



Schriftenreihe der
Sächsischen Landesanstalt für Forsten

Heft 19/99

**Waldumbau
auf Tieflands- und Mittelgebirgsstandorten
in Sachsen**

Freistaat  Sachsen

Sächsische Landesanstalt für Forsten

**Schriftenreihe der
Sächsischen Landesanstalt für Forsten**

Heft 19/99

**Waldumbau
auf Tieflands- und Mittelgebirgsstandorten
in Sachsen**

Forschungsergebnisse der Sächsischen Landesanstalt für Forsten
1991–1998

Vorwort

Seit Mitte der achtziger Jahre erfolgt in der sächsischen Forstwirtschaft die Hinwendung zu einem ökologisch orientierten Waldbau, die im Waldumbauprogramm der Landesforstverwaltung mit dem Beginn der neunziger Jahre kulminierte.

Diese Entwicklung prägte die Forschungsaktivitäten des heutigen Fachbereiches Waldbau/Waldschutz der Sächsischen Landesanstalt für Forsten.

Aus der Phase anfänglicher Euphorie und weitgehender waldbaulicher Freiheit folgte die, nicht zuletzt aus wirtschaftlichen Überlegungen resultierende Notwendigkeit, den Waldumbau rational zu befördern. Das bedeutete, die waldbaulichen Maßnahmen deutlicher an den standörtlichen Bedingungen und dem Zustand und dem Entwicklungspotenzial der Phytozönose zu orientieren.

Dementsprechend sind die vorliegenden Untersuchungsergebnisse auf die Aufwands- und Risikominimierung im Zuge des Waldumbaus durch Verjüngung gerichtet.

Innerhalb kürzester Zeit ist es uns gelungen, ein für die Tieflands- und Mittelgebirgsstandorte Sachsens repräsentatives Versuchsflächensystem aufzubauen, dessen Kern die sächsischen Waldklimastationen bilden. Diese liefern die Hintergrundinformationen für ökophysiologische Untersuchungen mehrerer Vegetationsschichten unter dem Einfluss verschiedener Umweltfaktoren.

Zur Integration einzelner Teilergebnisse in gesamte Ökosystemdynamiken wurden prozessorientierte Modelle zum Wachstum und Wasserhaushalt entwickelt und angewandt.

Durch die Verbindung dieser Modelle mit dem Versuchsflächensystem der Landesanstalt können diese validiert und auf eine breitere Informationsbasis gestellt werden

Die komplexen Ergebnisstrukturen werden in praktisch umsetzbare, d. h. dem Wirtschaftler geläufige Kenngrößen transformiert, so dass die vorliegende Arbeit noch vor der Aufforderung zur wissenschaftlichen Diskussion dem eigentlichen Waldumbau dient.

Die Untersuchungsergebnisse ermöglichen es, die Notwendigkeit waldbaulicher Maßnahmen zu quantifizieren, die auf den Umbau von Kiefern- und Fichten-

Forstökosystemen gerichtet sind. Andererseits werden Grenzen des Waldumbaus im Sinne eines Wechsels der Hauptbaumarten sowie der potenziell möglichen Strukturvielfalt klar ausgewiesen.

Praktische Bezüge werden mit der Schaffung von Demonstrations- und Überführungsobjekten zum Waldumbau verstärkt. Nach der Erarbeitung der Grundlagen treten betriebliche und technologische Aspekte des Waldumbaus in den Vordergrund – hier ist uns der Einstieg gelungen.

Der Rahmen unserer Untersuchungen wurde jedoch weiter gefasst. In nahezu allen Waldumbauversuchen liegen inzwischen auch Primärdaten vor, die, auf der Grundlage verschiedenener Teile des Standortmosaiks und unter dem Einfluss verschiedener waldbaulicher Behandlungsvarianten, eine Beurteilung der Bodenvegetationsentwicklung im Verhältnis zur spontanen Gehölzverjüngung ermöglichen. In Pflegeversuchen wurden kompatible Datenstrukturen erhoben. Analog ist es mit dem im Entstehen begriffenen System der sächsischen Naturwaldzellen möglich, für repräsentative Ausgangszustände von Geotop und Biozönose die Dynamik von Wald- bzw. Forstökosystemen ohne direkte Steuerung durch Bewirtschaftungsmaßnahmen zu analysieren.

Damit beziehen sich laufende und künftige Arbeiten auf ein kleinstandörtlich und potenzialbezogen differenzierteres Ökosystemmanagement.

In der ökophysiologischen Untersetzung des Waldumbaus durch unser Versuchsflächensystem und das darauf aufbauende Messkonzept sehen wir neben den aktuellen Ergebnissen vor allem eine Zukunftsinvestition. Wir gehen davon aus, dass Veränderungen der Geotope einen waldbaulichen Informationsvorlauf zwingend erfordern und dass es neben der Unterstützung der Praxis bei der effizienten Erfüllung kurz- und mittelfristiger Aufgaben eine Anforderung an unsere Forschung ist, diesen Informationsvorlauf zu erarbeiten und zugänglich zu machen.



Prof. Dr. habil. H. Braun

Inhalt

1	Einleitung	4
2	Versuchsflächensystem Waldumbau-Waldverjüngung der LAF	9
2.1	Aufbau des Versuchsflächensystems	9
2.2	Schwerpunkte der Untersuchungen	11
2.2.1	Versuchsarten	11
2.2.2	Versuchsvarianten	13
2.2.3	Messkonzept und Messprogramm	14
2.3	Ausblick zum Versuchsflächensystem Waldumbau	16
3	Einzelergebnisse für repräsentative Geotope	17
3.1	Klimatische und standörtliche Dynamiken	17
3.2	Waldumbau im Immissionsschadgebiet der sächsischen Mittelgebirge	19
3.2.1	Bewirtschaftung immissionsgeschädigter Wälder Ende der sechziger Jahre bis 1990	19
3.2.2	Wege des Waldumbaus im Immissionsschadgebiet der sächsischen Mittelgebirge nach 1990	21
3.3	Aktuelle Empfehlungen für den Umbau von Übergangbeständen und Vorwäldern	23
3.3.1	Stechfichte	23
3.3.2	Murraykiefer	24
3.3.3	Omorikafichte	25
3.3.4	Lärchenarten	25
3.3.5	Ebereschen- und Birkenvorwälder	27
3.3.6	Bestandessukzession	28
3.3.7	Zusammenfassung	30
3.4	Waldumbau in Fichten- und Kiefernbeständen	30
3.4.1	Oberbestandesbehandlung	30
3.4.1.1	Mittelgebirge	30
3.4.1.2	Hügelland	34
3.4.1.3	Tiefland	35
3.4.2	Bodenbearbeitung	45
3.4.2.1	Mittelgebirge und Hügelland	45
3.4.2.2	Tiefland	46
3.5	Standortgerechte und bewirtschaftungskonforme Baumartenwahl, Mischungsformen und Flächengrößen	48
3.5.1	Wachstums- und Entwicklungsprognosen für Waldumbaubaumarten	48
3.5.1.1	Prognose des umweltabhängigen Wachstums der Rotbuche unter Mittelgebirgsbedingungen	50
3.5.1.2	Einfluss unterschiedlicher Überschirmungsverhältnisse auf das Wachstum von Rotbuchenvoranbauten	51
3.5.2	Baumarten- und Mischungswahl für Tieflandsbedingungen	54
3.5.2.1	Ableitung baumartenspezifischer Wachstumsprognosen auf den Sandstandorten des Tieflandes	54
3.5.3	Grenzen des Waldumbaus	59
3.6	Empfehlungen für den Waldumbau von Fichten- und Kiefernreinbeständen	60
3.6.1	Umbau von Fichtenbeständen in den sächsischen Mittelgebirgen und im Hügellandsbereich	60
3.6.2	Umbau von Kiefernreinbeständen auf Tieflands-Sandstandorten	62
3.6.3	Umbau von Nadelbaumreinbeständen auf wechselfeuchten bzw. Pseudogleystandorten	64
4	Zusammenfassung	66

1 Einleitung

Waldumbau ist weder eine Modeerscheinung noch ein Schlagwort innerhalb einer Imagekampagne der Forstwirtschaft. Durch den Umbau von großflächigen Nadelbaumreinbeständen in stabile Waldökosysteme werden Voraussetzungen für die dauerhafte Funktionalität der Wälder und damit für eine weitgehend planmäßige, im Hinblick auf die Erfordernisse des Marktes flexible Forstwirtschaft geschaffen.

Die allmähliche Entwicklung horizontal und vertikal strukturierter Wälder bedingt die Entwicklung waldbaulicher Rationalisierungsmöglichkeiten, insbesondere im Rahmen der Waldpflege und Waldverjüngung.

Erfordert der aktuelle Standorts- und Bestockungszustand für die gegenwärtige Waldbewirtschaftung einen noch immer ausgeprägten Einsatz von Fremdenergie, strebt der Waldumbau die Steuerung ökosystemarer Prozesse vor allem durch die Nutzung als Instrument der Ressourcenverteilung an. Nutzungsbedingte Konkurrenzrisiken führen zum Entstehen von Verjüngungsvorräten, die mit fortschreitender Konkurrenzauflöserung ohne Inkaufnahme von

Wertverlusten in das Bewirtschaftungskonzept integriert werden. Ein bedeutender Teil des Pflegeaufwandes im defizitären Durchmesserbereich wird durch die Differenzierung der Verjüngung als Ergebnis vertikaler und horizontaler Konkurrenz substituiert.

Die ununterbrochene Dynamik von Vorratsakkumulation, -regeneration und -nutzung ist in Abhängigkeit vom Geotop an eine optimale quantitative und qualitative Vorratsstruktur gebunden. Diese führt wiederum zu einer ausgewogenen biozönotischen Stabilität, d. h. einem Quasi-Gleichgewichtszustand zwischen Produzenten, Konsumenten und Destruenten. Inwieweit sich die Biozönose diesem Gleichgewichtszustand annähert, ist wiederum entscheidend für die Einschränkung der Waldschutzaufwendungen.

Der reale Waldzustand unterscheidet sich von den umrissenen Zielvorstellungen erheblich, wobei dennoch von einer relativ weiten Spreitung der von Standorts- und Bestockungszustand abhängigen Entwicklungspotenziale ausgegangen werden kann.

Im Hinblick auf die Intensität des Waldumbaus wären grundsätzlich folgende Zustandstypen von Wald- bzw. Forstökosystemen zu differenzieren:

► **Waldökosysteme, deren aktueller Zustand bereits weitgehend den Zielwaldstrukturen entspricht**

Waldbauliche Maßnahmen beschränken sich auf die Förderung des individuellen Wertzuwachses in Verbindung mit einer maximalen Wertschöpfung. Mit diesem Prozess ist eine sukzessive, geotopabhängige Erhöhung der Strukturvielfalt durch Naturverjüngung (NV) und ggf. eine Ergänzung der Baumartenzusammensetzung verbunden.

Beispiele sind Reste von Buchenwaldökosystemen in den mittleren Lagen und Reste autochthoner Fichtenwälder in den Hochlagen der sächsischen Mittelgebirge, aber auch Kiefernwälder auf trophisch armen und/oder im Wasserhaushalt extremen Standorten des Tieflandes, Reste von Eichenwaldgesellschaften auf



Abb. 1:
Strukturreiches
Buchenwaldökosystem
auf Gneis-
Verwitterungsböden

Pseudogleystandorten oder Kiefernbestände mit weit fortgeschrittener Einwanderung der Eiche auf den Standorten von Eichenwaldgesellschaften.

► **Forstökosysteme, deren aktueller Zustand in Verbindung mit der waldbaulichen Förderung und/oder Korrektur ablaufender ökosystemarer Prozesse in waldbaulich akzeptablen Zeiträumen eine nahezu spontane Annäherung an Zielwaldstrukturen ermöglicht**

Beispiele sind Kiefern- und Fichtenreinbestände, in denen sich mit fortschreitender Konkurrenzauflöckerung eine ausgeprägte Einwanderung standortgerechter Laubbaumarten abzeichnet. In Abhängigkeit von der räumlichen und zeitlichen Intensität sowie qualitativen Charakteristika dieses Prozesses (z. B. Baumartenzusammensetzung der Verjüngung im Verhältnis zu den waldbaulichen Zielstellungen) können auch intensivere waldbauliche Maßnahmen erforderlich sein. Dabei ist es wesentlich, diese im Zusammenhang mit der Stabilitäts- und Leistungsentwicklung der aktuellen Bestockung zu planen.

Nach einer hinreichenden Konkurrenzauflöckerung im Oberbestand, z. T. durch die natürlich ablaufende Differenzierung, vor allem aber durch Durchforstungseingriffe, ist die Herstellung und Erhaltung einer Schalenwilddichte, die sich an der Kontinuität der Primärproduktion von Waldökosystemen orientiert, das entscheidende waldbauliche Steuerungsinstrument in der Initialphase der Bestandessukzession.

Im Fall geringer Verjüngungsvorräte, die nicht in der Lage sind, Ressourcen umzusetzen, die infolge des Bestandaufschlusses und starker Durchforstungseingriffe freigesetzt und nicht fließend durch den verbleibenden Bestand in Anspruch genommen werden, kann eine Verlagerung der Bestandessukzession zugunsten der Bodenvegetation eintreten. Folglich ist neben der Schalenwildregulation die Harmonisierung der Konkurrenzauflöckerung im Oberbestand mit der Verjüngungsdynamik – und hier insbesondere der Einwanderung standortgerechter Laubbaumarten – ein weiteres waldbauliches Steuerungsinstrument. Das gilt insbesondere für Kiefern- und Fichtenbestände, deren Umgebung durch ein ausgeprägtes Diasporenangebot der Laubbaumarten, bei gleichzeitiger Neigung der Waldstandorte zur N-Eutrophierung (Vergrasung), gekennzeichnet ist.



Abb. 2:
Eichenwaldökosystem mit beginnender horizontaler und vertikaler Strukturierung auf Pseudogleystandorten



Abb. 3:
Fortgeschrittene Einwanderung der Eiche in einem Kiefernforstökosystem auf Standorten mesophiler Eichenwaldgesellschaften

Nach der Steuerung der Initialphase der Bestandessukzession zugunsten der spontanen Einwanderung von Laubbaumarten verlagern sich die waldbaulichen Maßnahmen ggf. auf eine extensive Ergänzung der vorhandenen Verjüngung. Entscheidend ist hierfür eine



Abb. 4:
Initialphase einer intensiven Einwanderung von Laubbaumarten in Kiefernforst-
ökosystemen mit fortgeschrittener horizontaler Konkurrenzauflöcherung auf Standorten von Eichenwaldgesellschaften

andauernde Konkurrenzauflockerung im Oberbestand, die den Ansprüchen der einzubringenden Zielbaumarten genügt, jedoch andererseits ohne Wertverluste im Oberbestand erreicht wird.

► **Forstökosysteme, in denen ohne intensive waldbauliche Maßnahmen keine Annäherung an Zielwaldstrukturen zu erwarten ist und destruktive Prozesse, die in einen längerfristigen Ersatz der Forstökosysteme durch grasdominierte Phytozönosen einmünden, nicht ausgeschlossen werden können**

Diese Situation ist für einen Teil der Fichtenrest- und Übergangsbestockungen im Immissionsschadgebiet der sächsischen Mittelgebirge kennzeichnend. Tiefgreifende Veränderungen der Geotope erfordern hier die Synthese aus Waldumbau und Standortssanierung. Die Einwanderung von Pionier- oder gar Zielbaumarten spielt im Rahmen der Bestandessukzession eine weitgehend untergeordnete Rolle.

Ein hohes Maß an Instabilität mit geringen Möglichkeiten zur Selbstregulation weisen Fichtenbestände in

Abb. 5:
Kiefernbestand mit fortgeschrittener horizontaler Differenzierung und flächendeckenden Sandrohrdecken



den mittleren und höheren Berglagen auf, in denen nur ein geringes Diasporenangebot der Ziel(Klimax)baumarten wirksam wird. Diese Situation wird durch die Ausbreitung von Decken des Wolligen Reitgrases verstärkt.

Ähnlich sind Kiefernreinbestände auf den Sandstandorten des Tieflandes mit fortgeschrittener N-Eutrophierung und geschlossenen verdämmenden Florendecken einzuordnen.

Ein weiteres Beispiel bilden Fichtenbestände auf Pseudogleystandorten, wo wegen einer extremen Verschlechterung der physikalischen (und chemischen) Standortseigenschaften eine Erneuerung stabiler Waldökosysteme nur durch einen Baumartenwechsel in Verbindung mit der Sanierung der Standorte erfolgen kann.

In den genannten Fällen sind für den Waldumbau erhebliche Energie-Inputs erforderlich, was vor allem auf eine extreme Veränderung der Geotope, die die Elastizität der vorhandenen Forstökosysteme in der Regel übersteigt, zurückzuführen ist.

Der Waldumbau konzentriert sich vor allem auf die beiden zuletzt genannten Zustandstypen von Forstökosystemen. Grundsätzlich handelt es sich dabei um eine prozessorientierte Initialinvestition, d. h. die Intensität der waldbaulichen Maßnahmen und damit auch der betrieblichen Aufwendungen wird durch den Ökosystemzustand und vorhandene Entwicklungspotenziale bestimmt.

Dabei sind drei grundsätzliche Ziele des Waldumbaus hervorzuheben:

1. Mit der ökologischen Stabilisierung der Waldbestände wird deren Fähigkeit erneuert, eine Aktivierung biotischer Schadfaktoren einzuschränken und dem Einfluss abiotischer, äußerer Störfaktoren zu widerstehen (Stabilität oder Resistenz) bzw. nach erfolgten Störungen die Funktionalität des Systems wiederherzustellen (Elastizität, Resilienz).

2. Mit dem erstgenannten Ziel werden auf dem räumlichen Niveau des heutigen Einzelbestandes Voraussetzungen ökologischer Nachhaltigkeit geschaffen, mit der ein insgesamt geringes Produktionsrisiko korrespondiert. Ökologische Nachhaltigkeit wird durch stetige Funktionalität des

Ökosystems auf der Grundlage ausgeglichener (offener) Stoffkreisläufe und ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Primär- und Sekundärproduktion, was zum dauerhaften Erhalt des betreffenden Waldökosystems führt, erreicht.

3. Aufbau des notwendigen Potenzials zur biologischen Rationalisierung des Waldbaus und der Steigerung der langfristigen betrieblichen Leistungsfähigkeit.

Die genannten Ziele können durch räumliche Strukturierung und in diesem Zusammenhang eine an das Standortmosaik optimal angepasste Baumartenmischung erreicht werden. Das Ergebnis ist eine stetige „Kontrolle“ der Energie- und Stoffflüsse durch die Baumschicht(en), was neben einer weitgehenden Ausnutzung des Standortspotenzials auch dessen Erhaltung gewährleistet und zur überwiegenden natürlichen Regeneration des Waldes führt.

Darüber hinaus bedingt eine größere Arten- und Strukturvielfalt, die jedoch grundsätzlich durch den Geotop limitiert wird, eine ausgeprägte Abschwächung und Streuung von Risiken, die durch verschiedene Einflüsse auf das Waldökosystem einwirken.

Folgende waldbauliche Maßnahmen sind auf die oben genannten Ziele des Waldumbaus gerichtet:

- ▶ **Verbesserung der individuellen statischen und physiologischen Stabilität** durch Durchforstungseingriffe zur Vorbereitung auf den angestrebten Strukturwandel bei gleichzeitiger individueller Förderung des Wertzuwachses bzw. einer an individuellen Produktionszielen orientierten Wertschöpfung,
- ▶ **kleinflächige Modifikation der Durchforstungskonzepte** auf der Grundlage des Standortmosaiks und des Bestockungszustandes im Hinblick auf die horizontale Verteilung qualitativer Einzelbaummerkmale, zur Vorbereitung eines räumlich und zeitlich differenzierten Nutzungs- und Verjüngungsfortschrittes,
- ▶ **Integration von Durchforstungseinheiten (Gruppen)** qualitativ hochwertiger, vitaler Bestandglieder mit einem ausgewogenen Konkurrenzstatus in das Durchforstungskonzept, insofern damit keine Qualitätsverluste wegen veränderter holztechnischer Eigenschaften einhergehen,



▶ **langfristiger, zeitlich gestaffelter Nutzungsprozess** auf der Grundlage individueller Produktionsziele, Zieldurchmesser und Wachstumsdynamiken unter Berücksichtigung der baumartenbezogenen, absatzrelevanten Sortimentsvielfalt,

▶ **Ausnutzung der natürlichen Differenzierung und konkurrenzbedingten Qualifizierung** in der Jungwuchs- und Dickungsphase,

▶ **Integration der Bodenzustands-, Bodenvegetations- und Verjüngungsdynamik in ein ökologisch und ökonomisch ganzheitliches Durchforstungskonzept,**

▶ **Einbringung mehrerer standortgerechter Baumarten** entsprechend ihren ökologischen Bedürfnissen und den kleinstandörtlichen Bedingungen,

Abb. 6: ■ □
Fichtenbestand mit fortgeschrittener horizontaler Differenzierung und geschlossenen Wollreitgras-Decken

Abb. 7: ■ □
In Auflösung begriffene Übergangsbestockungen im Immissions-schad-gebiet

► **räumliche Strukturierung großflächig gleichförmiger Bestände** über eine zeitlich differenzierte Verjüngung, die Einbringung einer 2. Baumschicht sowie einer unterschiedlichen Oberbestandesbehandlung (siehe Durchforstung),

► **Realisierung kleinflächiger Verjüngungsstrukturen**, die sich an Kleinstandort und Oberbestandeszustand orientieren und dennoch ein hinreichendes Selektionspotenzial für die Herausbildung qualitativ hochwertiger Altbaumgruppen bilden,

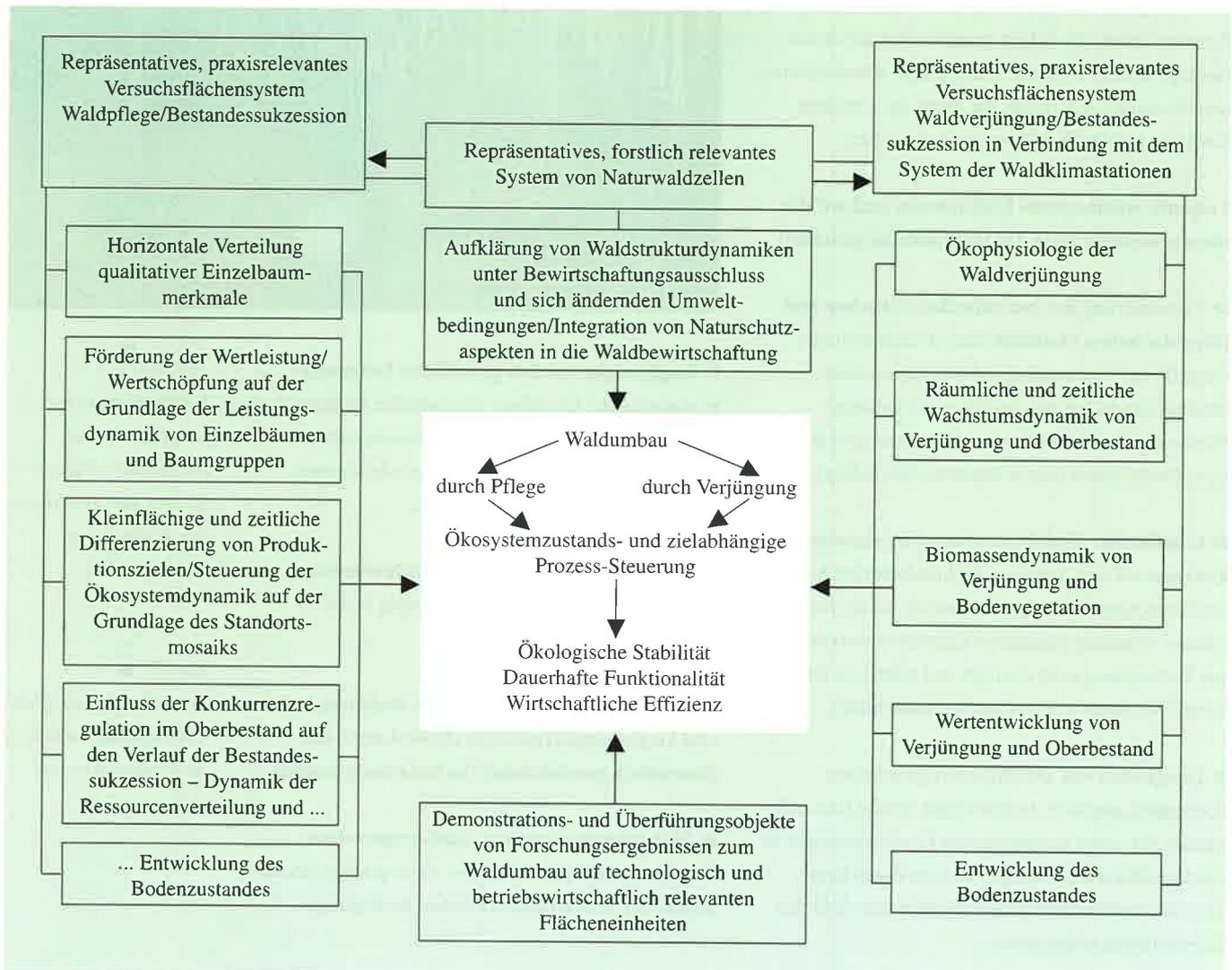
► **Bodensanierung in Abhängigkeit vom Standortzustand** (Bodenbearbeitung/Kalkeinarbeitung) zur Kompensation der Verluste an Erdalkalien bzw. der bestockungsbedingten Verschlechterung physikalischer Standortseigenschaften,

► **Förderung und Steuerung der natürlichen Verjüngung**, insbesondere auch der Ausbreitung von Laubgehölzen im Rahmen der Bestandessukzession,

sowie deren Einbeziehung in das konkrete waldbauliche Bewirtschaftungsziel.

