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

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 140 (1989)

Heft: 12

Artikel: Zum Problem der Konkurrenz in Mischbeständen

Autor: Schütz, Jean-Philippe

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-764278

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: 09.07.2025

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

Zum Problem der Konkurrenz in Mischbeständen

Von *Jean-Philippe Schütz*
(Institut für Wald- und Holzforschung der ETH Zürich, Fachbereich Waldbau, CH-8092 Zürich)

Oxf.: 228.3 : 535

1. Einleitung

Das Erreichen möglichst artenreicher und feiner Baumartenmischungen stellt heute eines der wichtigsten waldbaulichen Ziele bei der Bestandesbegründung und -pflege dar. Diese Zielvorstellung gilt mit dem Vorbehalt, dass die Mischungsformen waldbaulich sinnvoll sind. Feine Mischungen können in der Tat nur verantwortet werden, solange sich die assoziierten Baumarten bezüglich Wachstumsgang, Lichtansprüchen, Lebensdauer sowie erreichter Endhöhe einigermassen vertragen. Die Verträglichkeit der Baumarten ist durch diejenigen Faktoren geprägt, welche die inneren Wettbewerbsverhältnisse in der Gemeinschaft der Bestockung bestimmen. Allzu feine Mischungen sind in der Natur, das heisst im Urwald, eher die Ausnahme als die Regel. Sie sind meistens bei gut verträglichen Baumarten mit ähnlichem Wachstumsgang und ähnlichen Standortsansprüchen zu finden, wie dies bei den Mischungen Ahorn/Esche oder Fichte/Tanne der Fall ist. Meistens herrschen eine oder wenige besonders wettbewerbsfähige Arten, wodurch das Waldgefüge im Naturwald zur Gleichförmigkeit und Gleichartigkeit strebt. Es gibt sogar Mischungen, die sich von der biotischen Gefährdung her gesehen ausschliessen oder zumindest ungünstig auf die vorhandenen Baumarten auswirken (sogenannte Inkompatibilität), da gewisse an einen Wirtswechsel gebundene Krankheiten durch die Mischung gefördert werden können. Das schulmässige Beispiel dafür ist der sich in der Mischung Lärche/Fichte verbreitende Lärchenblasenfussbefall an neu gebildeten Lärchenleittrieben, welcher durch *Taeniothrips laricivorus* Krat. & Far. *(Brassel,* 1980) verursacht wird. Eine Mischung muss also vom waldbaulichen Standpunkt her gesehen allen beteiligten Baumarten gute Entwicklungschancen

bieten, ohne dass Nachteile, beispielsweise in Form gesundheitsschädigender nachbarlicher Einwirkungen, auftreten.

Dem eingangs postulierten Ziel der feinen Baumartenmischungen liegen die grundsätzlichen Überlegungen der Risikoverteilung und -minderung zugrunde. Die Warnsymptome einer möglichen Entkoppelung der Regelmechanismen von Waldökosystemen, wie sie mit dem sogenannten Waldsterbesyndrom in den letzten Jahren deutlich zum Ausdruck kamen, haben uns wieder auf die Notwendigkeit einer örtlichen oder zeitlichen Verteilung der Risiken hingewiesen; örtlich durch die Verteilung auf mehrere Baumarten, zeitlich durch die Staffelung der Steuerungsmassnahmen unter Berücksichtigung der Auslesemöglichkeiten und somit der Anpassungsfähigkeit innerhalb der natürlichen Baumpopulationen, welche durch die relativ grosse intraspezifische genetische Vielfalt möglich ist. Die Risikoverteilung darf aber nicht auf Kosten der Risikominderung erfolgen. Die Zielsetzung, gesunde Wälder mit einem guten Reaktionsvermögen gegenüber Störungen aller Art, also mit einer guten ökologischen Stabilität, zu schaffen und zu erhalten, ist derjenigen der Baumartenvielfalt hierarchisch übergeordnet.

Neben diesen ökosystemisch-waldbaulichen Betrachtungen fallen weitere, eher immaterielle Überlegungen ins Gewicht. So wird heute immer stärker auf die Funktion des Waldes als landschaftsästhetisches Element, als ein durch lange Entwicklungsprozesse geprägtes Kulturgut, als Erholungsstätte und als wichtiges Umfeld für die Verwirklichung vieler Naturschutzziele hingewiesen. Dementsprechend wird mehr und mehr die legitime Forderung erhoben, die öffentlich wichtigen Sozialfunktionen des Waldes zu berücksichtigen.

Soll das Problem der Baumartenmischungen gelöst werden, so sind vertretbare Kompromisse zwischen der Vielfalt der Baumarten und ihrer möglichst konfliktlosen Kombination, also optimale Mischungsformen, zu finden. Bei diesen Optimierungsproblemen spielt die Wettbewerbsfähigkeit der Baumarten, genauer die Wettbewerbsverhältnisse zwischen Baumarten mit unterschiedlichen Entwicklungstendenzen sowie unterschiedlichen Ansprüchen (zum Beispiel gegenüber dem Lichtfaktor), eine bedeutsame Rolle. Das Problem solcher Wettbewerbsverhältnisse haben wir an geeigneten Waldobjekten näher untersucht. Die Ergebnisse sollen nachfolgend am Beispiel von Konflikten an Kontaktzonen flächenweise vorkommender Mischungen präsentiert werden.

2. Begriffliche Klarstellung des Ausdruckes «Mischungen»

Zunächst sollen begriffliche Missverständnisse im Zusammenhang mit dem Ausdruck «Mischungen» beseitigt werden, und zwar im Sinne einer Klarstellung, da von diesem Begriff derart unterschiedliche Vorstellungen existieren, dass auch die Interpretation wissenschaftlicher Ergebnisse wesentlich davon abhängt.

