz lässt in Schattlagen nach, was dann der Buche die entsprechende Chance gibt, sich zu behaupten. Dies gilt selbstverständlich für Standorte, welche die Ansprüche der Esche an Nährstoffe und Wasserversorgung erfüllen. Die heute ausgewiesene Eutrophierung der Standorte durch Lufteinträge dürfte die Vorteile für die Edellaubbäume noch verstärken.

Will man die Buche erfolgreich verjüngen, ist also eine angemessene Beschirmung notwendig. Dies gilt zumindest in der Startphase der Verjüngung (d.h. bei der Ansamung und beim Aufkommen des Aufwuchses). Dabei kann entweder mit der klassischen Schirmhiebstellung oder mit Kleinlücken vorgegangen werden. Wie *Abbildung 5* zeigt, vermag sich die Buche bei Beschattung bis zu 35 bis 40% in der Frühjungend (Alter 6) durchzusetzen, d.h. bei entsprechenden Deckungsgraden von 0,64 bis 0,69 gemäss Funktion (1). Dies entspricht einer Kleinlochstellung von bis etwa 5 Aren (*Abbildung 6*).

Später, etwa im Dickungsalter, vermag die Buche bei mittleren Lichtverhältnissen bis maximal 55% die Esche noch zu überwachsen. Dies entspricht Deckungsgraden von 0,53 bzw. Lochgrössen von 20 Aren. *Abbildung 5* zeigt in der Tat, dass die beste Höhenentwicklung der Buche bei der oberen Grenze der ihr zusagenden Lichtverhältnisse zustande kommt, weil dort ein guter Kompromiss erreicht wird: genügend Schatten, um nicht von Lichtholzarten überwachsen zu werden und dennoch genügend Licht, um das Höhenwachstum zu fördern.

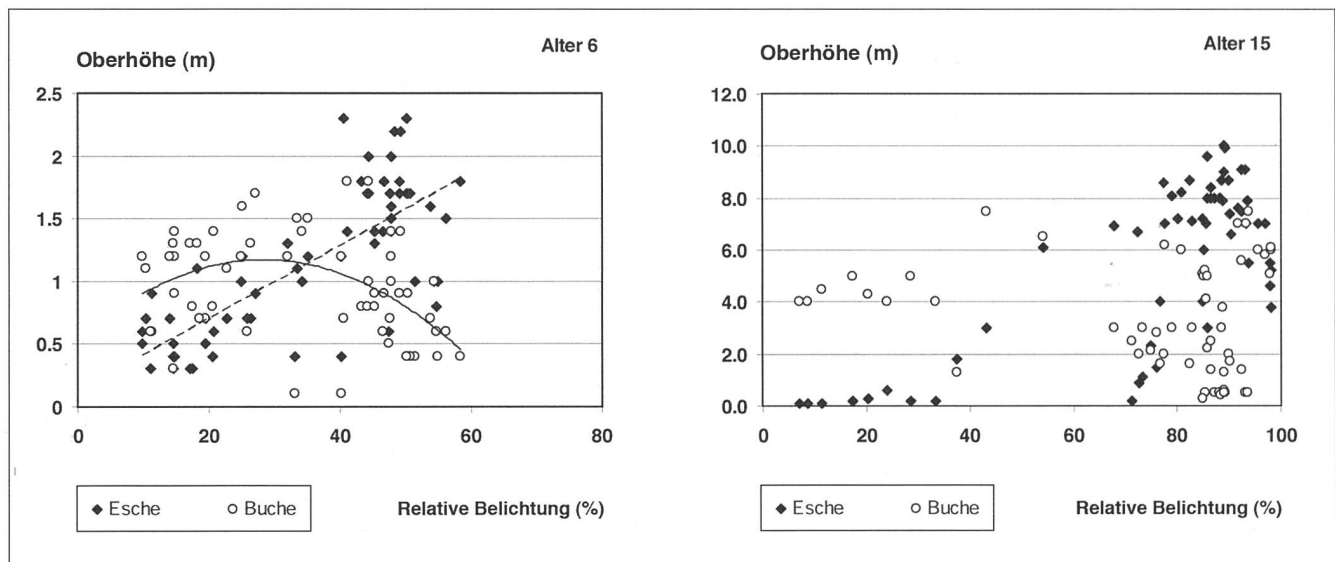


Abbildung 5: Höhe der Buchen und Eschen (der Oberschicht) in Abhängigkeit der relativen Belichtung im Alter 6 und 15.

