

WACHSTUM UND STAMMQUALITÄT IN REINEN UND GEMISCHTEN BUCHENBESTÄNDEN¹

Andreas Zingg und Bernhard Ramp

Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf (Schweiz)

1. Einleitung

Die Buche ist eine der Hauptbaumarten in der Schweiz. Sie kommt sowohl in Buchen-Reinbeständen als auch in Mischbeständen vor. Die Waldwachstumsforschung der WSL betreut z.T. seit mehr als hundert Jahren Versuchsflächen, auf denen die Buche rein oder gemischt mit anderen Baumarten wächst. Da sowohl die Rein- als auch die Mischbestände mit den gleichen waldbaulichen Verfahren behandelt wurden, ergibt sich heute die Möglichkeit diese Daten zu vergleichen und zu interpretieren.

Diskussionen über verschiedene Waldbauverfahren stützen sich häufig nur auf persönliche Erfahrungen und Beobachtungen. Beobachtungen umfassen - auch wenn sie nach menschlichem Ermessen lange dauerten - im Vergleich zur Entwicklung von Waldbeständen immer nur relativ kurze Perioden. Genaue Daten fehlen meist. Es erstaunt deshalb nicht, wenn diese Auseinandersetzungen ohne objektive und repräsentative Grundlagen nicht weit führen können. Diese Tatsache weist auf die immense Bedeutung waldbaumkundlicher Langzeitversuche gerade auch für die waldbauliche Forschung hin. Fragen wie *Wachstum und Stammqualität in reinen und gemischten Buchenbeständen* können nur dank der langfristigen, exakten Beobachtungsreihen in Versuchsflächen einigermaßen objektiv eingegangen werden.

2. Problemstellung

Zu diesem Thema liegen eigentlich schon lange Publikationen vor, deren Aussagen wohl auch heute noch berechtigte Beachtung finden. In der Schweiz haben unter anderen FLURY (1931) und dann BURGER (1941) anhand von Ergebnissen von verschiedenen Versuchsflächen die Möglichkeiten und Grenzen der Buche in Mischbeständen dargestellt. LEIBUNDGUT et al. (1971) haben anhand von Durchforstungsversuchen, die von Schädelin angelegt wurden, zeigen können, dass sich mittels einer starken Auslesedurchforstung nach SCHÄDELIN (1934) eindeutig bessere Resultate erzielen lassen, als mit einer schwächeren Variante. BRYNDUM (1987) weist für die dänischen Buchenversuche nach, dass mit der

Tab. 1. Definition der Durchforstungsgrade

A	Keine Durchforstung: es werden nur dürre und absterbende Bäume entfernt
B	Schwache Niederdurchforstung: Entfernung der Bäume der sozialen Klasse 4 (unterdrückt)
C	Mittelstarke Durchforstung: Wie B, zusätzlich die Bäume der sozialen Klasse 3 (beherrscht)
D	Starke Durchforstung: Wie C, zusätzlich die meisten Bäume der sozialen Klasse 2 (mitherrschend)
H	Hochdurchforstung: Begünstigung der Ausleseebäume

„gewöhnlich starken“ (C-Grad) und der „sehr starken Durchforstung“ (D-Grad) bzw. gestaffelten B-C-Durchforstungen, die höchsten Wertleistungen erzielt werden. Allerdings orientiert sich die dänische Durchforstung an Grundflächenleitkurven und nicht wie bei den Versuchen in der Schweiz (Tab. 1) an der sozialen Stellung der Bäume nach Kraft (zitiert nach ASSMANN (1961). BACHMANN (1990) stellt in überzeugender Weise die Notwendigkeit einer Kon-

¹ Vortrag gehalten an der Jahrestagung des Deutschen Verbandes Forstlicher Forschungsanstalten, Sektion Ertragskunde, Grünberg, 12.–14. Mai 1997. Publiziert im Tagungsbericht S. 152–164

zentration der waldbaulichen Tätigkeit auf die Wertleistung der Bestände dar. SPELLMANN und NAGEL (1996) weisen darauf hin, dass heute die Wertleistung gegenüber der Volumenleistung von grösserer Bedeutung ist. Nun stellt MÜLDER (1996) die Hypothese auf, dass mittels einer Gruppendurchforstung nach BUSSE (1935) bei verschiedenen Baumarten, u.a. auch mit der Buche, ebenso gute Ergebnisse bezüglich Volumenleistung und Qualität erzielt werden könne, wie mit anderen Durchforstungsarten und widerspricht explizit der Auslesedurchforstung nach SCHÄDELIN (1934). Er stellt insbesondere in Abrede, dass bei gruppiger Anordnung der Buchen mit geringeren Qualitäten gerechnet werden muss. Diese Hypothese stellt die derzeitigen Meinungen über die Durchforstung in Buchenbeständen, aber auch bei anderen Baumarten in Frage. Es dürfte daher sinnvoll sein, die Ergebnisse von Flury und Burger mit den seither beträchtlich verlängerten Datenreihen der Waldwachstumsforschung aufzudatieren und Mülders Hypothese anhand des vorhandenen Datenmaterials so weit als möglich zu überprüfen.

In diesem Zusammenhang soll das Wachstum der Buche in reinen und unterschiedlich gemischten Beständen dargestellt und insbesondere in Bezug auf die äusserlich sichtbare Stammqualität und deren Zusammenhang mit den Beziehungen der Bäume zu ihren Nachbarn (z.B. Konkurrenz) untersucht werden. In der vorliegenden Arbeit ist dies allerdings nur auf einfache, weitgehend deskriptive Art möglich. Die wichtige Frage der forstwirtschaftlichen Wertschöpfung bzw. deren Beeinflussung durch waldbauliche Massnahmen ist damit aber erneut gestellt und soll weiter bearbeitet werden.

3. Material und Methoden

In diese Untersuchung einbezogen werden reine Buchenbestände (Versuchsgruppe 41) und Mischbestände, in denen der Grundflächenanteil anderer Baumarten als Buche grösser als etwa 20 % ist (Versuchsflächen der Versuchsgruppe 02). Die wichtigsten Daten zu den Versuchsflächen sind in Tab. 2 zusammengestellt. Die Auswahl betrifft je drei Buchen-Durchforstungsflächen und je drei Mischbestandes-Durchforstungsflächen von je zwei Standorten aus dem schweizerischen Mittelland. Die Flächen unterscheiden sich in Bezug auf den Standort und auf das Alter der Bestände. Die beiden Standorte mit Mischbeständen unterscheiden sich zusätzlich in Bezug auf den Anteil der Buche: *Murten* ist nadelholzreich, *Sihlwald* laubholzreich. Alle Flächen wurden zwischen 1890 und 1910 angelegt und werden seither waldwachstumskundlich beobachtet und gemessen.

Zunächst werden für die Beurteilung der Verteilung der Bäume auf der Fläche und auf den Mischbestandesflächen für die Durchmischung für jede Fläche entsprechende Indices berechnet. Für die Verteilung wird der Aggregationsindex R nach CLARK und EVANS (1954) und für die Beschreibung der Durchmischung der Segregationsindex von PIELOU (1977) verwendet. Beide werden von PRETZSCH (1996) empfohlen. Es sind für alle Flächen insgesamt vier Aufnahmen mit Baumkoordinaten vorhanden. Für diese können diese Indices berechnet werden. Randkorrekturen nach DONNELLY (1978) für den Aggregationsindex werden nicht durchgeführt.

