

Boomsorten en boscologie

K. Zukrigl

Botanisches Institut, Wien

Es ist schon oft gesagt worden, daß der Wald ein hochkompliziertes, vernetztes Ökosystem darstellt, in dem in vielen Stockwerken eine Unzahl von Organismen vom Bodenleben bis zu den Vögeln in den Baumwipfeln in vielfältiger Weise zusammenwirken. Er ist mehr als bloß die Summe der Bäume.

Die Bäume sind zwar gegenüber den übrigen Organismen nur in geringer Zahl vorhanden, aber sie prägen das Waldökosystem am meisten. Sie bestimmen die *Physiognomie* des Bestandes. Durch ihren Bestandesabfall bauen sie den *Humus* auf, der in Menge und Horizontierung den wesentlichsten Unterschied der Wald- von den Freilandböden darstellt. Mit ihrer Streu bringen die Bäume außerdem Nährstoffe an die Oberfläche, die ihre Wurzeln oft aus größerer Tiefe aufschliessen und heraufholen. Die einzelnen Baumarten verhalten sich dabei unterschiedlich. Auf den verschiedenen Eigenschaften der Streu beruhen zu einem großen Teil die Unterschiede von Laub- und Nadelwaldgesellschaften. Ein weiterer für den Begriff des Waldes wesentlicher Punkt ist die Entstehung eines eigenen *Bestandesklimas*. Hier spielt neben den Baumarten mit dem durch sie bestimmten Lichtklima und seiner Periodizität die Struktur und Schichtung des Bestandes eine wesentliche Rolle.

Groß ist der Einfluß der Bestockung auf den *Wasserhaushalt*. Der Wasserverbrauch durch den Bestand selbst ist beträchtlich und wieder von Baumarten und Struktur abhängig. Auch die Abschirmung der Niederschläge durch eine geschlossene Baumschicht (Interzeption) spielt eine große Rolle. Diese Verluste werden aber z.T. durch die gehemmte Verdunstung, bedingt durch niedrigere Maximaltemperaturen und vor allem durch die Windbremsung (auf 20-30% der Freilandwindstärken und weniger) wieder kompensiert. Ein Teil der Niederschläge kommt im Wege des Stammabflusses konzentriert zum Boden. (Zusammenfassung bei Mayer 1976).

Die Bäume bestimmen neben dem Standort den *Unterwuchs* entscheidend mit. Sie sind aber auch selbst vom Unterwuchs beeinflusst. Das trifft vor allem für die Verjüngungsphase zu, in der die jungen Forstpflanzen mit den Bodenpflanzen in Konkurrenz stehen. Aber auch im aufwachsenden Baumholz spielt die niedrige-

Samenvatting: p. 165.

re Begleitvegetation, vor allem die Strauchschicht und der Nebenbestand, eine wichtige Rolle für die Erhaltung eines günstigen Bestandesklimas, für die Förderung der Astreinigung und auch die Wuchsförderung der Bäume, wobei neben der Lichtkonkurrenz, dem sich gegenseitig Hochtreiben, auch allelopathische Erscheinungen, über die wir noch viel zu wenig wissen, wirksam sein mögen. Auch der Unterwuchs liefert ferner Bestandesabfall. Er mildert den Monokultureffekt und schützt auf der Schlagfläche den Boden vor Austrocknung, Humusschwund und Nährstoffaustrag durch abfließendes Wasser.

Die *Beziehungen der Bodenpflanzen zu bestimmten Baumarten* sind die Grundlage der pflanzensoziologischen Ansprache von Waldgesellschaften. Sie sind aber indirekter Art. Keine Bodenpflanze ist absolut an eine bestimmte Baumart gebunden sondern sie braucht einen bestimmten Humuszustand, ein bestimmtes Bestandesklima, Humuszustand, die sie in der Regel am ehesten unter einer bestimmten Baumart findet, unter Umständen aber auch unter anderen. So sind die natürlichen Fichtenwälder der Kalkalpen noch reich an Arten der Buchenwälder, weil hier durch den kalkboden wenigstens mosaikartig auch unter Fichte noch immer die Humusverhältnisse bestehen, die sie brauchen. Die Bindung von Unterwuchsarten an Baumarten ist also mehr eine statistische. Auffällig ist auch die Wiederkehr bestimmter boden- und feuchtigkeitsbedingter korrespondierender Untereinheiten mit gleichen Differentialarten in den verschiedensten Waldgesellschaften der Alpen.

Das *Verhalten der Baumarten untereinander* auf verschiedenen Standorten und in verschiedenen Klimagebieten und damit in den verschiedenen Waldgesellschaften ist verschieden. Dafür sind einerseits die unterschiedlichen Konkurrenzbeziehungen, andererseits auch noch vielfach zu wenig bekannte genetische Differenzen, bedingt durch unterschiedliche Einwanderungswege und -zeiten und Selektion der am besten an die jeweiligen Bedingungen angepaßten Typen verantwortlich (Kral 1979). Ein Beispiel ist das unter-

schiedliche Verhalten der Tanne in den Westalpen, wo ihr ökologisches Spektrum offenbar breiter ist, sie sich auch auf der Freifläche eher verjüngt und bis in die subalpine Stufe reicht, während in den Ostalpen, wo die Tanne erst nachträglich in die Fichtenwälder einwanderte, ihre Typenbreite offenbar eingeengt ist (Mayer 1964).

Sichtbarer Ausdruck solcher genetischer Differenzierung sind die Wuchsformen mancher Waldbäume, besonders der Fichte. Von extrem schlank- und spitzkronigen, äußerst widerstandsfähigen, aber dafür langsamwüchsigen Formen der schneereichen Hochlagen reicht das Spektrum in vielen Abstufungen bis zu den breitkronigen, raschwüchsigen, dafür aber schnee- und eisbruchanfälligen Tierflagenfichten (Holzer 1964). Auch bei der Kiefer sind solche Rassenunterschiede gut bekannt, wurden aber in der Vergangenheit oft zu wenig beachtet. Andere Baumarten, wie etwa die Tanne lassen eine genetische Differenzierung nicht so augenscheinlich erkennen. Die Verwendung des richtigen Vermehrungsgutes soll in Österreich durch ein Forstsaatgutgesetz, das die genaue Deklaration der Herkunft forstlichen Saat- und Pflanzmaterials nach Waldgebiet und Höhenstufe vorschreibt, gesichert werden.

Wir dürfen also Aussagen über das Verhalten von Baumarten, streng genommen, nur für einen bestimmten Bereich gewisser Ähnlichkeit in den Standortbedingungen und in der walddeschichtlichen Entwicklung treffen.