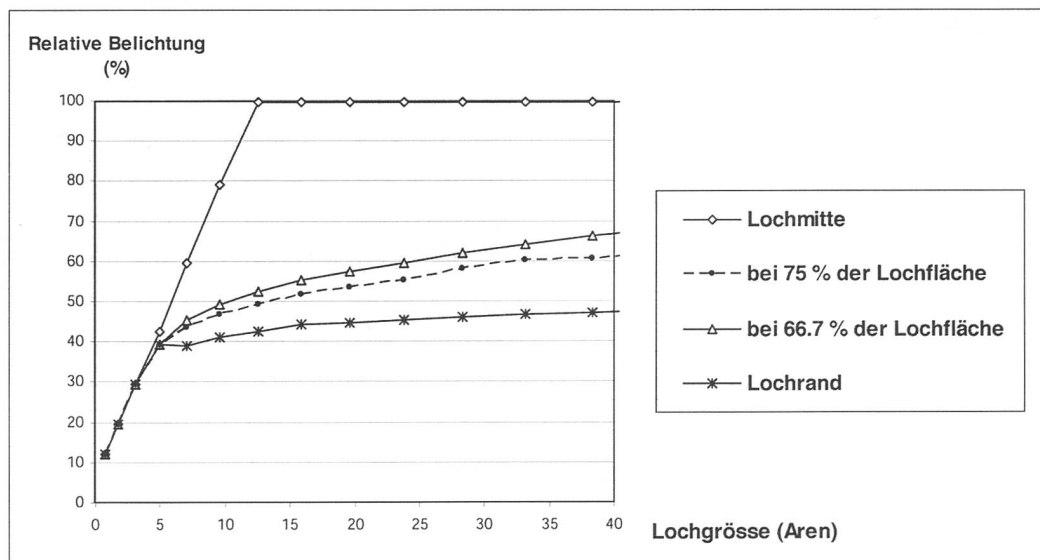


Abbildung 6: Relatives Licht in Abhängigkeit von der Lochgrösse.

Angegeben sind die relativen Lichtverhältnisse im Lochzentrum, bei 75% der Lochfläche vom Lochzentrum, bei 67% der Lochfläche und am Lochrand.