Die genannten Ziele gehen in das **systemorientierte Arbeitskonzept** des Fachbereiches Waldbau/Waldschutz der LAF ein (vgl. Abb. 8). Die Verknüpfung der Kernbereiche Waldumbau – Waldpflege – Waldmonitoring bildet dabei die Voraussetzung für die zielorientierte Optimierung waldbaulicher Maßnahmen im Verhältnis zu spontan ablaufenden ökosystemaren Prozessen unter bestehenden bzw. sich ändernden Umweltbedingungen.

Abb. 8:
Ganzheitliches
Arbeitskonzept des
Fachbereiches zum
Waldbau



2 Versuchsfächensystem Waldumbau-Waldverjüngung der LAF

2.1 Aufbau des Versuchsfächensystems

Mit der Gründung der LAF im Jahre 1991 begann der kontinuierliche Aufbau eines für Sachsen repräsentativen systematisch-modellhaften Systems von Waldumbauversuchen mit standörtlich differenzierten Varianten zur Baumartenwahl, Oberbestandesauflichtung und Bodenbearbeitung.

Berücksichtigung des natürlichen Verjüngungspotenzials orientiert und damit überwiegend in einem relativ kurzen Zeitraum eine Veränderung der Struktur- und Baumartenvielfalt herbeiführt, wird über die Bestandespflege ein indirekter Weg zur ökologischen Stabilisierung bestehender Bestockungen beschritten.

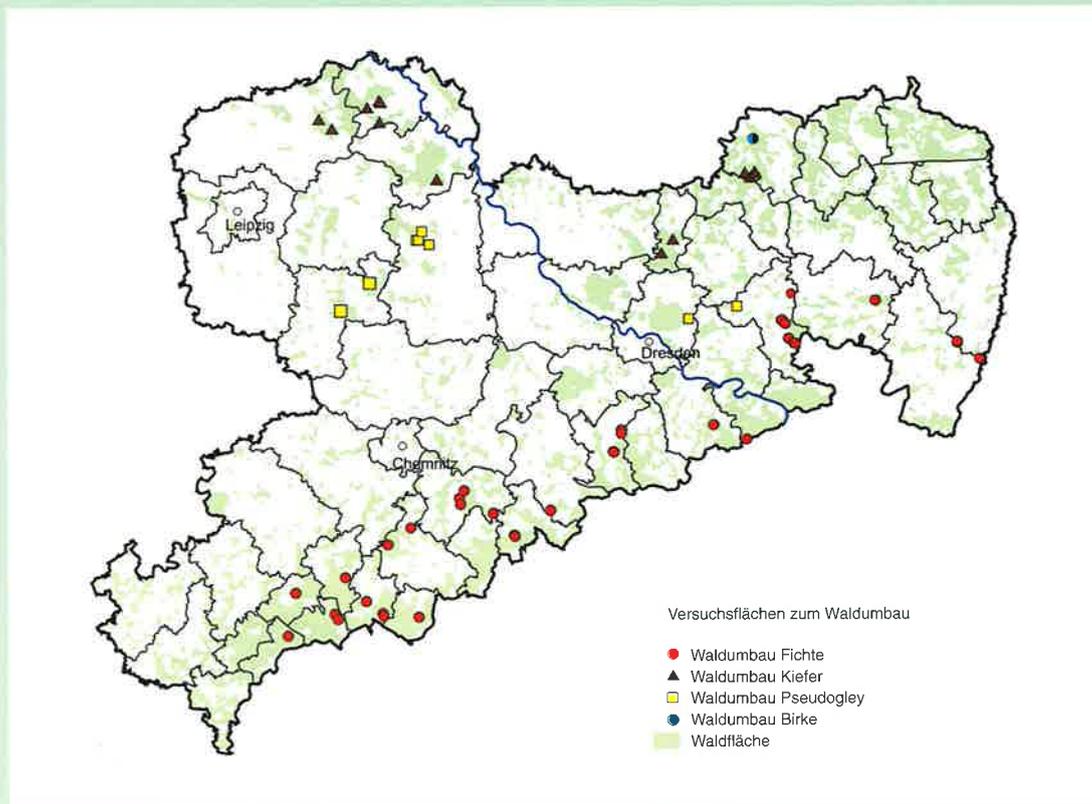


Abb. 9: Karte der Waldverteilung des Freistaates Sachsen mit dem System der Waldumbauversuche der LAF Graupa – standortsspezifische Varianten der Baumartenwahl und mögliche Waldbautechnologien

Auf der Grundlage eines ganzheitlichen ökosystemaren Forschungsansatzes werden über mikroklimatische, ökophysiologische und Biomasseuntersuchungen umfangreiche Informationen zu standortsspezifisch geeigneten Oberbestandesdichten und Bodenbearbeitungsverfahren für spezielle Waldumbaubaumarten gewonnen.

Den Kernbereich des Versuchsfächensystems bilden Versuche zum Waldumbau durch Verjüngung und Versuche zum Waldumbau durch Bestandespflege (Durchforstung).

Während sich der Waldumbau durch Verjüngung vorrangig an einem direkten Baumartenwechsel unter

Wesentliche Teilziele sind hierbei die Förderung der individuellen Vitalität, die Begünstigung vorhandener Mischbaumarten sowie deren Ausbreitung im Verlauf der Bestandessukzession und/oder die direkte Einbringung von Mischbaumarten nach hinreichender Konkurrenzauflockerung im Hauptbestand. Dieser Prozess mündet in einen langfristigen Strukturwandel im Zusammenhang mit einer sukzessiven Anreicherung des Baumartenspektrums ein.

Das Versuchsfächensystem soll die wichtigsten Wuchsgebiete bzw. natürlichen Waldgesellschaften unter Berücksichtigung aktueller Geotop- und Bestandeszustände sowie die möglichen Ziel-Waldökosysteme repräsentieren.

Durch umweltabhängige, baumartenspezifische dynamische Prognosemodelle wird der potenzielle Einfluss von Geotopveränderungen auf die Stabilitätsentwicklung dieser Ziel-Waldökosysteme in die Untersuchungen integriert

In den Versuchsflächen erfolgt für die betreffenden natürlichen Bedingungen die experimentelle Anwendung von Waldbauverfahren, die den Zielen einer ökologisch orientierten Waldbaustrategie dienen. Die Untersuchungen beziehen sich insbesondere auf verschiedene Bodenbearbeitungstechnologien und Verjüngungsverfahren, Baumarten und/oder Baumartenmischungen sowie Dichte- und Strukturvariationen im Oberbestand.

Zusätzlich wurden, vor allem bei einer hohen Wahrscheinlichkeit, dass über natürliche Prozesse Zielwaldstrukturen erreicht werden können, Flächen verschiedener Bestockungstypen ihrer Sukzessionsdynamik überlassen bzw. wurde steuernd in diese Dynamik eingegriffen. Grundsätzliches Anliegen ist die Minimierung des Einsatzes von Zusatzenergie.

Die von 1991 bis 1998 angelegten Waldumbauversuche sind so konzipiert, dass eine langfristige Analyse walddynamischer Prozesse unter dem

Einfluss verschiedener waldbaulicher Eingriffsvarianten möglich ist.

Das Ziel, natürliche Prozesse verstärkt in die Waldbewirtschaftung zu integrieren, wurde seit 1996 durch den Aufbau eines repräsentativen Systems von Naturwaldzellen (NWZ) in den wichtigsten forstlich relevanten natürlichen Waldgesellschaften Sachsens vertieft. Wesentlich ist hierbei die Untergliederung der Naturwaldzellen in ein Totalreservat und ein nach den Prinzipien eines ökologisch orientierten Waldbaus auch künftig bewirtschaftetes Teilareal, wodurch die Entwicklung der Naturwaldzellen zu wichtigen waldbaulichen Forschungs-, Demonstrations- und Überführungsobjekten gewährleistet wird.

Das Anliegen der **Überführung und Validierung waldbaulicher Forschungsergebnisse auf betriebswirtschaftlich/technologisch relevanten Flächeneinheiten** wurde zunächst in den Forstämtern Doberschütz und Klingenthal umgesetzt. Unter Berücksichtigung der bewirtschafteten Teilareale von Naturwaldzellen ist im Rahmen der künftigen Entwicklungsarbeit auch hierbei eine Erweiterung auf die regional bedeutendsten Ausgangszustände von Geotop und Bestockung vorgesehen.

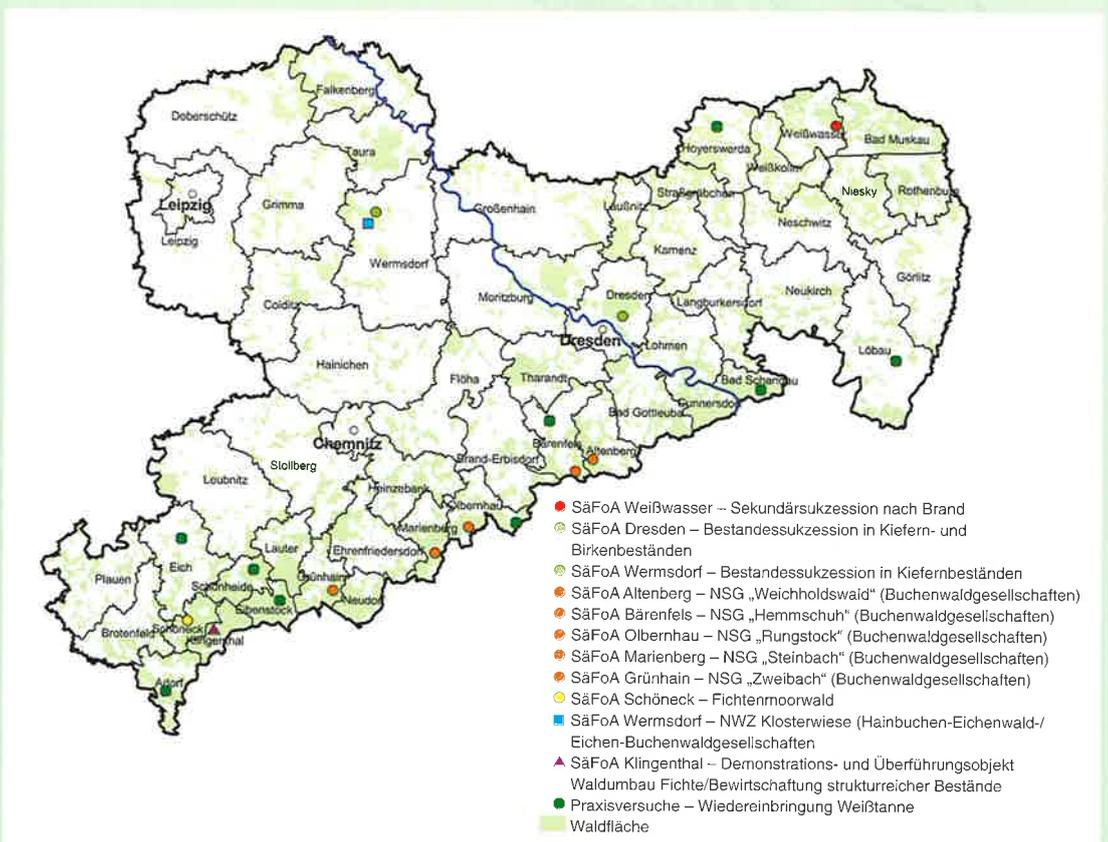


Abb. 10:
Naturwaldzellen,
Demonstrations- und
Überführungsobjekte
zum Waldumbau,
Praxisversuche zur
Wiedereinbringung der
Weißtanne in Sachsen

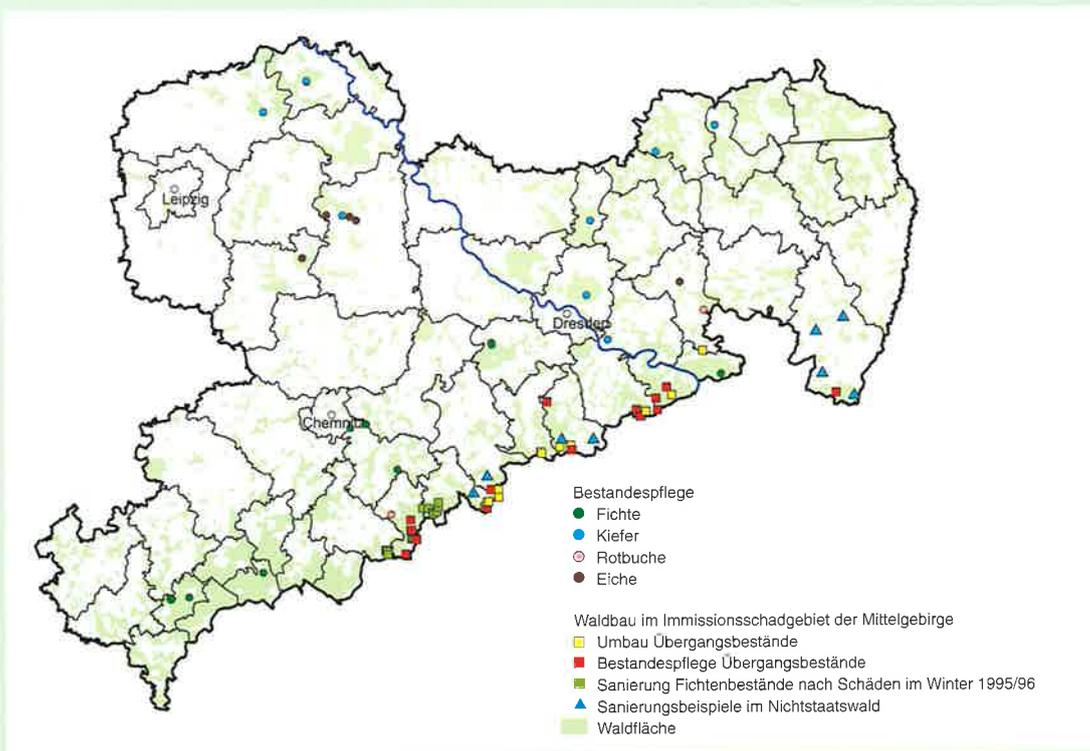


Abb. 11:
 Pflegeversuche in
 Beständen der
 Hauptbaumarten sowie
 Pflege- und Umbau-
 versuche in
 Übergangsbestockungen
 des Immissions-schad-
 gebietes

Einen spezifischen Ausschnitt innerhalb des Versuchsflächensystems zum Waldumbau bilden die Übergangsbestockungen im Immissions-schadgebiet der sächsischen Mittelgebirge und der Lausitz. Bei einem prinzipiell identischen Forschungsansatz erfordern die extreme Verschlechterung des Bodenzustandes, die nach wie vor gegebene potenzielle Möglichkeit erheblicher temporärer Immissionsbelastungen, die Einwirkung klimatischer Extreme und die differenzierte Bestandesdynamik der Übergangsbaumarten eine gesonderte Wichtung im Rahmen des Waldumbaus. Dieser wird überwiegend durch hohe Energie-Inputs mit dem Ziel einer tief greifenden funktionalen

Erneuerung der Waldökosysteme bestimmt.

Auf der Grundlage dieses ganzheitlichen, für die bedeutendsten Geotope und Bestockungszustände repräsentativen Forschungsansatzes erfolgt eine regional differenzierte Erforschung der Ökosystementwicklung, um waldbauliche Zielsetzungen und Verfahren zu entwickeln, die der Umsetzung der sächsischen Waldbaugrundsätze entsprechen. Mit der Strukturierung des Versuchsflächensystems von der eigentlichen Versuchsfläche zum Demonstrations- und Überführungsobjekt ist die Forschungsarbeit des Fachbereiches auf eine weiter zunehmende Praxisrelevanz gerichtet.

2.2 Schwerpunkte der Untersuchungen

2.2.1 Versuchsarten

Umbau von Kiefern- und Fichtenreinbeständen durch Verjüngung

Der dringendste Bedarf an fundierten Aussagen zu Zielen und Verfahren des Waldumbaus soll durch folgende systematisch-modellhafte Versuche gedeckt werden:

- Umbau von Fichtenreinbeständen im Mittelgebirgsraum für alle wichtigen Standortsbereiche (Grundgestein, Klima) über Voranbau/Fichte über NV
- Umbau von Kiefernreinbeständen im Tieflandsbereich auf repräsentativen Sandstandorten und Klimabereichen über Voranbau/Kiefer über NV
- Ökologische Stabilisierung von Kiefernreinbeständen (Jungbestände) über Pflege/Unterbau
- Umbau von Nadelbaumreinbeständen auf Pseudogleystandorten über Voranbau/Anbau
- Ökologische Stabilisierung von Eichenreinbeständen (Jungbestände) über Pflege/Unterbau
- Umbau von Nadelbaumreinbeständen (Jungwüchse) über Pflege (Förderung von Mischbaumarten)

Vorgesehen sind Untersuchungen zur Beobachtung und Förderung von natürlichen Verjüngungsprozessen, die zum Baumartenwechsel führen (Eichenhäher-saaten, Pionierbaumverjüngungen) und extensive Waldumbaumöglichkeiten darstellen könnten, sowie Versuche zum strukturellen Umbau von Kiefernreinbeständen auf trophisch ärmeren Sandstandorten unterschiedlicher Wasserversorgung.

Umbau von Übergangsbestockungen im Immissionsschadgebiet der sächsischen Mittelgebirge

Um wesentliche waldbauliche, technologische und finanzielle Fragestellungen vor Beginn großflächiger Umbaumaßnahmen zu klären, wurden seit 1993 von der Abteilung Waldbau/Waldwachstum wissenschaftli-

Tab. 1:
Beispielflächen des
Projektes zur Sanierung
von immissionsgeschä-
digten Beständen im
Nichtstaatswald

In Tab. 1 und 2
verwendete
Abkürzungen:

ASP Aspe
BAH Bergahorn
BI Birke
BUL Bergulme
ELA Europäische
Lärche
GEB Gemeine
Eberesche
GES Gemeine Esche
GFI Gemeine Fichte
HBU Hainbuche
OFI Omorikafichte
PFI Stechfichte
RBU Rotbuche
SEI Stieleiche
SWE Salweide
TA Tanne
WLI Winterlinde
WTA Weißtanne
NV Naturverjüngung
OST Oberbestand

Forstamt	Revier	Flä.-Nr.	ha	Sanierungsthematik
Brand- Erbisdorf	Neuhausen	07	1,50	Auffüllung/Nachbesserung GFI-Jungwuchs
		08	3,20	Pflege GFI-Stangenholz, Umbau jüngerer GEB-Vorwald
		20	1,76	Pflege/Umbau jüngerer BI-Vorwald
		21	2,67	Pflege/Umbau jüngerer BI-Vorwald
		22	1,00	Pflege mittelaltes GFI-Schadholz, Förderung NV
		23	1,01	Sanierung jüngeres GFI-Schadholz/GEB-Vorwald
		24	1,50	Pflege GFI/PFI-Jungwuchs
		29	1,20	Pflege/Umbau jüngerer GEB-Vorwald
		30	2,25	Pflege OFI/RBU-Jungbestand
		31	1,76	Sanierung GFI/GEB/BI-Schadholzrest
		32	4,32	Pflege/Umbau PFI-Jungwuchs
		Olbernhau	Deutsch- einsiedel	11
12	2,50			Sanierung jüngeres GFI/BI/GEB-Schadholz
13	1,00			Umbau älterer GEB-Vorwald
27	2,49			Pflege/Umbau ELA-Jungwuchs
Pfaffroda	28		1,20	Sanierung älteres BI-Schadholz
	09		1,15	Pflege/Umbau jüngerer/älterer GEB-Vorwald
Altenberg	Oelsengrund	10	2,16	Pflege/Umbau mittelalter PFI/GEB/BI-Vorwald
		01	2,54	Sanierung älteres GFI-Schadholz, älterer GEB/BI-Vorwald
Löbau	Georgenfeld	39	1,00	Sanierung älteres GFI-Schadholz
		02	2,00	Sanierung älteres GFI-Schadholz
		03	2,50	Pflege/Umbau jüngerer GEB-Vorwald
		14	1,80	Sanierung älteres GFI-Schadholz, jüngerer GEB-Vorwald
		15	1,87	Pflege/Umbau jüngerer GEB-Vorwald
		26	0,56	Sanierung älteres GFI-Schadholz, jüngerer GEB-Vorwald
		36	3,79	Pflege/Umbau ELA-Vorwald
		37	0,90	Pflege/Umbau GFI-Stangenholz
		38	1,93	Sanierung älteres GFI-Schadholz
		40	1,50	Sanierung älteres GFI-Schadholz, Blößenaufforstung
Löbau	Olbersdorf	04	1,99	Pflege/Umbau jüngerer GEB-Vorwald, Vervollständigung NV
		05	3,10	Sanierung GFI-Totalschadensfläche
	Jonsdorf	06	3,25	Sanierung älteres GFI-Schadholz, älterer GEB-Vorwald
		16	1,00	Pflege autochthones SEI/HBU-Relikt, Sicherung NV
	Herrnhut	17	1,00	Blößenaufforstung
		18	1,00	Pflege/Sanierung mittelaltes GFI/GES-Schadholz
Görlitz	Marienthal	19	1,00	Blößenaufforstung, Sicherung NV
		25	1,00	Sanierung GFI/ELA/RBU/BAH-Altholzrest
		33	4,20	Pflege/Umbau GFI-Altholz
Görlitz	Marienthal	34	2,33	Sanierung GFI/BI-Altholz
		35	2,13	Pflege/Umbau BI/SWE-Vorwald, Sicherung NV
5 SäFoÄ	10 Reviere	40	76,06	

che Versuchs- und Demonstrationsflächen angelegt. Im Rahmen eines Projektes wurden im Zeitraum von 1994–97 auf einer Fläche von 76 ha Beispiele für die Sanierung stark geschädigter Bestände des Kleinprivatwaldes, Kirchen- und Kommunalwaldes geschaffen (vgl. Tab. 1).

Folgende Schwerpunktfragen sollen durch die Versuchsanlagen geklärt werden:

- ▶ Wann ist der günstigste Zeitpunkt für den Umbau der Übergangsbestände in Abhängigkeit von Stabilität, Baumart, Wuchsklasse, Bestandesziel und Standort?
- ▶ Welches waldbauliche und technologische Verfahren ist für den Umbau am geeignetsten (Bearbeitung schematisch oder selektiv, Art und Technologie der Bestandesbehandlung, Bodenvorbereitung, Pflanzung, Schutzmaßnahmen)?
- ▶ Wie intensiv muss die Fläche bearbeitet werden, um ein bestimmtes Ziel zu erreichen (Vergleich verschiedener Umbauvarianten nach unterschiedlicher Bearbeitungsintensität)?
- ▶ Welche Rationalisierungsmöglichkeiten und ökologischen Effekte entstehen durch die Integration von Sukzessionsprozessen?

Die Anlage von Umbauflächen, generell in Verbindung mit Pflegemaßnahmen, erfolgte schwerpunktmäßig in Lärchen- und Stechfichtenbeständen sowie Ebereschen- und Birkenvorwäldern. Bei den Baumarten Murraykiefer und Omorikafichte wurden entsprechend der geringeren Umbaudringlichkeit und dem geringeren Flächenumfang vor allem Versuche zur Jungwuchs- und Jungbestandespflege geschaffen. Tab. 2 gibt einen Überblick über Versuchsflächen, deren Zielstellung mittelfristig im Umbau besteht. Nicht aufgeführt werden Versuche zur Bestandespflege ohne Umbauvarianten.

2.2.2 Versuchsvarianten

Mit dem Ausbau des systematisch modellhaften Versuchsflächennetzes wurden – standortsspezifisch – folgende Versuchsvarianten angelegt und untersucht:

Oberbestandesbehandlung: Stärke und räumliche Verteilung der Vorbereitung (Auflichtung) des Oberbestandes

Es werden unterschiedliche Auflichtungsgrade und Femelstrukturen getestet, anteilige Flächen für die (spätere) Naturverjüngung des Nadelbaumbestandes werden vorgehalten. Die Auswirkungen auf die Bestandesstabilität und die individuelle Wertschöpfung der verschiedenen Behandlungen werden dabei mit erfasst.