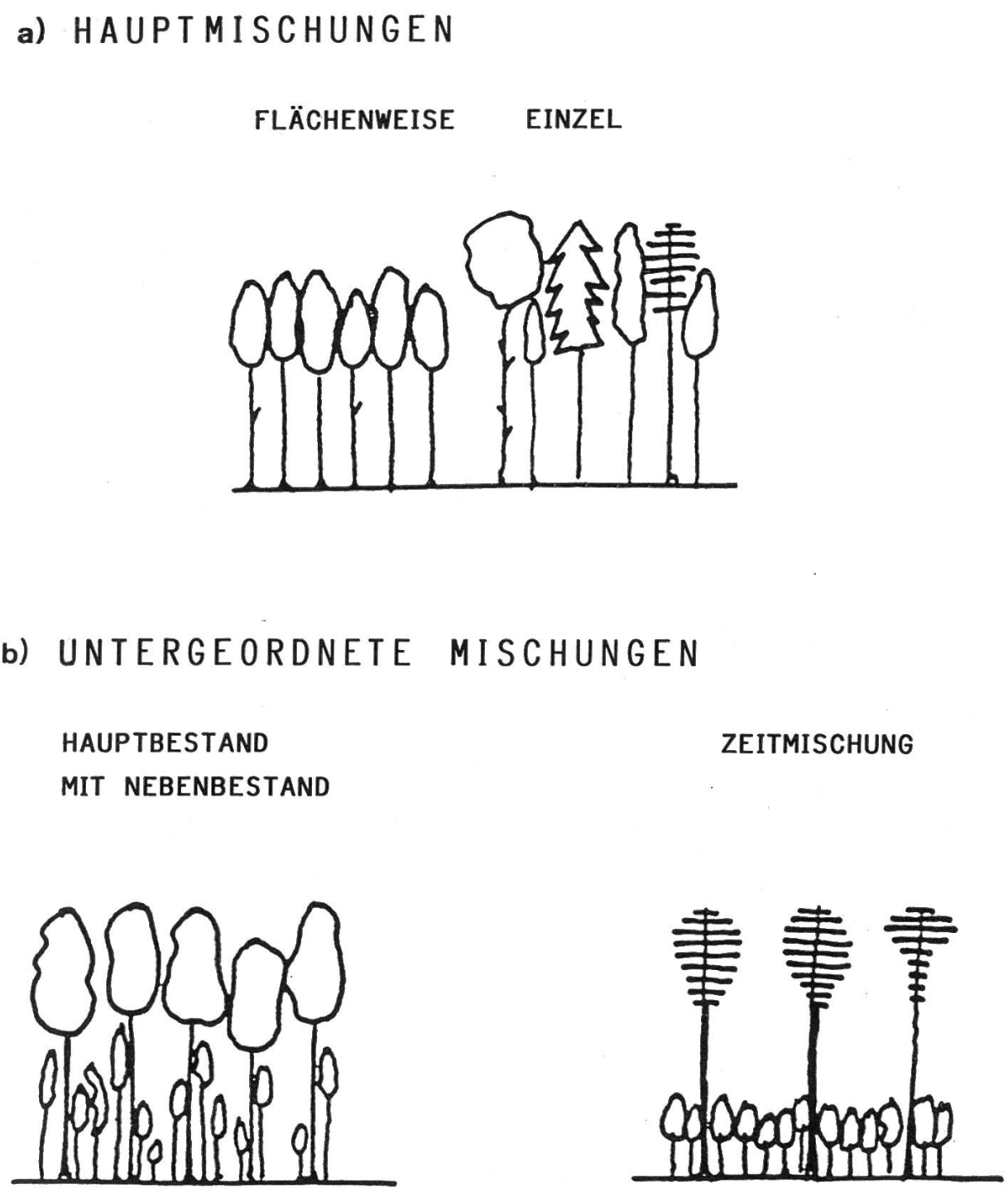


Abbildung 1. Unterschiedliche Hierarchie der Mischungen.

Funktionell müssen wir grundsätzlich, je nach der hierarchischen Ordnung der Komponenten einer Mischung, zwischen *Hauptmischungen* und *untergeordneten Mischungen* unterscheiden *(Abbildung 1)*. Im ersteren Falle beteiligen sich alle berücksichtigten Baumarten am oberen Kronendach und erfüllen gleichwertige Funktionen. Im Falle der untergeordneten Mischungen sind gewisse Baumarten zumindest vorübergehend, in vielen Fällen auch definitiv, anderen Baumarten untergeordnet. Zum Beispiel ist dies der Fall beim funktionell untergeord-

neten Nebenbestand, wo die Begleitbaumarten eine stamm- und bodenpflegerische Funktion ausüben, aber auch bei sogenannten Zeitmischungen wie Vorbau und Überhaltbetrieb. Als letztes kann noch die vertikale Mischung genannt werden, welche im Plenterwald zu finden ist.

Aus ökologischer Sicht weist jede Mischung, auch eine solche mit hierarchisch unterstellten Komponenten, gewisse Vorteile auf, insbesondere in bodenpflegerischer Hinsicht. Bei der untergeordneten Mischung kommt es im wesentlichen auf die Schattenverträglichkeit der beigemischten Arten sowie auf die Lichtverhältnisse in der Bestockung an. Bei den Hauptmischungen hingegen sind die wichtigsten Faktoren die direkte Wettbewerbsfähigkeit und das Durchsetzungsvermögen der Baumkronen im Kampf um einen Platz im oberen Kronenschirm. Ähnliches gilt wahrscheinlich bei der Bewurzelung der Bäume im begrenzten Raum des nutzbaren Bodens. Frühere Untersuchungen, wie zum Beispiel diejenige von *Meusel* (1951/52), belegen, dass gemischte Bestockungen den Wurzelraum durch die unterschiedliche Bewurzelungstiefe der Baumarten effizienter ausnützen als gleichförmige Bestockungen.

Die in der Folge präsentierten Forschungsergebnisse befassen sich primär mit der Frage der Erfassung des Wettbewerbes und sollen demnach als Beitrag zum Problem der Regulierung der Hauptmischungen verstanden werden.

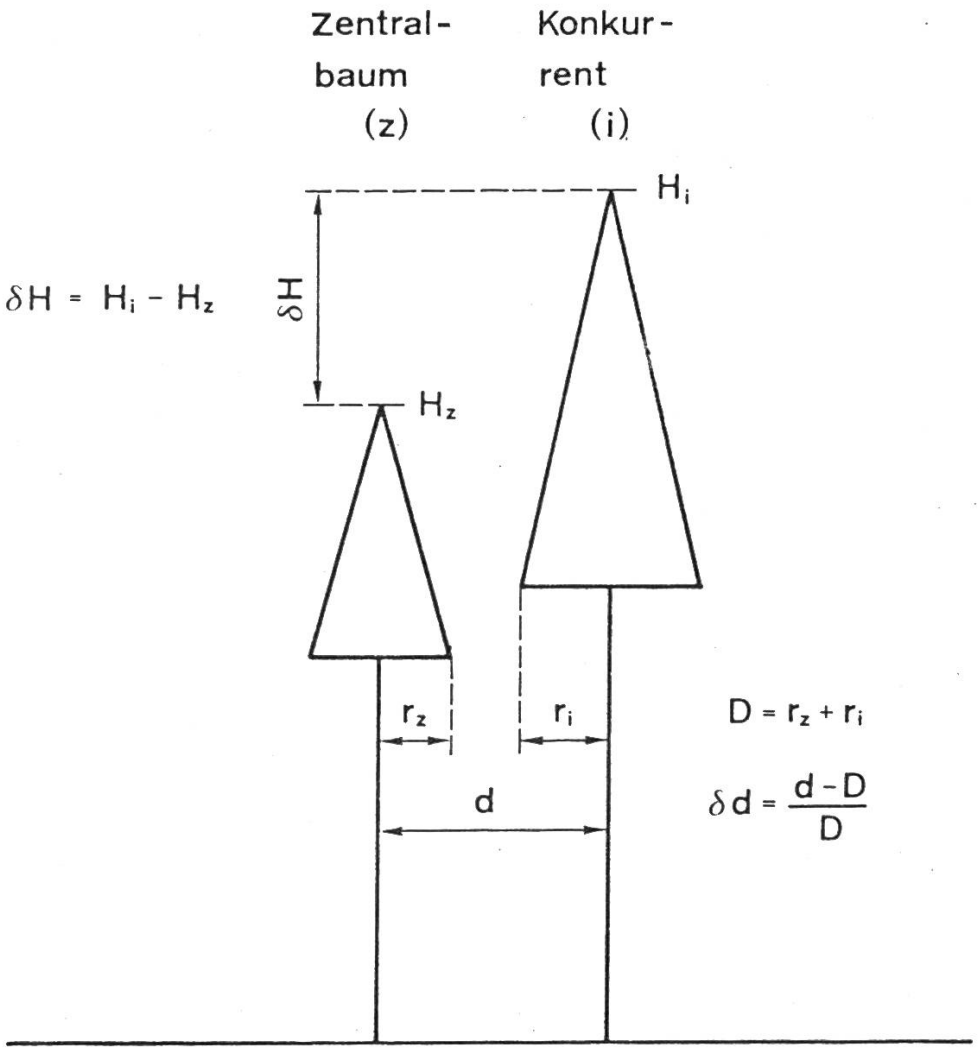
3. Das Problem der Wettbewerbsverhältnisse in einer Bestockung