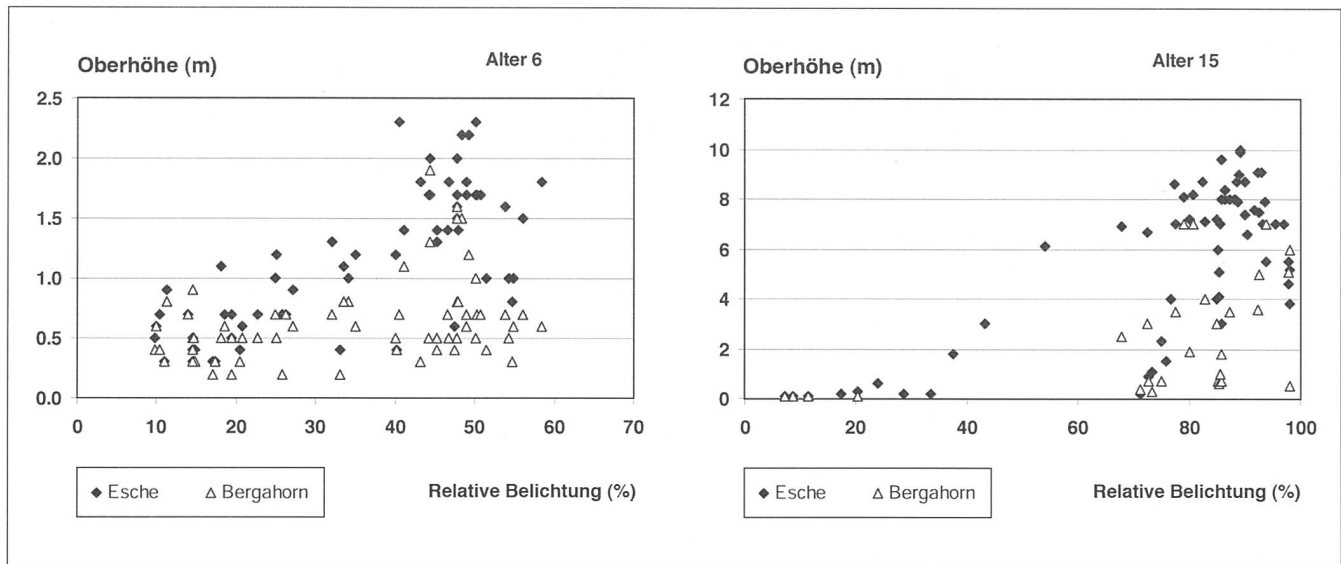


Abbildung 7: Höhe (der Oberschicht) der Eschen und Bergahorne in Abhängigkeit der relativen Lichtverhältnisse im Alter 6 und 15.

Dies unterstützt die Vorteile der Lichterziehung der Buche durch raschere Erweiterung (allenfalls Abdeckung) der Verjüngungen. Vorteile entstehen dabei, weil genügend Licht die Formentwicklung der Jungbuchen fördert (SCHÜTZ & BARNOLA 1996; SCHÜTZ 1998).

Umgekehrt braucht es zur Förderung der Esche in der Frühjugend Belichtungen von mehr als 45% (Lochgrösse grösser als 10 Aren oder 35 m Durchmesser bzw. DG < 0,58) und ab Dicksstadium mehr als 60% (Lochgrösse grösser als 33 Aren bzw. Durchmesser 65 m bzw. DG < 0,42). Die Angaben der minimalen Lochgrössen ergeben sich unter der Annahme, dass die Grenzbelichtung auf 75% der Lochfläche überschritten wird. In Richtung der Lochränder (8 bis 10 m) sind die Lichtverhältnisse ohnehin nie optimal für die Entwicklung der Lichtbaumarten.

Besonders unerwartet ist die deutliche Verdrängung des Bergahorns aus der Oberschicht, auch in den Partien mit intermediären Lichtverhältnissen. Auf diesem extrem gutwüchsigen und basenreichen Standort vermochte sich der Bergahorn auf die Dauer kaum zu halten (Abbildung 7), obwohl er am Anfang mit mehr als 40% recht gut vertreten war. Im Alter 15 ist er nur in drei der 65 Felder einigermaßen vorhanden, und das bereits mit einem deutlichen Höhenrückgang.

Diese klare Dominanz der Esche über den Bergahorn erstaunt etwas, zumindest in diesem Ausmass, und passt nicht in jeder Hinsicht zur bisherigen waldbaulichen Lehrmeinung, welche Esche und Bergahorn ein sehr ähnliches Wuchs- und Pflege-Verhalten zubilligte. Ergebnisse aus der Literatur zu dieser Frage sind zum Teil unterschiedlich (oder sogar widersprüchlich). Wohl bestätigen mehrere Beobachtungen, insbesondere im temperierten Zentraleuropa, den Höhenvorsprung der Esche gegenüber dem Bergahorn (NÜSSLEIN 1995; KNORR 1987; HEIN 2003). In Regionen im atlantischen Westeuropa dagegen (Belgien, Grossbritannien) wird dem Bergahorn ein nahezu invasiver Charakter, auch gegenüber der Esche, zugeschrieben (WALTERS & SAVILL 1991; TABARI *et al.* 2001).