Die Wachstumsleistung der Bestände wird mit dem üblichen waldwachstumskundlichen Instrumentarium beurteilt. Da die Leistungsunterschiede zwischen Rein- und Mischbeständen bereits gut bekannt und beschrieben sind, wird in dieser Arbeit nur der Vergleich der Gesamtwachstumsleistung und des durchschnittlichen Gesamtzuwachses $dGZ (I_{V70-t})$ dargestellt. Die verschiedenen Flächen werden bezüglich ihrer Standortsunterschiede durch die Oberhöhenentwicklung charakterisiert. Um Zusammenhänge zwischen Wachstum und Bestandesstrukturen festzustellen, werden für die Buchen Korrelationen zwischen dem Volumenzuwachs und

Tab. 2. Versuchsflächen

Flächennummer, Durchforstungsgrad, Ort	Höhenlage m ü. M.	Exposition	Neigung %	Fläche ha	Bauartenanteile					hdom* m	Anzahl Aufnahmen seit	Alter 1997
					% G							
					Bu	Fi/ Ta	Fö/ Lä	Ei, Es, Ah	üLh			
41-007 C Embrach ZH, Tisch, Blauen	590	W	10	0,25	99			1	0	(18)	16	148
41-193 B Embrach ZH, Tisch, Blauen	585	W	10	0,17	97			5		(18)	13	148
41-194 H Embrach ZH, Tisch	585	W	10	0,25	98			3	0	(17)	13	148
41-014 B Zofingen AG, Mühlethaler Halde, Baan	510	NW	50	0,25	99			1		19	16	130
41-118 D Zofingen AG, Mühlethaler Halde, Baan	490	NW	30	0,20	100			1		20	14	125
41-155 H Zofingen AG, Mühlethaler Halde, Baan	510	NW	40	0,25	95			5	0	20	13	126
02-016 C Murten FR, Prévondavaux, Murtenholz	520	N	10	0,33	36	56	8	2		21	14	120
02-017 D Murten FR, Prévondavaux	530	NW	10	0,33	49	43	8	2		22	14	122
02-018 H Murten FR, Prévondavaux	530	NW	10	0,50	43	46	8	3		21	14	118
02-019 A Horgen ZH, Birriboden, Sihlwald	630	N	10	0,20	85	3		9	6	27	15	108
02-020 C Horgen ZH, Birriboden, Sihlwald	650	N	20	0,25	81	14	0	9	1	25	15	111
02-021 H Horgen ZH, Birriboden, Sihlwald	650	N	20	0,50	76	21		3	1	25	15	109

* Oberhöhe h_{dom50} (mittlere Höhe der 100 dicksten Bäume/ha im Alter 50) interpoliert oder extrapoliert (Werte in Klammern) auf der Grundlage von Messungen

der kumulativen Grundfläche G_{cum} (Grundfläche aller Bäume, die grösser sind als der betrachtete Baum) und dem Konkurrenzindex CI nach HEGYI (1954) für die sechs nächsten Nachbarbäume berechnet.

Die Stammqualität wird nach der in Tabelle 3 dargestellten Definition am stehenden Baum gutachtlich angesprochen. In dieser Arbeit werden die so erhobenen Stammqualitäten nach Grundflächenanteilen dargestellt, um den unzulässigen Schluss auf volumenmässige Qualitätsanteile zu vermeiden. FLURY (1931) und BURGER (1941) haben diese Beurteilung nach Anzahl Stämmen vorgenommen. Es ist jedoch sinnvoll, über die Grundfläche auch ein Ge-

Tab. 3. Gutachtliche Beurteilung der Stammqualität, Definition der Waldwachstumsforschung der WSL Birmensdorf

Code	Bedeutung
1	Ausgezeichnet, Stamm bis in die Krone fehlerfrei auf mehrere Trämel
2	Zwei Trämel fehlerfrei (ca. 10 m)
3	Ein Trämel fehlerfrei (ca. 5 m) oder zwei Trämel normale bis gute Qualität (bei Lbh. 4 m)
4	Schlechtes Nutzholz
5	Kein Nutzholz

wichtung nach der Dimension mit einfließen zu lassen. Ein direkter Zusammenhang auf die Sortimentszusammensetzung der Bestände oder Einzelbäume bzw. auf die vermarktbare Qualität des Holzes ist bei dieser Definition aber nicht gegeben.

Für eine gute Stammqualität der Buche ist ausserdem ein möglichst kreisrunder Stammquerschnitt nötig. Deshalb wird der Einfluss der

Baumverteilung auf der Fläche bzw. der Einfluss der Nachbarschaftsbeziehungen auf den Stammquerschnitt ebenfalls untersucht. Dabei wird für die Definition der Exzentrizität des Stammquerschnittes die Formel für die Berechnung der numerischen Exzentrizität der Ellipse verwendet:

$$\text{Exzentrizität } \varepsilon = \frac{\sqrt{\left(\frac{d_1}{2}\right)^2 - \left(\frac{d_2}{2}\right)^2}}{d_1} \quad \text{wenn } d_2 < d_1 \quad (\text{VOELLMY 1962})$$

Die Differenz der beiden Durchmesser, bei der ein Querschnitt für Qualitätsholz noch als «rund» im Sinne der Schweizerischen Holzhandelsgebräuche (1976) gilt, liegt nach Auskunft aus dem Holzhandel bei 2,5 bis 3,5 cm. Hier wird die Grenze mit 2,5 cm bei einem Durchmesser von 50 cm festgelegt. Dies entspricht 2,1 cm bei einem Durchmesser von 20 cm und 3,0 cm bei einem Durchmesser von 80 cm.

Es wird versucht, einen Zusammenhang zwischen der Exzentrizität der Buchen und der Struktur des Bestandes zu finden. Dabei werden die Variablen «Soziale Stellung», die «minimale Distanz zum nächsten Nachbarn», der Konkurrenzindex CI nach HEGYI (1954) schrittweise oder als feste Vorgaben in die Regression genommen.