Das Problem des Wettbewerbes in einer Bestockung ist recht vielfältig. Es bestehen stark vernetzte Beziehungen mit statischen und dynamischen Komponenten, mit positiven und negativen Einwirkungen. Kurzum, wir haben es mit komplexen Verhältnissen zu tun. Und es ist deshalb nicht verwunderlich, dass sich die waldbaulich-ertragskundliche Forschung bisher mit Vorliebe dem Studium gleichförmiger, monospezifischer Kollektive gewidmet hat, statt die viel anspruchsvollere Aufgabe der Mischwälder anzugehen.

Die Konkurrenz in einem Baumkollektiv mit ihren unmittelbaren wie auch langfristigen Konsequenzen für die Einzelglieder stellt eine der Zentralfragen bei der Optimierung der Mischungsverhältnisse dar. Die Konkurrenz lässt sich in einer ersten Annäherung als Resultat des Durchsetzungsvermögens der Einzelbäume im Kronenraum erfassen. Das Wuchspotential eines Baumes in einer Bestockung, seien seine Nachbarn Artgenossen oder nicht, hängt im wesentlichen von der Grösse seiner photosynthetisch aktiven Krone mit einigermassen direktem Zugang zum Licht ab sowie vom Bedrängungsgrad durch Nachbarn, welche die Entwicklung dieser Krone einengen oder sie gar derart beeinflussen, dass sie sich zurückbildet. Untersuchungen der Kronenentwicklung unter verschieden starker Beeinflussung durch Nachbarn an der Lichtbaumart Lärche haben gezeigt, dass die Entwicklung der Seitenäste sich schon deutlich redu-

ziert, wenn der Abstand der Äste zum Nachbar 40 cm unterschreitet *(Schönbächler,* 1982).

Man wird die Bedeutung dieser Erkenntnis richtig ermessen, wenn man berücksichtigt, dass der grösste Anteil der Photosynthese an der Peripherie der Assimilationsorgane der Lichtkrone gebildet wird. Dies wegen des direkten Lichtgenusses einerseits und weil die zwei letzten Jahrestriebe, gemäss den bekannten Untersuchungen von *Ladefoged* (1946) an Fichte, schon einen Beitrag von 80 % an die gesamte Photosynthese leisten. Andererseits hängt das Photosynthesevermögen vom Grad der Beschattung durch die Nachbarn ab, insbesondere in der Lichtkrone, wo 90 % der photosynthetischen Aktivität stattfinden. Die Lichtkrone ist definiert als der Kronenanteil über der maximalen Kronen-



$$KZ = \Sigma_i \; (0.5 - \delta d + 0.65 \cdot \delta h)$$

Abbildung 2. Die Konkurrenzzahl.

breite. Die Beschattung ist sowohl von der Kronennähe zum Nachbar wie auch vom Höhenunterschied zwischen Zentralbaum und Nachbar ($\delta H = H_i - H_z$, *Abbildung 2)* abhängig. Eine einfache Modellbetrachtung hat gezeigt, dass diese beiden Einflussgrössen in einem Verhältnis von etwa 0,65 zueinander stehen (Schönbächler, 1982). Das heisst, dass ein Unterschied in der Baumhöhe von einem Meter die gleiche Wirkung auf die Konkurrenz hat wie die Verkürzung des Abstandes um $1^1/_2$ Meter.

Aufgrund dieser Modellüberlegungen ist es möglich, die Konkurrenz eines bestimmten Baumes (z) zu seinen unmittelbaren Nachbarn (i) in erster Annäherung mit dem folgenden Kriterium, einer sogenannten Konkurrenzzahl (KZ), zu erfassen:

$$KZ = \Sigma_i\,(0{,}5 - \delta d + 0{,}65 \cdot \delta h)$$

wobei: $\delta d = (d - D) / D$

d = Distanz zwischen den Bäumen (in m)

D = mittlere Kronenbreite des Zentralbaumes (z) und des Konkurrenten

$\delta h = \delta H / D$

δH = Höhenunterschied zwischen dem Konkurrenten (i) und dem Zentralbaum (z); $= (H_i - H_z)$

(Schütz et al., 1986)

Die Konkurrenzzahl (KZ) ist gleich Null, wenn keine Konkurrenz besteht. Dies ist der Fall bei Höhengleichheit der Nachbarn, wenn mehr als eine halbe Kronenbreite Kronenabstand zwischen den beiden besteht. Die Konkurrenzzahl nimmt dann linear mit zunehmender Nähe der Bäume bis zur maximalen Zahl von 1,5 zu, wenn die Kronen der Nachbarn sich vollständig überlappen. Bei einem Höhenvorsprung des Konkurrenten erhöht sich die Konkurrenzzahl entsprechend der Wirkung dieses Höhenunterschiedes im oben erwähnten Verhältnis von 0,65.

Die Konkurrenzzahlen der Nachbarn, das heisst der Nachbarbäume mit einem positiven KZ-Wert, werden aufsummiert. Im Normalfall sind dies etwa $5^1/_2$ Bäume, wie Beobachtungen im Lehrrevier der ETH Zürich gezeigt haben (Schütz, 1987); im für die Standraumausnützung idealen Fall der Dreiecksverteilung (Bienenwabenmuster) sind es sechs Konkurrenten.

4. Die Probleme der Mischungsregulierung

Wenn Bäume mit unterschiedlichem Wachstumsgang in einer Bestockung gemischt werden, potenzieren sich die negativen Wirkungen der Konkurrenz mit dem Höhenunterschied zwischen den Baumarten. Sie werden um so ausge-

prägter, je lichtbedürftiger die zurückbleibende, anfänglich langsamer wachsende Baumart ist, oder anders formuliert, je schattenintoleranter sie ist *(Abbildung 3)*.

Dies führt zum natürlichen Prozess einer Entmischung, in dem die am Anfang dominierende Baumart ihre Herrschaft immer weiter ausdehnt. Eine gute Verträglichkeit von Baumarten erlaubt deren entsprechend feine Mischung. Umgekehrt führt eine schlechte Verträglichkeit zu einer natürlichen Entmischung. Nebst weiteren, schon in der Einleitung erwähnten Einflussfaktoren hängt die Verträglichkeit der Baumarten von ihrer Höhenentwicklung und Schattentoleranz ab. Dass diese Verträglichkeit standortsabhängig ist und sich auch mit der Zeit verändern kann, ist leicht einzusehen.