Die Vermutung eines allfälligen Einflusses des Rehverbisses lässt sich nicht erhärten. Die Erfassung der Verbissintensität in Affoltern am Albis im Alter 6 (definiert als anteilmässiger Verbiss an Endtrieben) ergibt die folgende Reihenfolge: Hagebuche 43%, Esche und Bergahorn beide 16% und Buche 3%.

Der Höhenvorsprung der Esche auf den Bergahorn im schweizerischen Mittelland

wird bestätigt durch Aufnahmen der Höhenbonitäten (im Alter 50) in den wichtigsten Waldgesellschaften (Tabelle 1, nach LEIBUNDGUT 1983). Der Höhenvorsprung der Esche gegenüber dem Bergahorn beträgt im Alter 50 immerhin 3,5 bis 4,5 m auf gutwüchsigen Standorten (Ahorn-Eschenwald (EK 26), Aronstab-Buchenmischwald (EK 11), Bacheschenwald (EK 27)) und 2 bis 3 m auf eutrophen und kalkhaltigen Buchenwaldstandorten.

Zweifelsohne kann diese Frage der interspezifischen Konkurrenz nur in Rücksicht auf die Standortsfrage korrekt analysiert werden, abgesehen einmal von der schon erwähnten Veränderung des Wuchsganges im Bestandesalter, wenn es um das Verhalten gegenüber der Buche geht. Der Vorsprung der Esche gilt im Prinzip für ihr zusagende Standorte mit guter Basensättigung bzw. Wasserversorgung. Trockenperioden scheinen dem Bergahorn eine Chance zu geben, sich zu behaupten (MIEGROET 1956), mindestens in der Frühjugend. Auch die Meereshöhe dürfte eine Rolle spielen.

Waldbauliche Folgerungen

Die Ergebnisse aus der Versuchsfläche Unteraffoltern belegen unmissverständliche Entmischungstendenzen zu Gunsten von sehr wenig überdominierenden Baumarten, in Wirklichkeit nur Buche und Esche. Für die Produktion von hochwertigem Holz ist dies absolut unproblematisch, da beide Baumarten bezüglich Holzeigenschaften zu den Wertvollsten gehören.

Tabelle 1: Erreichte Oberhöhenbonitäten für Esche und Bergahorn bzw. Bonitätsunterschiede, für verschiedene Pflanzengesellschaften im schweizerischen Mittelland.

Nach Erhebungen von LEIBUNDGUT (1983); Oberhöhen im Alter 50 umgerechnet (unveröffentlicht), aus Ende der 1970er Jahre aufgenommenem Datenmaterial.

*) Einheiten nach ELLENBERG & KLÖTZLI 1972, abgekürzt: EK.

Nr. der Einheit *	Bezeichnung	Oberhöhe Esche (m)	Oberhöhe Bergahorn (m)	Unterschied (m)
26	<i>Aceri-Fraxinetum</i>	30,1	25,9	4,2
11	<i>Aro-Fagetum</i>	29,6	25,1	4,5
27	<i>Carici remotae-Fraxinetum</i>	26,6	23,3	3,3
7	<i>Galio odorati-Fagetum typicum</i>	26,2	25,0	1,2
8	<i>Milio-Fagetum</i>	25,8	23,3	2,5
6	<i>Galio odorati-Fagetum luzuletosum</i>	25,1	21,2	3,9
9	<i>Pulmonario-Fagetum typicum</i>	25,1	22,6	2,5
12	<i>Cardamino-Fagetum typicum</i>	22,3	19,6	2,7
29	<i>Ulmo-Fraxinetum listeretosum</i>	22,4	22,4	0

Der Übergang zu opportunen, kostengünstigen Pflegekonzepten wird bezüglich der Baumartenanteile in unseren Wäldern eine Situation noch verstärken, welche in den LFI-Zahlen klar erkennbar ist, nämlich die zunehmende Dominanz der Esche und Buche. Die Verjüngungstechnik und das Verjüngungstempo steuern im Wesentlichen das Vorkommen dieser zwei Hauptbaumarten. Waldbaulich gesehen liegt das Problem darin, die Esche relativ zügig zu günstigen Dimensionen zu führen, weil mit dem Alter die Holzeigenschaften durch Kernholzbildung beeinträchtigt werden. Das heisst, dass nach der so genannten Kompressionsphase bis zur Stangenholzstufe kräftige Durchforstungseingriffe notwendig sind.