4 Ergebnisse

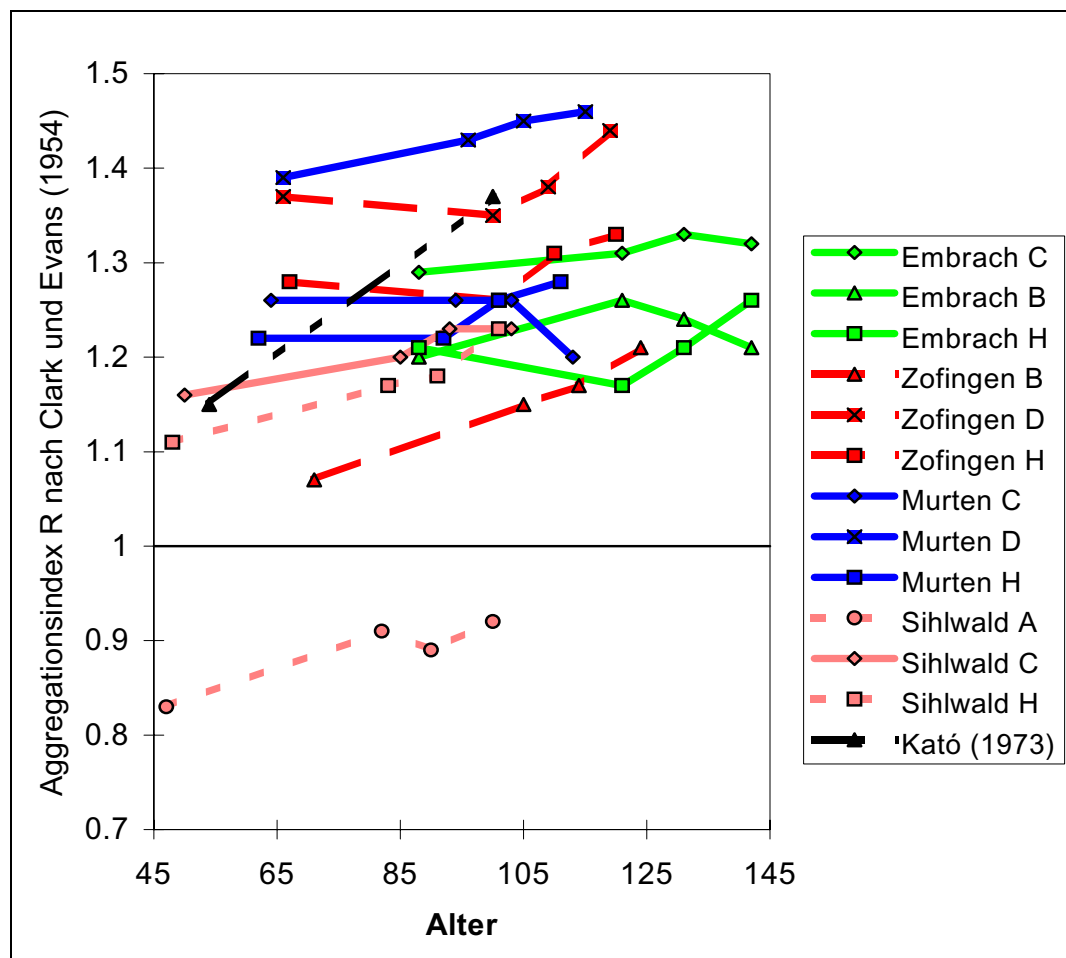


Abb. 1. Aggregationsindex (Clark und Evans 1954) in Abhängigkeit des Bestandesalters.

Der **Aggregationsindex R** nach CLARK und Evans (1954) gibt Auskunft über die Anordnung der Bäume auf der Fläche (Abb. 1). Nur gerade auf der A-Grad-Fläche im *Sihlwald* liegen die Werte unter 1, d.h. dort besteht eine Tendenz zur Klumpung. Für alle anderen Flächen und Behandlungen liegen die R-Werte über 1. Auffallend ist, dass auch die von MÜLDER (1996) präsentierten Beispiele von KATÓ (1973) deutlich über 1 liegen, also bei dieser Betrachtungsweise keineswegs als geklumpt oder gruppiert bezeichnet werden können (vgl. dazu auch SPELLMANN und NAGEL 1996). Weiter ist festzustellen, dass der R-Wert praktisch in allen Fällen, auch in der A-Grad-Fläche, im Laufe der Zeit zunimmt. Sowohl durch natürlichen Abgang als auch durch die Durchforstung stellt sich ein zufälliges Verteilungsmuster ein, allerdings auf unterschiedlichem Niveau: der R-Wert des A-Grades liegt am tiefsten, diejenigen der D-Grade (starke Niederdurchforstung) am höchsten um 1,4. Die R-Werte der B-, C-Grade und H-Grade liegen nahe beieinander und nicht in eindeutiger Reihenfolge zwischen 1,1 und 1,3. Daraus kann geschlossen werden, dass sich die starke Niederdurchforstung wesentlich stärker auf die Verteilung wirkt, als die Hochdurchforstung, die in diesen Versuchsflächen spätestens seit Flury und Burger (ungefähr seit den 20er Jahren) als Auslesedurchforstung praktiziert wurde.

Der **Segregationsindex S** nach PIELOU (1977) beschreibt die **Durchmischung** der verschiedenen Baumarten (Abb. 2). Baumarten mit sehr geringen Mischungsanteilen in den Buchenreinbeständen sind eher gruppiert angeordnet. In den Mischbestandesflächen zeigen sich zwei verschiedene Entwicklungsmuster: während in *Murten* für alle Behandlungsvarianten eindeutig eine Entwicklung von der Gruppen- zur Einzelmischung festgestellt werden kann, ist dies auf den Versuchsflächen in *Sihlwald* einzig bei der A-Grad-Fläche zu beobachten.

Aus der **Oberhöhenentwicklung** der Buchen (Abb. 3) werden die Standortsunterschiede zwischen verschiedenen Flächen sichtbar. Innerhalb derselben Standorte zeigen sich bei der Oberhöhe Unterschiede, die scheinbar mit der Behandlung zusammenhängen. Die höchsten Leistungen werden in den buchenreichen Mischbeständen auf dem Standort *Sihlwald* beob-