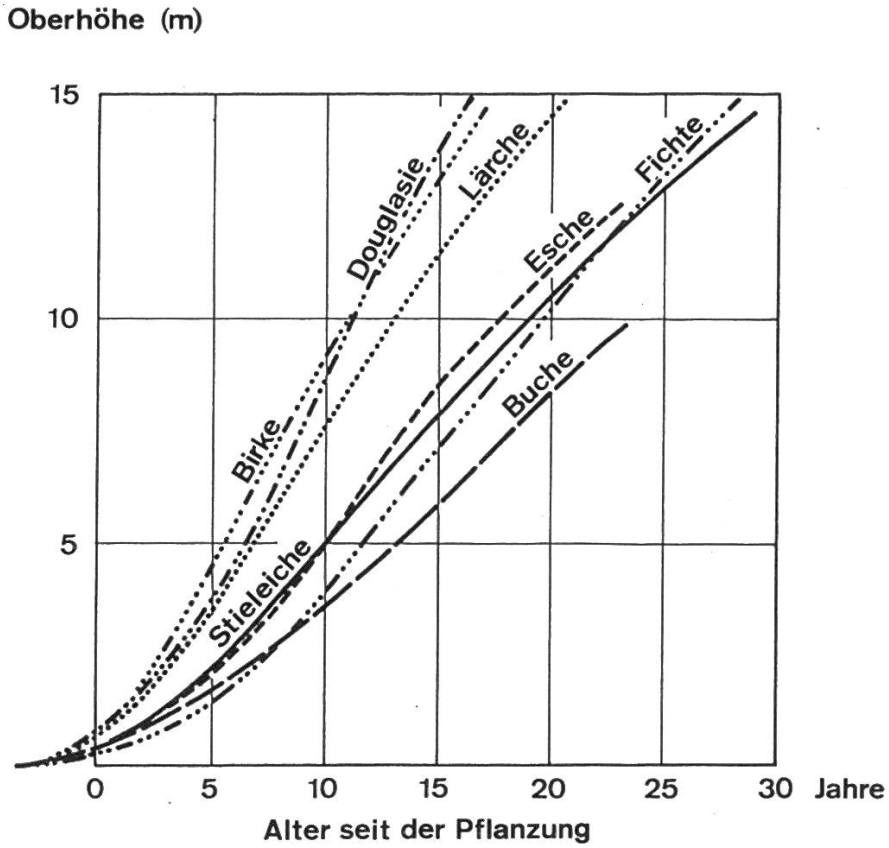


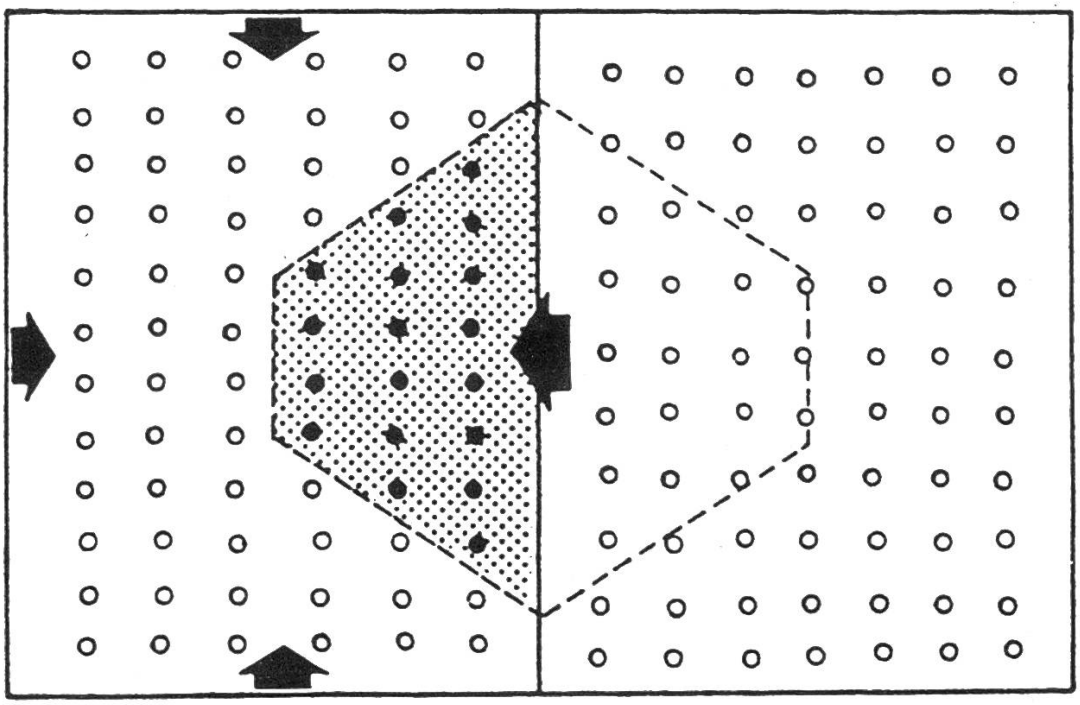
Abbildung 3.
Unterschiede der Höhenwuchsleistung mehrerer Baumarten in der Jugend. Standortsverhältnisse: Waldmeister-Buchenwald.

Typisch intolerante Baumarten, wie etwa die Eiche und die Föhre (in kleinerem Masse die Lärche), sollten bei der Bestandesbegründung in Kollektive gleicher Artgenossen zusammengefügt werden. Je schlechter ihre Verträglichkeit ist, desto grösser muss entsprechend ihre Flächenausdehnung gewählt werden, das heisst, sie werden in gruppen-, horst- oder gar bestandesweisen Mischungen angelegt. Die Wahl der waldbaulich optimalen Mischungsformen entspricht einer Optimierung und hängt im wesentlichen von den gegenseitigen Einwirkungen an den Nahtstellen der an der Mischung beteiligten Baumarten ab.

Um der Frage der optimalen Mischungsformen nachzugehen, wurden Beobachtungen in folgender Versuchsanlage durchgeführt: In flächenweise mosaik-

artig begründeten Mischbestockungen, in denen die Baumarten unterschiedlich aneinandergrenzen und in denen bei der Begründung verschiedene Pflanzverbände angewendet wurden, sind im Stangenholzalter ertragskundliche Kenngrössen gemessen sowie Qualitätsmerkmale angesprochen worden. In dieser Versuchsanordnung stellen jene Reihen, die jeweils parallel zur Verbindungsstelle (zum sogenannten Rand) verlaufen, Kollektive mit ursprünglich gleichen Konkurrenzbedingungen dar. Diese können somit auch varianzanalytisch als Gruppe ausgewertet werden, vorausgesetzt, dass die Reihen so lang sind, dass sie eine genügende Anzahl Individuen enthalten (siehe *Abbildung 4).* Mit zunehmender Distanz und mit zunehmender Anzahl Reihen vom Rand her vermindern sich die interspezifisch bedingten Konkurrenzeinflüsse und erhöhen sich die intraspezifischen Einflüsse des reinen Kollektives. Der Grad des nachbarlichen Einflusses ist auch vom Reihenabstand abhängig, insbesondere an der Verbindungsstelle (am Rand).

In zwei solchen Versuchsanlagen wurden im Rahmen zweier Diplomarbeiten *(Schmid,* 1982; *Wey,* 1986) Vergleiche zwischen verschiedenen Baumarten durchgeführt, deren hauptsächliche Ergebnisse in der Folge erläutert und interpretiert werden.



Testbaumart Konkurrenzbaumart

Abbildung 4. Flächenmässige Erfassung des Einflusses zweier Baumarten aufeinander.