Allerdings belegen diese Ergebnisse auch, was man schon aus der Urwalddynamik und Geobotanik weiss, dass nämlich die Klimax für unsere Verhältnisse zu baumarten-, strukturarmen Bestockungen (Hallenwälder) führt. Eine Rückkehr aus Kostengründen zu opportunen Pflegekonzepten führt zwar zu durchaus natürlichen Bestockungen. Sie sind aber bezüglich Baumartenvielfalt und Strukturvielfalt viel banaler, als man sich aus ästhetischen Gründen erhoffen würde.

Die weiterhin interessante Erkenntnis ist, dass die natürlichen Entmischungstendenzen und die Verdrängung der konkurrenzschwächeren Baumarten sehr früh stattfinden, ab Alter 8 bis 10, zu einer Zeit, wo Pflegekosten sehr hoch zu stehen kommen. Will man die Baumartenvielfalt fördern und speziell auch Mischbestände erhalten, sind sehr kostspielige waldbauliche Steuerungsmassnahmen notwendig. Wer diese Mehrkosten, ein Mehrfaches der opportunen Pflege (Faktor 1 bis 5 vielleicht 1 bis 10), tragen muss, ist berechtigt, zu hinterfragen. Zu einer Zeit, da der Bund nur Subventionen zu Gunsten der Biodiversität ausrichtet, stellen diese Ergebnisse eine interessante Basis dar.

Zusammenfassung

Die Beobachtung der natürlichen Entwicklung während 15 Jahren in einer gemischten Naturverjüngung, entstanden in einem «Femelloch» auf eutrophem Buchenstandort in mittlerer Höhenlage (610 m ü.M.), zeigte eine erhebliche Entmischung der Baumarten. Von den 20 im Sämlingsalter vorhandenen Baumarten konnten sich im Dickungsalter in der Oberschicht nur zwei halten: die Buche in den schattigen Partien sowie die Esche in den mittleren, sonnigen Partien. Keine andere Baumart vermochte dieser Herrschaft standzuhalten, auch der Bergahorn nicht. Die Ursache der Entmischung und somit einer «Banalisierung» scheint mit dem exklusiven Verhalten des Wurzelsystems der Esche bei genügend Licht in Zusammenhang zu stehen. Dargestellt wurden die Grenzwerte in Bezug auf Deckungsgrade, relatives Licht und die Bestandesgrösse, welche die Buche oder die Esche begünstigen. Zur Erhaltung von konkurrenzschwächeren Baumarten – bzw. zur Förderung der Baumartenvielfalt – bedarf es bereits im Dickungsalter von acht bis zehn Jahren einer intensiven Pflege, was jedoch gegenüber rationalen Pflegeeingriffen deutlich mehr Kosten verursacht.

Résumé

Intensité des soins culturels et diversité des essences en forêt. Ou: automation biologique contre démixage des essences

Des observations menées pendant 15 années de l'évolution naturelle d'un rajeunissement mixte dans une trouée de coupe progressive, sur une station de hêtraie eutrophe à moyenne

élévation illustrent les effets de démixage très significatifs. De la vingtaine d'essences mélangées au stade du semis seules deux se maintiennent au fourré dans l'étage supérieur: le hêtre dans les parties ombragées (c'est-à-dire en lisière interne et externe de la trouée) et le frêne dans les parties centrales bien pourvue en lumière. Aucune autre essence, même l'éradier sycomore, n'arrive à s'imposer. Les raisons de cette banalisation apparaissent liées à la dominance exclusive du système racinaire du frêne en présence de suffisamment de lumière. Les seuils de lumière respectivement d'ouverture du couvert qui favorisent le hêtre ou le frêne sont présentés. Le maintien d'essences peu compétitives et, partant, la favorisation de la diversité des essences demande donc des opérations culturales précoces (déjà au début du stade du fourré) et donc nettement plus coûteuses que des interventions rationnelles d'opportunité.