Ein erstes Hilfsmittel zur Abgrenzung ökologisch vergleichbarer Räume sind die forstlichen Wuchsgebiete oder *Waldgebiete* (Mayer et al. 1971), die "Gebiete mit soziologisch-ökologisch weitgehend übereinstimmendem Charakter der auftretenden Gesellschaften, ähnlichem Klimacharakter, vergleichbarer Waldgeschichte und möglichst analogen forstgenetischen Verhältnissen" zusammenfassen. Die beste Grundlage für die Ausscheidung solcher Waldgebiete ist die Verbreitung der natürlichen Waldgesellschaften, dort wo diese noch einigermaßen erkennbar sind. Als zweites wichtiges Gliederungsprinzip kommen in einem Gebirgsland die *Höhenstufen* dazu, die innerhalb der Waldgebiete eine charakteristische Abfolge zeigen.

Mit den unterschiedlichen Konkurrenzverhältnissen der Baumarten in verschiedenen Waldgesellschaften hängt die Tatsache zusammen, daß auch *Struktur und Dynamik der Waldbestände* gesellschaftsspezifisch sind. Ebenso wie Baumarten gibt es auch "Waldarten", die durch die Pflanzensoziologie erfassbar sind. Für waldbauliche Zwecke muß die Erfassung der Struktur und Dynamik dazukommen. Die Erforschung beider Bereiche hat Leibundgut zu dem Begriff "*Waldkunde*" zusammengefaßt.

Über die natürliche Struktur eines Waldes wissen wir allerdings vielfach noch weit weniger als über die natürliche Artenzusammensetzung, da sie besonders stark vom Menschen beeinflusst ist, auch dort, wo rein nach dem Artenbestand der Wald unseren Vorstellungen von der potentiellen natürlichen Vegetation des Standorts sehr nahe kommt. Nur sehr wenige Urwaldreste geben uns in Mitteleuropa noch ein anschauliches Bild davon, wie der Naturwald ausgesehen hat, und sie liegen meist in den mittleren und höheren Gebirgslagen. Sicherere Erkenntnisse über den Aufbau der Waldgesellschaften auch tieferer Lagen wird erst in Jahrzehnten das in vielen Ländern laufende Programm der *Naturwaldreservate* ergeben. Sie sollen "Urwald von morgen" (Dieterich et al. 1970) werden und als Freilandlaboratorien für alle Bereiche der waldkundlichen Forschung dienen. Nur natürliche Wälder lassen die störungsfreie Beurteilung des Verhaltens der Baumarten zu.

Naturnahe Struktur bedeutet in aller Regel, abgesehen von einigen Pioniergesellschaften, Stufigkeit, also ein Nebeneinander verschieden großer Bäume verschiedenen Alters und das Vorhandensein einer gewissen Menge toten Holzes, das den Aufbau einer funktionierenden Population von Insekten und Vögeln ermöglicht.

Unter den wenigen echten *Urwaldresten Mitteleuropas* nimmt der Rothwald in Niederösterreich mit seinen nahezu 300 ha primären Fichten-Tannen-Buchen-Urwaldes eine hervorragende Stellung ein. Er soll hier als Beispiel herausgegriffen werden (Zukrigl, Eckhart & Nather 1963, Mayer, Neumann & Schrempf 1979). Die drei Hauptbaumarten stehen hier in einem ausgewogenen Konkurrenzverhältnis, wobei die Buche bereits etwas gedämpfte Leistungsfähigkeit zeigt und mehr das untere Stockwerk aufbaut, aus dem Tannen und Fichten hoch herausragen.

Durch Leibundgut wurde die Gliederung der Naturwaldentwicklung in *Phasen* üblich, eine Einteilung, die freilich nur einen Behelf darstellt, um die Entwicklungsvorgänge, die in Wirklichkeit viel vielgestaltiger und komplizierter ablaufen, übersichtlich zu machen. Die wichtigsten Entwicklungsphasen im Rothwald sind (Abb. 1): die Verjüngungsphase, ein Stadium mit trupp- und gruppenweisen Altbestandsresten, viel Totholz, aber darunter reichlicher Verjüngung, die Optimalphase als Stadium mit weitgehendem Bestandesschluß und zurückgehender Schichtung, geringer Mortalität und weitgehendem Fehlen der Verjüngung, also ein Wirtschaftswäldern relativ ähnliches, im Urwald nur kleinflächig vertretenes Stadium. Ebenfalls nur vorübergehend ist die Plenterphase ausgebildet. Ungleichaltrigkeit und Stufung sind hier am ausgeprägtesten, die Stabilität ist am höchsten. Bei stark aufgelockertem Bestandesschluß, hoher Mortalität und

noch relativ geringer Verjüngung spricht man von der Zerfallsphase; davor kann sich noch eine (hier nicht dargestellte) Terminal- oder Altersphase einschieben. Diese beiden letzteren nehmen einen ziemlich grossen Flächenanteil ein. Wenn solche Bestandesteile wieder schliessen, kann eine Regenerationsphase unterschieden werden.

Die Phasen sind in der Regel kleinflächig (200-650, im \varnothing 400 m²) und ausgeprägt mosaikartig zusammengelagert. Dieses Verteilungsgefüge, die sogenannte *Waldtextur* ist zusammen mit den Flächenanteilen der einzelnen Phasen wesentlich für die Stabilität des gesamten Waldes. Bei kleinflächiger Verteilung der Phasen ist ein flächiger Zusammenbruch äusserst unwahrscheinlich und käme nur bei Katastrophen in Betracht.

Die einzelnen Phasen können, je nach Schnelligkeit des Vorratsabbaues, in verschiedener Weise aufeinander folgen (Abb. 2), wobei aber im konkreten Fall

sellen die Entwicklung bis zur Initialphase, einem Jungwaldstadium zurückgeworfen wird. Noch weniger kommt es zum völligen Zusammenbruch der Schlußwaldgesellschaft und deren Ersatz durch ein Pionierstadium. Es ist sehr auffällig, daß Pionierbaumarten, besonders die Lärche, die in den Wirtschaftswäldern des Gebietes häufig ist, im Urwald Rothwald und auch in anderen ähnlichen Urwäldern vollkommen fehlen. Kennzeichen dieser typischen Klimaxgesellschaft ist also eine hohe Kontinuität. Der ganze Erneuerungszyklus läuft innerhalb der Schlußwaldgesellschaft ab. Daß die Entwicklung in anderen Waldgesellschaften anders verlaufen kann, sei hier nur erwähnt. Zweifellos tendieren einartige Waldgesellschaften (z.B. reine Fichten-, Kiefern- oder Buchenwälder) eher zu einem gleichförmigen Aufbau, jedoch lange nicht so wie wir das aus den Wirtschaftswäldern gewöhnt sind.