5. Wechselwirkung zwischen zwei aneinander angrenzenden Baumarten mit unterschiedlichen Wuchsgängen

Die Wirkung der Nachbarschaft an der Kontaktzone zweier Baumarten hängt vom Höhenvorsprung der einen Baumart gegenüber der anderen, vom Reihenabstand, von den artspezifischen Eigenschaften, insbesondere der Schattentoleranz, sowie von weiteren, nur schwer zu verstehenden und zu erfassenden Einflussfaktoren ab.

Beobachtungen an 13jährigen, etwa 7 bis 10 m hohen, nach Windwurf künstlich wiederbegründeten, mosaikartig zusammengesetzten Bestockungen verschiedener Baumarten in einem Waldrevier der Stadt Schaffhausen (Schmid, 1982) zeigen, dass schon wenige (3 bis 4) Jahre nach Erreichen des Kronenschlusses deutliche Einwirkungen der Nachbarschaft festzustellen sind.

Die nachbarschaftliche Einwirkung zweier Baumarten wurde anhand der mittleren erreichten Höhenwuchsleistung der Reihen erfasst. Es lassen sich verschiedene Reaktionsmuster erkennen, wie am Beispiel der Flächen 135 und 136 an der Kontaktzone von Fichte und Lärche gezeigt werden soll *(Abbildung 5)*. In einem Fall ergibt sich, obwohl die beiden Arten ähnliche Höhen erreichen, bei der ersten Reihe eine deutliche Reduktion der Höhe, zumindest für die Fichte, weil offenbar die am Anfang schneller wachsende Lärche eine deutliche Konkurrenz auf die unmittelbar angrenzenden Fichten ausübt. Die Lärche selbst zeigt praktisch keine Beeinträchtigung durch diese Nachbarschaft. Interessanterweise zeigen die zweite, dritte und sogar die vierte Fichtenreihe deutlich bessere Höhenwuchsleistungen, bessere sogar als sie das entsprechende gleichförmige Kollektiv erreicht. Es scheint, dass der konkurrenzbedingte Wuchsrückstand der Reihe am Rand unmittelbar günstige Auswirkungen auf die nächstgelegenen Nachbarn hat, welche sich also den Vorteil der verlangsamten Entwicklung der Randreihe zunutze machen können.

Im Fall der Fläche 135 gleichen sich die Wirkung der Randkonkurrenz und des Gegeneffektes einer wachstumsfördernden «Sogwirkung» auf die Nachbarreihen fortlaufend aus, so dass man auf kurzer Distanz eine Abfolge, das heisst eine Art Wellenwirkung von Vorwachsen und Zurückbleiben, feststellen kann. Bei der genauen Analyse der Höhen an rund 20 Rändern bestätigt sich dieser kleinräumige Ausgleich immer wieder. Diese wichtige Erkenntnis zeigt, dass zwischen der interspezifischen Konkurrenz, verursacht durch das Vorkommen verschiedener Baumarten mit unterschiedlichem Wuchsgang, und dem Phänomen der intraspezifischen Konkurrenz (oder des Wettbewerbes) innerhalb eines Kollektives von Artgenossen eine feine Wechselbeziehung besteht, wo Induktion und Kompensationswirkungen im Spiel sind.

Es ist nicht verwunderlich, dass der regressionsanalytische Vergleich zwischen den Reihen für verschiedene untersuchte Variablen erst gesicherte und relevante Ergebnisse liefert, wenn man die im Kapitel 3 hergeleitete Konkurrenzzahl miteinbezieht (Wey, 1986), was auf die kleinräumigen Ausgleich-

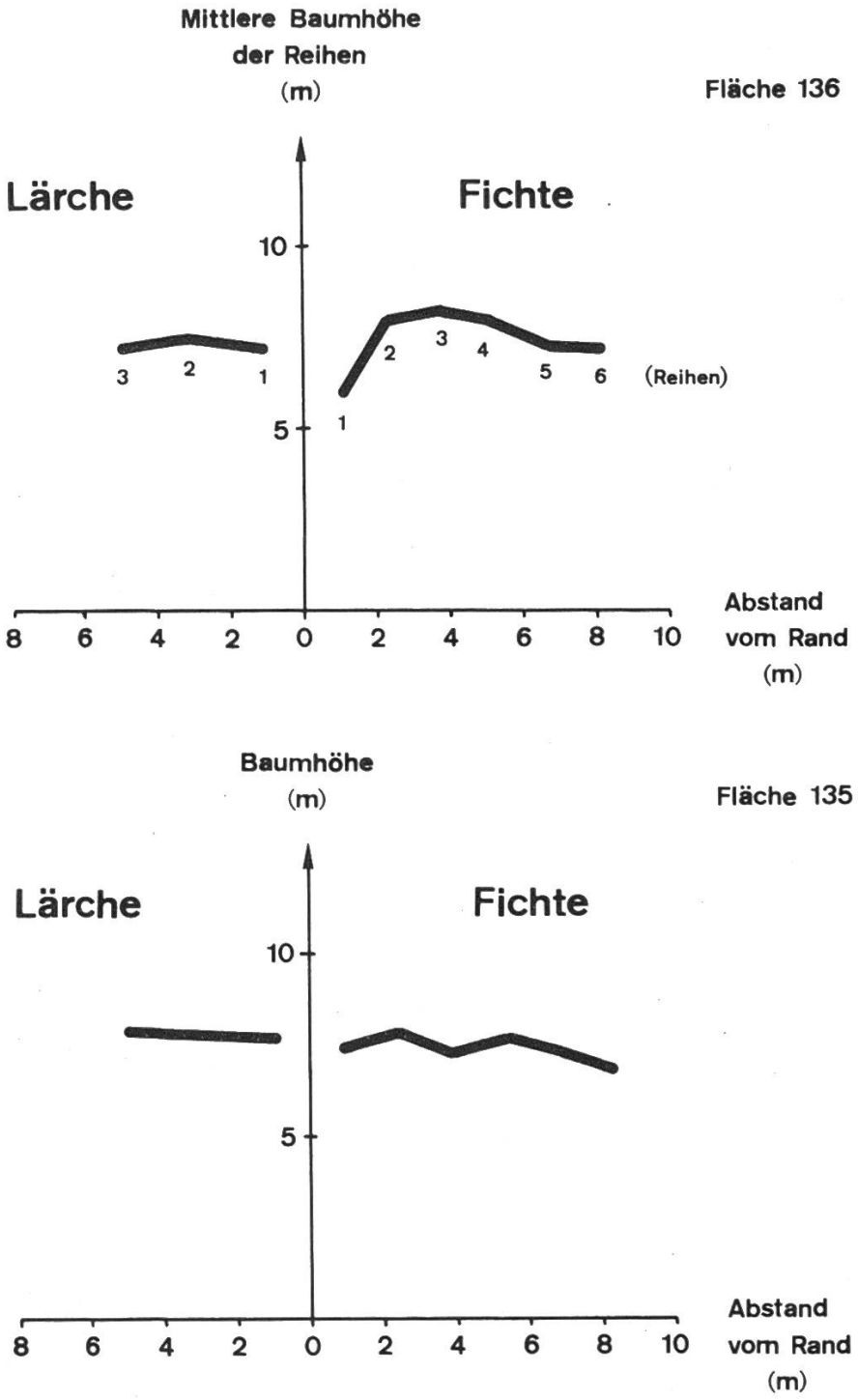


Abbildung 5.
Zwei Reaktionsmuster des Einflusses der Nachbarschaft Fichte-Lärche (13jährige Bestockungen).

effekte hinweist. Dieser wichtige Befund berechtigt uns zur Annahme, dass die Konkurrenzverhältnisse in Mischbestockungen erst verstanden werden können, wenn die Phänomene der kleinräumigen Ausnützung des Raumes sowie der gegenseitigen Einwirkungen der unmittelbaren Nachbarn, also des Wettbewerbes, einigermassen erfasst werden. Dabei könnte die Konkurrenzzahl eine gute Aussagekraft haben.