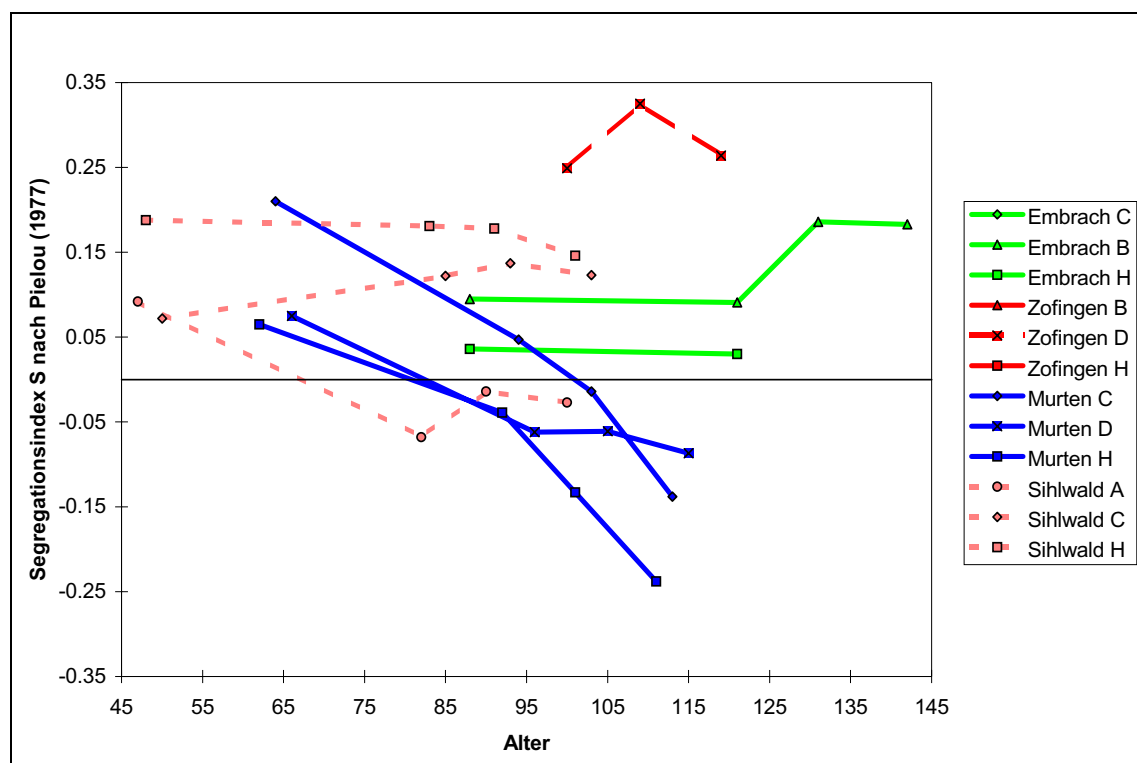


Abb. 2. Segregationsindex nach Pielou (1977) im Laufe der Bestandesentwicklung

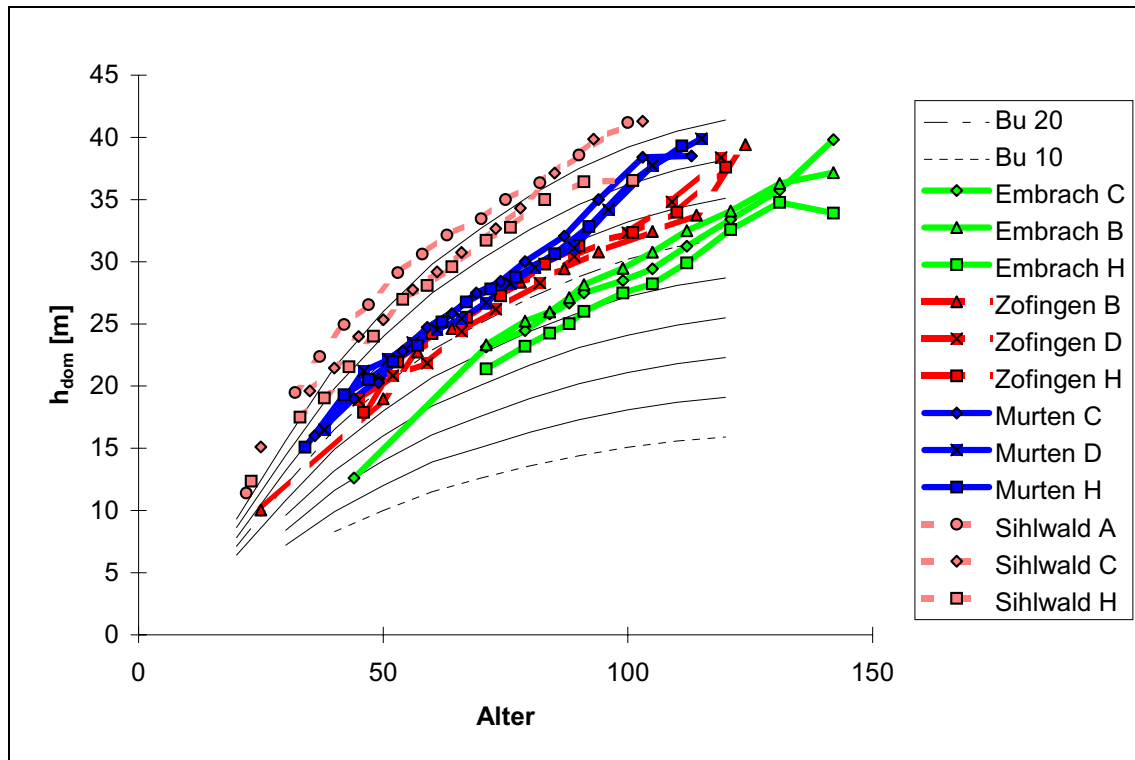


Abb. 3: Oberhöhenentwicklung der Buchen; eingeblendet ist der Oberhöhenfächer der Buchen-Ertragstafel (Badoux 1983)

achtet. Die grössten Oberhöhen erreichen dabei die Buchen der A-Grad-Fläche, die tiefsten diejenigen der H-Grad-Fläche. Bis zum Alter 90 unterscheiden sich die Oberhöhen der Standorte *Zofingen* und *Murten* nicht; anschliessend sind die Bestände in *Murten* etwas höher. In derselben Zeit hat der Buchenanteil abgenommen. Die Bestände in *Embrach* liegen bezüglich Oberhöhen deutlich unter den anderen Beständen.

Auffallend ist, dass die Oberhöhen der H-Grade sowohl im Reinbestand *Embrach* als auch im Mischbestand *Sihlwald* tiefer liegen als diejenigen der anderen Durchforstungsgrade. Dies steht im Widerspruch zu LEIBUNDGUT et al. (1971), die für die verschiedenen Durchforstungsstärken keine Unterschiede bezüglich Höhenbonität feststellen konnte. Allerdings waren dort die Maximalhöhen der stark durchforsteten Fläche am grössten. Hier handelt es sich wahrscheinlich um Standortsunterschiede oder die Unterschiede liegen im Bereich der Streuung, sodass eine Aussage über den Einfluss der Durchforstungsart auf die Entwicklung der Oberhöhe nicht möglich ist. Vergleiche mit den Oberhöhen von reinen bzw. gemischten Beständen auf demselben Standorten sind nicht möglich, da es zu den hier dargestellten Versuchsflächen keine entsprechenden Vergleichsflächen gibt.

Die **Gesamtwuchsleistung** (Abb. 4) der stark niederdurchforsteten Bestände (D-Grad) liegt um 2—6 % tiefer als die hochdurchforsteten (H-Grad) und 10—18 % tiefer als die schwach und mässig durchforsteten (B- und C-Grad). Die H-Grade liegen um 6—10 % tiefer als die C-Grade bzw. 8—13 % als die B-Grade und 15 % tiefer als der A-Grad. Die Unterschiede sind in den Reinbeständen etwas grösser als in den Mischbeständen.

Das gleiche, aber etwas deutlicher differenzierte Bild ergibt die Betrachtung des **durchschnittlichen Gesamtwachses dGZ** (Abb. 5). Interessant ist das ungebremste Wachstum der Buche in den Reinbeständen, während das Wachstum in den Mischbeständen, obwohl diese Bestände jünger sind, bereits zu kulminieren scheint.