Die *Stabilität des Urwaldes* wurde eindrucksvoll

Entwicklungsphasen im Urwald Rothwald

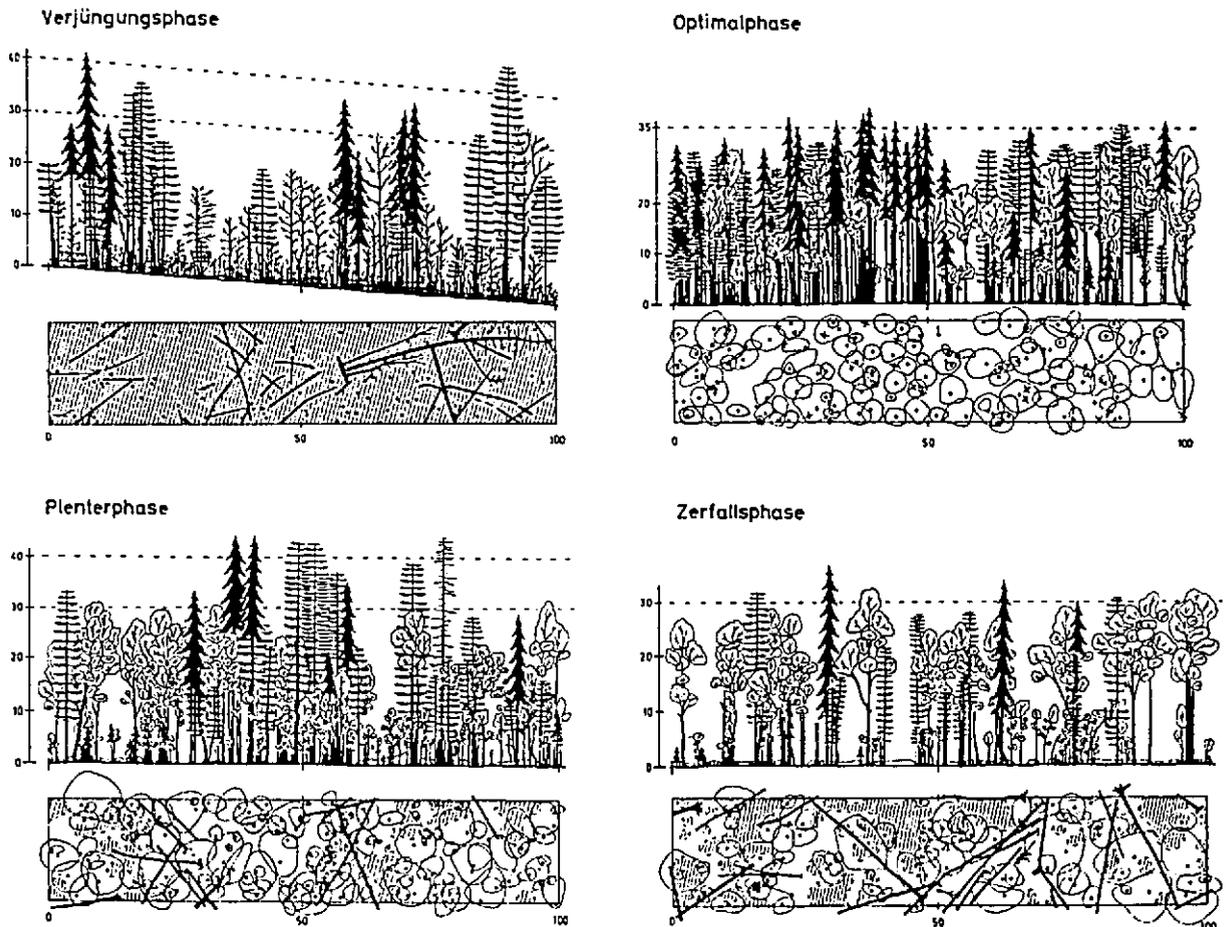


Abb. 1 Vorherrschende Entwicklungsphasen im "Kleinen Urwald" des Fichten-Tannen-Buchen-Urwaldes Rothwald (nach Zukrigl-Eckhart-Nather 1963).

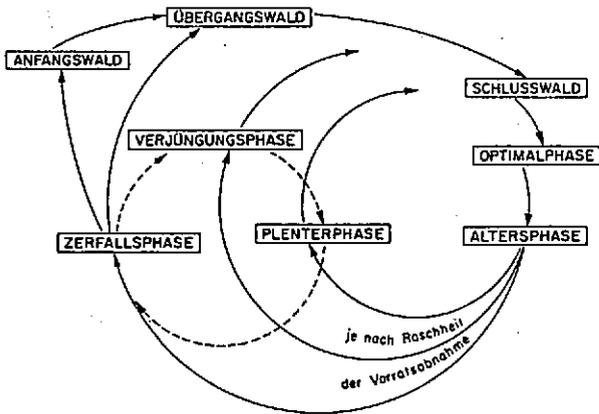


Abb. 2 Schematische Darstellung der Bestandesphasenfolge im Urwald Rothwald.

durch die grossen Windwurfkatastrophen bestätigt, die in den letzten Jahrzehnten das Gebiet heimgesucht haben. In den Fichten-Wirtschaftswäldern der Umgebung des Urwaldes, oft erster Generation nach Urwald, kam es zu großflächigen Windwürfen, während im Urwald zwar einzeln und nesterweise viele Bäume geworfen wurden (bis 100 fm/ha) und dadurch der Anteil der Verjüngungsphase stark erhöht wurde (38%), das Gefüge des gesamten Waldes aber nicht beeinträchtigt erscheint. Eine ernste Störung stellt lediglich der in letzter Zeit zwar bereits reduzierte, aber wohl immer noch zu hohe Wildstand dar, der der Tanne nur geringe Chancen des Aufkommens läßt. Insgesamt ist die Verjüngung aber so reichlich (\varnothing 20.000 Jungpflanzen pro ha), besonders von Buche und auch noch Fichte, daß entstehende Lücken sofort geschlossen werden.