Die in der *Abbildung 5* gezeigten Verhaltensmuster einer ursprünglich durch die Nachbarschaft zweier Baumarten induzierten Konkurrenzwirkung gilt nicht

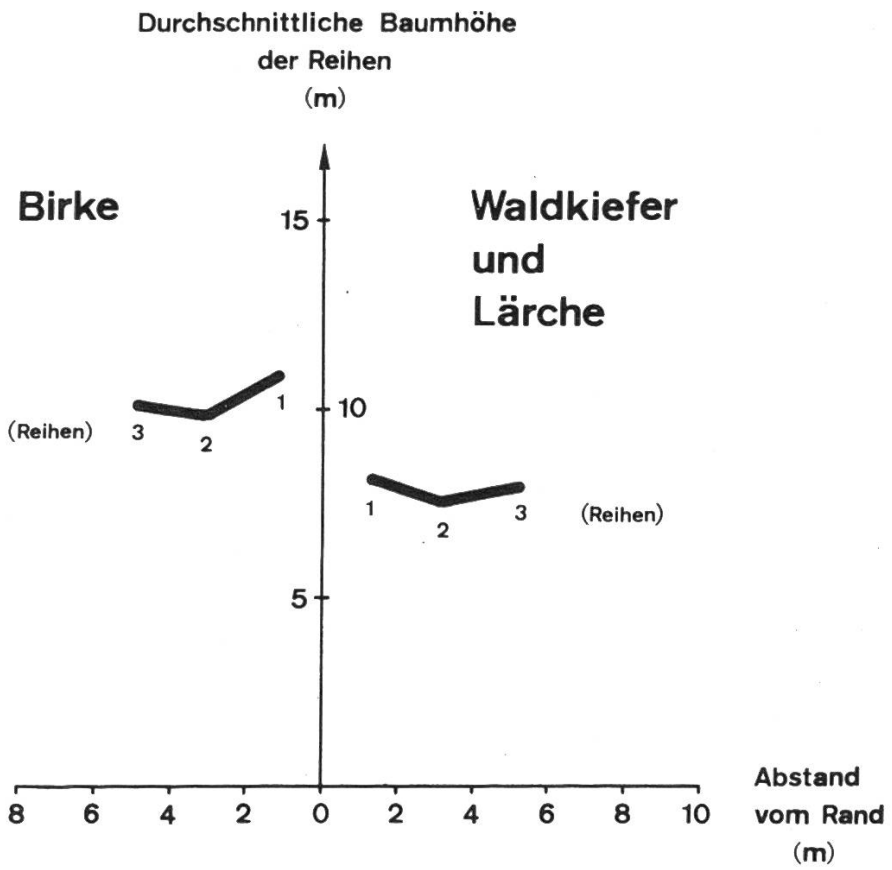


Abbildung 6. Konkurrenzverhalten der Birke (Durchschnitt aus 4 Rändern).

sinngemäss für alle Baumartenkombinationen. Am Beispiel der Einwirkung der Birke auf Föhren oder Lärchen *(Abbildung 6)* soll der Fall einer fördernden Wirkung der Nachbarschaft erläutert werden. Obwohl die Birken gute drei Meter Vorsprung auf die angrenzenden Lärchen und Föhren aufweisen, sind die ersten Reihen, sowohl der Birken wie auch der Föhren und Lärchen, gegenüber der Referenzwuchsleistung gleichförmiger Kollektive deutlich und statistisch gesichert höher. Daraus ist ersichtlich, dass die Mischung der Birke mit anderen Baumarten, auch wenn sie sehr lichtbedürftig sind wie die Lärche, vorteilhaft sein kann, was sich vermutlich durch die günstigen Lichteinfallsverhältnisse erklären lässt. Die amerikanische Roteiche hingegen zeigt deutliche heliotropisch bedingte Wuchseinbussen an der Kontaktstelle mit verschiedenen Nachbarn.

Weitere Untersuchungen in etwas älteren Bestockungen (17- bis 30jährig) und im Falle der Kombination Bergahorn/Fichte an sechs Rändern in den Waldungen Chüsenrain der Korporationsgemeinde Sempach (Kanton Luzern), auf feuchten anmoorigen Braunerden (Wey, 1986), erlauben uns, über weitere interessante Phänomene der Nachbarschaft zu berichten. Auf Standorten mit reichlicher Wasserversorgung vermag der Bergahorn der Fichte in der Jugend deutlich vorzuwachsen. Aus der *Abbildung 7* ist der Vorsprung der Bergahorne am Rand im Alter 17 ersichtlich. Die Fichten werden durch die Bergahorne deutlich in ihrer Wuchsleistung gehemmt. Interessant ist es aber, die Unterschiede des Kronenansatzes und der resultierenden Kronenlängen festzustellen.