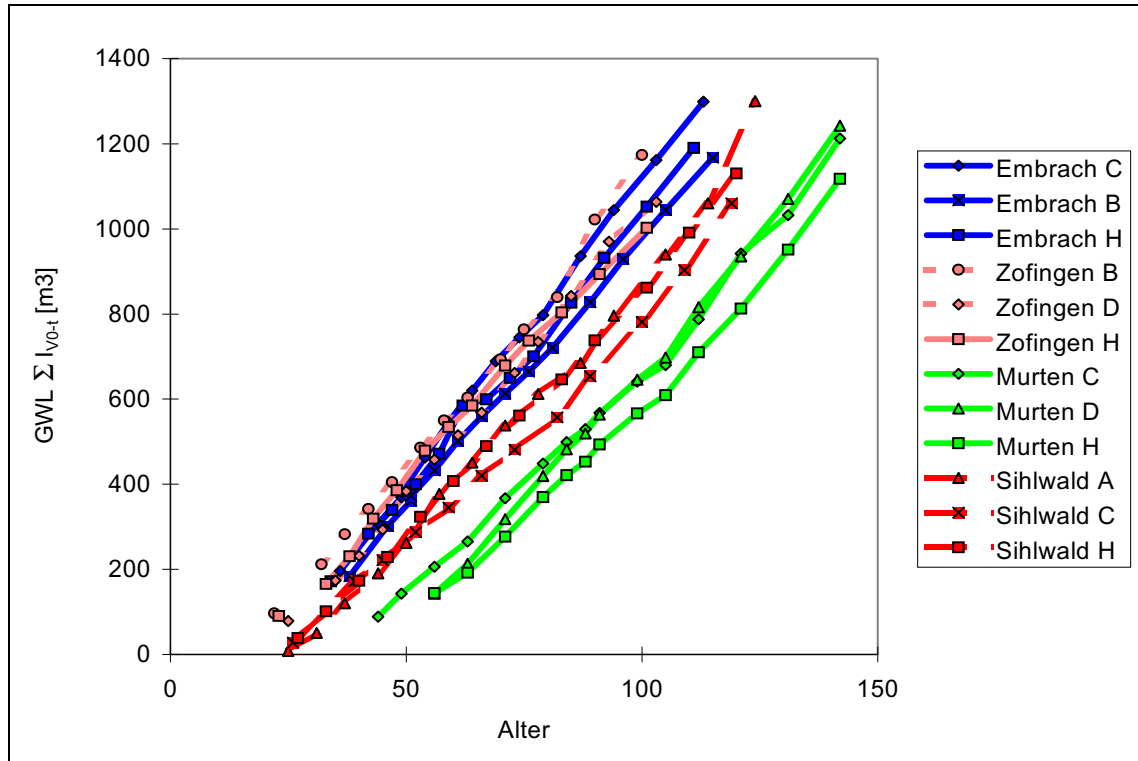


Abb. 4. Gesamtwuchsleistung

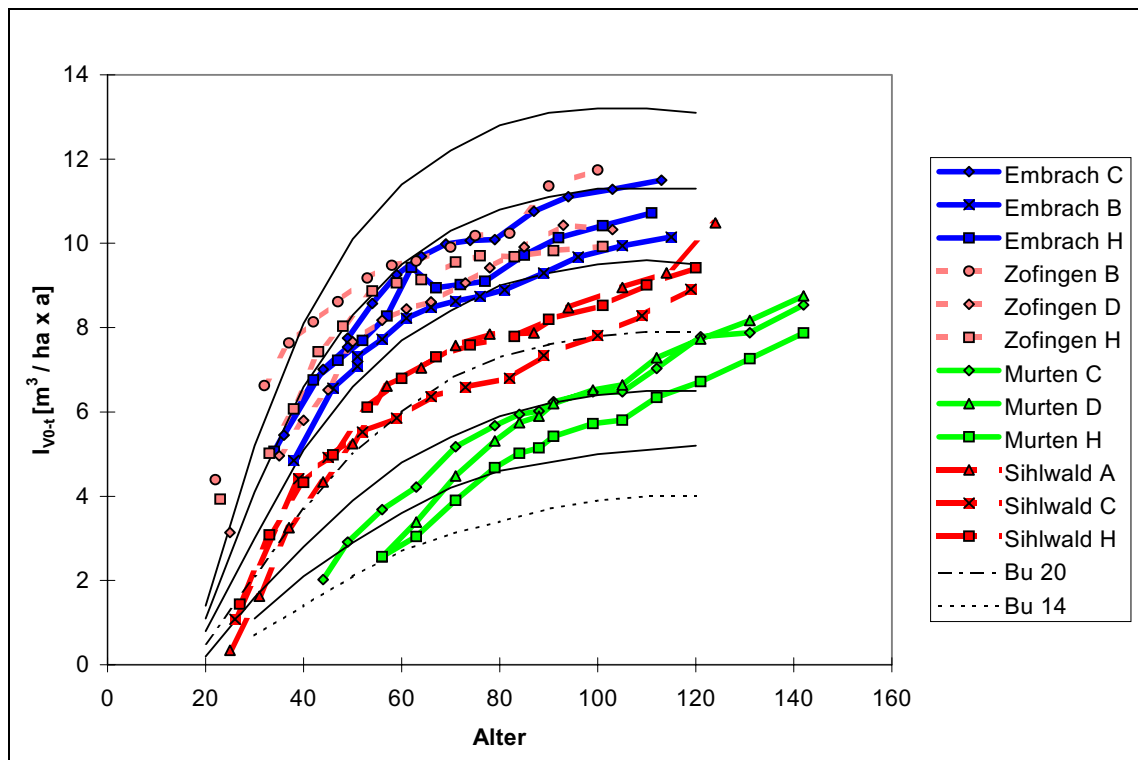


Abb. 5. Durchschnittlicher Gesamtwuchs; eingelblendet ist der Oberhöhenfächer der Buchen-Ertragstafel (Badoux 1983)

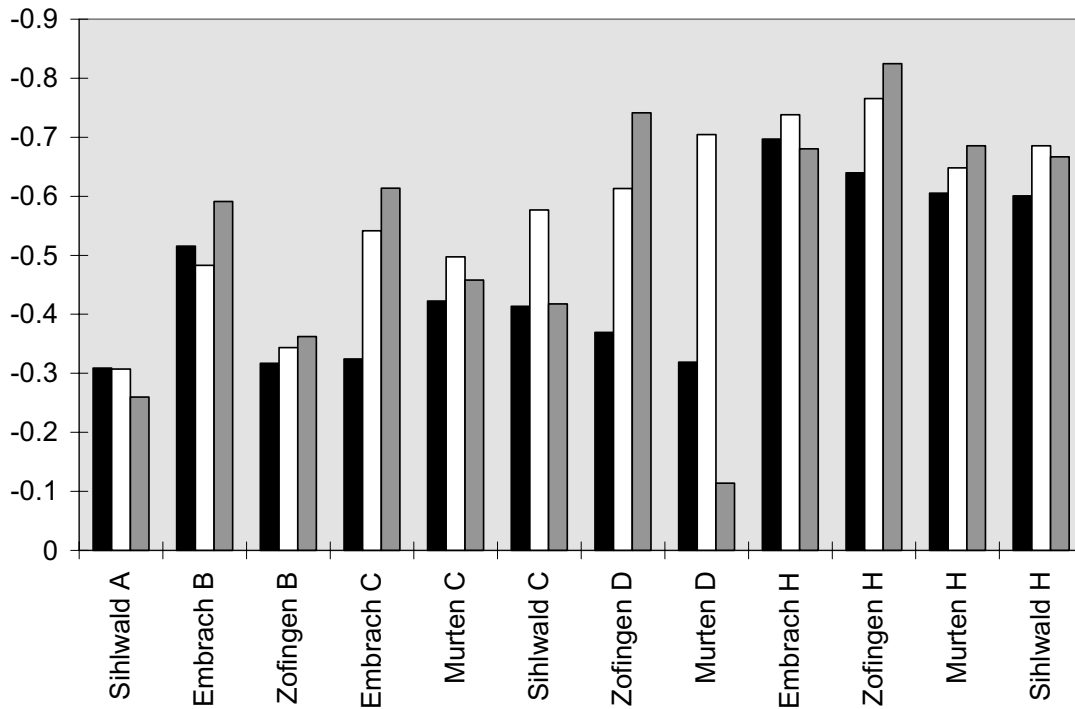


Abb. 6. Korrelation Volumenzuwachs - Konkurrenz = Konkurrenz-Index CI nach Hegyi (1974). Die Säulenfarbe steht für jeweils einen Aufnahmezeitpunkt.

Der **Volumenzuwachs** der Buchen ist in allen betrachteten Aufnahmen signifikant negativ mit G_{cum} korreliert. Ebenso besteht mit einer Ausnahme, im D-Grad im Mischbestand *Murten*, ein signifikanter, negativer Zusammenhang mit dem Konkurrenzindex nach HEGYI (1954), wobei die Korrelationen in den D- und H-Graden deutlich stärker sind, als in den niederdurchforsteten Flächen (Abb. 6). Dies bestätigt, dass eine stärkere Konkurrenz den Zuwachs der Bäume beeinträchtigt und damit das Erreichen wertvollerer Dimensionen verzögert.

Die Qualität von Bäumen in forstlich genutzten Beständen ist einerseits von deren genetischen Veranlagungen, andererseits vom Standort und von nachbarschaftlichen Beziehungen abhängig. Letztere werden durch die waldbaulichen Eingriffe modifiziert. Die **Stammqualität** und die Holzqualität kann durch die Steuerung des Wachstums über waldbauliche Eingriffe beeinflusst werden. Die Stammqualität ist gerade bei der Buche massgeblich für das wirtschaftliche Ergebnis verantwortlich. Deshalb kommt der Frage nach dem Zusammenhang zwischen Waldbau und Stammqualität eine wichtige Bedeutung zu.

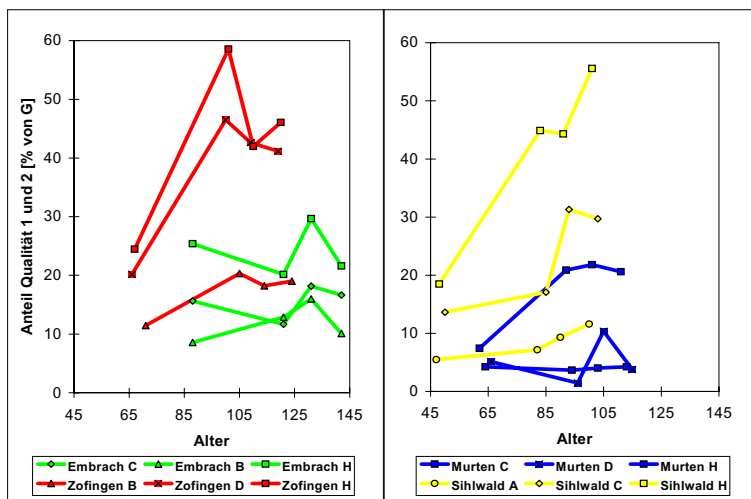


Abb. 7. Anteil Qualität 1 und 2 der Buchen, in Reinbestände (links) und in Mischbeständen (rechts)

beeinflusst werden. Die Stammqualität ist gerade bei der Buche massgeblich für das wirtschaftliche Ergebnis verantwortlich. Deshalb kommt der Frage nach dem Zusammenhang zwischen Waldbau und Stammqualität eine wichtige Bedeutung zu.