Auch gegen Insekten-Kalamitäten ist der Urwald mit seinem noch weitgehend intakten biologischen Gleichgewicht außerordentlich stabil. Borkenkäfer-Massenvermehrungen in der Umgebung berührten ihn nicht. Erst vor kurzem wurde auch im Urwald ein kleiner, aber lokalisiert bleibender Borkenkäferbefall an einem Fichtenhorst festgestellt. Manche Arten, die im Wirtschaftswald als Schädlinge erscheinen, verhalten sich im Urwald, wo ihnen viel totes oder absterbendes Holz zur Verfügung steht, völlig indifferent. Eine genügende Anzahl von räuberischen und parasitischen Insekten sowie anderen Insektenfressern, besonders Vögeln, z.B. Spechten, erschwert im Verein mit dem Bestandesklima wesentlich das Entstehen einer Massenvermehrung. Schließlich ist wohl auch in den günstigen Lebensbedingungen der standortsheimischen Baumarten (z.B. optimales Bestandesklima für die Tanne) ein Grund für erhöhte Resistenz zu suchen.

Der Urwald kann sicher kein unmittelbares Vorbild für den Waldbau sein, da vor allem die Wertleistung nicht befriedigt. Die Auslese der Natur erfolgt ja nicht

nach menschlichen Zweckmäßigkeitsgesichtspunkten sondern nach dem Recht des Stärkeren und auch nach Gesetzen des Zufalls. Wesentliche Grundprinzipien können wir aber doch aus dem Urwald lernen: Baumartenmischung, Ungleichaltrigkeit, stufiger Aufbau, kleinflächige Strukturunterschiede, eine kontinuierliche Bestandesentwicklung fördern wesentlich die Widerstandsfähigkeit gegen abiotische und biotische Schäden. Die Lebensdauer unserer Baumarten bei unverminderter Leistungsfähigkeit und Verjüngungsbereitschaft ist sehr groß. Abrupte, kahlschlagartige Veränderungen, z.B. durch Sturm, Lawinen, Brand stellen zumindest im Schattholzurwald die Ausnahme dar. In manchen Fällen wurde auch ein natürlicher Baumartenwechsel beobachtet (Mayer 1977), in der Form, daß sich unter Buche bzw. Fichte bevorzugt Tanne, unter Buche oder Tanne Fichte ansamt und in der nächsten Baumgeneration dort die Führung übernimmt, also eine Art natürlicher Fruchtwechsel.

Anthropogene Wälder

Wenn eine naturfremde Bestockung aus einer standortfremden Baumart vorliegt, sprechen wir zweckmäßigerweise nicht von Wald sondern von *Forstgesellschaften*. Passarge (1968) hat zwischen die einigermassen im Gleichgewicht mit den Standortbedingungen befindlichen *natürlichen Waldgesellschaften* und diese Forstgesellschaften im engeren Sinne noch zwei Stufen eingeschoben, die in Österreich sehr häufig sind: die *abgewandelte Waldgesellschaft* bei noch naturnaher Bestockung, aber überhöhter Beteiligung von Mischbaumarten, meist Nadelhölzern, die sich auch in Veränderungen der Bodenvegetation bemerkbar macht, und die *Semiforstgesellschaft* bei naturferner Bestockung, d.h. der Grundbestand besteht aus einer (mehr oder weniger untergeordneten) Mischbaumart des natürlichen Waldes, also z.B. Fichtenbestände anstelle von Fichten-Tannen-Buchen-Wäldern. Der Einfluß einer Baumart auf das ganze System, sichtbar etwa an Auswirkungen auf die Bodenflora, ist umso größer, je gesellschaftsfremder die Art ist.

Zum Wesen der Forstgesellschaft gehört, daß sie nicht stabil ist sondern den regelnden Eingriffen des Menschen ihre Existenz verdankt. Bleiben diese aus, setzt eine Rückentwicklung in Richtung auf die natürliche Waldgesellschaft des betreffenden Standorts ein, soweit überhaupt noch genügend Verbreitungsorgane (Samen) der natürlichen Baumarten die Fläche erreichen können. In ausgedehnten Monokulturen würde eine solche Entwicklung außerordentlich lange dauern.

Die Natur schafft überall dort *Mischwälder*, wo die Lebensbedingungen mehreren Baumarten zusagen

Mächtige Altbäume und totes Holz gehören zum Ökosystem des Urwaldes (phot. E. Průša).



Das Moderholz bietet ein günstiges Keimbett für die Fichte (Urwald Boubin, CSSR, phot. E. Průša).



und diese nicht eine Art so sehr begünstigen, daß sie zur Alleinherrschaft kommt (z.B. Buche). Diese Bedingungen sind im mittleren ökologischen Bereich gewöhnlich erfüllt, so daß wir den Mischwald geradezu als Normalfall des natürlichen Waldes ansehen können. Reinbestände sind, wenn auch ebenfalls häufig und großflächig von Natur aus verbreitet, meist Sonderfälle unter extremen Lebensbedingungen.

Trotz der schon seit den waldbaulichen Klassikern,

z.B. K. Gayer, bekannten Vorzüge des Mischwaldes ist die Entmischung unserer Wälder schon sehr weit gegangen. Das kann gut aus den Ergebnissen der österreichischen Forstinventur 1961-70 abgelesen werden. In über 100 jährigen Wirtschaftswäldern betrug der Anteil der Fichte 62,8%, jener der Buche 12,7%, in den 3-10 jährigen Jugenden bereits 71,6 bzw. 4,3%. Der Tannenanteil ging gar von 7,9% in den Althölzern auf 0,8% in der Jugend zurück. 49,1% des



In künftig völlig unbewirtschafteten Naturwaldreservaten soll die natürliche Entwicklung aller wichtigen Waldgesellschaften studiert werden (Reichswald Kleve, Niedersachsen, phot. K. Zukrigl).

Wirtschaftswaldes waren bereits Fichtenreinbestände, 73,8% Nadelholzreinbestände (Braun 1973). Nach den Ergebnissen der neuen Inventurperiode 1971-80 hält der Vormarsch der Fichte und der Rückgang von Buche und Tanne an.

Fassen wir die *Wirkungen der Mischung* zusammen (Zukrigl 1974), so ergeben sich günstige Einflüsse auf Boden, Humusbildung, Wasserhaushalt, Gesundheit, Stabilität und Ausformung des Bestandes, die doch auf längere Sicht den Wirtschaftserfolg wesentlich bestimmen. Die Glieder des Mischwaldes ergänzen sich oft in idealer Weise. Licht- und Schattenbaumarten, Bäume erster und zweiter Größe (z.B. Eiche und Hainbuche) stehen neben- und übereinander und ergeben eine optimale Ausnutzung des Lebensraumes, ein günstiges Bestandesklima und ein gegen Sturm, Schneebruch usw. widerstandsfähiges Bestandesgefüge. Ausformung und Astreinigung der die Wertleistung bestimmenden Oberschicht werden durch die Mischbaumarten oft günstig beeinflusst. Die verschieden ausgebildeten Wurzelsysteme (Tief- und Flachwurzler) schließen den Boden optimal auf und vermeiden eine übermäßige Wurzelkonkurrenz wie im gleichaltrigen Reinbestand. Es erfolgt keine einseitige Bodenausnutzung. Der gemischte Bestandesabfall bewirkt eine günstigere Humusbildung, die in der wesentlich leichteren Naturverjüngung ihren deutlichen Ausdruck findet. Die Widerstandsfähigkeit des Mischwaldes gegenüber Schädlingsbefall und sein Ausheilungsvermögen bei Schäden sind größer, da ein konzentriertes Massenangebot an Nahrung für die meist monophagen Schädlinge wie in Reinbeständen fehlt und jeweils nur Teile der Lebensgemeinschaft betroffen werden. Die Vielseitig-