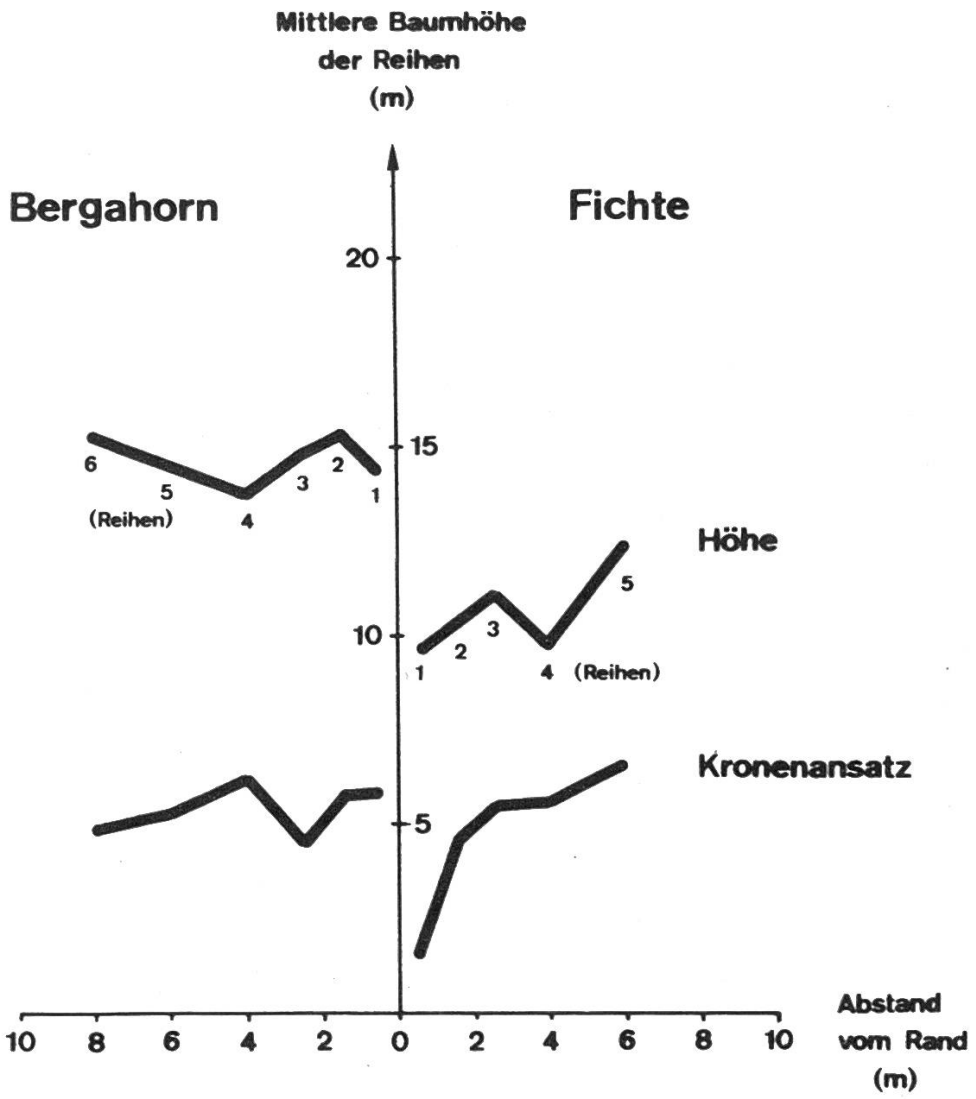


Abbildung 7. Konkurrenzverhalten von Bergahorn und Fichte auf gut wasserversorgten Standorten (17jährige Stangenhölzer).

Am Rand sind die Fichten, offenbar wegen des erhöhten Lichteinfalls in den Bergahornen, eindeutig und statistisch signifikant besser bekront, und zwar bis zur zweiten Reihe. Weiterhin interessant ist, dass der Ort der grössten Kronenbreite dadurch nicht beeinflusst wird. Dieser Vorteil der besseren Bekronung am Rand gibt den Fichten, welche mit der Zeit die Bergahorne in der Wuchsleistung einholen, einen entscheidenden Vorteil, so dass nach 30 Jahren die Fichten am Rand ihren Rückstand wettgemacht, sogar ihre direkten Nachbarn übertroffen haben *(Abbildung 8)*. Dieser günstige Einfluss der Bergahorne auf die Bekronung der Fichten ist besonders an südexponierten Rändern festzustellen.

Zwischen einigen untersuchten Qualitätsmerkmalen, wie Kronenexzentrizität, Schaftneigung, Grobastigkeit, Verzwieselung, und der Nachbarschaft sind keine eindeutigen Zusammenhänge zu finden, so dass schlussendlich die Zahl der Kandidaten statistisch unabhängig ist von der Randnähe (keine Signifikanz im Chiquadrat-Test zu den Reihen). Zwar sind beispielsweise die Kronen in den

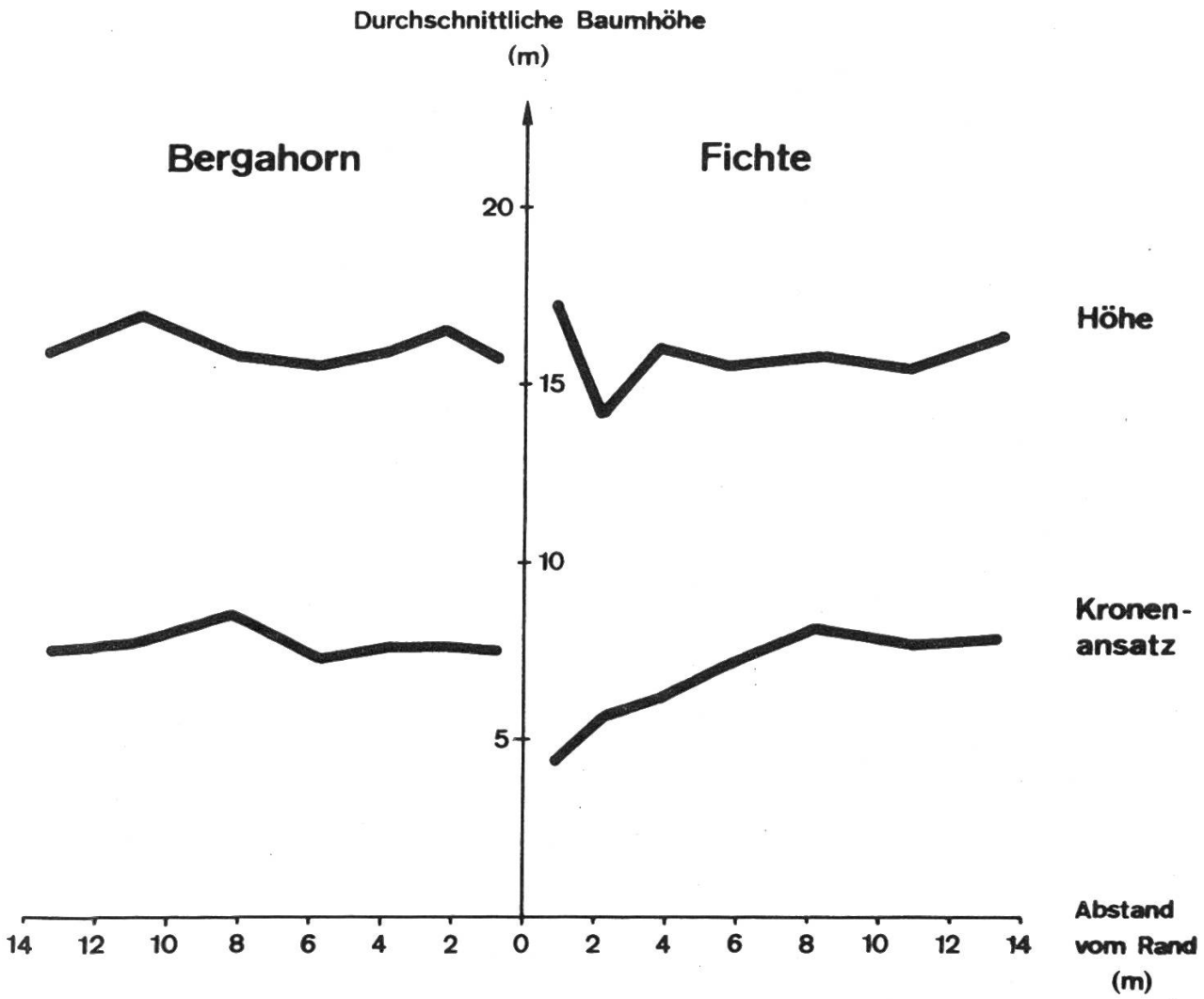


Abbildung 8. Konkurrenzverhältnisse von Bergahorn und Fichte im Alter von 30 Jahren (Mittelwert aus 4 Rändern).

randnahen Reihen der vorwachsenden Bergahorne und auch in der ersten Reihe der Fichten asymmetrischer. Die Unterschiede sind aber derart von den kleinräumigen Bedingungen beeinflusst, dass man annehmen darf, dass die intraspezifische Konkurrenz qualitativ die gleiche Wirkung hat wie die interspezifische Konkurrenz. Tendenzen zur vermehrten Stammneigung der Bergahorne gegen die Fichten und von den Fichten weg zu den Bergahornen ergeben kein einheitliches Bild, obwohl im einzelnen zum Teil gesicherte Unterschiede vorkommen. Es scheint, dass andere Faktoren, wie Exposition, Wind und Bestandeslücken, dafür verantwortlich sind.