Der Anteil der Bäume mit Qualität 1 und 2 liegt in den Buchen-Reinbeständen (Abb. 7 links) für die schwach niederdurchforsteten Bestände

tiefer als für die stark niederdurchforsteten und hochdurchforsteten; in der Fläche *Zofingen* ist dies mit 20 gegenüber 40—50 %, auf der Fläche *Embrach* mit 15 gegenüber 30 % etwas weniger deutlich. Wichtig ist ausserdem die Feststellung, dass an beiden Orten die H-Grad-Fläche die besseren Ergebnisse zeitigt, als die D-Grad-Fläche.

Der Anteil der Qualität 1 und 2 der Buche in den Mischbeständen (Abb. 7 rechts) ist unterschiedlich. Sie liegen bei den buchenreichen Versuchsflächen im *Sihlwald* deutlich höher als bei den nadelholzreichen Beständen in *Murten*. Diese deckt sich mit den Beobachtung von FLURY (1931) und BURGER (1941). Die Buche in Mischung mit Nadelholz weist schlechtere Qualitäten auf als die Buche im Reinbestand und in diesem Fall in einem buchenreichen Mischbestand. Die Entwicklung der Mischungsform von einer Gruppenmischung zu einer Einzelmischung – vgl. dazu den Abschnitt über den Segregationsindex S – dürfte diese Entwicklung noch verstärkt haben: die Mehrheit der Buchen konkurriert unmittelbar mit anderen Baumarten. Die besten Verhältnisse sind in *Murten* auf der H-Grad-Fläche zu finden, bei der der Anteil der Qualität 1 und 2 zunimmt. Die besten Qualitätsverhältnisse im *Sihlwald* sind ebenfalls auf der H-Grad-Fläche zu finden. Auf der A-Grad-Fläche ist der Anteil qualitativ guter Buchen im ganzen Beobachtungszeitraum unter 10 %.

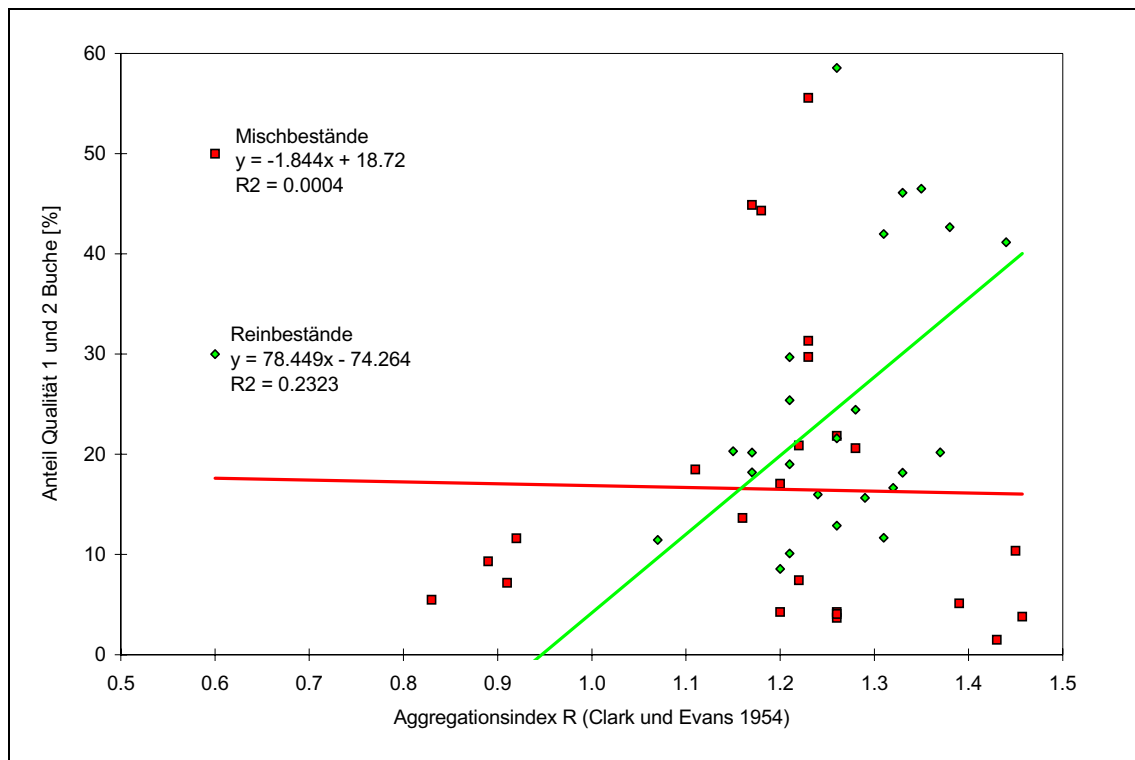


Abb. 8. Zusammenhang von Baumverteilung und Qualität in Rein- und Mischbeständen

Wenn man nun die Qualitätsanteile 1 und 2 mit den Aggregationsindex R in Beziehung setzt, ergibt sich folgendes Bild: Bei den Reinbeständen scheint sich ein lockerer Zusammenhang (Bestimmtheitsmass $R^2 = 0,23$) zwischen dem Qualitätsanteil 1 und 2 der Buche und dem Aggregationsindex R zu zeigen (Abb. 8). Bei den Mischbeständen ist kein solcher Zusammenhang festzustellen.

Die grösseren Anteile an qualitativ guten Stämmen in den H- und D-Graden und die stärkere negative Korrelation mit der Volumenzuwachs lassen den Schluss zu, dass eine bessere Verteilung, in der weniger Konkurrenz herrscht, günstigere Resultate ergibt bzw. dass eine stärkere Konkurrenz sich ungünstig auf den Wertzuwachs bzw. auf die Wertleistung auswirkt.