keit des Nahrungsangebots und der ökologischen Nischen ermöglicht ein reicheres Leben von Begleitpflanzen und Tieren einschließlich des Wildes. Bestimmte seltene Baumarten können nur im Mischwald überleben, z.B. die Eibe, ja auch die Tanne. Der Mischwald wird so zum Refugium vieler bedrohter Arten und zu einem wichtigen Faktor für den Naturschutz. Er ist oft die einzige in der Kulturlandschaft noch intakte großflächige Lebensgemeinschaft und damit ihr stabilisierendes Element und Regenerationszentrum, erfüllt auch meist die Schutz- und Wohlfahrtswirkungen besser und wird von Erholungssuchenden wegen seines größeren Abwechslungsreichtums bevorzugt (Rozsnyay 1972).

Der Anteil dienender Baumarten braucht dabei gar nicht besonders groß zu sein. Schon 0,3-0,2 Laubholz in einem Fichtenbestand sind optisch und ökologisch von Einfluß, zumal das Laubholz mit seinen breit aufächernden Kronen weit stärker hervortritt, als seinem Massenanteil entspricht. Nicht genügen jedoch bloße Buchenstangen im Nebenbestand, wie man sie häufig sieht. Ein gewisser Anteil im Hauptbestand muß für die dauernde Erhaltung der Mischbaumart gesichert sein.

Besondere Schwierigkeit, eine harmonische Mischung zu erreichen ergeben sich allerdings im Falle der überragenden Konkurrenzkraft einer Baumart, wie das bei Buche im Wienerwald der Fall ist. Hilft man eingebrachten Nadelhölzern nicht entsprechend, gehen sie in der Buchenverjüngung unter, bekämpft man andererseits die Buche radikal mit Herbiziden, kommt es leicht auch hier zur Fichtenmonokultur.

Eine differenzierte Struktur (stufiger Aufbau, Ungleichaltrigkeit) kann in gewissen Grenzen auch einen

Teil der oben angeführten Vorteile von Mischbeständen erbringen.

Beispiele völlig vom Menschen gemachter Wälder (*man-made forests*), wie sie bei Ihnen in den Niederlanden die Regel sind, besitzen wir in Österreich verhältnismäßig wenige. Ein extremes befindet sich auf dem Laaerberg im Süden des Wiener Stadtgebietes, wo die Stadtverwaltung 1953 begonnen hat, die vorher kahle, devastierte Fläche aufzuforsten zum Zweck der Klimaverbesserung und der Schaffung von Erholungsraum in diesem waldarmen Teil von Wien, ein Unterfangen, das auf den sehr trockenen Standorten

äußerst schwierig war. Rund 70 einheimische und ausländische Baum- und Straucharten wurden gepflanzt, teilweise in mit humoser Erde gefüllte Künneten, teilweise mit mehrjähriger Bewässerung. Zuerst dominierten die Hybridpappeln als Vorhölzer. Die in großer Zahl eingebrachte Ölweide (*Elaeagnus angustifolia*), die gleich den Leguminosen über N-bindende Wurzelsymbionten verfügt, trug zur Bodenverbesserung bei. Nun haben diese Pioniere ihre Funktion erfüllt und werden allmählich entnommen oder sterben, im Fall der Ölweide, durch Beschattung ab. Der Endbestand soll überwiegend aus den standortsheimi-



Baumartenwechsel in einem urwaldartigen Eichen-Hainbuchen-Wald: infolge Selektion durch das Wild kam eine zeitlang nur Hainbuche unter dem Eichen-Altholz hoch (Reservat Johannserkogel, Wien, phot. K. Zukrigl).

schen Arten, besonders Eichen und Ahornen gebildet werden. Bis ein wirkliches Waldökosystem, zu dem auch die Kleinlebewesen im Boden gehören, aus solchen Aufforstungen entsteht, kann es allerdings Jahrhunderte dauern. Genauere Angaben haben wir hierzu nicht. Bis jetzt sind sogar erst ganz wenige Waldbodenpflanzen eingewandert. Wir müssen immer wieder feststellen, daß Natur eben nicht "gemacht" werden kann. Immerhin ist bemerkenswert, daß sich in den dichten, reich strukturierten Beständen bereits ein reiches Vogelleben eingestellt hat, so daß ein Teil der Fläche als Vogelschutzgebiet ausgewiesen wurde.

Das gleiche Prinzip wie bei dieser Aufforstung wird bei den *Windschutzstreifen* angewendet, die übrigens als Wald im Sinne des Forstgesetzes 1975 gelten und dessen Rodungsschutz genießen. Hier wurde im Anfang fast ausschließlich mit fremdländischen Arten gearbeitet, was auf starke Kritik des Naturschutzes stieß. Nun bemüht man sich teilweise, von Anfang an viele und überwiegend heimische Arten einzubringen.

Verbreitete Beispiele völlig anthropogener Bestände sind *Neuaufforstungen auf landwirtschaftlichen Grenzertragsböden*. Auch hier muß zunächst mit Arten gearbeitet werden, die Pioniereigenschaften haben, also auf der Freifläche gedeihen können, und die zudem leicht zu kultivieren sind. In den meisten Fällen ist dies die Fichte, auf ärmeren Standorten die Kiefer. Diese oft sehr rasch wachsenden, aber wenig stabilen Erstbestände können in kürzerem Umtrieb genutzt werden. In der zweiten Generation sollten dann standortsgemäße, gemischte Bestände an ihre Stelle treten, eine waldbauliche Forderung, die aber leider in der Praxis oft nicht befolgt wird.

Prinzipiell sollte die forstliche Behandlung die natürliche Entwicklung auf dem betreffenden Standort imitieren und lediglich beschleunigen (Aichinger 1967). So kann auf feuchten Standorten die Fichtenpflanzung mit einem lockeren Schirm von Erle (*Alnus glutinosa*) überstellt werden, der auch in der natürlichen Sukzession die Pioniergesellschaft bilden würde. Im späteren Entwicklungsstadium des Fichtenbestandes wären etwa Tanne und Buche einzubringen. Um Arbeit und Kosten zu sparen, verzichtet man heute gerne auf solche differenzierten Maßnahmen und kultiviert von vornherein reine Fichte, allenfalls mit raschwachsenden Hybridpappeln als Vorholz, nimmt aber damit ein erhöhtes Risiko in Kauf und erschwert den Aufbau eines naturnahen Waldes.