Tab. 2:
Überblick über Versuchsflächen zum Umbau von Übergangsbeständen

Baumart im OST	Forstamt	Revier	Anlage	Wuchsklasse im OST	Waldbauliche Maßnahmen, Varianten
Stechfichte	Olbernhau	Deutscheinsiedel	94	Jungbestand	Voranbau GFI, RBU, Bodenvorbereitung Bagger
		Deutscheinsiedel	94	Jungwuchs	Voranbau GFI, Sukzessionsvorversuch
		Deutscheinsiedel	97	Jungwuchs	Voranbau GFI, RBU, Bodenvorbereitung Fräse Sukzessionsversuch
	Altenberg	Schellerhau	96	Jungwuchs	Voranbau GFI, Bodenvorbereitung manuell, GEB Saat plätzeweise
	Marienberg	Reitzenhain	95	Jungwuchs	Voranbau GFI, RBU, Bodenvorbereitung manuell
Murraykiefer	Marienberg	Reitzenhain	96	Jungbestand	Voranbau in Lücken, Förderung von Laubholz
	Marienberg	Schmalzgrube	95	Jungwuchs	Jungwuchspflege, Voranbau GFI
Lärche	Cunnersdorf	Cunnersdorf	97	schwaches Bmholz	Altdurchforstung, Unterbau RBU, WTA, WLI gruppenweise
	Bad Schandau	Zeughaus	95	schwaches Bmholz	Altdurchforstung, Unterbau RBU, 2 Pflanzverbände
	Cunnersdorf	Bielatal	93	starkes Stgholz	Jungdurchforstung, Unterbau RBU, HBU, BUL
	Altenberg	Dönschten	94	starkes Stgholz	Jungdurchforstung, Unterbau RBU
	Bärenfels	Rehefeld	93	Jungwuchs	Nachanbau GFI, BAH, ASP in größere Lücken
GEB/BI	Altenberg	Georgenfeld	94	schwaches Stgholz	Voranbau GFI, 2 Pflanzverbände, 2 OST-Dichten
	Olbernhau	Deutscheinsiedel	94	schwaches Stgholz	Voranbau GFI, RBU, TA
		Deutscheinsiedel	94	schwaches Stgholz	Voranbau GFI, 3 Pflanzverbände
		Deutscheinsiedel	96	schwaches Stgholz	Voranbau RBU, GFI, 3 Varianten Bodenvorbereitung

Bodenbearbeitung: Technologieerprobung

Je nach standörtlichen Bedingungen werden ein oder mehrere Verfahren zur Realisierung notwendiger Bodenbearbeitungen und/oder meliorativer MgCa-Düngungen erprobt. Grundlegende Fragestellungen sind der Einfluss der Bodenbearbeitung auf die Wuchsdynamik der Voranbaupflanzen durch modifizierte Ressourcenverteilung (Einschränkung der Konkurrenz der Bodenvegetation und der Wurzelkonkurrenz des Oberbestandes, veränderte bodenphysikalische Eigenschaften), die langfristige Wurzelentwicklung der Voranbaupflanzen sowie die statische Stabilität und Zuwachsleistung (Vitalität) des Oberbestandes.

Baumartenwahl: Anbauwürdigkeit verschiedener Baumarten und Baumartenmischungen

Die Anbauwürdigkeit verschiedener Baumarten und Baumartenmischungen auf den repräsentativen Versuchsstandorten wird getestet. Dabei erfolgt das Einbringen mehrerer standortgerechter Baumartenalternativen über künstliche Verjüngung (Pflanzung/Saat), meist in kleinflächig getrennten Trupp- bzw. Gruppenstrukturen. Eine zeitlich und räumlich versetzte, gesteuerte Naturverjüngung des Nadelbaumbestandes ist vorgesehen. Aus den Untersuchungen werden standorts- und technologiebezogene Hinweise zur Eignung möglicher Umbaubaumarten und -baumartenmischungen hergeleitet.

Baumartenmischung in Voranbauten und Anbauten: Untersuchung von interspezifischen Wechselwirkungen zwischen den Baumarten

Prinzipiell werden nur flächige Gruppen- bzw. Horstmischungen angelegt, da diese ökologisch und ökonomisch (waldbautechnisch) vorteilhaft sind. Begründete Ausnahmen sind beispielsweise Mischungen von Trauben- oder Stieleiche mit Hainbuche oder Winterlinde, die zur Gewährleistung einer innigen horizontalen Mischung, bei gleichzeitiger vertikaler Differenzierung, reihen- oder truppweise begründet werden. Die Mischungsanordnung in den Versuchen erfolgt so, dass interspezifische Wechselwirkungen zwischen den Baumarten untersucht werden können.

Naturverjüngung: Untersuchung der Integration von Naturverjüngungen in den Waldumbau

Es werden Möglichkeiten und Wirkungen der räumlich und zeitlich gezielten Einbeziehung von Naturverjüngungen in den Waldumbau untersucht. Dies soll durch Ausscheidung von Vorrangflächen für die Naturverjüngung, eine räumlich und zeitlich gestaffelte Oberbestandesbehandlung und Bodenbearbeitung/Kalkung sowie die Reduktion des Wilddrucks erreicht werden.

Bodenvegetation: Einfluss der Bodenvegetations- und Verjüngungsdynamik der Begleitbaumarten auf die Dynamik der Stoffakkumulation in Waldökosystemen und auf den Verjüngungsprozess der Zielbaumarten

Eine Prozess-Steuerung erfolgt über die unterschiedliche Auflichtung des Oberbestandes, Bodenbearbeitung und/oder Kalkung sowie die Regulation der Artenzusammensetzung und Vitalität der Bodenvegetation durch Herbizideinsatz.

2.2.3 Messkonzept und Messprogramm

Struktur des zielorientierten Messkonzeptes

Im Zusammenhang mit den dargestellten waldbaulichen Forschungsaufgaben erfolgt die Erhebung von Primärdaten zur:

1. räumlichen Struktur von Beständen
(z. B. Stammverteilungen, d1,3, Höhe, Kronendimensionen)
2. Beurteilung der Bodenvegetations- und Naturverjüngungsdynamik
(Vegetations- und Verjüngungsaufnahmen)
3. Biomasserelationen der Verjüngung
(Blatt/Holz/Wurzeln)
4. umweltabhängigen ökophysiologischen Dynamik
(Produktivität und Effektivität der Stoffproduktion)
5. mikroklimatischen Dynamik als Bezugsbasis und Hintergrundinformation für andere gemessene Größen
6. Ermittlung von Inhaltsstoffen zur Objektivierung der Vitalitätsbeurteilung und des Regenerationspotenzials nach Stressereignissen

Umsetzung des Messkonzeptes in ein Messprogramm auf Versuchsflächen zum Waldumbau

Folgende Teilbereiche werden (Stand 1998) nach einem 2-stufigen Intensitätsprinzip auf

Intensivmessflächen/Vergleichsflächen untersucht:

Geotop

- Bodenbeprobungen (teilweise variantenspezifisch) nach Methodik der Bodenzustandserhebung (BZE)
- differenzierte variantenspezifische Erfassung der Strahlungs- und Bodenfeuchtedynamik durch den Betrieb von 14 mikroklimatischen Bestandesmess-Systemen
- Erfassung meteorologischer Daten durch den Betrieb von 7 meteorologischen Freilandmess-Stationen als Vergleichsbasis zu Bestandesmess-Stationen sowie als Bestandteil der Datenbasis der BZE/Level II
- Ermittlung von Wasserhaushaltsdynamiken für das Gesamtökosystem (Oberbestand, Bodenvegetation, Verjüngung)

Vegetation

- Schätzung der Flächendeckung der Bodenvegetation und stichprobenhafte Biomasseermittlung
- Vegetationserhebungen nach einheitlicher Methodik für den Fachbereich (variantenspezifisch)
- Ermittlung der Wurzelmasseindichte von Gräsern (variantenspezifisch)

Oberbestand

- Vollklappung und Höhenmessung
- Messung der Überschirmung (LAI = Blattflächenindex)
- Erfassung der räumlichen Struktur des Oberbestandes im Bereich der Messfelder von mikroklimatischen Bestandesmess-Stationen
- Ermittlung der Wurzelmasseindichte (variantenspezifisch)

Verjüngung

- Ausfallregistrierung
- Höhenmessung ab dem 2. Standjahr
- Bodenwasserdynamik in Pflanzplätzen (Bohrlöcher/ Fräs-, Pflugstreifen usw.) im Vergleich zu unbearbeitetem Boden
- ökophysiologische Transpirations- und Assimilationsmessung (stichprobenhaft)
- compartmentspezifische Biomasseermittlung (stichprobenhaft)
- Blatt- und Nadelflächenermittlung auf der Grundlage von Biomasseproben
- Reservestoffanalysen auf der Grundlage von Biomasseproben

Die Untersuchungen zum Umbau von Übergangsbestockungen im Immissionsschadengebiet stützen sich bei der Beurteilung der Entwicklung der Übergangsbäume und der Umbaubaumarten im Wesentlichen auf übliche waldwachstumskundliche Parameter.

Die Einzelbaumvitalität der Umbaubaumarten wird durch die Bonitur äußerer Vitalitätsweiser charakterisiert. Die Vegetationsaufnahmen und die Erfassung der Naturverjüngung sind kompatibel zu analogen Datenerhebungen in Umbau- und Pflegeversuchen in Kiefern- und Fichtenreinbeständen.

Untersuchungen zur Dynamik der Stoff- und Biomassenakkumulation und eine Erfassung ökophysiologischer Dynamiken erfolgt nicht. Damit entspricht das Messkonzept in diesen Versuchsflächen etwa der Bearbeitungsintensität der Vergleichsflächen innerhalb des 2-stufigen Messkonzeptes der Waldumbauversuche.

Ziele des Messkonzeptes

Die **Entwicklung von Methoden zur Beurteilung von Waldökosystemdynamiken**, wie Wachstumsabläufe, Wasserbilanzen, Strahlungsdynamiken, bildet im Hinblick auf daraus abzuleitende waldbauliche Konsequenzen die grundlegenden Arbeitsprinzipien bei den Untersuchungen zum Waldumbau.

Baumarten- und standortsspezifische Prognose-systeme ermöglichen es, auf der Grundlage der wichtigsten Komponenten eines Komplexes von Umwelteinflüssen und Baumarteneigenschaften grundlegende waldökologische Dynamiken und Zusammenhänge zu erkennen, zu quantifizieren und in einer langfristig fundierten Optimierung von Waldumbauverfahren praktisch umzusetzen.

Als Synthese eines ganzen Komplexes von Einzelkenntnissen wurden zunächst einfache prozessorientierte Prognosemodelle für die standortsspezifische und behandlungsbedingte Entwicklung verschiedener Zielbaumarten der Waldverjüngung entwickelt. Schon durch diese kausalen Modelle des umweltabhängigen Wachstums der Waldumbaubaumarten konnten in einem relativ kurzen Untersuchungszeitraum wesentliche Erkenntnisse über die ökologischen Eigenschaften der untersuchten Baumarten und die waldökologischen Auswirkungen differenzierter waldbaulicher Behandlungen gewonnen werden.

Über die standortsspezifische Entwicklung der Waldumbaubaumarten hinaus wurden erste standorts- und waldstrukturabhängige Dynamiken des Strahlungsregimes und des Wasserhaushaltes hergeleitet. In die Simulation des Wasserhaushaltes von Waldökosystemen gingen auf der Seite der Pflanzengesellschaft (Phytozönose) Waldbestandes- und Bodenvegetationsstrukturen als steuernde Größen ein.

Über die Variation von Umwelt- und waldbaulichen Behandlungsszenarien konnten wesentliche Erkennt-

nisse zur Ressourcendynamik gewonnen werden. Die gefundenen waldökologischen Zusammenhänge führten bereits zu praxisrelevanten Empfehlungen mit grundlegender Bedeutung für den Waldumbau.

► Die Einzelversuche zum Waldumbau von Fichten- und Kiefernreinbeständen, von Nadelbaumreinbeständen auf Pseudogleystandorten sowie Reinbeständen der Übergangsbaumarten im Immissionsschadgebiet sind mit detaillierten Versuchsbeschreibungen im Versuchsflächenkatalog des Fachbereiches dokumentiert.

2.3 Ausblick zum Versuchsflächensystem Waldumbau

Die **erste Phase** der Forschungsarbeiten wird durch ein **Netz systematisch modellhafter Waldumbauversuche** charakterisiert, deren wichtigstes Anliegen die Ableitung von umweltabhängigen, baumartenspezifischen Prognosemodellen für das Wachstum der Umbaubaumarten ist. Dieses Forschungsziel ist zunächst auf die **Minimierung der Investitionsrisiken von Waldumbaumaßnahmen** gerichtet. Im Zusammenhang mit potenziellen Umweltveränderungen ist dieses Versuchsflächensystem vor allem eine Zukunftsinvestition, die fundierte waldbauliche Reaktionen auf Umweltszenarien ermöglicht, die gegenwärtig nur grob umrissen werden können.

In einer **zweiten Phase** erfolgt die praxisnahe Erprobung und Umsetzung bisher gewonnener Erkenntnisse in einem **System komplexer Waldumbauprojekte**, die eine breite Variabilität der Waldbestandeszustände und der Mikrostandorte aufweisen. Eine enge räumliche Verknüpfung mit bisherigen Waldumbauversuchen und dem System von Naturwaldzellen soll gewährleisten, dass gebietspezifische Daten (klimatische Zeitreihen, waldwachstumskundliche Datenreihen, Informationen zur Standortentwicklung) als Basis- und Vergleichsmaterial genutzt werden können.

Insbesondere sollen, entsprechend den jeweiligen Standortsbedingungen und kleinstandörtlichen Differenzierungen, den Oberbestandesstrukturen und Flächengrößen, **ökologisch begründete Entscheidungshilfen für Planung und Realisierung komplexer Waldumbaumaßnahmen** entwickelt werden. Hierbei handelt es sich vor allem um die räumliche und zeitliche Optimierung der Anlage von Verjüngungskernen (Anzahl, Größe, waldbauliche

Maßnahmen) und deren spätere Vernetzung mit dem Ziel, einen ökologisch stabilen, horizontal und vertikal strukturierten Waldbestand aufzubauen, der zur zukünftigen Bewirtschaftung über ausreichende Potenziale zur biologischen Automation verfügt. Diese Praxisempfehlungen sind für relevante Geotope und Bestandestypen der sächsischen Wälder zu erarbeiten.

Darüber hinaus ermöglichen standörtlich und im Bestockungszustand vergleichbare, unbewirtschaftete Referenzobjekte (Naturwaldzellen) eine vergleichende Analyse der ungesteuerten Bestandessukzession mit der zielorientierten Steuerung ökosystemarer Prozesse durch waldbauliche Maßnahmen. Hiervon werden wesentliche Impulse für eine waldbauliche Eingriffsoptimierung und die Integration von Naturschutzaspekten in die Waldbewirtschaftung erwartet.

3 Einzelergebnisse für repräsentative Geotope

3.1 Klimatische und standörtliche Dynamiken

Die klimatischen und bodenkundlichen Standortbedingungen schwanken innerhalb Sachsens sehr stark, von kühl-feuchten Mittelgebirgslagen und bindigen Bodensubstraten über die typischen wechselfeuchten Pseudogleystandorte im Hügellandsbereich bis zu warm-trockenen Sandstandorten des Tieflandes mit ausgeprägten Wasserstressbedingungen in der Vegetationsperiode.

Diese unterschiedlichen klimatischen- und standörtlichen Voraussetzungen führen in Verbindung mit

den vorhandenen Waldbeständen und dem Zustand der Bodenvegetation zu einem Komplex von Einflussfaktoren, die insbesondere bei Waldumbauvorhaben von enormer Bedeutung sind. Daher sollen zunächst die wichtigsten Umweltdynamiken für typische Bedingungen in Sachsen dargestellt werden, woraus sich regional- und standortsspezifische limitierende Einzelfaktoren oder Faktorenkonstellationen ergeben, die vorrangig durch waldbauliche Maßnahmen zu steuern sind.

Lufttemperaturdynamiken

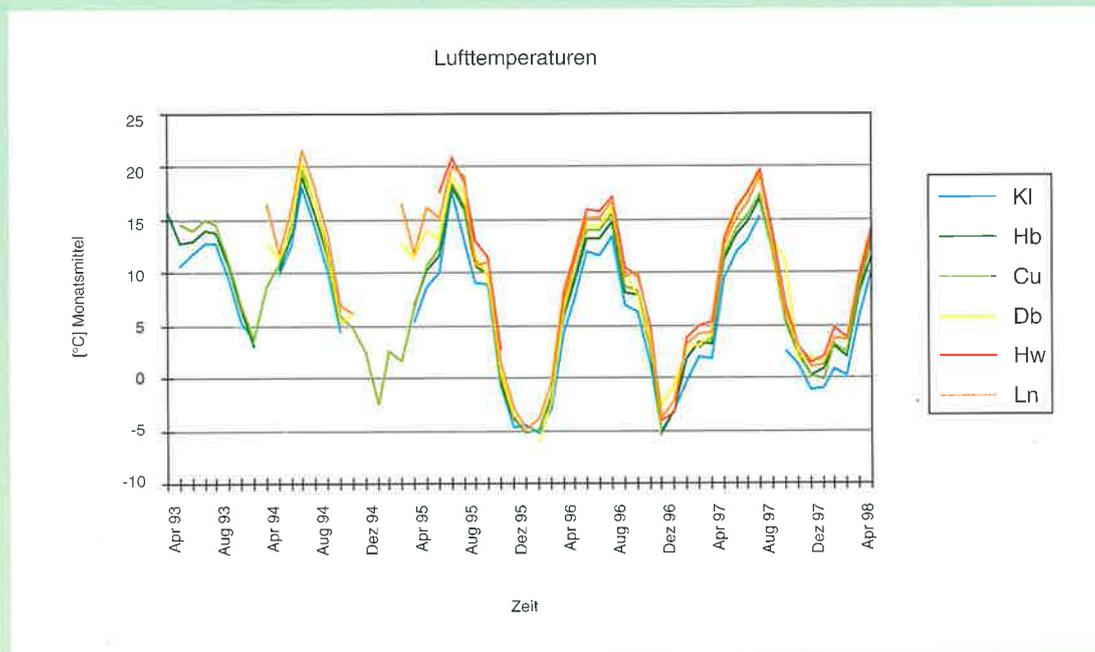


Abb. 12:
Jahresverlauf der Monatsmitteltemperaturen verschiedener Versuchsstandorte in Sachsen

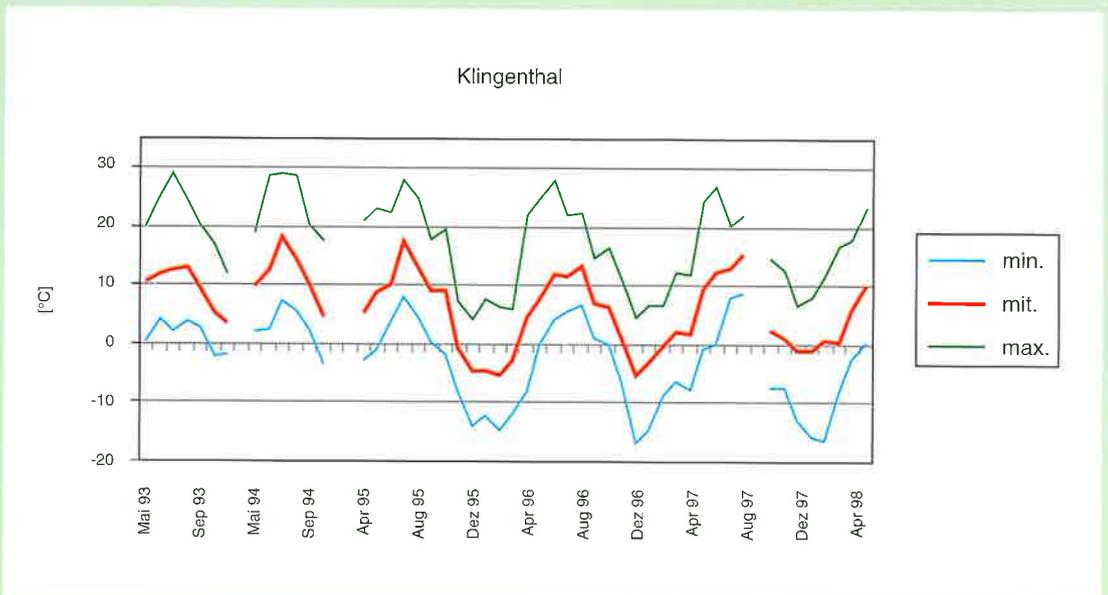
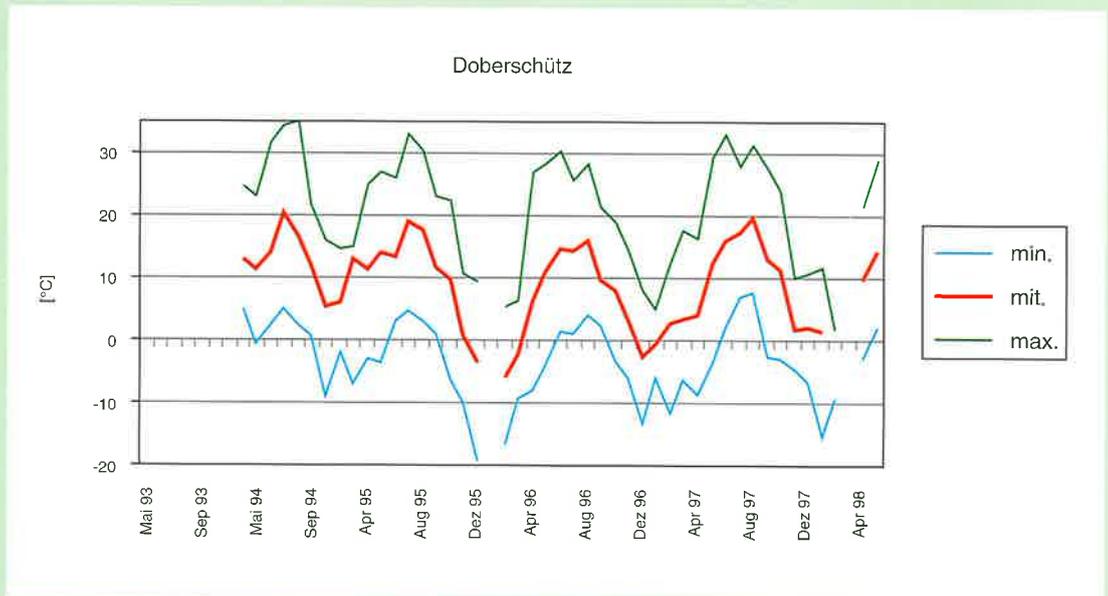
Mittelgebirgsstandorte:
KI Klingenthal
Hb Heinzebank
Cu Cunnersdorf

Tieflandsstandorte:
Db Doberschütz
Hw Hoyerswerda
Ln Laußnitz

Den allgemeinen Jahrestrend bestimmt die Entwicklung der Großwetterlage. **Zwischen den Standorten sind Unterschiede von bis zu 5 °C zu verzeichnen. Für die Monatsmittel bedeutet dies gravierende klimatische Unterschiede.** Mit steigender Höhenlage sinken die Temperaturen deutlich und die Vegetationsperiode verkürzt sich erheblich. Letztendlich induzieren die natürlichen Waldgesellschaften diese Zusammenhänge.

Wie groß dabei die Variation der Lufttemperatur innerhalb eines Monats ist, demonstrieren die nachfolgenden Grafiken der monatlichen Minimal-, Mittel- und Maximaltemperaturen für die 2 Versuchsstandorte Doberschütz und Klingenthal (Abb. 13). Die Maximal- und Mitteltemperaturen des Tieflandsstandortes Doberschütz liegen erwartungsgemäß erheblich über denen des Mittelgebirgsstandortes Klingenthal.