Summary

Intensity of tending and forest tree species diversity: Natural automation vs. outmixing

This paper examines natural mixed regeneration development in a forest gap, which was established using the irregular group regeneration technique. This allowed mixture evolution and height growth at different light gradients to be compared over the whole phase up to the thicket stage. The study was carried out on site conditions with a full base saturation and a largely sufficient water regime, i.e. in geobotanic terms, a eutrophic beech forest. Results show that, starting from a heterogeneous mixture of spontaneously regenerated seedlings, a considerable reduction in tree species in the dominant storey layer took place over 15 years. The extent of outmixing differed depending on light conditions. It was also clear that intrinsic competitive effects led more to outmixing than previously thought. Ash dominated in the bright gap centre and not only outgrew, but also suppressed other species. Beech dominated along the edge of the patch and under the old stand's shelter. The light requirements, which favour beech or ash, are determined. The reasons for this outmixing are discussed, in particular why mountain maple (*Acer pseudoplatanus*) was unable to compete with ash. The maintaining of uncompetitive tree species and mixtures requires very intensive precocious tending operations at thicket stage. They cost a lot more than new opportunistic tending methods.

Literatur

- ALLGAIER, B. 1991: Untersuchungen einer Naturverjüngung in Femelstellung und deren Entwicklungsdynamik unter Einbezug von biotischen und abiotischen Einflussfaktoren am Beispiel Bislikerhau/Unteraffoltern. Diplomarbeit Abteilung Forstwissenschaften der ETH Zürich.
- AMMANN, P.L. 2004: Untersuchung der natürlichen Entwicklungsdynamik in Jungwaldbeständen; Biologische Rationalisierung der waldbaulichen Produktion bei Fichte, Esche, Bergahorn und Buche. Dissertation, ETH Zürich, 331 S.
- AMMANN, P.L. 2005: Biologische Rationalisierung. *Wald und Holz* 86, 1: 42–45, 2: 47–51, 3: 29–33.
- ANDERSON, M.C. 1964: Studies of woodland light climate. *J. Ecol.* 52: 27–41.
- BÖRTH, M. 1990: Vereschung – Problem oder Chance? *Allgemeine Forstzeitschrift* 45, 9–10: 225–226.
- BRASSEL, P.; BRÄNDLI, U.-B. 1999: Schweizerisches Landesforstinventar: Ergebnisse der Zweitaufnahme 1993–1995. Hrsg. von der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, WSL, Birmensdorf und vom Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Buwal, Bern, Haupt, Bern, 442 S.
- ELLENBERG, H.; KLÖTZLI, F. 1972: Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz. *Mitt. Eidgenöss. Anst. forstl. Vers.wes.* 48, 4: 589–930.