In anderen Fällen kann es erwünscht sein, die natürliche Entwicklung auf einem niedrigeren Stadium zurückzuhalten. So sind Lärchen-Fichten-Mischwälder in den Innenalpen ertragreicher und stabiler als die als Schlußglied der Entwicklung sich einstellenden reinen Fichtenwälder.

Die absolute *standörtliche Anbaufähigkeit einer*

Baumart wird durch ihre physiologische Amplitude umgrenzt. Nicht nur die Ökologie ist ja für das heutige Vorkommen von Arten entscheidend sondern auch die Floren- und Vegetationsgeschichte. So wird die bekannte Tatsache der eiszeitlichen Verarmung der Gehölzflora Europas im Vergleich zu Nordamerika gerne bemüht, um eingebrachte nordamerikanische Arten als "Spätheimkehrer" zu deklarieren und die Pflanzung dieser Exoten gleichsam als Wiedergutmachung an der Natur hinzustellen. Diese Argumentation geht sicher zu weit. Seit dem Aussterben dieser Arten bereits in älteren Eiszeiten hat sich doch ein neues Gleichgewicht eingestellt. Wohl niemals wird die gesamte Faktorenkombination im Herkunfts- und Anbaugbiet völlig gleich sein. Das sagt nicht, daß nicht fremde Arten durchaus gut angepaßt sein und Gutes leisten können. In begrenztem Umfang können auch Faktoren ersetzt werden, z.B. klimatische Feuchtigkeit für die Japanlärche durch Bodenfeuchtigkeit. Vorsicht ist aber jedenfalls geboten. Mit großen Schäden muß jederzeit gerechnet werden, wie etwa die immer wieder neu auftretenden Pappelkrankheiten gezeigt haben.

Grundsätzlich sind Ausländer sicher nicht ungünstiger zu beurteilen als die Fichte, wo auch sie standortfremd ist. Das Übel liegt darin, daß der Waldbau gerne Moden unterliegt und bei Erfolgen an irgendeiner Stelle gerne verallgemeinert und eine Art weit über die geeigneten Standorte hinaus forciert bis Mißerfolge und Krankheiten der Expansion ein Ende setzen. Es war eine Zeit lang so mit den Hybridpappeln. Jetzt scheint sich eine Douglasienwelle anzubahnen.

Nicht selten enttäuschen die Exoten nach anfänglich sehr gutem Jugendwachstum in der späteren Entwicklung, wie das übrigens auch bei Kiefer öfter der Fall ist (Mayer & Schreiber 1970). Es mag in den Niederlanden, wo wertschaffende Baumarten von Natur aus weitgehend fehlen, anders sein, aber für Österreich sollte die Einbringung von Exoten nur dann vertreten werden, wenn ihre nachhaltige Leistung eindeutig der unserer heimischen Baumarten überlegen ist und keine schwerwiegenden Nachteile ökologischer Art zu befürchten sind, vor allem auch kein übermäßiger Aufwand an technischen und chemischen Eingriffen (Bodenbearbeitung, Unkraut- und Schädlingsbekämpfung usw.) zu ihrer Etablierung und Erhaltung zu erwarten ist.

Der Wald mit seinen viel geringeren Hektarerträgen wird zum Glück nie so vollständig manipuliert werden können, wie das bei landwirtschaftlichen Kulturen der Fall ist. Damit hat er die Chance, eine Oase noch einigermaßen funktionierender Abläufe in der Natur und ein Refugium für viele Pflanzen und Tiere ebenso wie für den erholungsuchenden Menschen zu bleiben. Wo er das nicht ist, sollte er behutsam zu diesem Zustand

hingeführt werden. Sicher haben auch Plantagen in Form einer "Agrosilvicultur" in begrenztem Umfang ihre Berechtigung. Wenn wir aber von Wald spreken, müssen wir ihn als Ökosystem sehen und mit anderen Augen betrachten als einen Acker.

Literatuur

- Aichinger, E. 1967. Pflanzen als forstliche Standortsanzeiger. Wien.
- Braun, R. 1973. Österreichische Forstinventur 1961/70. Zehnjahresergebnisse für das Bundesgebiet, Bd. 1. Mitt. Forstl. Bundesversuchsanst. Wien, Bd. 103/1.
- Dieterich, H., S. Müller & G. Schlenker. 1970. Urwald von morgen. Bannwaldgebiete der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg. Stuttgart.
- Holzer, K. 1964. Die Seehöhengliederung der Fichtentypen in den österreichischen Alpen. In: Forstsamengewinnung und Pflanzenanzucht für das Hochgebirge. München-Basel-Wien.
- Kral, F. 1979. Spät- und postglaziale Waldgeschichte der Alpen auf Grund der bisherigen Pollenanalysen. Veröff. Inst. f. Waldbau d. Univ. f. Bodenkultur, Wien.
- Mayer, H. 1964. Zur Übertragbarkeit waldbaulicher Folgerungen in vergleichbaren tannenreichen Waldgesellschaften (Abieti-Fagetum und Abietetum) der nördlichen Ost- und Westalpen. Forstwiss. Cb. 83 (1/2): 1-64.
- Mayer, H. 1974. Wälder des Ostalpenraumes. Stuttgart.
- Mayer, H. 1976. Gebirgswaldbau – Schutzwaldpflege. Stuttgart.
- Mayer, H. 1977. Waldbau. Stuttgart-New York.
- Mayer, H., Eckhart, G., Nather, J., Rachoy, W. & Zukrigl, K. 1971. Die Waldgebiete und Wuchsbezirke Österreichs. Cbl. ges. Forstwes. 88(3): 129-164.
- Mayer, H., M. Neumann & W. Schrempf. 1979. Der Urwald Rothwald in den Niederösterreichischen Kalkalpen. Jahrb. Ver. z. Schutze der Bergwelt, 44: 79-117. München.
- Mayer, H. & M. Schreiber. 1970. Ergebnisse von Anbauversuchen mit ausländischen Baumarten im Forstlichen Versuchsgarten der Hochschule für Bodenkultur. Cbl. ges. Forstwes. 87(3): 145-165.
- Passarge, H. 1968. Zur Ansprache des natürlichen Nadelholzanteils. Ein Beitrag zur Frage Waldgesellschaft – Forstgesellschaft. Archiv. f. Forstwes. 17(1): 17-31.
- Rozsnyay, Z. 1972. Ergebnisse eines Jahrzehnts forstlicher Meinungsumfragen. Forstarchiv 43:149-159.
- Zukrigl, K. 1974. Der Mischwald als Ideal einer stabilen ökologischen Gemeinschaft. "Wildnis, Forst und Ackerland", hrsg. v. Verbd. d. Wiss. Geselsch. Österr. Wien, p. 254-256.
- Zukrigl, K., G. Eckhart & J. Nather. 1963. Standortkundliche und waldbauliche Untersuchungen in Urwaldresten der niederösterreichischen Kalkalpen. Mitt. Forstl. Bundesversuchsanst. Wien, Bd. 62.