Abb. 13:
 Jahresverlauf der
 Mittel-, Minimal- und
 Maximalwerte der
 Lufttemperatur in den
 Versuchsstandorten
 Doberschütz und
 Klingenthal

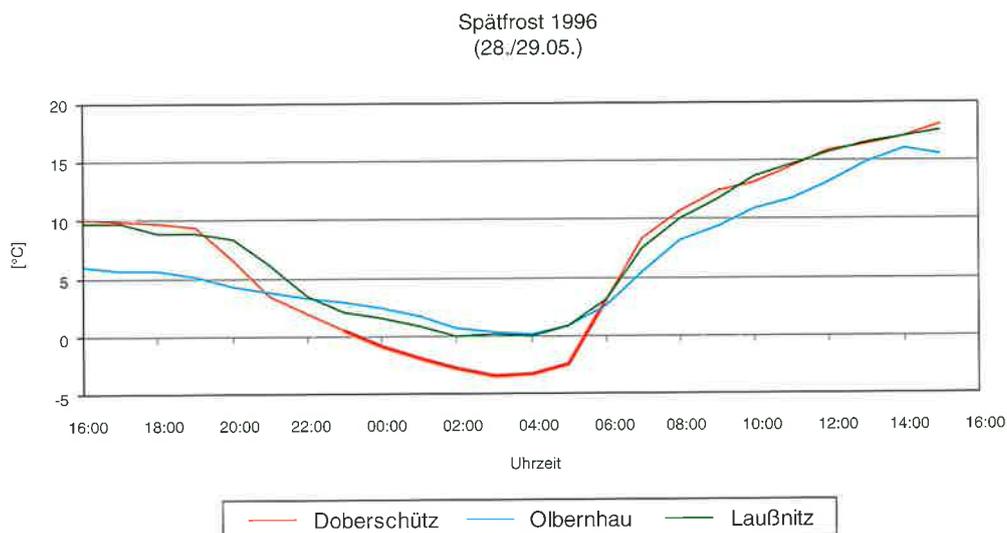
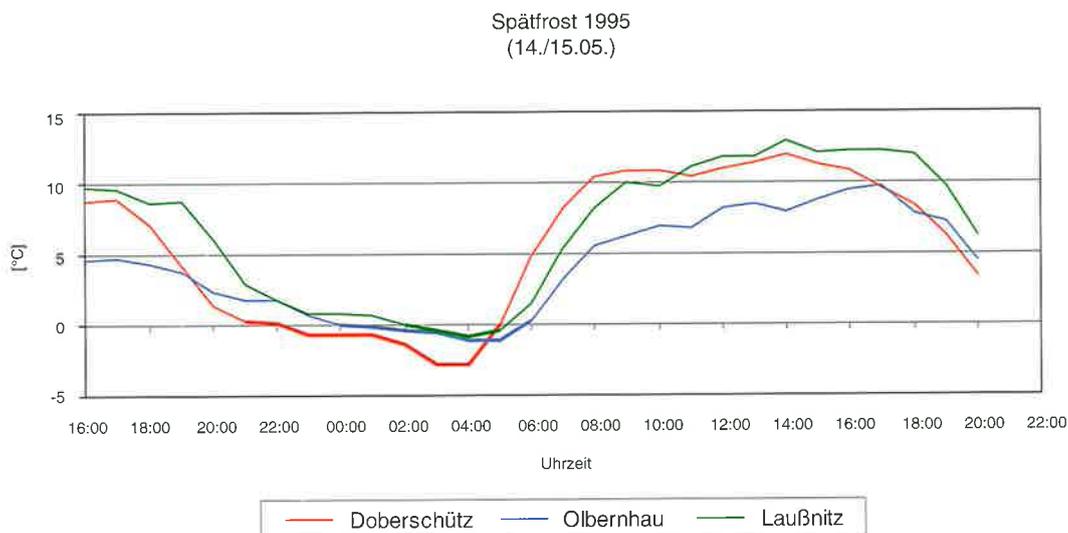


Neben dem sehr unterschiedlichen Wärmeangebot für die Umbaubaumarten, welches mit zunehmender Höhenlage zum limitierenden Faktor wird, können Spätfröste erhebliche Rückschläge bei Verjüngungsmaßnahmen verursachen. Spätfröste treten fast jedes Jahr auf und bedingen in Abhängigkeit von der vorausgegangenen phänologischen Entwicklung sowie der Waldstruktur enorme Gefahren für Laubbaumverjüngungen. Über die richtige räumliche Gliederung der Auflichtungszonen und den Erhalt einer Mindestüberschirmung können Spätfröstgefahren minimiert werden.

Höhenlage abnehmende Temperaturen für die Umbaubaumarten zum wachstumshemmenden Faktor. Eine vergleichbare Situation bewirken hohe Temperaturen in Verbindung mit einem limitierten Wasserangebot im Tiefland. In beiden Regionen sind Spätfrostergebnisse eine erhebliche Gefahr für die Laubbaumarten in der Verjüngung.

Temperaturverläufe beeinflussen damit in verschiedenster Weise die Entwicklung der Umbaubaumarten. Im Mittelgebirge werden mit steigender

Abb. 14:
Spätfrostereignisse der
Jahre 1995/96 im
Bereich verschiedener
Untersuchungs-
regionen



3.2 Waldumbau im Immissionsschadgebiet der sächsischen Mittelgebirge

3.2.1 Bewirtschaftung immissionsgeschädigter Wälder Ende der sechziger Jahre bis 1990

Mitte der sechziger Jahre begann im mittleren Erzgebirge (Raum Deutscheinsiedel, Seiffen) das großflächige Absterben der Wälder. Das Hauptschadgebiet hatte damals eine Größe von ca. 1.000 ha (MAUERSBERGER u. a. 1991).

Ökonomische Zwänge führten dazu, dass sich Gegenmaßnahmen fast ausschließlich auf forstliche Aktivitäten beschränkten, während technische Verbesserungen an Kraftwerksanlagen zur

Reduktion der Emissionen nur langsam realisiert wurden und ein verändertes Energiekonzept nicht zur Diskussion stand.

Forstliche Maßnahmen richteten sich zuerst auf eine **Verzögerung des Schadfortschritts** und eine **Vitalisierung der Bestände durch Düngungsmaßnahmen**. Eine 1971 gegründete Arbeitsgruppe von Forstpraktikern und Forstwissenschaftlern widmete sich den speziellen Problemen im Immissionsschadgebiet und sorgte für die schnelle Umsetzung wissenschaftlicher Ergebnisse der Tharandter Rauchschadensforschung (Rauchschadenprüffeld) und der Forstpflanzenzüchtung aus Graupa in die forstliche

Praxis. So entstanden von den Forstpraktikern anerkannte und realisierte „**Richtlinien für die Bewirtschaftung immissionsgeschädigter Fichtengebiete**“ (LIEBOLD und GÄRTNER 1991).

Der Schadfortschritt war jedoch zeitweise so rasant, dass die Hoffnung auf ein längeres „Hinhalten“ der Bestände bis zu einem Immissionsrückgang aufgegeben werden musste. **Klimatische Extreme im Winter 1978/79 (Temperatursturz) und nachfolgende Borkenkäferkalamitäten führten zum sprunghaften Absterben ganzer, schon geschwächter Bestandeskomplexe in den oberen Lagen und Kammlagen des Erzgebirges, des westbischen Elbsandsteingebietes und des Zittauer Gebirges.**

Dem unermüdlichen Wirken der Forstleute und einer Vielzahl freiwilliger Helfer aus der Bevölkerung ist es zu verdanken, dass die abgestorbenen Wälder in relativ kurzer Zeit beräumt und wieder aufgeforstet wurden.

Anhaltend hohe Immissionswerte (Höhepunkt 1984 in Nordböhmen mit 1,08 Mio. t SO₂; KUBELKA 1993), ungünstige klimatische Bedingungen (mittlere Jahrestemperatur über 800 m NN 4–5 °C, vgl. Kap. 3.1.1) und Großkahlfächen schränkten das Spektrum an Baumarten, die für die Aufforstung geeignet schienen, stark ein. Besonders schwierig war die Baumartenwahl in den Höhenlagen über 800 m NN. Ein Anbau von Laubholz, außer Eberesche und Birke, war aufgrund der klimatischen Verhältnisse auf der Freifläche nicht möglich. Die hohen Immissionswerte sprachen gegen einen Anbau der Gemeinen Fichte. Überhöhte Wilddichten und ein akuter Mangel an geeigneten Laubholzpflanzen, weil es z. B. viele Jahre keine Buchenvollmasten gab, erschwerten die Aufforstung auch in tieferen Gebirgslagen.

Da nicht mit einem kurzfristigen Rückgang der Immissionen zu rechnen war, kamen hauptsächlich immissionstolerante, nicht standortsheimische Baumarten zur Aufforstung, die auch als Ersatz- oder Übergangsbaumarten bezeichnet wurden.

Damit konnte der Wald als Vegetationsform mit seinen wichtigsten ökologischen Funktionen erhalten werden.

Noch nie hatte es in Deutschland in so kurzer Zeit eine vergleichbare großflächige Umwandlung von Wäldern mit so einem radikalen Baumartenwechsel gegeben. Es gab trotz einiger Anbau- und Provenienzversuche keine gesicherten Erkenntnisse, wie sich die einzelnen Baumarten langfristig unter den extremen Standortsbedingungen, vor allem auf den großen Kahlfächen in den Kammlagen und höheren Berglagen verhalten werden.

Zur Verminderung des Anbaurisikos wurden fast 30 verschiedene Baumarten zur Aufforstung der Schadfächen verwendet. Innerhalb von 30 Jahren (1962–91) kamen z. B. in den Forstämtern Olbernhau 1.871 ha, Altenberg 1.676 ha und Steinbach 1.349 ha abgestorbene Bestände (nur Immissionsschadzonen I und I extrem) zur Aufforstung (HERING 1993).

Die Lärchenarten (*Larix decidua* Mill., *L. kaempferi* [Lamb.] Carr.), die Stechfichte (*Picea pungens* Engelm.), die Murraykiefer (*Pinus contorta* Dougl. ex Loud) und die Omorikafichte (*Picea omorica* [Pančič] Purk.) wurden in den Immissionsschadzonen I und I extrem auf einer Fläche von 4.300 ha angebaut. Vorwaldartige Bestockungen mit Weichlaubhölzern entstanden sowohl durch Sukzession als auch durch Anbau auf einer Fläche von über 700 ha.

Sukzessionsprozesse in Richtung einer natürlichen Wiederbewaldung verlaufen im Erzgebirge aus klimatischen Gründen sehr langsam und waren nur kleinflächig auf Standorten mit günstigen ökologischen Bedingungen, einem ausreichenden Samenangebot und niedriger Wilddichte von Bedeutung.

Tab. 3:
Anteil ausgewählter Baumarten an der Aufforstung in den Immissionsschadzonen (ISZ) I und I extrem der sächsischen Mittelgebirge von 1962–1991 (Datenspeicher Waldfonds, 01.01.1992, Gesamtwald)

Aufforstungsfläche (gesamt)	Anteil an der Gesamtaufforstungsfläche							
	Fichte	Lärche	Stechfichte	Murraykiefer	Omorikafichte	Eberesche/Birke	Rotbuche	sonstige Arten*
8.954 ha	2.742 ha	1.763 ha	1.394 ha	585 ha	575 ha	736 ha	180 ha	979 ha
100 %	31 %	20 %	16 %	6 %	6 %	8 %	2 %	11 %

* Unter „sonstige Arten“ sind alle anderen angebaute Laub- und Nadelholzarten zusammengefasst

3.2.2 Wege des Waldumbaus im Immissionsschadgebiet der sächsischen Mittelgebirge nach 1990

Zielstellung und Rahmenbedingungen

Im 1992 verabschiedeten sächsischen Waldgesetz ist die nachhaltige Bewirtschaftung des Waldes aller Eigentumsformen nach ökologischen Grundsätzen festgeschrieben. Die Waldbaugrundsätze für den sächsischen Staatswald beinhalten das Ziel, standortgerechte, stabile und leistungsfähige Mischwälder mit einem angemessenen Anteil an Baumarten der natürlichen Waldgesellschaften zu schaffen.

Ein erfolgreicher Waldumbau ist aus biologischen, ökologischen und ökonomischen Gründen ein langfristiger Prozess. Er setzt eine grundlegende und dauerhafte Reduktion der Schadstoffbelastung der Luft und

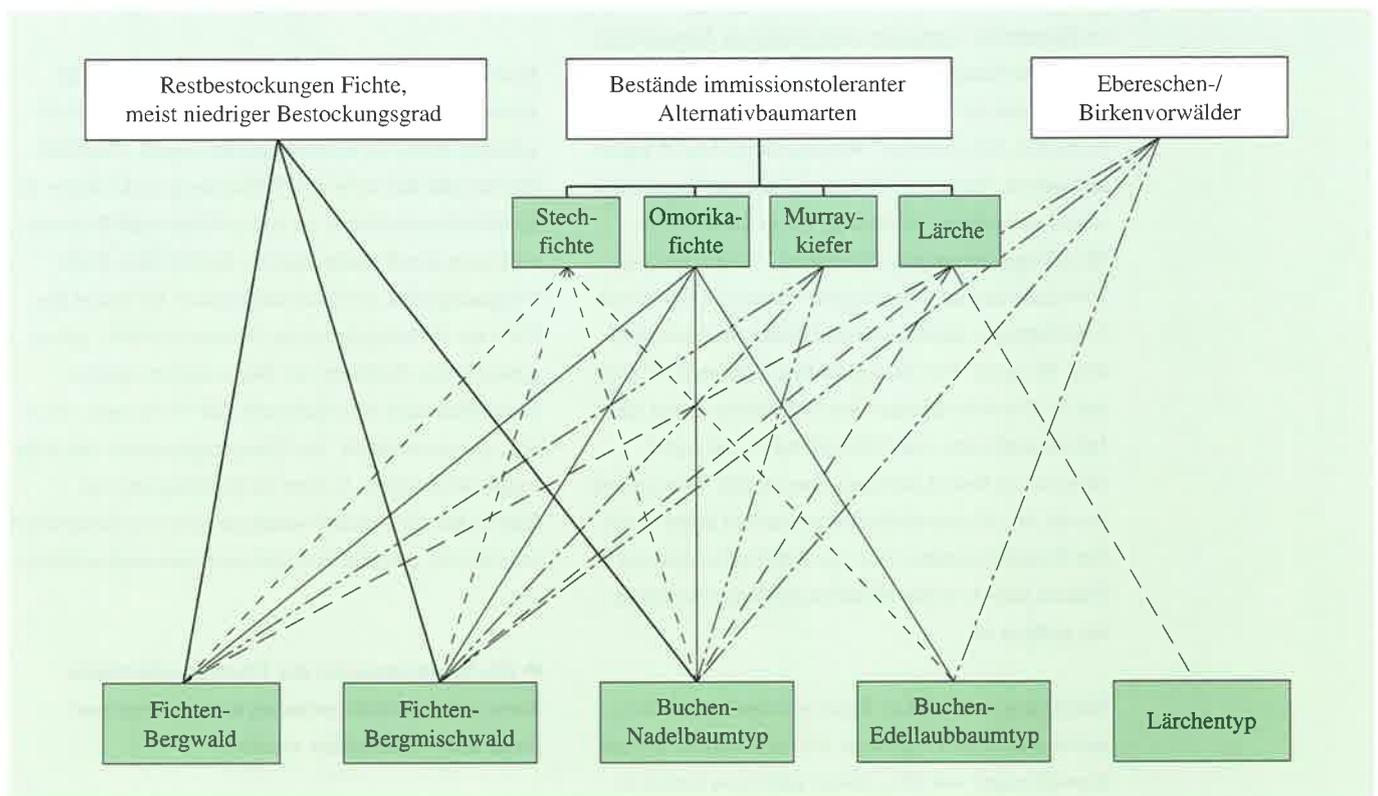
1993 wurde für den Staatswald eine Richtlinie zu Bestandeszieltypen (BZT) erarbeitet, die die Grundlage für die langfristige Waldbauplanung bildet. Mögliche Bestandeszieltypen für typische Mittelgebirgsstandorte, ausgehend von den aktuellen Bestockungsverhältnissen im Immissionsschadgebiet, sind in Abb. 15 dargestellt (nach HERING 1996)

Wege des Waldumbaus

Die Bestände mit immissionstoleranten Alternativbaumarten schaffen günstige ökologische und waldbauliche Voraussetzungen für den Umbau in standortgerechte Mischwälder und werden aufgrund ihrer zeitlich begrenzten Funktion als „Übergangsbestände“ bezeichnet.

Der Schwerpunkt bei der waldbaulichen Behandlung dieser Übergangsbestände liegt gegenwärtig in

Abb. 15:
Wege des Waldumbaus im Immissionsschadgebiet der Mittelgebirge



der Einträge in den Boden voraus. Eine weitere wesentliche Voraussetzung ist die Verringerung der Schalenwildichten, um den finanziellen Aufwand für Zaunbau, Verbiss- und Schälenschutzmaßnahmen auf ein erträgliches Maß zu begrenzen und unter günstigen Bedingungen auch den Weg der natürlichen Wiederbewaldung über Sukzession nutzen zu können. Der Umbau der Übergangsbestände erfolgt schrittweise, je nach Stabilität und Vitalität der Bestände.

deren Stabilisierung durch Pflege (vgl. Merkblatt Nr. 4/96 der Sächsischen Landesanstalt für Forsten).

Zielbaumarten beim Waldumbau im Erzgebirge sind hauptsächlich Gemeine Fichte, Rotbuche und Weißtanne. Die hohe Schadstoffbelastung der Luft in den Mittelgebirgen, vor allem im Erzgebirge, ist besonders für diese Baumarten nach wie vor existenzbedrohend.

1996 kam es erneut zur massiven Schädigung der Fichte aller Altersklassen auf einer Fläche von ca. 50.000 ha und zu einem Absterben der Bestände auf 3.000 ha (vgl. *Waldschadensberichte 1996, 1997 des Freistaates Sachsen*) durch das komplexe Wirken von Schwefeldioxidimmissionen und einer fünfmonatigen winterlichen Frostperiode mit dauernd gefrorenem Boden sowie wochenlangem starken Eisanhang. Von November 1995 bis Februar 1996 gab es in jedem Monat im Erzgebirge mehrere Tage mit SO₂-Immissionswerten über 1.000 µg/m³ und Monatsmittel über 100 µg/m³. Auch in den Monaten Dezember 1996/Januar 1997 lagen in Olbernhau die SO₂-Monatsmittel über 100 µg/m³, und 3-h-Maximalwerte SO₂ von 640 bzw. 942 µg/m³ wurden registriert (siehe *Monatsberichte zur Immissionssituation in Sachsen*).

SLOVIK ET AL (1992) weisen in ihren Untersuchungen nach, dass Fichten auf relativ nährstoffarmen Böden und unter solchen klimatischen Bedingungen, wie sie im Erzgebirge vorhanden sind, lediglich Jahresmittelwerte von weniger als 5,7 µg/m³ ohne Schäden überstehen. Von der IUFRO werden Jahresmittelgrenzwerte SO₂ für „extreme“ Waldstandorte von 25 µg/m³ angegeben. Nach den Jahresberichten zur Immissionssituation Sachsens wurden für Mess-Stationen im Erzgebirge (Annaberg, Olbernhau – innerstädtisch) 1994 Jahresmittel von 67 µg/m³ gemessen. 1995 und 1996 betragen die Jahresmittel dieser Stationen 46 bzw. 56 µg/m³. Für die waldnahen Höhenmess-Stationen in Zinnwald und auf dem Fichtelberg lagen die Jahresmittelwerte von 1994–96 bei ca. 36 µg/m³. Dabei ist zu berücksichtigen, dass in den Wintermonaten die SO₂-Konzentrationen wesentlich höher als in den Sommermonaten sind, die Empfindlichkeit der Fichten jedoch in den Monaten der Vegetationsruhe am größten ist.

Neben den „klassischen Rauchschäden“ durch SO₂ nehmen auch im Erzgebirge Waldschäden zu, die auf Einwirkungen von NO_x-Gasen und Ozon zurückzuführen sind (vgl. *Waldschadensbericht 1997 des Freistaates Sachsen*).

Trotz erheblicher Bemühungen zur Reduzierung der Emissionen von tschechischer und deutscher Seite kann auch gegenwärtig eine Schädigung der Waldökosysteme in den Mittelgebirgen noch nicht ausgeschlossen werden. Deshalb sollte in den Kammlagen und höheren Berglagen des östlichen und mittleren Erzgebirges der Umbau der Über-

gangsbestände durch Voranbau von Fichte nur bei akuten Stabilitätsproblemen der Übergangsbestände betrieben werden. Die Verwendung von Hochlagenherkünften beim Pflanzenmaterial ist zwingend notwendig. Auf einen Weißtannenbau muss in diesen Höhenlagen vorerst verzichtet werden, da die ökologischen Bedingungen für diese sensible Baumart noch zu ungenügend sind und das wertvolle Pflanzenmaterial optimalen Standorten vorbehalten bleiben sollte.

Die Fichte gehört im Erzgebirge in Mischung mit Eberesche und Birke (Bestandeszieltyp Fichten-Bergwald) und in Mischung mit Rotbuche und Weißtanne (Fichten-Bergmischwald) zur natürlichen Bestockung, deren Wiederherstellung langfristig erklärtes Ziel des Waldumbaus ist. Die Immissionssituation erschwert den Fortschritt des Waldumbaus erheblich. Andererseits zeigen die Übergangsbestände trotz Pflege teilweise zunehmende Auflösungserscheinungen.

Murraykiefernbestände leiden unter starken Schälschäden durch Rotwild und gebietsweise unter Fraßschäden durch die Buschhornblattwespen. Zum Teil brechen die Bestände durch Eisanhang und Schnee. In Stechfichtenbeständen ist eine schleichende Bestandsauflösung durch Hallimasch zu beobachten. Nach Pflegeeingriffen in Lärchenbeständen, bei denen das Holz aus Kostengründen im Bestand verblieb, gab es gebietsweise Probleme mit Borkenkäfern, die im Extremfall auch zum Stehendbefall übergingen. Auch ein „Herauswachsen“ der Übergangsbestände aus dem Jungwuchsbereich, in dem die Einbringung von Baumarten des Bestandeszieltyps relativ unkompliziert möglich ist, gestaltet den Umbau zunehmend schwieriger.

► Die Schutzfunktion der Übergangsbestände kann aus Stabilitätsgründen nicht unbegrenzt lange aufrechterhalten werden.

3.3 Aktuelle Empfehlungen für den Umbau von Übergangsbeständen und Vorwäldern

Im folgenden Kapitel werden Ergebnisse der ersten Zwischenauswertungen der Versuche baumartenspezifisch dargestellt und in waldbaulichen Empfehlungen zusammengefasst.

Grundsätzlich ist von einer stark differenzierten Umbaudringlichkeit der Bestände auszugehen. An erster Stelle bei der Beurteilung der Umbaudringlichkeit stehen Fragen der Bestandesstabilität, dann erst folgen Kriterien wie Baumart und Bestandeszieltyp, Wuchsklasse, Standort und Effektivität der Umbaumaßnahme. Entscheidungen sollten immer bestandsbezogen getroffen werden.

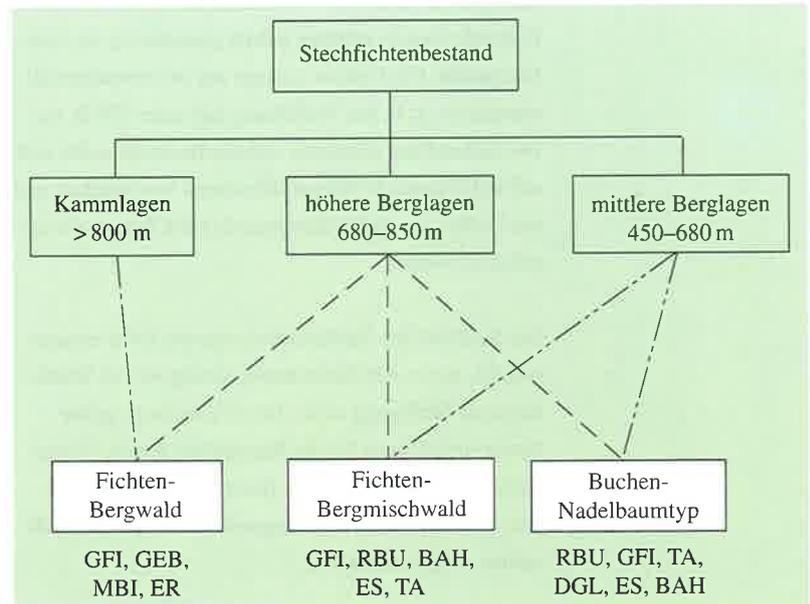
3.3.1 Stechfichte

Stechfichten (*Picea pungens* Engelm.) wurden besonders in den ersten Jahren der Begründung von Übergangsbeständen im mittleren Erzgebirge großflächig angebaut. Im gesamten Anbauzeitraum erwiesen sich die Stechfichtenbestände als immissionsresistent, frosthart, wildfest und relativ stabil gegenüber Schnee- und Windbruch. Da die Stechfichte in ihrer nordamerikanischen Heimat überwiegend solitär vorkommt, kann sie sich dort nur auf speziellen Standorten, z. B. an Wasserläufen, gegenüber anderen Baumarten behaupten. Deshalb leidet sie, in sächsischen Mittelgebirgen in großen Beständen angebaut, bei ungenügender Pflege stark unter Seitendruck, zum Teil auch unter Trockenheit und ist sehr langsamwüchsig. Ausfälle durch Hallimasch führen zur allmählichen Auflösung der Bestände. Die Stechfichte hat sich als Übergangsbauart bewährt. Mit der zu erwartenden Verringerung der Luftschadstoffkonzentrationen entfällt jedoch der Hauptgrund für ihren Anbau und sie ist in keinem Bestandeszieltyp enthalten.

► **Langfristig sind Stechfichtenbestände vollständig in standortgerechte Bestandeszieltypen umzubauen.**

Die bei der Versuchsanlage und nach ersten Zwischenauswertungen gewonnenen Erfahrungen können wie folgt zusammengefasst werden:

Der Umbau erfolgt über einen Voranbau der Zielbaumarten. In den **Kammlagen** eignet sich dafür nur **Fichte** mit dem Bestandeszieltyp des **Fichten-Bergwaldes**. In



den **höheren Berglagen** (650–850 m) kann neben **Fichte**, außer in Spätfrostlagen, auch **Buche** gepflanzt werden (Bestandeszieltyp **Fichten-Bergmischwald**). Beide Baumarten sind gruppen- und horstweise zu mischen. Von einem Anbau der Weißtanne in Stechfichtenbeständen wird abgeraten, da die erforderlichen Bestandesstrukturen fehlen. Natürlich angekommene Mischbaumarten müssen gefördert und in das Bestandesgefüge einbezogen werden. Durch streifenweise Bodenbearbeitung und Kalkung geförderte Weichlaubholzsukzession trägt zur Aktivierung der Stoffkreisläufe bei.