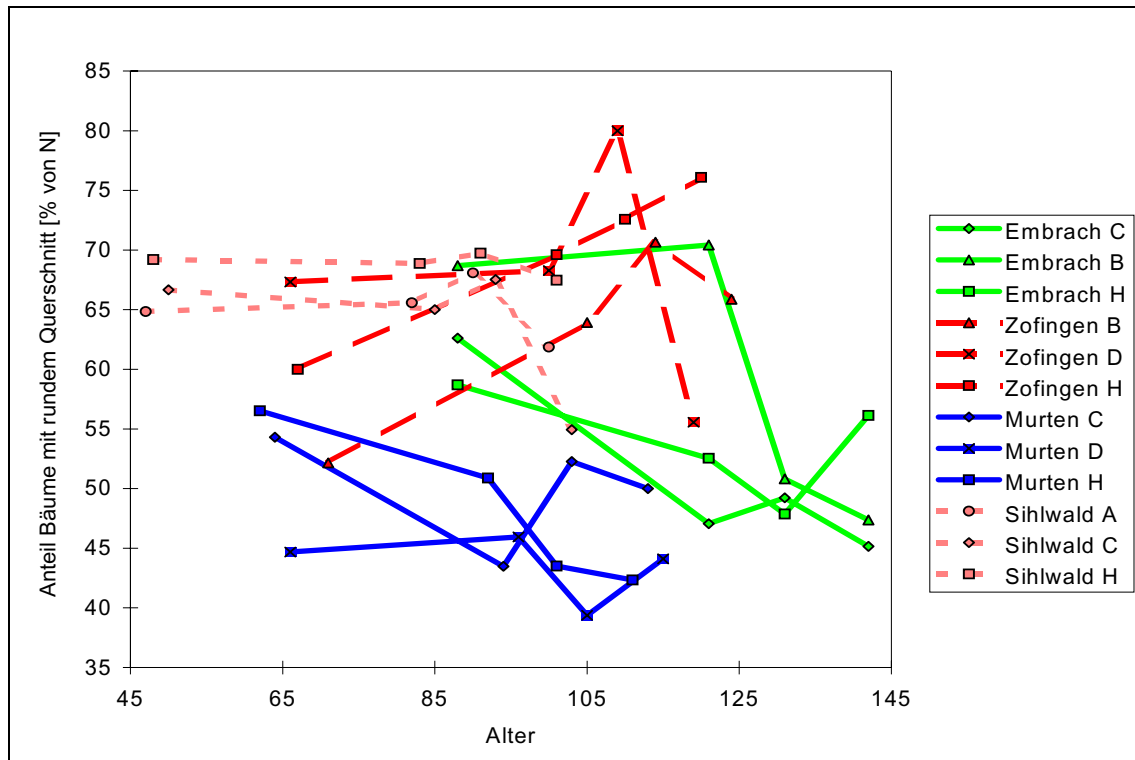


Abb. 9. Exzentrizität e: Stammzahlanteil «runder» Buchen (rund = $e < 0,30$)

Betrachtet man den Anteil der Buchen mit runden, d.h. nicht exzentrischen Querschnitten, ergibt sich folgendes Bild (Abb. 9): Am wenigsten «runde» Buchen gibt es in den nadelholzreichen Mischbeständen von *Murten*. Deutlich besser sind die Verhältnisse im *Sihlwald*. In den Reinbeständen ist der Anteil «runder» Buchen in *Zofingen* deutlich höher als in *Embrach*, wo der Anteil «runder» Buchen mit zunehmendem Alter sogar kleiner geworden ist. Mit Ausnahme von *Murten* sind die Verhältnisse in den H-Graden jeweils am besten. Aufgrund dieser Daten kann die Abhängigkeit des Anteils von Stämmen mit exzentrischen Querschnitten von der Behandlung und damit von der Verteilung der Bäume auf der Fläche im Gegensatz zu KATÓ (1988) nicht ausgeschlossen werden.

Die Regressionen über die Exzentrizität des Stammquerschnittes ergeben nur für drei Aufnahmen einer einzigen Fläche, dem D-Grad in Zofingen, mit dem Konkurrenzindex nach HEGYI signifikante Ergebnisse mit Bestimmtheiten R^2 von mehr als 20 %. Mit den gewählten Variablen «Soziale Stellung», «minimale Distanz zum nächsten Nachbarn» bzw. und dem Konkurrenzindex CI nach HEGYI (1954) kann die Exzentrizität somit nicht befriedigend erklärt werden.

5 Folgerungen

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen klar, dass wohl die Volumenleistung von schwach und mässig niederdurchforsteten Rein- und Mischbeständen grösser sind als die der hochdurchforsteten. Ebenso klar kommt aber zu Ausdruck, dass stark durchforstete bzw. hochdurchforstete Bestände günstigere Qualitätsverhältnisse ausweisen als schwach- bzw. niederdurchforstete. Nach BRYNDUM (1987) können mit intensiverer Durchforstung deutlich höhere Wertleistungen erreicht werden. Hier setzt nun die Kritik an MÜLDER (1996) an: Seine Gruppendurchforstung entspricht etwa einer mässig bis schwachen Niederdurchforstung oder der schwachen Auslesedurchforstung nach Schädelin. LEIBUNDGUT et al. (1971) konnten aber ganz klar

nachweisen, dass die applizierte starke Hochdurchforstung als «sehr stark» qualifiziert werden kann und sich trotz geringerer Volumenleistung gegenüber der schwächeren Variante ein wertvollerer Bestand ergab.

MÜLDERS (1996) Hauptargument für die Gruppendurchforstung ist in Anlehnung an KATÓ (1973) die Erhaltung einer möglichst grossen Anzahl qualitativ guter Stämme und bei der Fichte die erhöhte Stabilität so durchforsteter Bestände. Gruppenartige Anordnung von Bäumen sind im Schutzwald im Gebirge, insbesondere bei der Fichte, anerkanntermassen von Vorteil für die Stabilität solcher Bestände. Allerdings wird damit akzeptiert, dass die Erzeugung von Qualitätsholz in diesen Fällen gegenüber dem Anspruch an Bestandesstabilität untergeordnete Bedeutung hat. In Beständen mit Gruppenstruktur ist die Erzeugung von Qualitätsholz im Sinne von Gradschaftigkeit, Astfreiheit und optimalem Stammquerschnitt kein Produktionsziel, da sich diese gegenseitig nur schwer vereinbaren lassen. Mülders Hypothese dürfte bei den von ihm erwähnten Beispielen für Buche, Eiche, Lärche, Kiefer und Fichte nur für die letzte und nur für die Stabilitätspflege gelten. Bei allen anderen Baumarten ist sie mindestens für den Wirtschaftswald in Zweifel zu ziehen.

Zweifel sind auch bei Mülders Interpretation von Schädelins Auslesedurchforstung angebracht: Mülder scheint das zentrale Anliegen Schädelins, die Wertholzproduktion, nicht gebührend zu würdigen. Es ist seit langem bekannt, dass die Volumenleistung bei schwacher Durchforstung am höchsten ist, A-Grade häufig mehr leisten als C-Grade oder H-Grade (ASSMANN 1961, SPELLMANN und NAGEL 1996). Ebenso dürfte stimmen, dass es für die Volumenleistung nicht so wesentlich ist, ob die Bäume gruppiert oder in «optimalem» Abstand stehen. Ausserdem dürfte niemand bestreiten, dass im Naturwald, auf den sich auch BUSSE (1935) bezieht, maximale Volumen- oder maximale Wertleistung unwesentlich sind. Weniger klar ist Mülders auf Kató (KATÓ 1973, KATÓ und MÜLDER 1988) gestützte These, dass zur Erzielung einer maximalen Wertleistung ein einigermaßen gleichmässiger Abstand zwischen den Bäumen nicht notwendig sei. Diese Zweifel beziehen sich insbesondere auf die Baumart Buche, aber auch auf andere Baumarten. Das Ziel des Schädelin'schen Waldbaus ist aber klar die höchste Wertleistung, ein Ziel, das auch bei naturgemässer Ideologie nicht *per se* automatisch negative Assoziationen hervorrufen sollte. SCHÄDELIN (1934) lehnt die schematische Durchforstung nach Abständen auch klar ab, wobei nach LEIBUNDGUT (1966) «eine gute, regelmässige Verteilung der Ausleseebäume» in verschiedener Hinsicht von Vorteil ist. MÜLDER (1996) kritisiert Schädelins Arbeit anhand dessen Bemerkung über die Wissenschaftlichkeit im Vorwort, würdigt aber die Untersuchung von LEIBUNDGUT et al. (1971), in welcher die von Schädelin angelegten Versuche ausgewertet werden, nicht.