Samenvatting

Boomsoorten en bosecologie

*Bos is een zeer gecompliceerd ecosysteem, waarbin-
nen relaties en wisselwerkingen bestaan tussen de*

*groeiplaats en de levensgemeenschap en de onderde-
len daarvan. Bos is dus veel meer dan een willekeuri-
ge verzameling bomen. De bomen beïnvloeden het
ecosysteem het meest, omdat zij de fysiognomie van
de opstand bepalen, humus opbouwen via het strooi-
sel, een eigen microklimaat en bosbodem ontwikkelen
en de waterhuishouding reguleren. De bomen beïn-
vloeden niet alleen de groeiplaats maar ook de onder-
groei, waarbij de ondergroei – vooral in de jeugdfase –
invloed heeft op de boomsoortensamenstelling. De on-
dergroei speelt een belangrijke rol bij het behoud van
het microklimaat.*

*De relaties van plantesoorten met bepaalde boom-
soorten vormen de basis voor de plantensociologische
indeling in bostypen. Geen enkele plantensoort is echter
absoluut gebonden aan een bepaalde boomsoort,
maar heeft een bepaald milieu nodig met betrekking tot
klimaat en humusvorm. Het gedrag van verschillende
boomsoorten ten opzichte van elkaar is op iedere
groeiplaats en onder verschillende klimaatsomstandig-
heden anders als gevolg van concurrentieverhoudin-
gen en genetische verschillen. Deze genetische ver-
schillen komen – bij veel boomsoorten – tot uitdrukking
in de groeivorm (habitus). Zo heeft de langzaam-
groeivormige fijnspar uit de sneeuwrijke, hooggelegen
gebieden een slanke bouw en een spitse kroon, terwijl in
de lager gelegen gebieden snelgroeivormige fijnsparren
voorkomen met een veel bredere kroon, die echter
veel gevoeliger zijn voor sneeuw en ijsbreuk. Ook bij
de groveden zijn dergelijke rassen (herkomstverschil-
len) bekend. Daarom is het van groot belang dat het
gebruik van de juiste herkomsten, die ter plaatse thuis-
horen en aangepast zijn aan de hoogteligging, in Oos-
tenrijk wordt verzekerd door een wet op het zaad- en
plantgoed. Het gedrag van boomsoorten is alleen te
voorspellen op vergelijkbare groeiplaatsen en stadia in
de bosontwikkeling (geschiedenis). Ecologisch verge-
lijkbare bosgebieden kunnen worden begrensd door
hun geografische en hun hoogteligging.*

*Voor bepaalde bostypen zijn de structuur en de dy-
namiek specifiek. De natuurlijke structuur van bossen
is echter sterk door de mens beïnvloed, daarom weten
we daarover erg weinig. Dit geldt ook voor die bossen,
die onze voorstellingen van natuurlijke bossen bena-
deren. In veel landen worden daarom natuurbosreser-
vaten ingesteld ten behoeve van bosbouwkundig on-
derzoek. Natuurlijke structuur betekent in ieder geval:
meerdere etages en het voorkomen van een hoeveel-
heid dood hout, die een functionele populatie van vo-
gels en insecten mogelijk maken. Een goed voor-
beeld van bos met een natuurlijke structuur is het, ca.
300 ha grote, oerbosrestant "Rothwald" in Oostenrijk.
Het bestaat uit fijnspar, zilverden en beuk in een zeer
evenwichtige concurrentieverhouding: fijnspar en zil-
verden in de bovenetage met vnl. onderstandige beuk.*

Leibundgut heeft de verschillende ontwikkelingsfasen in natuurbossen schematisch als volgt ingedeeld:

- de verjongingsfase met groepsgewijs overstaanders en veel dood hout, waarin veel verjonging plaatsvindt
- de optimale fase met vergaande sluiting van de opstand en afnemende gelaagheid, weinig sterfte en verjonging (een stadium dat veel voorkomt in cultuurbossen, maar in oerbossen slechts kleinvlaktegewijs aanwezig is)
- de (tijdelijke) plenterfase, waarin de verschillen in leeftijd, de gelaagheid en de stabiliteit maximaal zijn
- de aftakelingsfase, die – evenals de eventueel daarvoor nog te onderscheiden eind- of oude fase – een vrij groot deel van de oppervlakte beslaat, met een sterk gelichte opstandsstructuur, veel sterfte en nog weinig verjonging, die weer overgaat in de verjongingsfase (wanneer de opstand zich – in de eind- of oude fase – weer sluit spreekt men van de herstelfase)

De verschillende fasen beslaan meestal een kleine oppervlakte (200-650 m²) en wisselen elkaar mozaïekachtig af. Deze opbouw is bepalend voor de stabiliteit van het bos als geheel. De onderscheiden fasen (afb. 2) kunnen elkaar – afhankelijk van de afname van de voorraad en de snelheid – opvolgen, waarbij het echter maar zelden tot een terugval tot de pionierfase komt. De stabiliteit van oerbossen bleek op indrukwekkende wijze bij de – in de laatste decennia – opgetreden stormen. Hierbij ontstonden grote stormvlaktes in de nabijgelegen fijnsparbossen (vaak eerste generatie na oerbos), terwijl in het oerbos alleen plaatselijk, soms groepsgewijs, bomen werden geworpen. Weliswaar werd hierdoor het aandeel van de verjongingsfase duidelijk verhoogd, maar er was geen sprake van een wezenlijke beïnvloeding van de bosstructuur. Ook de weerstand van het oerbos tegen insectencalamiteiten is groot door het vrijwel volledig intacte biologische evenwicht.