Ein Umbaubeginn bei einer **Bestandeshöhe von 2–3 m** bringt technologische Vorteile (Entnahme jeder 2. oder 3. Reihe, auch maschinell durch Mulchen, Biomasse verbleibt auf der Fläche, maschinelle Bodenvorbereitung und Kalkung). Doch je nach Standort bietet der Stechfichtenbestand noch keinen ausreichenden Schutz der Voranbaupflanzen vor Spätfrost, Austrocknung und Immissionen.

Auf exponierten, stark wind- und strahlungsbeeinflussten Standorten sollte mit dem Umbau deshalb erst bei einer **Bestandeshöhe von 4–5 m** begonnen werden. Dabei sind bestehende Bestandeslücken für den Voranbau auszunutzen oder Lücken von etwa 400–500 m² zu schaffen. Die Stammzahl von etwa 500 Stechfichten/ha hat sich im Versuch als günstig erwiesen. Auf Reihenentnahmen ist bei Beständen über 5 m zu verzichten.

Abb. 16:
Mögliche Bestandeszieltypen für einen Stechfichtenbestand

Baumarten:
BAH Bergahorn
DGL Douglasie
ER Erle
ES Esche
GEB Gemeine Eberesche
GFI Gemeine Fichte
MBI Moorbirke
RBU Rotbuche
TA Tanne

Bestände über 8 m bieten keine optimalen Bedingungen für die Zielbaumarten mehr. Mit zunehmender Bestandeshöhe verschlechtern sich die Licht- und Wärmeverhältnisse für die Voranbaupflanzen. Zu große Bestandeslücken erhöhen jedoch gleichzeitig die Spätfrostgefahr. Ein Umbau ist dann nur im Ausnahmefall einzuleiten, z. B. bei Verlichtung auf unter 500 St./ha. Die Behandlung dichter, stabiler Bestände sollte sich auf stabilisierende Pflegemaßnahmen beschränken und ein Umbau ins starke Stangenholz oder Baumholz verschoben werden.

Die Stabilität des Stechfichtenbestandes kann erhalten werden, wenn dem Einzelbaum ständig so viel Wuchsraum zur Verfügung steht, dass er eine lange grüne Krone (mindestens 2/3 der Baumhöhe) behält. Sobald die Seitenäste benachbarter Bäume ineinander wachsen, sollte die Stammzahl zugunsten der vitalsten Individuen reduziert werden.

3.3.2 Murraykiefer

Die Murraykiefer (*Pinus contorta* Dougl. ex Loud) besitzt in ihrer nordwestamerikanischen Heimat ein sehr ausgedehntes Verbreitungsgebiet, in dem sie in mehreren Unterarten vorkommt.

Der Erfolg beim Anbau der Murraykiefer ist sehr stark von der Herkunftswahl und der waldbaulichen Behandlung abhängig. 16 sächsische Versuchsanbauten der Herkunft Sundre (Alberta, Kanada) aus den zwanziger und dreißiger Jahren waren bis zum Alter von 50 Jahren durch Schneebruch vollkommen vernichtet worden. Die Versuche wurden damals mit 6.600–15.600 St./ha begründet (GEISLER 1986 b). Gleichaltrige Praxisanbauten derselben Herkunft im Zittauer Gebirge sind dagegen zum Teil noch heute vorhanden. Diese Anbauten waren nicht bestandesweise erfolgt. Die Murraykiefern wurden nur kleinflächig oder einzeln zur Nachbesserung in Fichtenkulturen verwendet (BÖHME 1958). In den fünfziger Jahren bis 1979 wurden 17 weitere Versuche angelegt, besonders in den höheren Lagen des Erzgebirges, um geeignete Provenienzen für das Immissionsschadengebiet zu selektieren. Dabei erwiesen sich Inlandserkünfte der Unterart *latifolia* aus dem südlichen British Columbien (Kanada) und nördlichen Washington (USA) sowie die zwar langsamwüchsigen, aber relativ schneebruchfesten Herkünfte der Unterart *murrayana* als besonders geeignet (LATTKE 1991).

In ihrer Heimat besitzen Murraykiefern den Charakter

einer Pionierbaumart, d. h. sie können Rohböden kurzfristig mit hohen Individuenzahlen besiedeln und bilden vielfach großflächige Reinbestände. Sie vermögen zwar in sehr stammzahlreichen Beständen zu überleben, sind dann aber extrem schneebruchgefährdet. Nach STRATMANN (1988) ist die Murraykiefer ausgesprochen intolerant gegen Beschattung und Druck. Ihre Fähigkeit, auf Freistellung zu reagieren, schwindet schon in jungem Alter. Murraykiefern sind immissionsresistent und frosthart. Sehr hoch ist allerdings ihre Gefährdung durch Rotwild. Die nur gering verborkende Rinde wird bis ins Stangenholzalter massiv geschält. Außerdem kam es zu Ausfällen und starken Vitalitätsverlusten durch den Fraß der Kiefernbuschhornblattwespe.

► Aufgrund der genannten Risiken gibt es keinen Bestandeszieltyp, in dem die Murraykiefer als Haupt- oder Nebenbaumart vorkommt. Langfristig sind alle Bestände in standortgerechte Bestandeszieltypen umzubauen.

Stabile und vitale Bestände sind nicht umbaudringlich. Sie können durch stabilisierende Pflegeingriffe unter Förderung natürlich angekommener Mischbaumarten bis zum starken Stangenholz als Reinbestand bewirtschaftet werden. Der langfristige Umbau dieser Bestände in standortgerechte Bestandeszieltypen wie Fichten-Bergwald, Fichten-Bergmischwald oder auf geeigneten Standorten auch in den Höhenkieferntyp sollte erst nach der Jungdurchforstung begonnen werden. Es wird empfohlen, die Baumarten des Bestandeszieltyps gruppen- und horstweise nach Femelhieben oder Saumschlägen einzubringen.

In Rotwildgebieten haben ungezäunte Anbauten kaum eine Überlebenschance. **Bestände mit starken Schäl- und Insektenschäden oder geringer Vitalität aufgrund anderer Ursachen sollten mittelfristig umgebaut werden**, wobei es günstig ist, Jungwuchspflege und Umbaubeginn zu koppeln. Im Höhenbereich von 3–5 m werden Reihen, wenn möglich durch Mulchen, entnommen. Im Gegensatz zu den sehr langsamwüchsigen Stechfichten erscheint es jedoch günstiger, abwechselnd 2–3 Reihen Murraykiefern zu entnehmen und einen Streifen von etwa 3 Reihen als Deckungsschutz stehen zu lassen. Bei Entnahme von nur 1 Reihe im Versuch wurde der für die Einbringung der Zielbaumarten geschaffene Wuchsraum von den Randreihen in nur 3 Jahren zurückerobert. Dadurch verschlechterten sich die Licht- und Wärme-

verhältnisse für die Zielbaumarten rasch. In den verbleibenden Reihen erfolgt eine selektive Pflege mit Förderung vitaler Bäume, um zur Stabilisierung Kronenlängen von ca. 2/3 der Baumhöhe zu halten.

Für den Voranbau von Fichten oder Buchen gelten die gleichen Prinzipien wie in Stechfichtenbeständen. Haben die vorangebauten Pflanzen einen Höhenbereich von 2–3 m erreicht, können je nach Bedarf bzw. Schadsituation die Murraykiefern nach und nach entfernt werden. Natürlich angekommene Mischbaumarten sind in das Bestandesgefüge einzubeziehen und zu fördern.

3.3.3 Omorikafichte

Die Omorikafichte (*Picea omorica* [Pančić] Purkyne), die im Tertiär wahrscheinlich über weite Teile Europas verbreitet war, kommt in ihrem kleinen, nacheiszeitlichen Rückzugsgebiet der kühlen und feuchten serbisch-bosnischen Grenzgebirge in Mischung mit Fichte, Weißtanne, Schwarzkiefer und Buche vor. Als Pionierholzart besiedelt sie in ihrer Heimat Katastrophenflächen auch reinbestandesartig. Seit 1930 gibt es Anbauten in Sachsen. Die in der Vergangenheit mit 6.000–10.000 St./ha begründeten Bestände fielen im Alter von 20–50 Jahren dem Schneebruch zum Opfer (GEISLER 1986 a, STRATMANN 1988). Die Omorikafichte erwies sich als sehr anfällig gegenüber Hallimasch, aber auch als winterfrosthart und nicht spätfrostgefährdet. Ihre Immissionsresistenz ist geringer als bei der Stechfichte, aber höher als die der Gemeinen Fichte.

Omorikafichtenbestände sind nicht umbaudringlich, solange durch Pflegeeingriffe ihre Stabilität erhalten werden kann. Dazu benötigen die Omorikafichten lange grüne Kronen von ca. 2/3 der Baumhöhe. Aufgrund ihrer Schmalkronigkeit sind sie bei entsprechender Pflege kaum bruchgefährdet. Ausfälle gibt es durch Hallimasch.

Das langfristige Bewirtschaftungsziel für Omorikafichtenbestände ist der Fichten-Bergmischwald, in den Einzelbäume der Omorikafichte übernommen werden können. Mittelfristig sind die Bestände durch Pflege zu stabilisieren und so auf den Umbau im Stangen- oder Baumholzstadium vorzubereiten.

Aufgrund der geringen Umbaudringlichkeit und der meist kleinflächigen Anbauten wurden nur 3 Pflegeversuche ohne Umbauvarianten angelegt. Deshalb liegen



Abb. 17:
Voranbau Gemeiner Fichte in geschädigtem Murraykiefern-Jungwuchs nach Entnahme jeder 2. Reihe (FoA Marienberg)

gegenwärtig noch keine Erfahrungen zum Umbau vor.

Es wird empfohlen, mit dem Umbau frühestens ab einer Oberhöhe von ca. 18–20 m zu beginnen.

Ebenso wie beim Umbau von Reinbeständen der Gemeinen Fichte (vgl. Kap. 3.4.1.1) sollten die Ziel- und Mischbaumarten nach Femelhieben oder Saumschlägen eingebracht werden. Natürlich angekommene Mischbaumarten sind vom Jungwuchsalter an zu fördern und in das Bestandesgefüge einzubeziehen.

3.3.4 Lärchenarten

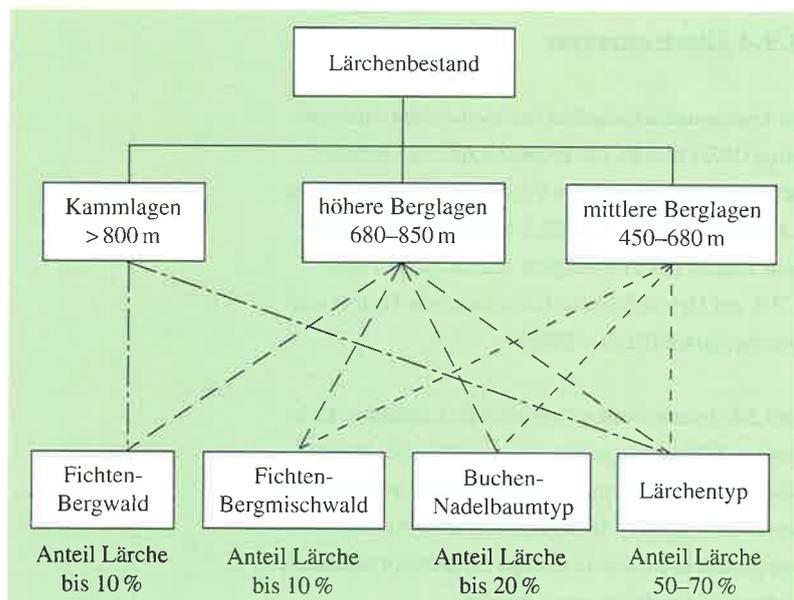
Im Immissionschadengebiet der sächsischen Mittelgebirge (ISZ I und II) gab es 1992 3.680 ha Lärchenbestände. Davon entfielen 79,1 % auf die Europäische Lärche (*Larix decidua* Mill.), 19,2 % auf die Japanische Lärche (*Larix kaempferi* [Lamb.] Carr.) und 1,7 % auf Hybridlärchen (*Larix eurolepis* Henry) und sonstige Arten (HERING 1995).

Seit 300 Jahren werden Europäische Lärchen in sächsischen Wäldern angebaut (GRAF 1990). Die ältesten sächsischen Lärchenprovenienzversuche stammen aus den Jahren 1932/34 (RUBNER). Seit über 40 Jahren werden Lärchenarten in Graupa züchterisch bearbeitet und auf ihre Anbaueignung geprüft.

Bei Verwendung von genetisch geeignetem Pflanzenmaterial (siehe *Herkunftsempfehlungen – Heft 10/96 der Schriftenreihe der LAF – oder Erntezulassungs- und Baumzuchtregister des Freistaates Sachsen*), richtiger Standortwahl und entsprechender waldbaulicher Behandlung ist die Europäische Lärche langfristig eine wertvolle Bereicherung der natürlichen Waldgesellschaften. Durch den kontrollierten Anbau von geprüftem Vermehrungsgut der Hybridlärche sollte deren hohe Produktivität gezielt genutzt werden. Die Standorttoleranz (HERING, HAASEMANN 1996) und hohe Regenerationsfähigkeit der Lärchen sind im Hinblick auf eine globale Klimaveränderung von besonderem Interesse. Aus diesem Grund nehmen die Europäischen Lärchen und deren Hybriden eine gewisse Sonderstellung gegenüber den zuvor behandelten Baumarten ein.

Handelt es sich bei einem Lärchenbestand um eine geeignete Herkunft der Europäischen Lärche oder um geprüftes Vermehrungsgut der Hybridlärche (*Larix eurolepis*), besteht bei entsprechender Stabilität kein unmittelbarer Handlungsbedarf zum Umbau. Jeder Lärchenbestand, der auf einer Fläche von mehr als 0,5 ha im Reinbestand vorkommt, sollte jedoch langfristig zugunsten einer Verbesserung der Streuzersetzung in einen Mischbestand umgewandelt werden. Bestände der Japanischen Lärche sind herkunftsbedingt oft von schlechter Qualität, da starkastige, breitkronige Bäume mit gekrümmter Schaftform überwiegen. Derartige Bestände sind umbaudringlich, da neben geringen wirtschaftlichen Erträgen ihre langfristige Stabilität auch mittels Bestandespflege nicht gewährleistet werden kann (erhöhte Schneebruch-

Abb. 18:
Mögliche Bestandeszieltypen für Lärchenbestände
(HERING 1995)



gefährdung durch horizontale Aststellung und damit verbundene Breitkronigkeit).

► **Lärchenbestände werden mittelfristig durch Pflegemaßnahmen stabilisiert. Langfristig erfolgt ein Umbau:**

- bei geeigneter Herkunft der Europäischen Lärche oder bei Hybridlärchen in einen Bestandeszieltyp mit Beteiligung der Lärche,
- bei ungeeigneter Herkunft oder einem Japanlärchenreinbestand in einen Bestandeszieltyp ohne Lärchenanteil.

- Die Stammzahl im Oberstand darf zum Umbaubeginn nicht über 600 St./ha liegen.
- Diese Stammzahl wird, ohne zu starke Eingriffe zu riskieren, bei normalem Pflegezustand etwa nach der 2. Jungdurchforstung erreicht (Oberhöhe 18–20 m).

Der Umbau sollte frühestens nach Erreichen von 18–20 m Bestandeshöhe eingeleitet werden. Der Bestand muss stabil sein und möglichst 50 % grüne Kronenlänge aufweisen. Die Lärche reagiert in der Jugend sehr rasch auf Vergrößerung des Wuchsraumes mit verstärktem Kronenwachstum. Bei zeitigerem Umbaubeginn leidet die Verjüngung innerhalb kurzer Zeit unter Lichtmangel und innerhalb von 3–5 Jahren sind aufwendige Nachlichtungen im Oberbestand notwendig.

Der Umbau von Lärchenbeständen ist an eine anhaltende Unterbrechung des Kronenschlussgrades (K⁰) im Oberbestand gebunden, die jedoch auch zur Erhaltung des Kronenprozents und zur Förderung des Durchmesserwachstums (Wertleistung) erforderlich ist.

Schattenertragende Laubbaumarten, wie Rotbuche, Winterlinde und Hainbuche, eignen sich gut zur Mischung in Lärchenbeständen. Zur Verbesserung der Streuzersetzung in Reinbeständen sollten alle natürlich ankommenden Weichlaubgehölze erhalten und gefördert werden. Inwiefern Lärchenbestände bei der Wiedereinbringung der Weißtanne dienlich sein können, wird gegenwärtig in einem Versuch geprüft. Weitere Versuchsanlagen zu dieser Thematik wären jedoch nötig.

Je nach Bestandeszieltyp und Höhe des gewünschten Lärchenanteils wird folgendes Vorgehen empfohlen:

► **Lärchentyp (Lärchenanteil 50–70 %)**

In den **mittleren und höheren Berglagen** ist Rotbuche als Mischbaumart zu bevorzugen. Die Einbringung erfolgt als Unterbau. Insgesamt sind nicht mehr als 60 % der Bestandesfläche zu unterbauen. So sollten aller 20 m Arbeitsgassen von 4 m Breite freigelassen werden, um bei Folgeeingriffen im Oberstand Schäden an der Verjüngung gering zu halten. Vor der Pflanzung sind eine plätzweise Bodenbearbeitung und eine Pflanzplatzkalkung notwendig. Da die Rotbuche in den höheren Berglagen überwiegend ökologische Funktionen erfüllt, erscheinen Pflanzanzahlen von 4.000 St./ha unterbauter Fläche als ausreichend (Pflanzverband z. B. 2 x 1,25 m). In mittleren Lagen, in denen die Buche auch verwertbare Sortiment an Rohholz liefern kann, sollten 7.000 St./ha (2 x 0,70 m) gepflanzt werden.

In den **Kammlagen** sind als Mischbaumarten Birke und Eberesche bei Pflegemaßnahmen besonders zu fördern. Fichten gedeihen weder unter Lärchenschirm noch in Einzelmischung mit Lärche. Sie könnten im Ausnahmefall nur horst- oder gruppenweise in nicht überschirmten größeren Lücken (5–20 ar) eingebracht werden.

► **Bestandeszieltyp Fichten-Bergwald, Fichten-Bergmischwald oder Buchen-Nadelbaumtyp mit einem Lärchenanteil bis zu 10 % bzw. bis zu 20 %**

Die Einbringung von Mischbaumarten erfolgt wie beim Lärchentyp. Während Buchen und Tannen gruppen- und horstweise unter Schirm eingebracht werden, sollten Fichten nur in Femellöcher gepflanzt werden (vgl. oben). Ein Teil der Lärchen kann bei entsprechender Stabilität in den Bestandeszieltyp einwachsen, der andere Teil wird nach und nach genutzt. Alle natürlich angekommenen Mischbaumarten werden vom Jungwuchsstadium an gefördert.

3.3.5 Ebereschen- und Birkenvorwälder

Ebereschen und die Birkenarten (*Betula pendula* Roth und *Betula pubescens* Ehrh.) gehören zu den Baumarten der natürlichen Waldgesellschaften im Erzgebirge. Bei Waldbeschreibungen aus dem 16. Jahrhundert wird die Eberesche im Gegensatz zu Birke, Erle, Salweide und Hasel nicht erwähnt. Pollenanalysen können kaum Auskunft darüber geben, da Ebereschepollen wenig erhaltungsfähig sind (BLANCKMEISTER, HENGST 1971). Dennoch ist davon auszugehen, dass die Eberesche eine bedeutende Mischbaumart in den Fichtenwaldgesellschaften der oberen Berglagen ist.

Birken werden dagegen in einer Waldbeschreibung von 1591 (REINHOLD 1942) im Erzgebirge sehr häufig erwähnt, und zwar im Zusammenhang mit vollkommen ausgeplünderten Wäldern als Zeichen einer beginnenden Sukzession nach Nutzung der Hauptbaumarten Fichte, Buche und Tanne.

Mit dem großflächigen Absterben der Fichtenwälder durch Immissionen erlangten Birke und Eberesche als vorwaldartige Bestockungen zunehmend Bedeutung im Prozess der Wiederherstellung naturnaher Ökosysteme. So sind Ebereschen aufgrund ihrer hohen Frosthärte und Immissionsresistenz besonders in den höheren Berglagen und Kammlagen eine wertvolle Mischbaumart für die Fichte. Selbst in Gebieten mit starker Immissionsbelastung zeigen sie keine sichtbaren Schäden. Birken und Ebereschen besitzen ein hohes Regenerationsvermögen nach Bruchschäden durch Schnee oder Eisanhang, wobei Ebereschen weitaus weniger als Birken gefährdet sind.

Gegenwärtig existieren im Immissionsschadengebiet der Mittelgebirge reichlich 700 ha Ebereschen- und Birkenbestände. Beide Baumarten sind bis zu einem Anteil von 40 % im Bestandeszieltyp des Fichten-Bergwaldes enthalten. Weitaus bedeutungsvoller ist jedoch ihre zeitlich begrenzte Schutzfunktion als Vorwald bei der Wiedereinbringung von Rotbuche, Weißtanne und Bergahorn, deren Anbau auf den großen Freiflächen im Schadengebiet sonst nicht möglich wäre. Die leicht zersetzbare Laubstreu der Ebereschen-Birken-Bestockungen hält zudem wichtige Pflanzennährstoffe im Kreislauf.

Aufgrund der extremen Witterungsverhältnisse in den Hoch- und Kammlagen des Erzgebirges lösen sich die Ebereschen- und Birkenvorwälder nach ca. 30–40 Jahren allmählich wieder auf (z. B. Bruch durch Eisanhang). Damit ist ihre Schutzfunktion zeitlich eng begrenzt. Ein Umbau dieser Bestände ist deshalb dringend erforderlich und sollte bereits im Höhenbereich von 3–4 m begonnen werden.

► **Ebereschen- und Birkenvorwälder sind nach entsprechender Bestandesbehandlung durch Einbringen von Baumarten des Bestandeszieltyps mittelfristig umzubauen.**

Unter Ebereschen- und Birkenvorwald ist jeder standortgerechte Bestandeszieltyp möglich. Durch differenzierte Behandlung des Oberstandes können die

Lichtverhältnisse entsprechend den Bedürfnissen der Zielbaumarten relativ gut gesteuert werden. Bei hohem Birkenanteil kann sich allerdings die Überschirmungssituation nach Schneebruch im Oberstand rapide verschlechtern. Fraßschäden durch Frostspanner an Ebereschen werden allgemein gut regeneriert.

In jungen Beständen werden ab einem Höhenbereich von ca. 3–4 m die meist sehr dicht aufgewachsenen Ebereschen oder Birken vereinzelt bzw. in kleinen Gruppen bis zu 5 Bäumen auf einen Abstand von 5–6 m gebracht. In älteren Vorwäldern sollte die Bestandesgrundfläche zwischen 6 und 12 m²/ha liegen. Es muss hier damit gerechnet werden, dass Bruchschäden den Überschirmungsgrad plötzlich stark verringern. Während die Kronen der Ebereschen meist nur Teilbrüche aufweisen, die sich schnell regenerieren, brechen Birken oft am Stamm. Deshalb sollten ältere Birken vorher entnommen werden.

Abb. 19:
Rotbuchen-Voranbau
im Ebereschenvorwald
nach streifenweiser
Bodenbearbeitung und
Kalkung (Revier
Deutscheinsiedel)



Eine Pflanzplatzkalkung ist in jedem Fall durchzuführen. Auf Standorten, auf denen mit hohen Ausfällen aufgrund extremer Standortbedingungen (exponierte Lage bezüglich Wind, Strahlung, Immissionen, starke Vergrasung, hohe Wildschäden) gerechnet werden muss, sollten die Pflanzanzahlen nicht zu niedrig gewählt werden. Für Fichte werden Pflanzanzahlen von 2.000–3.000 St./ha empfohlen. Laubholz, in der Regel Buche, sollte je nach Standort mit 4.000–7.000 St./ha gepflanzt werden. Bei Verwendung verschiedener Baumarten ist stets eine gruppen- und horstweise Mischung anzustreben.

3.3.6 Bestandessukzession

Als Sukzession wird eine natürlich ablaufende Ökosystementwicklung bezeichnet, deren Verlauf und Geschwindigkeit und damit Nutzbarkeit bei der

Walderneuerung nach THOMASIU (1996) von 3 Einflussgrößen entscheidend bestimmt wird:

- von den ökologischen Bedingungen auf der wieder zu besiedelnden Fläche,
- vom Diasporenangebot geeigneter Pflanzenarten und
- vom genetisch geprägten Entwicklungsverlauf sowie der sich daraus ergebenden Wettbewerbsfähigkeit der sich ansiedelnden Pflanzenarten.

Die Bestandessukzession vollzieht sich aus bestehenden Forsten heraus zur ökologisch potenziellen Vegetation.