6. Schlussfolgerungen

Die vorgestellten Untersuchungen zeigen, dass den nachbarschaftlichen Beziehungen zwischen Baumarten recht komplexe Phänomene zugrundeliegen und dass sich gegenläufige Wirkungen, wie Hemmung und Förderung (Sogwir-

kung), auf kleinstem Raum abwechseln können. Interspezifische und intraspezifische Konkurrenz stehen in inniger Wechselwirkung zueinander. Nur eine gesamtheitliche, praktisch individuelle Erfassung solcher Beziehungen, zum Beispiel mit der Konkurrenzzahl, vermag Klarheit in dieses Forschungsfeld zu bringen.

Selbstverständlich wäre es illusorisch zu glauben, dass nur die Konkurrenz- und Wettbewerbsverhältnisse in dieser Angelegenheit massgebend sind. Sicher sind weitere Bestrebungen notwendig, etwa im Bereich der Wurzelkonkurrenz oder der allelopathischen Beziehungen, um Fortschritte in unserem Verständnis der Mischungsverhältnisse zu erzielen.

Der Befund der besseren Bekronung der Fichte in Mischung mit Laubhölzern, offenbar infolge vermehrten Lichtgenusses, bestätigt ein in der älteren Fachliteratur mehrmals beobachtetes Phänomen, wonach die Fichte in Einzelmischung, zum Beispiel mit Buche, eine wesentlich bessere Bekronung aufweist. Dies verleiht ihr in solchen Einzelmischungen letztlich eine bessere Stabilität, grössere Endhöhen und bessere Wuchsleistungen (um rund 15 %), als in gleichförmigen Bestockungen der gleichen Baumarten (*Flury,* 1926, 1930; *Burger,* 1941; *Magin,* 1954; *Assmann,* 1957; *Mettin,* 1985).

Résumé

Le problème de la concurrence dans les peuplements mélangés

Le principe de la diversité des essences d'un peuplement forestier est aujourd'hui prôné de nombreuses parts en sylviculture. La création de forêts richement et finement mélangées qui résulte de ce principe, s'achoppe cependant le plus souvent en réalité pratique au problème de la concurrence que des essences au tempérament et au développement différents exercent les unes sur les autres. La conséquence de cette concurrence est une tendance naturelle à l'instabilité des mélanges, à l'homogénéisation des peuplements et au démêlement des essences. C'est la raison pour laquelle il convient au moment de la création des peuplements de regrouper les essences peu compatibles, par le biais du réglage du mélange, en aggrégats de congénères de surfaces d'autant plus étendues que le tempérament des essences est différent.

Dans le souci de clarifier cette question des formes optimales de mélanges, on a procédé à des observations du comportement des essences à la lisière où elles se jouxtent, dans des perchis mélangés en damiers, de 13 à 30 ans d'âge. On a ainsi pu mettre en évidence des effets manifestes de concurrence sur la croissance en hauteur, et de façon moins nette sur certains critères qualitatifs individuels. Selon les essences en présence, les différences de hauteurs atteintes, la distance des arbres à la jointure, les types de réaction peuvent différer. Les résultats démontrent un système d'interrelations complexe des différents facteurs en jeu qui n'agissent pas tous de façon convergente. Il semble notamment y avoir un jeu complexe de compensations à petite échelle entre la concurrence exercée par les arbres plus élevés sur leur entourage immédiat et l'effet promotionnel que les arbres

moins bien développés engendrent sur leurs voisins. Seule une analyse individuelle des composantes inter- et intraindividuelle de la concurrence permet de caractériser judicieusement ces phénomènes.

Literatur

Assmann, E., 1957: Standraumregelung und Ertragsleistung. Forstarchiv *28*, 11: 217–223.

Brassel, P., 1980: Populationsentwicklung des Lärchenblasenfusses *(Taeniothrips laricivorus* Krat. & Far.) und seine Schäden an Lärchen im schweizerischen Mittelland. Mitt. eidg. Anst. forstl. Versuchswes. *56*, 4: 615–703.

Burger, H., 1941: Beitrag zur Frage der reinen oder gemischten Bestände. Mitt. schweiz. Anst. forstl. Versuchswes. *22:* 164–203.

Flury, Ph., 1926: Über Zuwachs, Massen- und Geldertrag reiner und gemischter Bestände. Schweiz. Z. Forstwes. *77*, 12: 337–342.

Flury, Ph., 1930: Untersuchungen über Zuwachs, Massen- und Geldertrag reiner und gemischter Bestände. Mitt. eidg. Anst. forstl. Versuchswes. *16:* 453–472.

Ladefoged, K., 1946: (The productive importance of individual parts of the crown in spruce) (orig. Dän.). Det forstl. Forsögsvaesen i Danmark *16:* 365–400.

Magin, R., 1954: Ertragskundliche Untersuchungen in montanen Mischwäldern. Forstwiss. Cbl. *73:* 103–113.

Mettin, Chr., 1985: Für den Waldbau wichtigstes Untersuchungsergebnis zwischen Standortskraft und Leistung in Fichtenreinbeständen und Fichten/Buchen-Mischbeständen. Allg. ForstZ. *40:* 803–810.

Meusel, H., 1950/51: Die Eichenmischwälder des Mitteldeutschen Trockengebietes. Wiss. Z. Univ. Halle-Wittenberg *1*, 1/2: 49–72.

Röhrig, E., 1964: Über die gegenseitige Beeinflussung der höheren Pflanzen. Forstarchiv *35*, 2: 25–39.

Schmid, B., 1982: Erfassung des Wuchsverhaltens verschiedener Baumarten in Flächenmischung und ihrer gegenseitigen Randkonkurrenz am Beispiel einer Pflanzversuchsanlage der Stadt Schaffhausen. Diplomarbeit der Abt. f. Forstwirtschaft der ETHZ, Vertiefungsrichtung Waldbau, 112 S. (nicht veröffentl.)

Schönbächler, D., 1982: Kronenregeneration von Junglärchen in verschiedenen Dichtesituationen nach unterschiedlichen waldbaulichen Eingriffen. Diplomarbeit der Abt. f. Forstwirtschaft der ETHZ, Vertiefungsrichtung Waldbau, 112 S. (nicht veröffentl.)

Schütz, J.-Ph., Grunder, K., Mandallaz, D., 1986: Die Vitalität von Weisstannen und ihre Abängigkeit von bestandesstrukturellen, ertragskundlichen, ernährungskundlichen und waldbaulichen Variablen. Forstwiss. Cbl. *105:* 406–420.

Schütz, J.-Ph., 1987: Zur Auswahl der Auslesebäume in der schweizerischen Auslesedurchforstung. Schweiz. Z. Forstwes. *138*, 12: 1037–1053.

Wey, J., 1986: Untersuchungen zur interspezifischen Konkurrenz bei flächenweisen Mischungen verschiedener Baumarten in ertragskundlicher und waldbaulicher Hinsicht als Grundlage für die Festlegung der optimalen Mischungsformen. Diplomarbeit der Abt. f. Forstwirtschaft der ETHZ, Vertiefungsrichtung Waldbau, 76 S. (nicht veröffentl.)