Het oerbos kan niet zondermeer worden gebruikt als voorbeeld voor de bosbouw, omdat de produktiefunctie daarin onvoldoende wordt gerealiseerd. Het kan ons echter wel veel leren waar het de uitgangspunten voor bosbouw in stabiele bosstructuren betreft, zoals: de voordelen van menging, ongelijkjarigheid, kleinschalige opstandsstructuren en een continue opstandsontwikkeling, omdat deze de weerstand tegen biotische en abiotische beschadigingen vergroten, waardoor grootschalige calamiteiten tot de uitzonderingen gaan behoren. In oerbossen is bovendien een soort natuurlijke vruchtwisseling vastgesteld.

Antropogene bossen

Bossen met een onnatuurlijke structuur en samenstelling worden niet "Wald-" maar "Forstgesellschaften"

genoemd. In Oostenrijk worden tussen deze "Wald-" en "Forstgesellschaften" nog twee categorieën onderscheiden, t.w. de door de mens beïnvloede natuurbossen, die nog wel de natuurlijke samenstelling bezitten, maar waarin het aandeel mengboomsoorten (m.n. naaldboomsoorten) sterk is verhoogd en de halfnatuurlijke bostypen, waarin de hoofdboomsoort een soort is, die in de natuurlijke bosbegroeiing een ondergeschikte rol speelt (bijv. fijnsparbossen in plaats van gemengde bossen van fijnspar, zilverden en beuk). Inherent aan "Forstgesellschaften" is dat zij niet stabiel zijn en bestaan dank zij het regelend ingrijpen door de mens, zodra dit ophoudt begint weer een ontwikkeling in de richting van het ter plaatse thuishorende bostype op die groeiplaats. Waar dat maar enigszins mogelijk is in verband met de groeiplaatsomstandigheden, ontstaan van nature gemengde bossen, zodat gesteld kan worden dat gemengde bossen de natuurlijke situatie over het algemeen beter benaderen dan monocultures, die van nature alleen onder extreme (klimaats-) omstandigheden ontstaan. Alhoewel men dit al lang onderkent en daarom de voorkeur geeft aan gemengde bossen, is de ontmenging in de bossen in Oostenrijk ver voortgeschreden. Met name de toename van fijnspar en de afname van beuk en zilverden blijkt – ook in de jongste inventarisatie (1971-80) – door te gaan, terwijl het aandeel zuivere opstanden in de produktieve bossen blijft stijgen.

Samenvattend kan worden gesteld dat de positieve invloeden van menging bestaan uit de gunstige invloeden op de bodem, de humusvorming, de waterhuishouding, de gezondheid, de stabiliteit en de opstandsstructuur, die – op de lange termijn – het bedrijfsresultaat bepalen. Het veelzijdige voedselaanbod en de grote verscheidenheid aan (micro) milieus (ecologische niches) in gemengde bossen leiden tot een rijkler planten- en dierenleven. In gemengde bossen kunnen sterk gespecialiseerde (bos)planten en -dieren levensomstandigheden aantreffen, waaronder zij zich kunnen vestigen, voortbestaan en overleven. Zo kunnen gemengde bossen refugia zijn voor bedreigde diersoorten, van waaruit zij zich weer kunnen verspreiden.

In fijnsparopstanden kan een beperkt aandeel loofhout, mits ook in de heersende etages, al grote ecologische en visuele voordelen leveren, terwijl het ook een bijdrage kan leveren aan de instandhouding van de menging. Het is moeilijk harmonische mengingen te realiseren met boomsoorten met een zeer grote concurrentiekracht, zoals bijv. met de beuk in het Wienerwald. Binnen bepaalde grenzen kan een gediifferentieerde opstandsstructuur dezelfde voordelen bieden als menging.

In Oostenrijk zijn maar weinig volledig antropogene

bossen aanwezig. Voorbeelden hiervan zijn: de bebossing van de Laaerberg bij Wenen op een kale, volledig gedevasteerde groeiplaats, de windsingels en de bebossingen van marginale landbouwgronden. Bij de aanleg worden meestal snelgroeïende pioniersoorten gebruikt, die al snel worden vervangen/opgevolgd door ter plaatse van nature thuishorende soorten. Met name bij de aanleg wordt vaak gebruik gemaakt van een groot aantal exoten en inheemse soorten, waarin dan een min of meer natuurlijke selectie plaatsvindt. Uit kostenoverwegingen en om arbeidsbesparingen te bereiken wordt nogal eens gekozen voor de aanleg van monocultures van snelgroeïende soorten. Hiermee verhoogt men de risico's en bemoeilijkt de ontwikkeling naar een meer natuurlijk bos. In principe zouden de bosbouwkundige handelingen een imitatie moeten zijn van de natuurlijke ontwikkeling in een korter tijdsbestek. In veel bossen kan het gewenst zijn de ontwikkeling in een vroeg stadium te bevrozen, omdat dit stadium produktiever en/of stabiel is dan het eindstadium (bijv. bij beuk of fijnspar). Of een boomsoort verantwoord kan worden aangeplant wordt bepaald door zijn fysiologische amplitude. Voor de nu aanwezige bossen zijn de ecologie en de ontwikkeling van bodem, flora en vegetatie bepalend geweest.

Om het gebruik van Noordamerikaanse boomsoorten te rechtvaardigen worden deze wel "Spätheimkehrer" (late repatrianten) genoemd, omdat ze hier tijdens de ijstijden zijn uitgestorven en dus eigenlijk terugke-

ren naar hun oorspronkelijke groeiplaats. Dit betekent echter niet dat deze exoten ook nu nog goed zijn aangepast aan de hier nu heersende groeiplaatsomstandigheden (klimaat!). Het is onjuist niet-inheemse soorten per definitie ongunstiger te beoordelen dan inheemse soorten, omdat deze ook op groeiplaatsen kunnen staan die van nature ver buiten hun natuurlijk verspreidingsgebied brengt risico's met zich mee: zij kunnen bijv. een verhoogde vatbaarheid voor aantastingen hebben. Veel exoten vertonen een goede tot zeer goede jeugdgroei, maar blijven in hun latere ontwikkeling achter bij de inheemse soorten. Aanplant van exoten is daarom alleen verantwoord wanneer inzicht is verkregen over hun duurzaamheid met betrekking tot gezondheid en produktie en deze duidelijk hoger ligt dan die van de inheemse soorten. Bovendien zullen geen nadelige invloeden op het totale ecosysteem te verwachten mogen zijn of ingrijpende technische maatregelen in de groeiplaats noodzakelijk bij de aanleg en instandhouding.

Gelukkig is het niet mogelijk bos zo vergaand te manipuleren als dit in de landbouw gebruikelijk is. Wanneer we bos steeds al zijn functies willen laten vervullen en het duurzaam in stand willen houden, dan zullen we het volledige ecosysteem in onze beschouwingen moeten betrekken.

BCS-Hza/H.W./M.G.G.