Das Überlassen größerer Kahlflächen zur natürlichen Wiederbewaldung muss im Erzgebirge stark eingeschränkt bleiben, da die Sukzessionsprozesse aufgrund der klimatischen und standörtlichen Voraussetzungen sehr langsam verlaufen.

Darüber hinaus ist völlig offen, ob sich unter den gegenwärtigen Bedingungen die den Zielvorstellungen entsprechenden Waldgesellschaften, überwiegend aus den Klimaxbaumarten Gemeine Fichte, Rotbuche, Weißtanne bestehend, überhaupt über Sukzession entwickeln würden, oder ob sich nicht zum Beispiel ein Zyklus von Pionierwaldstadien herausbildet. In jedem Fall müsste unter ungünstigen Standortverhältnissen auf unbestimmte Zeit eine waldlose Phase in Kauf genommen werden, in der weder Nutz- noch Schutz- oder Erholungsfunktion erfüllt werden können.

Das Überlassen von kleineren, einzeln gelegenen Freiflächen (unter 0,5 ha Größe) oder von Flächen mit Bestockungsresten zur Sukzession erscheint dagegen unproblematisch.

Eine ganz andere Bedeutung gewinnt in Zukunft die bewusste Ausnutzung von Sukzessionsprozessen beim Umbau der Übergangsbestände im Immissionsschadgebiet. Dabei werden die Zielbaumarten unter deutlich besseren ökologischen Voraussetzungen als auf Großkahlflächen in natürlich entstandene oder künstlich geschaffene Lücken der Übergangsbestände eingebracht.

Eine Verknüpfung dieser künstlichen Bestandesbegründung mit Sukzessionsprozessen in Form einer Ansiedlung von Weichlaubgehölzen, bringt folgende Vorteile:

- Gleichförmige, ein- oder zweischichtige Bestände werden durch Weichlaubgehölze wesentlich strukturreicher.

- Durch die natürliche Ansamung von Weichlaubgehölzen können Zielbaumarten mit niedrigeren Pflanzenzahlen und damit kostengünstiger eingebracht werden.
- Gleichzeitig wird mit beginnender Weichlaubholzbestockung der Nährelementkreislauf in Gang gesetzt.

Auf einem großen Teil der Schadflächen hatten sich bereits vor dem Absterben der Fichtenbestände durch allmähliche Lichtstellung dichte Grasdecken, überwiegend aus dem Wolligen Reitgras (*Calamagrostis villosa*) oder der Zittergras-Segge (*Carex brizoides*), gebildet. Ohne menschlichen Eingriff entsteht häufig ein sehr stabiles Grasökosystem, das auf unbestimmbare Zeit jegliche Wiederbewaldung verhindert. In Meliorationsversuchen mit ganzflächiger Bodenbearbeitung aus den achtziger Jahren (Vollumbruch auf Kahlfläche mit Düngungsvarianten) wurde von NEBE (1995) festgestellt, dass ein Freilegen des Mineralbodens, kombiniert mit einer Kalkung, die ökologischen Bedingungen für das Ankommen von Weichlaubgehölzen stark verbessert. Entscheidenden Einfluss auf die Entwicklung einer Verjüngung hat auch die Wilddichte. Auf vielen Standorten des Erzgebirges ist Zaunschutz unerlässlich für eine erfolgreiche Verjüngungsentwicklung.

Insgesamt wird eingeschätzt, dass Menge, Vitalität und Wüchsigkeit ankommender Weichlaubgehölze

- Auf eine künstliche Einbringung der Zielbaumarten kann nicht verzichtet werden, da diese an der Sukzession bisher überhaupt nicht beteiligt sind. Ohne künstliche Einbringung der Zielbaumarten würde ein Vorwaldstadium (Stechfichte) durch ein anderes Vorwaldstadium (Weichlaubgehölze) ersetzt werden.

Beispielhaft für die Bedeutung der Bestandessukzession in Übergangsbeständen sind die Untersuchungsergebnisse im Versuch Olbernhau, Deutscheinsiedel 22 a³ für den Zeitraum von 1995 bis 1999. Nach Bodenbearbeitung und Kalkung 1994 erfolgte eine rasche Besiedlung der Pflugstreifen durch krautige Pflanzen und Grasarten. 1995 traten erste Sämlinge von Salweide, Aspe und Birke auf, wobei die größte Mengenzunahme 1996 stattfand. 1997 wurden erste Ebereschkeimlinge gefunden, 1998 erste Fichtensämlinge.

Bereits 1997 waren jedoch Salweiden und Aspen kleiner und weniger vital als 1996. Auch 1998 setzte sich der Trend einer Wiederbesiedlung mit Weichlaubgehölzen nicht fort. Die Anzahl der abgestorbenen Pflanzen war 1998 größer als die Anzahl der neu hinzugekommenen Pflanzen. Besonders der Anteil an Salweiden ging zurück. Viele Pflanzen hatten 1998 niedrigere Höhen durch Zurückfrieren der Terminaltriebe (vgl. Tab. 4). 1999 standen 4 Abgänge 9 Zugängen gegenüber. 5 Jahre nach der Bodenbearbeitung waren die Weichlaubhölzer noch nicht dem Höhenbereich der Grasdecke entwachsen.

Tab. 4:
Sukzession von Weichlaubgehölzen nach Bodenbearbeitung, Kalkung und Zaunschutz auf 240 m² Pflugstreifenfläche im Revier Deutscheinsiedel

Art	Anzahl (St./240 m ²)				Anzahl (St./ha)	Höhe (m)		
	1996	1997	1998	1999		1997	1998	1999
Salweide	48	52	33	34	1.417	0,19	0,15	0,17
Aspe	5	5	5	7	292	0,40	0,34	0,39
Birkenarten	4	5	11	15	625	0,15	0,18	0,19
Eberesche	0	5	4	3	125	0,05	0,05	0,07

in höheren Berglagen und Kammlagen des mittleren und östlichen Erzgebirges im Normalfall nicht ausreichen, um ökologisch wirksam zu werden und eine künstlich eingebrachte Verjüngung ganz oder teilweise zu ersetzen.

- Versuche bestätigten, dass Bodenbearbeitung und Kalkung in den großflächigen Übergangsbeständen der oberen Erzgebirgslagen die natürliche Ansamung von Weichlaubgehölzen erst einmal ermöglichen. Pflanzenanzahl und Vitalität der angekommenen Weichlaubgehölze sind jedoch relativ gering, trotz Ausschluss des Wildes durch Zäunung.

Auf den unbearbeiteten Vergleichsparzellen gab es außer den bereits vorhandenen, gepflanzten Stechfichten und einigen Gemeinen Fichten keine weiteren Baumarten. Eine 100 % deckende Krautschicht, in der das Wollige Reitgras (*Calamagrostis villosa*) dominierte, ließ keinerlei Gehölzverjüngung ankommen.

Da nach 5 Jahren der Deckungsgrad der Krautschicht auf den Pflugstreifen 100 % beträgt, davon 35 % *Calamagrostis villosa*, wird vermutet, dass sich der Anteil an Weichlaubgehölzen in den nächsten Jahren nicht mehr sehr erhöhen wird.

In Beständen der Übergangsbaumarten, deren Krautschicht bei hohen Deckungsgraden durch *Calamagrostis villosa* dominiert wird, ist im Verlauf der Bestandessukzession keine waldbaulich oder ökologisch wirksame Einwanderung von Pionierbaumarten (Weichlaubhölzer) zu erwarten. Diese Entwicklung wird offensichtlich nicht vom Verbissdruck bestimmt, sondern ist den ungünstigen ökologischen Bedingungen geschuldet.

Die bloße Freilage des Mineralbodens und Kalkung reichen vielfach nicht aus, um hier einen nachhaltigen Einwanderungsschub der Pionierbaumarten zu initiieren, da die Ökosystemdynamik nach kurzer Zeit wieder durch verdämmende Bodenvegetation dominiert wird. Dementsprechend sind Bodenbearbeitung und Kalkung mit dem künstlichen Einbringen der Weichlaubhölzer zu verbinden. Hierbei handelt es sich um eine biologisch-technische Meliorationsmaßnahme, mit der die Bestandes-sukzession von der tendenziellen Entwicklung zu stabilen Grasökosystemen auf die Erneuerung von Waldökosystemen gelenkt wird.

3.4 Waldumbau in Fichten- und Kiefernreinbeständen

3.4.1 Oberbestandesbehandlung

Hierdurch werden Lichtdynamik und damit Energieverhältnisse, die Bodenvegetations- und Verjüngungsdynamik sowie die Bodenwasserdynamik beeinflusst. Durch richtige Oberbestandesbehandlung kann ein Schutz vor klimatischen Extremen, wie Spätfrösten und hohen Strahlungsintensitäten, die Strukturierung des Gesamtbestandes und eine Steuerung der Verjüngungsdynamik erfolgen. Dabei ist eine nach Standortverhältnissen und Baumartenansprüchen (Licht/Wärme/Wasser) differenzierte Einflussnahme (Auflichtung) von besonderer Bedeutung.

3.4.1.1 Mittelgebirge

Im Mittelgebirgsraum besteht ein mit steigender Höhenlage zunehmendes Licht-/Wärmedefizit für das Baumwachstum – je anspruchsvoller die Baumarten bezüglich dieser Umweltfaktoren sind, umso eingeschränkter ist ihre Standortseignung in Gebirgslagen. Unter Fichtenbeständen gilt ganz allgemein Licht als Mangelfaktor für Voranbauten. Selbst für die schattentoleranten Baumarten müssen durch Auflichtung

3.3.7 Zusammenfassung

Die im klassischen Immissions-schadengebiet der sächsischen Mittelgebirge großflächig angebauten Ersatzbaumarten haben ihre Funktion zur Erhaltung des Ökosystems Wald erfüllt. Sie bieten nunmehr die Chance, bei einer zurückgehenden Immissionsbelastung zu einer weitestgehend der natürlichen Waldgesellschaft entsprechenden Bestockung zurückzukehren. Der Umbau wird sich allmählich im Schutz der Übergangsbestände vollziehen. Für Stechfichte, Murraykiefer, Omorikafichte und Japanische Lärche entfällt mit zurückgehender Immissionsbelastung der Hauptgrund für einen Anbau. Diese Bestände werden langfristig in standortgerechte Bestandeszieltypen umgebaut. Geeignete Herkünfte der Europäischen Lärche und geprüftes Vermehrungsgut der Hybridlärche haben sich dagegen als wertvolle Bereicherung der natürlichen Waldgesellschaften erwiesen. Auf ihre waldbaulichen Vorzüge und hohe Produktivität sollte nicht mehr verzichtet werden.

Minimalansprüche der Baumarten an das Lichtangebot gewährleistet werden.

Andererseits ist jedoch der Oberbestand auch zum Schutz der Verjüngungen vor Spätfrost- oder Strahlungs-/Ozonschäden notwendig. Das erfordert eine räumliche Strukturierung von Auflichtungszonen.

Femelartige Verjüngungen können als die räumlich optimale Struktur bewertet werden, da

- verjüngungsökologische Ansprüche verschiedener Baumarten optimal erfüllt werden können,
- gruppendynamische Prozesse langfristig berücksichtigt werden können,
- klimatische Extreme in dieser Struktur sehr gut abgeschirmt werden,
- großflächig gleichförmige Altbestände sehr gut strukturiert werden können und
- langfristig eine kontinuierliche Biomasseakkumulation auf hohem Niveau gewährleistet werden kann.

Mindestgrößen von Verjüngungstrupps bzw. -horsten lassen sich aus den potenziellen Lichtverhältnissen

bzw. den **Ansprüchen der jeweiligen Voranbaumarten** ableiten. Bestimmte Lichtverhältnisse ergeben sich wiederum aus der Vitalität des Oberbestandes, der Auflichtungsgröße und -stärke sowie der Höhe des Oberbestandes.

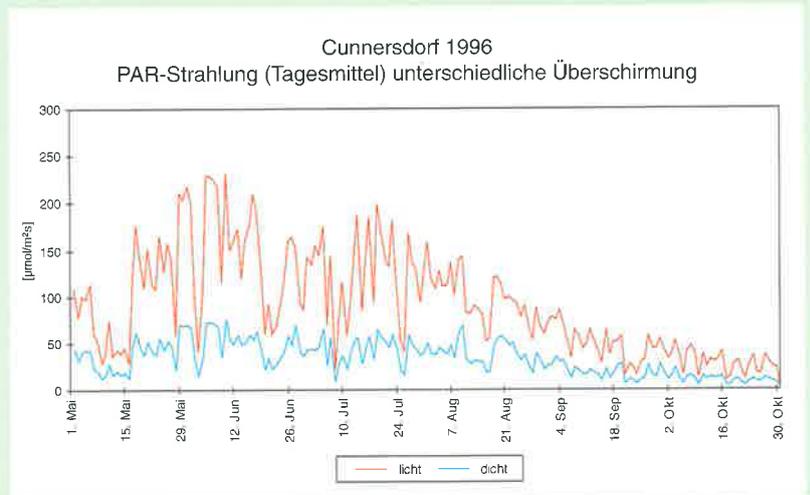
Die Mindestgrößen von baumartenreinen Verjüngungsflächen sollten auch langfristig die Dynamik der intraspezifischen Konkurrenz (Automation der Pflege durch Differenzierungsprozesse) und später der natürlichen Verjüngung der Zielbaumarten gewährleisten. Dabei ist eine Anpassung des Baumartenmosaiks an die **kleinstandörtlichen Gegebenheiten** zielführend.

Maximale Größen der Verjüngungstrupps und -horste ergeben sich aus der Notwendigkeit der Gewährleistung des **Schutzes der Voranbauten vor klimatischen Extremen** (Spätfrost/Strahlung), der notwendigen Sicherung der **Gesamtbestandesstabilität** und der aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten notwendigen Integration von Verjüngungsmaßnahmen in die **Leistungsdynamik der Bestände** (vgl. Kap. 3.5, Baumartenwahl).

Umweltbedingungen für Waldumbauvorhaben in Fichtenbeständen

► Licht

In den Fichtenbeständen der Mittelgebirgslagen kann ein zu schwacher Eingriff im Oberbestand eine Schwächung oder gar das Absterben der Waldver-



jüngung zur Folge haben. Bei den abgebildeten schwachen Lichtdynamiken unter Fichtenbeständen könnten beispielsweise Buchen in mittleren Lagen des Erzgebirges langfristig nicht wachsen oder wären zumindest sehr labil gegenüber äußeren Störeinflüssen. Des Weiteren wird das Lichtangebot wesentlich durch Flächengröße, Form und Exposition der Auflichtungszone bestimmt.

Vom Messpunkt „P1“ (direkt am Bestandesrand) bis zum Messpunkt „P5“ (ca. 35 m nördlich vom Altbestandesrand) nimmt das Strahlungsangebot deutlich zu. Darüber hinaus ist kein weiterer Anstieg zu verzeichnen (vgl. Abb. 21). Wenn bei einer Bestandesmittelhöhe von 27 m der Abstand zum Altbestandesrand ca. 10 m überschreitet, ist unter allen Witterungsbedingungen ausreichend Licht für Waldumbaubaumarten vorhanden.

Abb. 20: Schwachlichtbedingungen unter relativ dichtem ($B^{\circ}0,8$) und vitalem Fichtenschirm im Vergleich zu aufgelichteten Bestandesteilen ($B^{\circ}0,5-0,6$)

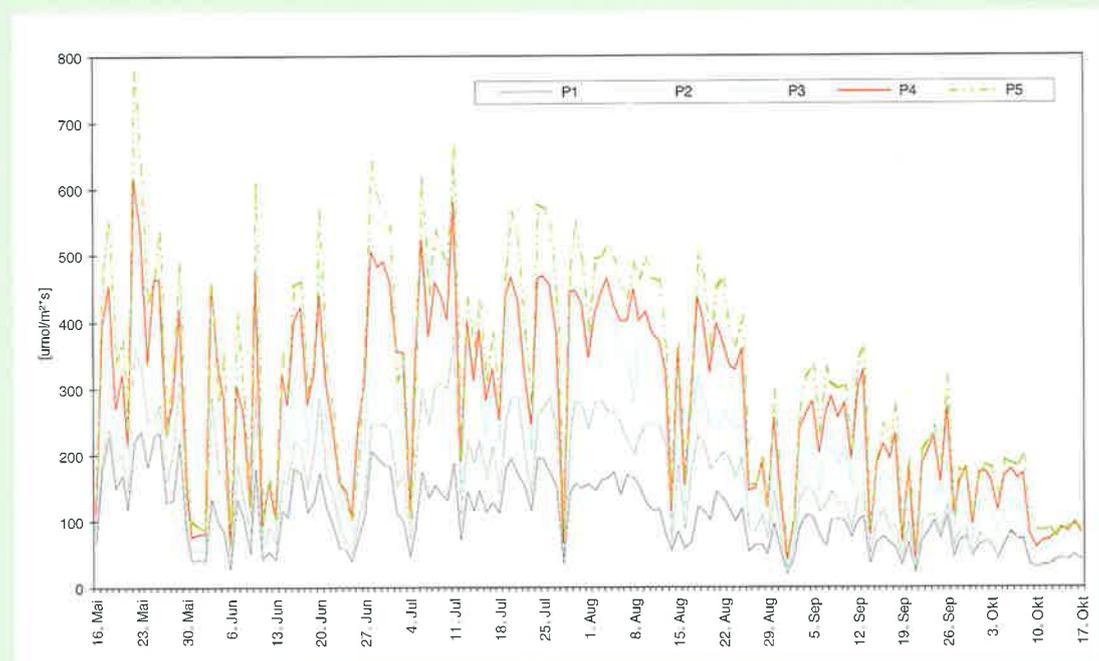


Abb. 21: Einfluss des Abstandes vom Randbereich der Auflichtungsmaßnahme auf die Dynamik der photosynthetisch aktiven Strahlung (PAR) im Femelloch

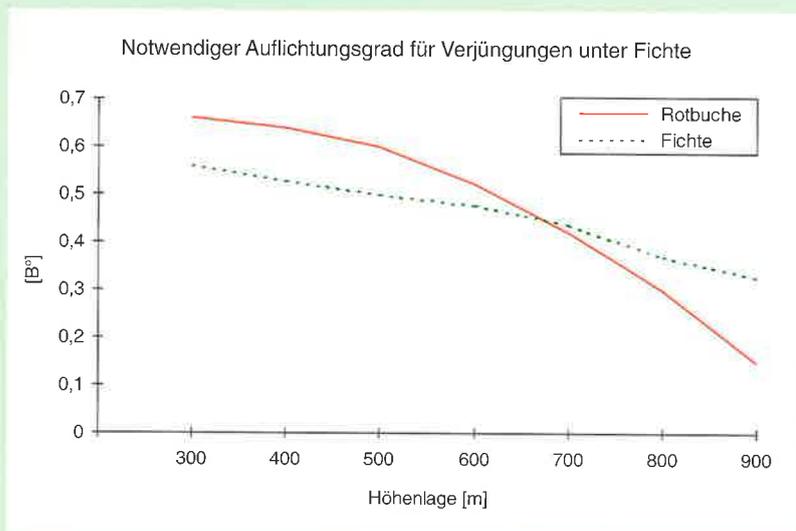


Abb. 22:
Absenkung des B° der Verjüngungselemente mit zunehmender Höhenlage

Nach unseren Lichtuntersuchungen sollte der Durchmesser von Auflichtungszonen für femelartige Verjüngungen in Fichtenbeständen mindestens der Höhe des umgebenden Bestandes entsprechen. Hierbei gilt, je weniger auf der Verjüngungsfläche aufgelichtet wird, umso größer kann und soll eine zusammenhängende Verjüngungsfläche sein.

Eine lichtökologisch suboptimale, nicht bepflanzte Randzone von etwa 10 m schafft zudem für spätere Hiebs- und Bringungsmaßnahmen im Zentrum der Verjüngungselemente die Möglichkeit, Schäden an der Verjüngung einzuschränken.

In Abhängigkeit von der Höhenlage und Exposition müssen modifizierte Umweltansprüche der Umbaumarten berücksichtigt werden (vgl. Abb. 22).

Demzufolge ist es notwendig, das mit zunehmender Höhenlage abnehmende Wärmeangebot durch eine stärkere Auflichtung in den Verjüngungselementen weitgehend zu kompensieren. Andererseits muss ein ausreichender Oberbestandesschutz vorhanden sein, um verschiedene Schadeinflüsse von den Verjüngungen fern zu halten.

Disposition gegenüber Strahlungs- und Ozonschäden

Am Beispiel des Voranbaus Olbernhau soll der Einfluss verschiedener Überschirmungssituationen auf die Intensität von Strahlungs- und Ozonschäden dargestellt werden.

Die Verjüngung unter der „stärkeren“ Überschirmungsvariante ($B^\circ 0,4-0,5$) bzw. die Verjüngungsteile im direkten Seitenschutz stärker bestockter Altbestandesteile sind deutlich vitaler, da hier offenbar bei ausreichendem Lichtgenuss die Schutzwirkung des Oberbestandes noch weitgehend erhalten ist. Demgegenüber führte während der Vegetationsperiode 1997 höchstwahrscheinlich eine Kombination aus relativ schnell ansteigenden Lufttemperaturen, hohen Strahlungswerten und hohen Ozonkonzentrationen im Mittelgebirgsraum, $> 140 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Monatsberichte zur Immissionsituation 1997, vgl. Abb. 18, 19), unter der lichten Überschirmungsvariante zu den weit verbreiteten Blattnekrosen an Laubbaumkulturen. Sichtbare Schädigungen traten an stark strahlungsexponierten Teilen dieser Laubbaumkulturen etwa ab 10./12. Juni auf.

Da andere Schadfaktoren ausgeschlossen werden

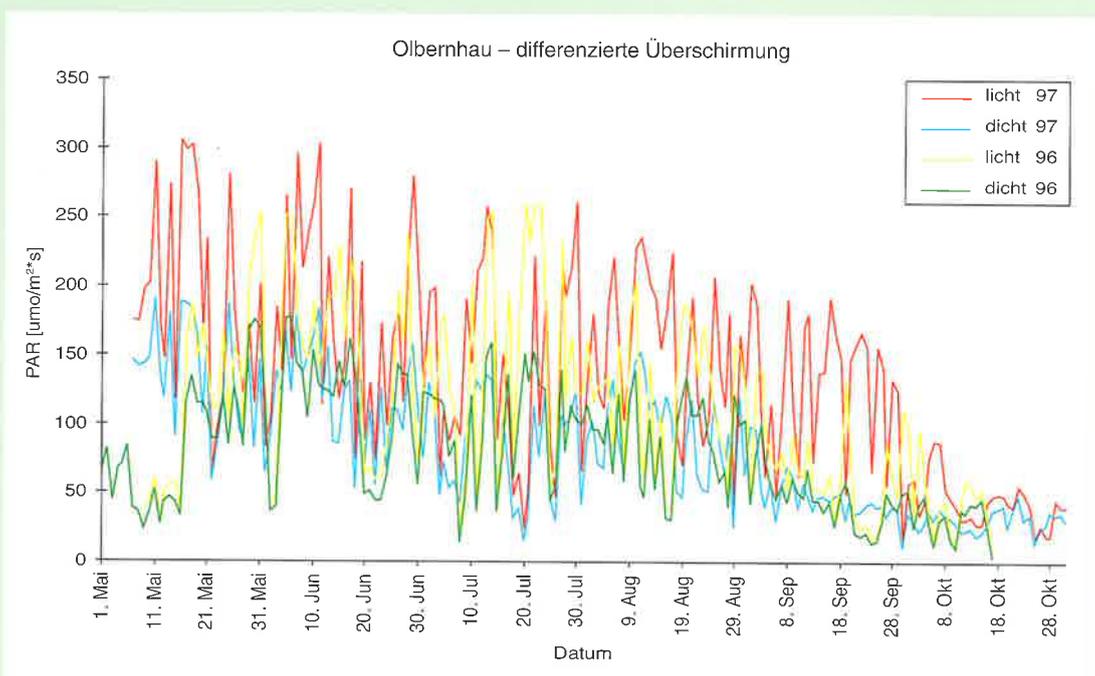


Abb. 23:
Dynamik der photosynthetisch aktiven Strahlung (PAR) unter unterschiedlichen Überschirmungsvarianten im Fichten-Waldumbauversuch Olbernhau (1996, 1997)

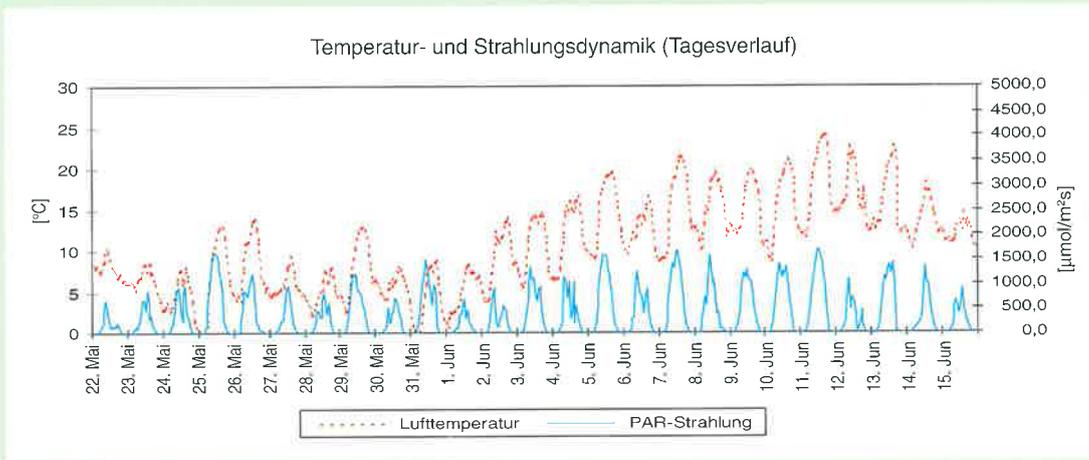


Abb. 24:
Temperatur- und
Strahlungsverläufe im
Mai/Juni 1997,
Olbernhau

können (SO₂/Trockenheit/ Frost/Insektenschäden) und diese Situation großräumig im gesamten Mittelgebirgsraum anzutreffen war, kann eine solche Kombinationswirkung vermutet werden. Verjüngungsteile ohne bzw. mit sehr lichtem/stark geschädigtem Oberbestand waren besonders stark betroffen.