Die Diskussion, die MÜLDER (1996) mit seinem Merkblatt auslöste, hat ihre Wurzeln in der Diskussion um «naturgemässen Waldbau». Es ist durchaus möglich, dass die Forstwirtschaft in nächster Zeit gezwungen sein wird, solche oder ähnliche Waldbaukonzepte aus politischen oder wirtschaftlichen Gründen akzeptieren zu müssen. Noch radikalere Vorschläge wie Verzicht auf eine forstliche Nutzung wurden ja auch schon gestellt. Wesentlich sind in diesem Zusammenhang deshalb die folgenden beiden Schlüsse:

- Eine Extensivierung des Waldbaus in Sinne der Gruppendurchforstung oder sogar eine Einstellung der waldbaulichen Tätigkeit werden die Volumenleistung nicht negativ beeinflussen. Wenn zu einem späteren Zeitpunkt die Nutzung der so bewirtschafteten Wälder wieder notwendig sein sollte, kann das grosse Holzvolumen genutzt werden.
- In Gegensatz dazu wird die Wertleistung gut und intensiv gepflegter Bestände bei Nutzungsextensivierungen stark zurückgehen. Der damit verbundene ökonomische Verlust dürfte beträchtlich sein und sollte dringend genauer untersucht werden.

Aufgrund der hier vorgestellten Daten kann aber auch die folgende Empfehlung betreffend Durchforstung von Buchen- und Buchenmischwäldern abgegeben werden: Die für die Gruppendurchforstung angeführten Argumente scheinen nicht stichhaltig zu sein und berechtigen zu keinem Abrücken von der durchaus bewährten Auslesedurchforstung nach SCHÄDELIN und LEIBUNDGUT. Für die Durchforstungskonzepte nach Schädelin/Leibundgut sind Rationalisierungseffekte denkbar und aus wirtschaftlichen Gründen auch notwendig. Allerdings dürften diese kaum im Sinne von Kató und Mülder realisiert werden.

6 Zusammenfassung

Anhand von je sechs unterschiedlich durchforsteten Buchen-Reinbeständen und Mischbeständen mit Buche auf je zwei Standorten wird gezeigt, dass ein Zusammenhang zwischen Stammqualität und Behandlung einerseits und zwischen der Behandlung und der Verteilung der Bäume auf der Fläche andererseits besteht. Unterschiedliche Ergebnisse im Wachstum sind bereits seit längerer Zeit bekannt und werden hier bestätigt. Es kann gezeigt werden, dass die starke Niederdurchforstung (D-Grad) und die Hochdurchforstung (H-Grad), die in der Schweiz als Auslesedurchforstung durchgeführt wird, zu eher regelmässigen Verteilungsmustern der Bäume und zu höheren Anteilen an Stämmen mit guter Qualität führen als mässige und schwache Niederdurchforstungen (C- und B-Grad). Die deutlich geklumpte Anordnung in der A-Grad-Fläche und die dort vorhandenen sehr niedrig liegenden Anteile an guten Qualitäten sprechen gegen die These von KATÓ (1988) und MÜLDER (1996), dass die Beachtung der Abstände der Ausleseebäume für die Erzeugung von qualitativ gutem Holz nicht notwendig sei. Bei der Kritik an Mülders These ist zu beachten, dass er das Verfahren der Auslesedurchforstung nach Schädelin und Leibundgut, wie es in der Schweiz praktiziert wird, zu schematisch sieht und die Bedeutung der Abstände zwischen den Bäumen überschätzt. Das Verfahren beeinflusst in der Regel «Paarbeziehungen» und führt durch das Entfernen des schärfsten Konkurrenten zu einigermaßen zufälligen bis regelmässigen Verteilungsmustern. Wenn bei der waldbaulichen Tätigkeit über mehr als eine Eingriffsperiode hinaus geplant wird, z.B. durch Auswahl und Markierung der Z-Bäume und ähnliche Verfahren, führt dies zu mehr oder weniger regelmässigen Verteilungen der Bäume. Aus den damit gemachten bisherigen Erfahrungen darf man schliessen, dass die Auslesedurchforstung und ihre Varianten auch in Zukunft als naturnah gelten darf und als wirtschaftlich interessantere Variante der Gruppendurchforstung von Kató und Mülder vorgezogen werden darf.

Literatur

- Assmann, E.; 1961: Waldertragskunde. 490 S. München Bonn Wien, BLV.
- Bachmann, P.; 1990: Produktionssteigerung im Wald durch vermehrte Berücksichtigung des Wertzuwachses. Berichte der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft 327: 73 S.
- [Badoux, E.]; 1983d: Ertragstafeln für die Buche in der Schweiz. Eidg. Anst. forstl. Versuchswes., Birmensdorf, 3. Auflage.
- Bryndum, H.; 1987: Buchendurchforstungsversuche in Dänemark. Allg. Forst- u. J.Ztg., 158, 7/8: 115—121.
- Burger, H.; 1941: Beitrag zur Frage der reinen oder gemischten Bestände. Mitteilungen der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, 22 (1941), 1: 164—203.
- Busse, J.; 1935: Gruppendurchforstung. Forstliche Wochenschrift „Silva“ 23: 145—147.

- Clark, P.J.; Evans, F.C.; 1954: Distance to the nearest neighbor as a measure of spatial relationships in populations. *Ecology*, Vol. 35, No. 4: 445—453 (zit. nach Pretzsch (1996)).
- Donnelly, K.; 1978: Simulation to determine the variance and edge-effect of total nearest neighbor distance. In: *Simulation methods in archaeology*. Hodder, I.R. (Hrsg.), Cambridge University Press, London. S. 91—95.
- Flury, Ph.; 1931: Untersuchungen über Zuwachs-, Massen- und Geldertrag reiner und gemischter Bestände. *Mitteilungen der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft*, 16 (1931), 2: 453—472.
- Hegyí, F.; 1974: A simulation model for managing jack-pine stands. In: Fries, J. (ed.): *Growth models for tree and stand simulation*. Stockholm, Royal Coll. for For. S. 74—90.
- Kató, F.; 1973: Begründung der qualitativen Gruppendurchforstung. Beitrag der entscheidungsorientierten forstliche Betriebswirtschaftslehre zur Durchforstung der Buche. Institut für forstliche Betriebswirtschaftslehre der Universität Göttingen, Habilitationsschrift. 146 S.
- Kató, F.; Mülder, D.; 1988: Qualitative Gruppendurchforstung der Buche - Weiterentwicklung nach 20 Jahren. *Allg. Forst- u. J.-Ztg.* 159, 1/2: 4—9.
- Leibundgut, H.; 1966: *Die Waldpflege*. Bern, Paul Haupt. 192 S.
- Leibundgut, H.; Auer, C.; Wieland, C.; 1971: Ergebnisse von Durchforstungsversuchen 1930—1965 im Sihlwald. *Mitteilungen der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft*, 47 (1971), 4: 257—389.
- Mülder, D.; 1996: Merkblatt zur Gruppendurchforstung. Siegen, Wilhelm-Münker-Stiftung, Merkblatt 29. 8 S.
- Pretzsch, H.; 1996: Strukturvielfalt als Ergebnis waldbaulichen Handelns. *Deutscher Verband Forstlicher Versuchsanstalten, Sektion Ertragskunde, Tagungsbericht*: 134—154.
- Schädelin, W.; 1934: *Die Durchforstung als Auslese- und Veredelungsbetrieb höchster Wertleistung*. Verlag Paul Haupt, Bern, Leipzig. 96 S.
- Spellmann, H.; Nagel, J.; 1996: Zur Durchforstung von Fichte und Buche. *Allg. Forst- und Jagdzeitung* 167 (1996), 1/2: 6—15.
- Voellmy, E.; 1962: *Fünfstellige Logarithmen und Zahlentafeln für die 100g-Teilung des rechten Winkels*. Zweite, veränderte Auflage. Zürich, Orell Füssli. 208 S.

Zitierung:

- Zingg, A.; Ramp, B., 1997: Wachstum und Stammqualität in reinen und gemischten Buchenbeständen. - In: Kenk, G. (Hrsg.) *Deutscher Verband Forstlicher Versuchsanstalten. Sektion Ertragskunde. Jahrestagung 1997, Grünberg, 12.-14. Mai 1997*. Freiburg, Deutscher Verband Forstlicher Versuchsanstalten. 152-164.