- FINANZDEPARTEMENT DES KANTONS AARGAU, Abteilung Wald (Hrsg.) 2002: Die Waldstandorte des Kantons Aargau, Aarau, 226 S.
- FREIST, H. 1990: Esche und Buche gemischt, zu: «Vereschung – Problem oder Chance?». Allgemeine Forstzeitschrift 45, 20: 493–405.
- HEIN, S. 2003: Zur Steuerung von Astreinigung und Dickenwachstum bei Esche (*Fraxinus excelsior* L.) und Bergahorn (*Acer pseudoplatanus* L.). Dissertation, Universität Freiburg i.Br., 242 S.
- HOFER, P.; TAVERNA, R.; KAUFMANN, E. 2000: Charakterisierung der Starkholzvorkommen nach Nutzungsparametern. In: Starkholz: Problem oder Chance?: eine Standortsbestimmung. Buwal, Eidgenössische Forstdirektion (Hrsg.), Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern: 37–82.
- KNORR, A. 1987: Ernährungszustand, Standortsansprüche und Wuchsleistung der Esche (*Fraxinus excelsior* L.) in Bayern. Forstl. Forsch.ber. Münch. 82: 157 S.
- KORPEL', Š. 1995: Die Urwälder der Westkarpaten. G. Fischer, Stuttgart, 310 S.
- KUHN, N., 1998: Flächenanteile bedeutender Waldformationen in der Schweiz, für die Arbeitsgruppe Waldreservate. WSL, Birmensdorf, interner Bericht, 4. Juni 1998 (unveröffentlicht).
- LEIBUNDGUT, H. 1983: Die waldbauliche Behandlung wichtiger Waldgesellschaften der Schweiz. Mitt. Eidgenöss. Anst. forstl. Vers.wes. 59, 1: 1–78.
- MIEGROET, M. VON 1956: Untersuchungen über den Einfluss der waldbaulichen Behandlung und der Umweltfaktoren auf den Aufbau und die morphologischen Eigenschaften von Eschendickungen im schweizerischen Mittelland. Mitt. Eidgenöss. Anst. forstl. Vers.wes. 32, 6: 229–370.
- NÜSSLEIN, S. 1995: Struktur und Wachstumsdynamik jüngerer Buchen-Edellaubholz-Mischbestände in Nordbayern. Forstliche Forschungsberichte München 15: 1–295.
- RYSAVY, T.; ROLOFF, A. 1994: Ursachen der Vereschung in Mischbeständen und Vorschläge zu ihrer Vermeidung. Forst Holz 49, 14: 392–395.
- SCHÜTZ, J.-P. 2005: Est-il possible de maîtriser les coûts des opérations culturales? Le rôle primordial des rationalisations biologiques. Forêt 58, 6.
- SCHÜTZ, J.-P. 2003: *Quo vadis* multifonctionnalité? Ou réaction au rapport Galileo: notre politique forestière est-elle en train de perdre les pédales? Schweiz. Z. Forstwes. 154, 5: 143–148.
- SCHÜTZ, J.-P. 1999: Neue Waldbehandlungskonzepte in Zeiten der Mittelknappheit; Prinzipien einer biologisch rationellen und kostenbewussten Waldpflege. Schweiz. Z. Forstwes. 150, 12: 451–459.
- SCHÜTZ, J.-P. 1998: Behandlungskonzepte der Buche aus heutiger Sicht. Schweiz. Z. Forstwes. 149, 12: 1005–1030.
- SCHÜTZ, J.-P. 1996: Bedeutung und Möglichkeiten der biologischen Rationalisierung im Forstbetrieb. Schweiz. Z. Forstwes. 147, 5: 315–349.
- SCHÜTZ, J.-P.; BARNOLA, P. 1996: Importance de la qualité et de sa détermination précoce dans un concept d'éducation du hêtre. Rev. for. fr. 48, 5: 417–430.
- TABARI, M.; LUST, N.; NACHTERGALE, L. 2001: Regeneration dynamics in an alluvial dense ash (*Fraxinus excelsior* L.) stand. Silva Gandavensis 66: 57–67.
- WAGNER, S. 1990: Zu: «Vereschung – Problem oder Chance?». Allgemeine Forstzeitschrift 45, 32: 806–807.
- WALTERS, T.L.; SAVILL, P.S. 1991: Ash and sycamore regeneration and the phenomenon of their alternation. Forestry 65, 4: 417–433.

Dank

Grosser Dank gebührt der Holzkorporation Unteraffoltern für die freie Zulassung des Waldbestandes für den Versuch, H.-U. Bucher für die Einrichtung des Versuches, Organisation und Durchführung der verschiedenen Aufnahmen, Frau Barbara Allgaier für die sorgfältige Erfassung der Strahlungswerte im Rahmen ihrer Diplomarbeit.

Autor

Prof. em. Dr. JEAN-PHILIPPE SCHÜTZ, freier Waldbauer, Brüggliacker 37, 8050 Zürich. E-Mail: jph.s@bluewin.ch.