Dies deutet darauf hin, dass eine direkte und länger andauernde Sonnenbestrahlung für das Auslösen des Schadens vorhanden sein muss. Offenbar kann ein intakter Oberbestand über den Verjüngungselementen mit einem B° ab etwa 0,4 oder der Seitenschutz des Altbestandes Blattnekrosen, die durch hohe Temperaturen in Verbindung mit hohen Strahlungsangeboten und Ozonkonzentrationen verursacht werden, verhindern!

► Wasserversorgung

Die Wasserversorgung kann im Mittelgebirgsraum (bis auf Sonderstandorte) als ausreichend bis optimal angesehen werden. Beispielhaft veranschaulichen dies die Bodenfeuchtedynamiken (Abb. 25) unter Fichten-Waldumbauversuchen repräsentativer Standortbereiche. Selbst auf den „trockeneren“ Standorten (hier Heinzebank) treten Wasserstresserscheinungen nur temporär in ausgesprochenen Trockenjahren auf. Auch auf diesen Standorten erfolgt in aller Regel nach relativ kurzen Austrocknungsperioden eine schnelle Wiederbefeuchtung des Bodens.

Transpirationspotenzial von Altbäumen

Kenntnisse über die Transpirationsdynamik von Waldbeständen und Baumpopulationen bilden eine wesentliche Voraussetzung zur Ableitung von Wasserhaushaltsbilanzen in Waldökosystemen. Mit ihrer Hilfe kann man den Wasserhaushalt von Waldbäumen beur-

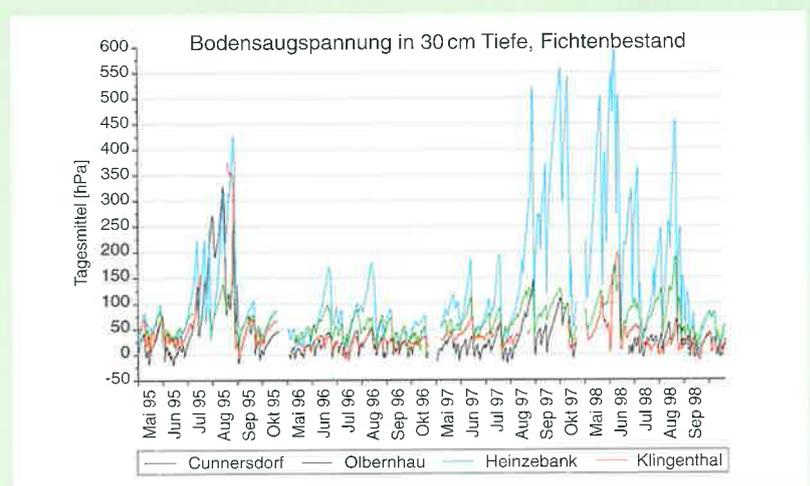
teilen, Ökotypen determinieren, die Stofftransportprozesse in Waldökosystemen verfolgen und Abflussraten aus Waldflächen ermitteln.

Hieraus folgen Informationen, die nicht nur für den aktuellen Waldbau und Waldumbau, sondern dem ökosystemaren Forschungsansatz entsprechend, für einen ökologisch nachhaltigen Waldbau unter veränderten Umweltbedingungen entscheidend sind.

Über die Ermittlung von Xylemflussdynamiken (Dynamik des Wassertransports) an Altbäumen ist es möglich, eben diese Transpiration von Waldbeständen abzuleiten. Die Transpirationsintensität und -dynamik ist zudem ein Mittel zur Beurteilung von Vitalität, Produktivität und Dürre-resistenz der Bäume und Waldbestände.

Im Hinblick auf die künstliche und natürliche Waldverjüngung ist davon auszugehen, dass der Altbaubestand ganz wesentlich die gesamte vom Waldökosystem transpierte und damit „verbrauchte“ Wassermenge beherrscht und somit bei limitierten Ressourcen als entscheidender Konkurrent gegenüber der Verjüngung auftreten könnte.

Abb. 25:
Bodenfeuchtedynamiken
der Vegetationsperioden
1995–1998, dargestellt
als Tagesmittelwerte der
Bodensaugspannung in 30 cm
Bodentiefe am Beispiel
von 4 typischen Fichten-
Waldumbauversuchen im
sächsischen Mittelgebirgsraum



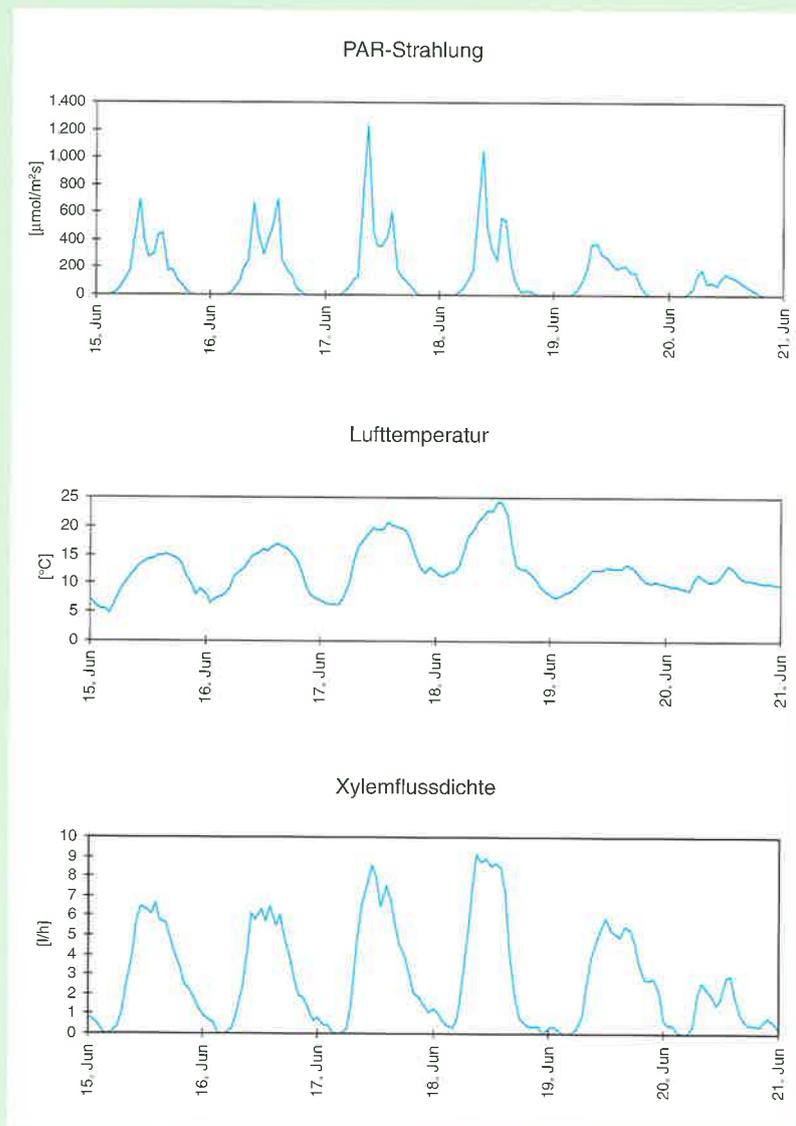


Abb. 26: Beziehung zwischen der Intensität der photosynthetisch aktiven Strahlung (PAR), der Lufttemperatur und der Transpirationsintensität von Alt-fichten am Beispiel des Fichten-Umbau-versuches Cunnersdorf

Die Grafiken der Abb. 26 verdeutlichen durch eine zeitgleiche Darstellung der Xylemflussdynamik [l/dm^2 Splintfläche $\cdot\text{h}$] einer im Bestand herrschenden Alt-fichte mit den Umweltbedingungen Licht [$\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$] und Temperatur [$^{\circ}\text{C}$] die Umweltabhängigkeit der Transpirationsintensität.

Insbesondere die eingestrahlte Lichtenergie (PAR) und die herrschende Lufttemperatur bestimmen die Transpirationsintensität der Bäume.

Wasserhaushalt von Fichtenwäldern

Durch die Ableitung funktionaler Umweltabhängigkeiten des Xylemflusses – hier hauptsächlich von der Lufttemperatur und der Lichteinstrahlung (PAR) – können flächenbezogene Transpirationssdynamiken für den gesamten Waldbestand ermittelt werden. Da der Baumbestand die Gesamtverdunstung von Wald-

flächen maßgeblich bestimmt, wurde versucht, über die Gegenrechnung der angefallenen Niederschlagsmengen auf einfache Weise eine grobe Betrachtung des Ökosystem-Wasserhaushaltes zu ermöglichen.

Die folgenden Grafiken veranschaulichen die Zusammenhänge zwischen Bodenwasservorrat, Waldbestandsdestranspiration und Wasserabfluss.

Die Wasserhaushaltsdynamiken der Fichtenbestände unter Mittelgebirgsbedingungen bedingen insgesamt erhebliche Grundwasserneubildungs- bzw. Abflussraten, die im Einzelfall auch beträchtliche Intensitäten erreichen können. Wirklich drastische Abnahmen der Bodenwasservorräte sind auch in relativ niederschlagsarmen Jahren nicht zu verzeichnen, so dass die Wasserversorgung der Wälder in Mittelgebirgslagen insgesamt unproblematisch ist.

Die Gegenüberstellung mit der gemessenen Bodenfeuchtedynamik ergibt eine sehr gute Übereinstimmung und macht klar, dass die Bestandsdestranspiration den gesamten Wasserhaushalt bestimmt. Über solche Wasserhaushaltsberechnungen kann man sowohl den Ressourcenhaushalt in Waldökosystemen aufklären als auch auf Stofftransporte aus den Wäldern schließen.

3.4.1.2 Hügelland

Wegen der hohen Instabilität vorhandener Fichtenbestände sollten diese über größere Femellöcher bzw. **Kleinkahlschläge** umgebaut werden. Kiefernbestände oder Kiefern in Fichten-Kiefern-Mischbeständen sollten als Schirm zum Schutz der Verjüngung vor klimatischen Extremen erhalten bleiben.

Der Schutz vor Spätfrost- und Strahlungsschäden erfordert auch hier eine **Begrenzung der Verjüngungsflächen**. Benachbarte Bestände sollten unbedingt noch Seitenschutzfunktionen für die angrenzende Verjüngung erfüllen können. **Freiflächenbereiche sollten daher nicht breiter als 1 Baumlänge von schützenden Bestandteilen entfernt sein.**

3.4.1.3 Tiefland

Unter Kiefernbeständen ist die Wasserversorgung generell der begrenzende Faktor für Voranbauten bzw. einen Baumartenwechsel durch Waldumbau.

Grundsätzlich gilt für terrestrische Sandstandorte:

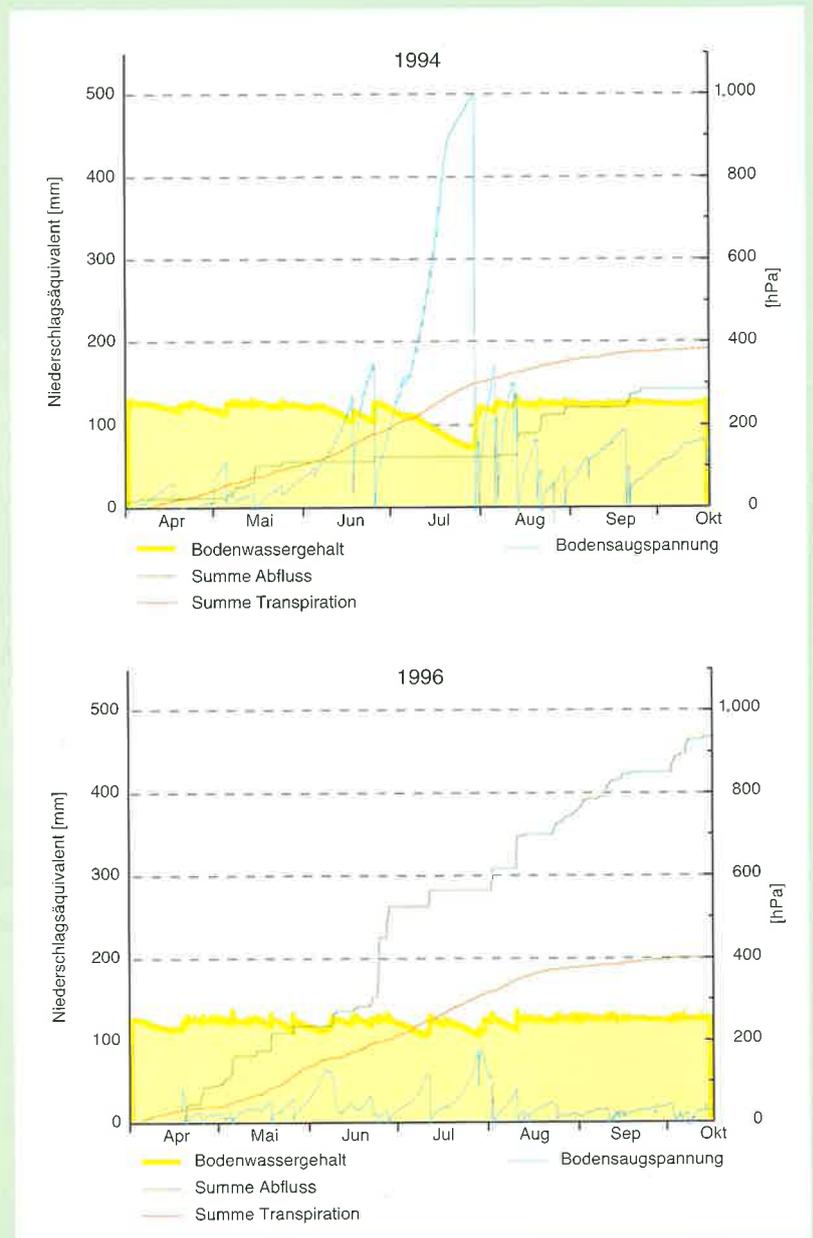
Bei abnehmenden Niederschlagsmengen während der Vegetationsperiode und zunehmenden Ansprüchen der potenziellen Umbaubaumarten an die Wasserversorgung ist ein erfolgreicher Waldumbau an eine Umverteilung der Wasserressourcen zugunsten der Verjüngung und damit an eine zunehmende Reduktion der horizontalen Konkurrenz des Kiefern-Oberbestandes gebunden.

Im Extremfall führt diese Tendenz dazu, dass Waldumbau im Sinne eines Wechsels in der Zusammensetzung der Hauptbaumarten weder ökologisch noch wirtschaftlich sinnvoll ist. An die Stelle eines Baumartenwechsels tritt die Veränderung der Waldstruktur durch Integration der Kiefern naturverjüngung in das Bewirtschaftungskonzept. Dieser Ansatz schließt die Förderung der spontanen Einwanderung und Erhaltung der Mischbaumarten der Kiefer ein.

Der Schutz vor Spätfrost-, Strahlungs-/Verdunstungsschäden macht eine räumliche Strukturierung der Auflichtungszonen notwendig, um eine Optimierung zwischen der Schutzfunktion des Oberbestandes für die Verjüngung und seiner Wirkung als Wasserkonkurrent zu erreichen.

Femel- bis kulissenartige Verjüngungsstrukturen bieten vermutlich optimale Umweltbedingungen für die Umbaubaumarten, da:

- ▶ unter Berücksichtigung des Standortes die Ansprüche der Umbaubaumarten an die Wasserversorgung bei gleichzeitig ausreichendem Frost-, Strahlungs- und Verdunstungsschutz gewährleistet werden können,
- ▶ Verjüngungsstrukturen entstehen, die langfristige Pflege-, Nutzungs- und Verjüngungseinheiten bilden,
- ▶ trotz begrenzter standörtlicher Ressourcen eine durch horizontale und vertikale Konkurrenz bedingte Differenzierung der Verjüngung und damit eine Senkung des Pflegeaufwandes möglich ist,
- ▶ eine standorts- und baumartenspezifische Strukturierung großflächiger Altbestände erfolgt und auf dieser Grundlage langfristig eine kontinuierliche Biomassenakkumulation auf hohem quantitativen und qualitativen Niveau gewährleistet werden kann.



Mindestgrößen von Verjüngungsgruppen und -horsten werden aus den Ansprüchen der Umbaubaumarten an die Wasserversorgung, deren Frosthärte und den standörtlichen Voraussetzungen hergeleitet. Die Mindestgrößen von baumartenreinen Verjüngungsflächen sollten unter den ökologischen Gegebenheiten des Lichtbaumarten-Dauerwaldes langfristig die Herausbildung von Pflege-, Nutzungs- und Verjüngungseinheiten gewährleisten und dabei kleinstandörtliche Differenzierungen hinreichend berücksichtigen.

Maximale Größen von Verjüngungsflächen werden durch den Schutz der Verjüngung vor klimatischen Extremen, eine differenzierte Wertschöpfung im Oberbestand sowie eine nutzungs- und bringungstechnische Optimierung der räumlichen Ordnung bestimmt.

Abb. 27: Wasserhaushaltsdynamik für Fichten-Waldumbauversuch Cunnersdorf (Mittelgebirgsstandort) im relativ warmen und strahlungsreichen Jahr 1994 (oben) und im ausgesprochen kühlen und feuchten Jahr 1996 (unten).

Umweltbedingungen für Waldumbauvorhaben in Kiefernbeständen

► Strahlung

Unsere Versuche, aber auch entsprechende Modellrechnungen haben ergeben, dass das Lichtangebot für Verjüngungen unter einem Kiefern-Altbestan-

desschirm in jedem Fall ausreichend ist. Die möglichen Unterschiede des Strahlungsangebotes in Kiefern- und Fichtenvoranbauflächen veranschaulicht Abb. 28.

Das Strahlungsangebot unter Kiefernbeständen ist dem unter Fichtenbeständen deutlich überlegen. Das unabhängig von der Überschirmung für die Umbaubaum-

Abb. 28:
Dynamik der photosynthetisch aktiven Strahlung (PAR) in Voranbauversuchen unter Kiefern (Db Doberschütz) und Fichten (Cu Cunnersdorf) 1995/96

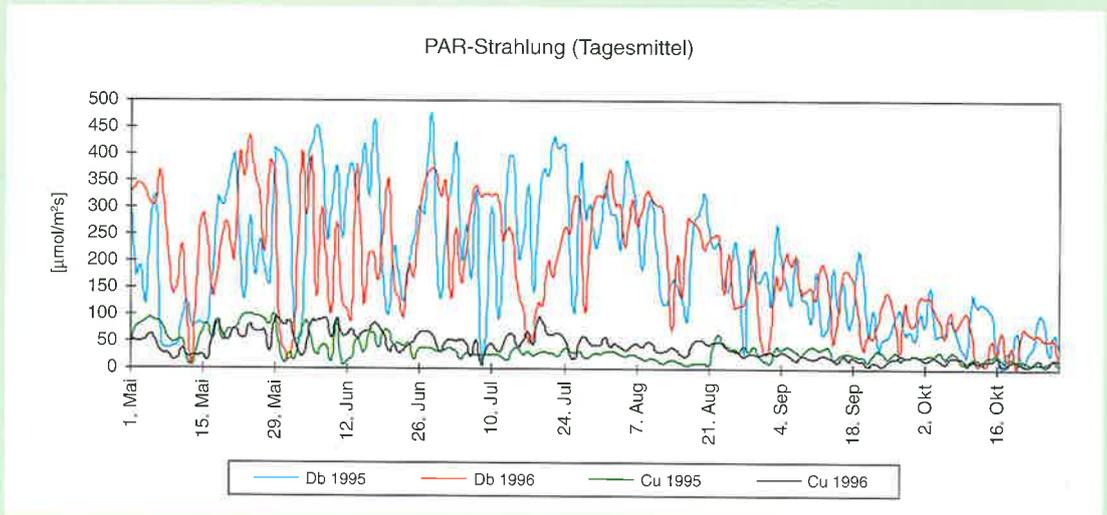


Abb. 29:
Licht-(PAR-)Dynamik in 2 Überschirmungsvarianten (B° ca. 0,9–1,0 und 0,2–0,4) im Versuch Hoyerswerda 1996/97

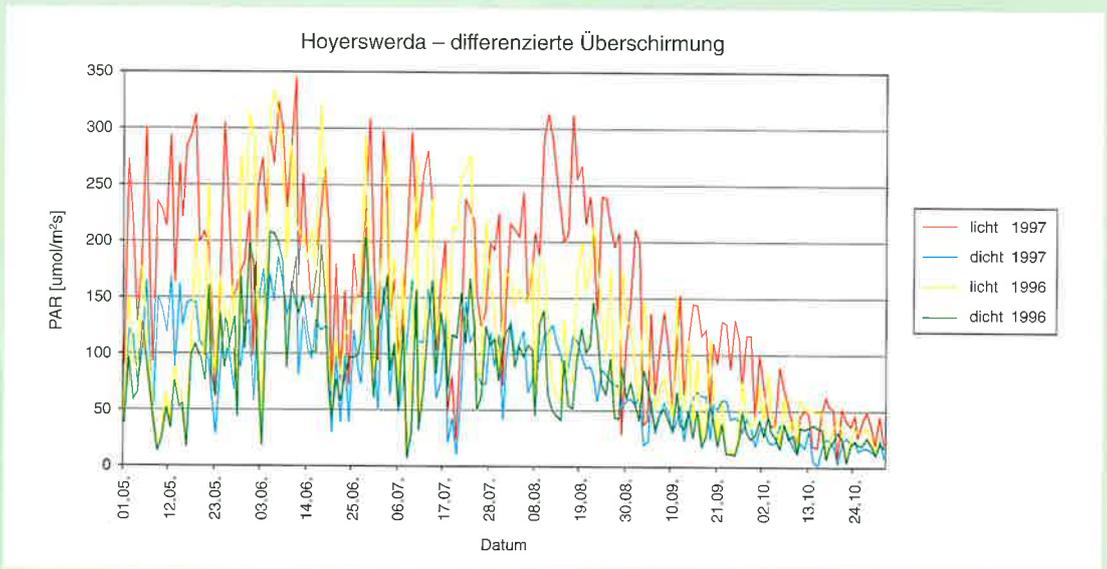
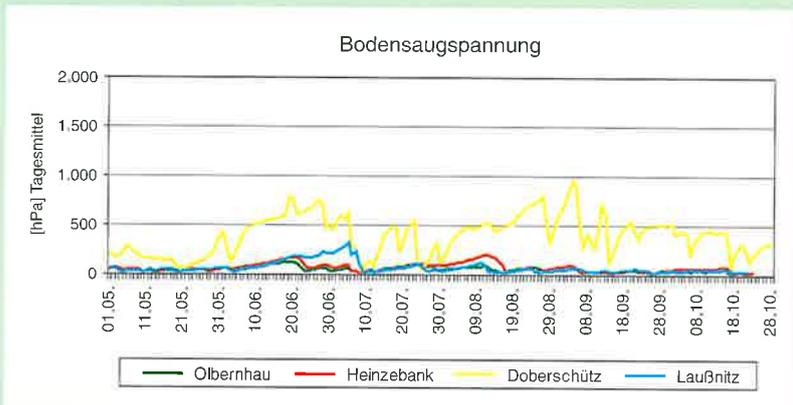


Abb. 30:
Bodensaugspannungsdynamiken auf Mittelgebirgs- und Tieflandsstandorten 1996



arten hinreichende Lichtangebot unter Kiefern-Alt-holzschirmen bestätigen auch die Lichtdynamiken verschiedener Auflichtungssituationen aus einer Versuchsfläche im FA Hoyerswerda (vgl. Abb. 29).

► Bodenwasserdynamiken auf Sandstandorten des Tieflandsbereiches

Zunächst sollen die prinzipiell unterschiedlichen Wasserversorgungsbedingungen von Mittelgebirgs- (Olbernhau/Heinzebank) und Tieflandsstandorten (Doberschütz/

Laußnitz) für ein außergewöhnlich feuchtes Jahr (1996) und ein trockeneres Jahr (1997) dargestellt werden. Für die Sandstandorte sind periodische Trockenperioden charakteristisch. Zudem treten besonders häufige und extreme Wasserstressperioden im Klimabereich Dt auf. Diese Bereiche betreffen in Sachsen vor allem das Forstamt Doberschütz (vgl. Abb. 30, 31) sowie Teile der Forstämter Falkenberg und Großenhain („Ostelbien“).

Die jeweilige Wahl des Beispiels erfolgte zur Veranschaulichung der möglichen Spannweite innerhalb einer Gruppe:

Mittelgebirge – Olbernhau/Heinzebank,
Tiefland (Sandstandorte) – Doberschütz/Laußnitz

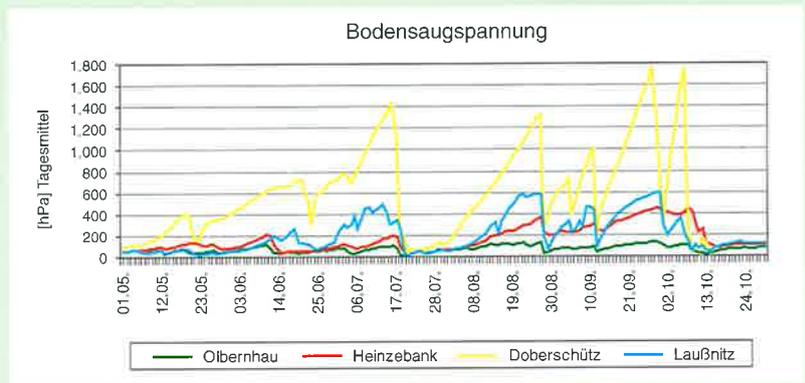
Die Darstellungen verdeutlichen neben den erheblichen Unterschieden zwischen Mittelgebirgs- und Tieflandsstandorten (siehe oben), vor allem eine erhebliche regionale Differenzierung der Wasserversorgung im Tieflandsbereich. Bei einer kritischen Saugspannung von ca. 500 hPa sind für den Versuchsstandort Doberschütz besonders in trockeneren Jahren anhaltende und intensive Dürreperioden bezeichnend, die am Versuchsstandort Laußnitz zwar auch, aber mit einer weitaus geringeren Intensität auftreten. Aus diesem Vergleich folgen auch erhebliche regionale Unterschiede in den Möglichkeiten des Waldumbaus.

Die Differenzierung des Wasserhaushalts der Geotope im Tieflandsbereich, die vor allem durch die Niederschlagsverhältnisse während der Vegetationsperiode in Verbindung mit den Substrateigenschaften verursacht wird, ist beim Umbau von Kiefernreinbeständen zwingend zu berücksichtigen.

Der Verlauf der Bodensaugspannung während der Vegetationsperiode (vgl. Abb. 31, 32) zeigt eindeutige und gravierende Unterschiede der Bodenwasserdynamik in den Waldumbauf Flächen.

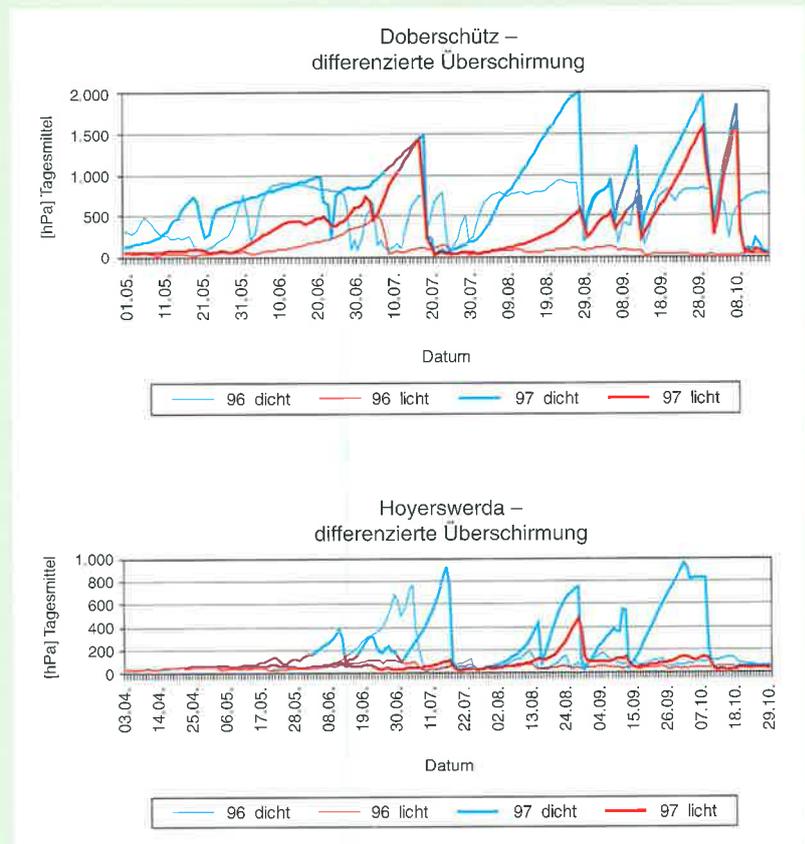
Generell leiden die geringer bestockten Bestandesteile ($B^\circ 0,3-0,5$) weit weniger unter Wasserstressereignissen als die stärker bestockten ($B^\circ 0,7-1,0$). Die Unterschiede sind weitestgehend mit der Transpiration des Kiefern-Oberbestandes zu erklären.

Neben dieser eindeutigen Begünstigung des Bodenwasserhaushaltes bei zunehmender Auflichtung treten weitere Effekte der mikroklimatischen Beeinflussung auf, die bei der Behandlung des Oberbestandes zu beachten sind.



► Unter einem B° von 0,4 sind verstärkte, teilweise gravierende **Spätfrostschäden** an Verjüngungen, insbesondere an Voranbauten zu verzeichnen. Die Schutzwirkung des Oberbestandes lässt unterhalb dieses Bereiches offenbar extrem nach (vgl. Abb. 13, 14).

Abb. 31:
Bodensaugspannungsdynamiken auf Mittelgebirgs- und Tieflandsstandorten 1997



► Die Entwicklung der Bodenvegetation, insbesondere die **Intensität der Vergrasung**, und damit auch der Wasserverbrauch der Bodenvegetation nimmt zu.

► Die **Entstehung von Mäusehabitaten**, mit dem Ergebnis einer langfristig ausgeprägten potenziellen Gefährdung der Verjüngung, wird gefördert.

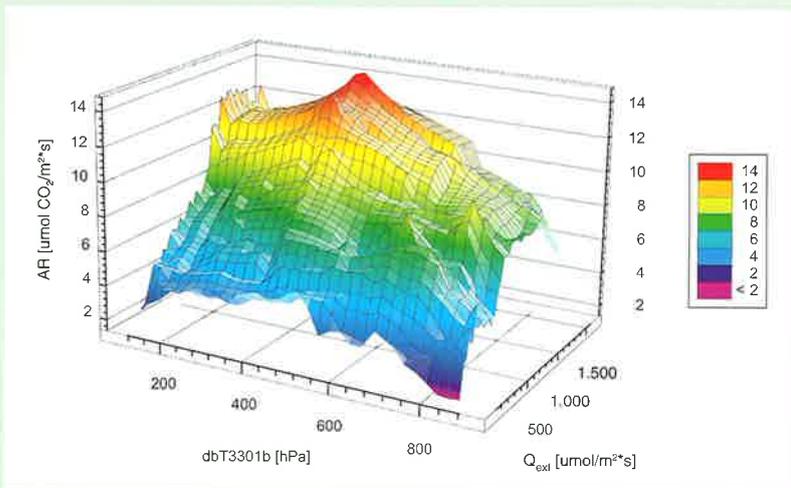
► Direkte **Hitze- und Strahlungsschäden** an Blättern der Waldumbaubaumarten nehmen zu.

Abb. 32:
Bodensaugspannungsverhältnisse bei Voranbauten unter Kiefern mit differenzierten Überschirmungsverhältnissen – eine Saugspannung von ca. 500 hPa muss für die Wasserversorgung der Umbaupflanzen als kritisch bewertet werden

► **Zum Ausgleich der starken Erhitzung der Blattoberflächen durch direkten Strahlungseinfluss muss erheblich mehr Wasser transpiriert werden** – aber gerade in Trockenperioden steht hierzu nicht genügend Wasser zur Verfügung. Um nicht sofort auszutrocknen, müssen deshalb sehr oft die Spaltöffnungen geschlossen werden – es kommt zum Erliegen der Stoffproduktion.

Über den Verjüngungselementen sollten demnach Kronenschlussgrade zwischen 0,5 – in Regionen mit angespannteren Niederschlagsverhältnissen und Lokalbodenformen mit geringer Wasserkapazität – und 0,7 – in Regionen mit Niederschlägen während der Vegetationsperiode deutlich über

Abb. 33:
Assimilationsdynamik (AR) über Bodenfeuchtedynamik (dbT3301b) und PAR-Strahlung (Q_{ext}) im Kiefern-Umbauversuch Doberschütz 1997



Assimilations- und Transpirationsdynamiken von Voranbaubäumen unter Kiefer bestehen komplexe Zusammenhänge, die am Beispiel der Traubeneiche näher dargestellt werden sollen. Die Abhängigkeiten zwischen Assimilation, Transpiration, PAR-Strahlung, Bodenfeuchte und Lufttemperatur wurden auf der Basis ökophysiologischer Messungen auf den Waldumbauversuchsflächen ermittelt.

► **Assimilationsdynamik (AR) in Abhängigkeit von der Bodensaugspannung (dbT33001b) und der photosynthetisch aktiven Strahlung (PAR):**

Die höchsten Assimilationsraten werden bei Bodensaugspannungen zwischen 0 und 300 hPa und einer photosynthetisch aktiven Strahlung zwischen 1.500 und 2.000 $\mu\text{mol}\cdot\text{cm}^{-2}$ erreicht. In diesem Bereich der Bodensaugspannung wirkt das Strahlungsangebot als limitierender Faktor, so dass unterhalb eines Wertes der PAR von 1.500 $\mu\text{mol}\cdot\text{cm}^{-2}$ ein deutlicher Rückgang der Photosyntheseleistung zu verzeichnen ist. Demgegenüber erfolgt bei Bodensaugspannungen > 400 hPa und PAR-Werten zwischen 1.000 und 500 $\mu\text{mol}\cdot\text{cm}^{-2}$ eine zunehmende Einschränkung der Assimilationsraten. Damit wirkt im Vergleich zum vorangegangenen Abschnitt die Wasserversorgung als limitierender Faktor.

Eine drastische Reduktion der Stoffproduktion bis zu deren Zusammenbruch wird durch hohe Strahlungswerte (1.500 $\mu\text{mol}\cdot\text{cm}^{-2}$) im Zusammenwirken mit Saugspannungen über 600 hPa initiiert (vgl. Abb. 33).

► **Transpirationsdynamik (TR) in Abhängigkeit von der Assimilationsrate (AR) und der photosynthetisch aktiven Strahlung (PAR):**

Steigende Assimilationsraten in Verbindung mit hohen Strahlungswerten (> 1.500 $\mu\text{mol}\cdot\text{cm}^{-2}$) führen zu einer überproportionalen Zunahme der Transpirationsrate. Damit steigt der Wasserbedarf extrem. Neben der gesteigerten Stoffproduktion dient dieser Prozess vor allem der Vermeidung von Hitzeschäden an den Blättern (vgl. Abb. 35).

► **Transpirationsdynamik (TR) in Abhängigkeit von der Bodenfeuchtedynamik (dbT3301b) und der photosynthetisch aktiven Strahlung (Q_{ext}):**

Bei einer Saugspannung (Bodenfeuchte) zwischen 0 und ca. 500 hPa werden hohe Strahlungsraten

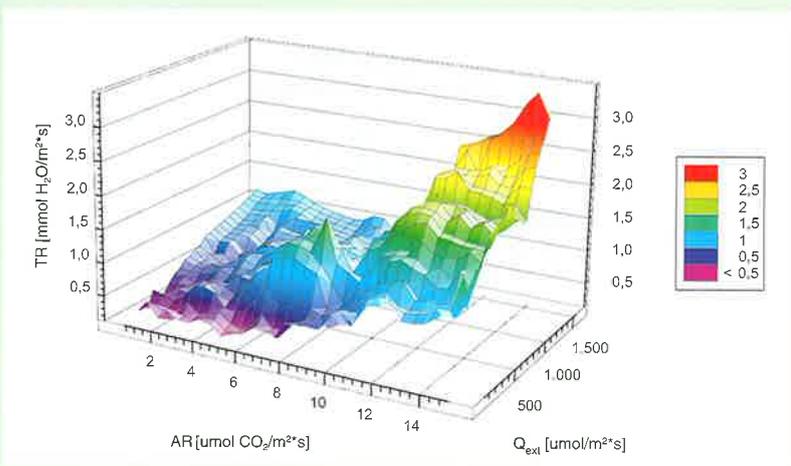


Abb. 34:
Transpirationsdynamik (TR) über Assimilationsdynamik (AR) und PAR-Strahlung (Q_{ext}), Doberschütz 1997

300 mm in Verbindung mit Lokalbodenformen, die eine günstige Wasserkapazität und/oder Grundfrische bis -feuchte aufweisen – hergestellt werden.

Komplexe Zusammenhänge zwischen Überschirmung, Bodenfeuchte, Assimilations- und Transpirationsdynamiken von Voranbaupflanzen:

Zwischen Überschirmung, Bodenfeuchte und den

(> 1.000 $\mu\text{mol}\cdot\text{cm}^{-2}$) durch eine überproportionale Steigerung der Transpirationsrate kompensiert, d. h. die Wasserversorgung ermöglicht sowohl die Kühlung der Blätter als auch die energetische Absicherung dieses Prozesses.

Eine Saugspannung von > 500 hPa führt im Zusammenwirken mit hohen Strahlungswerten zum abrupten Zusammenbruch der Transpiration und damit zu irreversiblen Hitzeschäden an den Blättern. Im Fall geringerer Strahlungsraten entstehen weniger direkte Hitzeschäden, sondern temporäre bis irreversible Welkeerscheinungen infolge allmählichen Wasserentzugs.

► **Transpirationsdynamik (TR) in Abhängigkeit von der Bodenfeuchtedynamik (dbT3301b) und der Lufttemperatur (T_{ext}):**

Bei steigender Bodenaustrocknung und Lufttemperatur sinken die möglichen Transpirationsraten ab. Infolgedessen wird wiederum die Stoffproduktion aber auch die Kühlung der Assimilationsorgane stark eingeschränkt. Diese Situation charakterisiert insbesondere das synchrone Auftreten von Bodensaugspannungen über 600 hPa und Lufttemperaturen über 15 °C. Diese Konstellation zwischen Bodenfeuchte und Lufttemperaturen dürfte für Dürreperioden zu Beginn der Vegetationsperiode in Verbindung mit Lokalbodenformen, die eine geringe Wasserkapazität aufweisen, charakteristisch sein (vgl. Abb. 36).

Zusammenfassung der ökophysiologischen Dynamiken für die Traubeneiche:

Die Leistungsfähigkeit der Assimilation von Traubeneiche nimmt bei zunehmendem Wasserstress und/oder Strahlungsgenuss ab, wobei gleichzeitig die Transpiration dramatisch ansteigt. Wird ein Grenzbereich der Wasserversorgung unterschritten, bricht auch die Transpiration zusammen (geschlossene Spaltöffnungen).

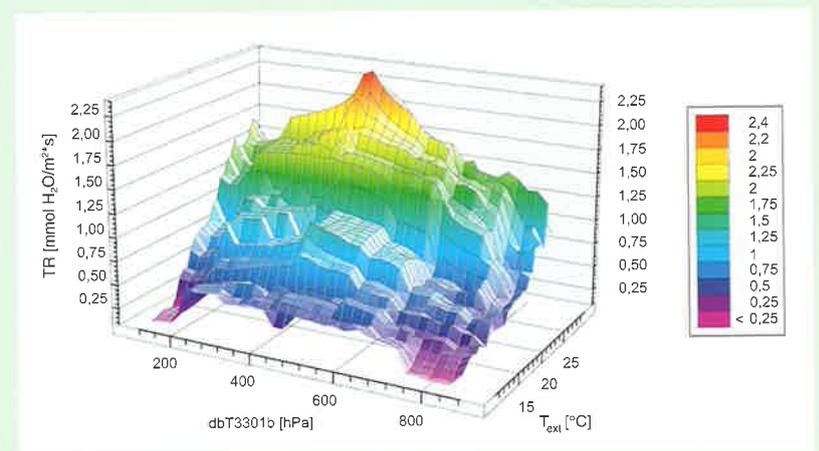
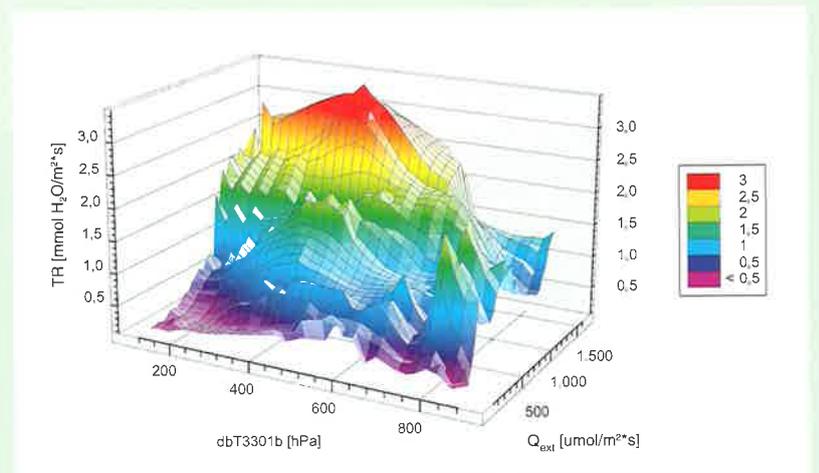
Zu beachten ist außerdem, dass durch lang anhaltende direkte Strahlungseinwirkung die Blatt-Temperaturen deutlich über den Umgebungstemperaturen der Luft liegen und ein erheblicher Teil des transpirierten Wassers schon allein zur Kühlung benötigt wird.

Je strahlungsreicher die Verjüngungsfläche ist, umso mehr Wasserreserven müssen durch die Verjüngung verbraucht werden. Wird der Hitze- und

Wasserstress noch dramatischer, reagieren die Pflanzen mit dem Einstellen der Stoffproduktion. Dadurch wird zwar das momentane Überleben gesichert, beim Andauern dieser Bedingungen folgt jedoch Hitzetod der Assimilationsorgane – die Blätter vertrocknen.

Dieses Beispiel für die Traubeneiche ließe sich durch die anderen untersuchten Baumarten (Winterlinde, Hainbuche, Spitzahorn, Bergahorn, Rotbuche) mit gleichen Dynamiken ergänzen, wobei die Traubeneiche offenbar eine von den trocken- und hitzetolerantesten untersuchten Laubbaumarten ist.

Abb. 35:
Transpirationsdynamik (TR) über Bodenfeuchtedynamik (dbT3301b) und PAR-Strahlung (Q_{ext}),
Doberschütz 1997



Wasserhaushalt von Kiefern-Forstökosystemen

Um aus den teilweise gegenläufigen Dynamiken der untersuchten Einzelprozesse systemrelevante Aussagen ableiten zu können, wurde versucht, den Wasserhaushalt in Kiefernwaldökosystemen zu modellieren. Neben den registrierten klimatischen Dynamiken gehen in die Modellrechnungen die umweltabhängige Transpiration des Kiefernoberbestandes und ebenso die Transpiration einer angenommenen 100%igen

Abb. 36:
Transpirationsdynamik (TR) über Bodenfeuchtedynamik (dbT3301b) und Lufttemperatur (T_{ext}),
Doberschütz 1997

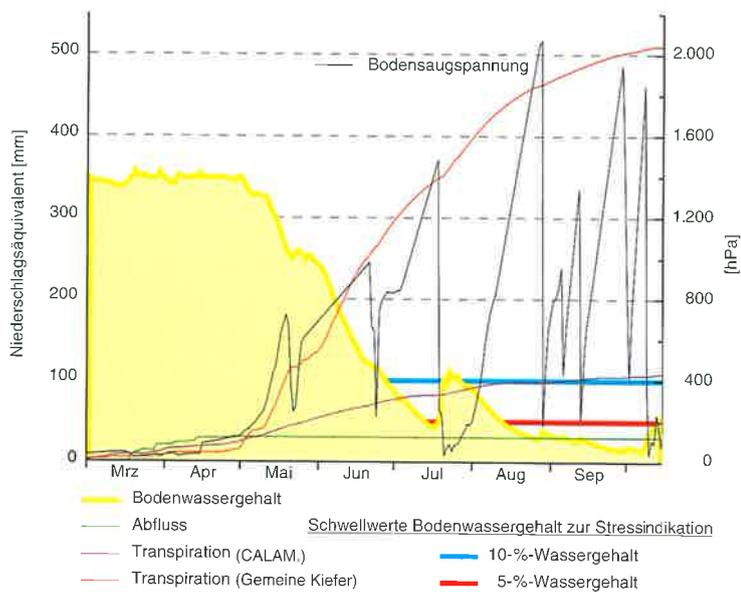


Abb. 37: Wasserhaushaltsdynamik von Kiefern-Forstökosystemen am Versuchsstandort Doberschütz, bei extrem geringen Niederschlägen während der Vegetationsperiode (240 mm) und einer hohen Kiefern-Bestandesdichte

Vegetation aus *Calamagrostis epigejos* ein. Entsprechend den aktuellen mikroklimatischen Bedingungen, wird eine tägliche Bilanz von Niederschlägen (Inputs) und Transpirationsraten (plus eventuelle Abflussraten) erstellt und so eine einfache Dynamik der Bodenwasservorräte für unterschiedliche Oberbestandesdichten simuliert.

Der Bodenwassergehalt ist in den Abb. 37–39 durch die ausgefüllte Fläche als Niederschlagsäquivalent dargestellt (100 mm entsprechen 10 Vol. % Bodenwassergehalt für 1 m Bodentiefe). Zur besseren Interpretation wurden 2 waagerechte „Kennlinien“ bei 5 % und 10 % Bodenwassergehalt eingeführt. Sie sollen Schwellwerte darstellen, bei deren Unterschreitung Bodenwasserstress einsetzt (<10 %) und extrem wird (<5 %). Nur wenn die jeweiligen Linien sichtbar sind, sinkt der Bodenwassergehalt unter den jeweiligen Schwellwert.

Die Transpiration des Kiefernoberbestandes und der *Calamagrostis*-Bodenvegetation wird jeweils als Kumulation der täglichen Werte aufgetragen und ist ebenfalls als Niederschlagsäquivalent ausgedrückt (mm). Als Validierungsparameter ist jeweils der gemessene Saugspannungsverlauf (hPa) eingezeichnet. Die gute Übereinstimmung (hohe Saugspannungen bei niedrigen Bodenwasservorräten) von Saugspannungsdynamik mit der berechneten Bodenwassergehaltsdynamik spricht für den verwendeten Ansatz.

Der Jahresgang des Wasserhaushalts von Kiefern-Forstökosystemen wird im Folgenden beispielhaft für den Witterungsverlauf des Jahres 1997 erstellt.

Zu Grundwasserneubildungen kommt es nur in sehr geringem Maße und auch nur zu Beginn der Vegetationsperiode.

Ab Mitte Juni zeigen sich temporäre Wasserstress-Situationen, die Mitte Juli schon kurzzeitig extreme Formen annehmen und sich ab der 2. Augushälfte extrem verschärfen.

Ausdruck dafür sind sehr geringe Bodenwasservorräte und extrem hohe Saugspannungsverhältnisse im Boden.

Selbst der Kiefern-Oberbestand erleidet offenbar in der 2. Julihälfte und ab Mitte August Wasserstress. *Calamagrostis* (CALAM.) ist etwa zu 15 % am gesamten Transpirationspotenzial beteiligt.

► FoA Doberschütz, Revier Wartha, 632a¹

Klima:

Forstliche Klimastufe „Dt“ (Tiefeland trocken), Makroklimaform „γ“ (Südmärker Klima) mit Übergängen zur Makroklimaform „φ“ (pseudomaritim beeinflusstes Lausitzer Klima)

Jahresmitteltemperatur: 8,0–9,0 °C

Jahresniederschlag: 520–600 mm

Standort:

Standortsformengruppe M2 (mäßig nährstoffversorgt, durchschnittliche Wasserversorgung)

Lokalbodenform: *Nedlitzer Sandbraunerde*

Humusform: mäßig frischer – frischer Rohhumus

Insgesamt ist der Wasserhaushalt unter Doberschützer Verhältnissen sehr angespannt. Die lichten Oberbestandesvarianten scheinen zunächst nur eine geringfügig günstigere Wasserhaushaltsdynamik aufzuweisen. Allerdings gelingt es durch die Auflichtung des Oberbestandes, den zeitlichen Stressverlauf in die Endphase der Vegetationsperiode zu verschieben und damit die Wirkung von Extremsituationen auf die Umbaupflanzen deutlich abzuschwächen.

Diese zeitliche Verschiebung physiologisch ungünstiger Umweltbedingungen bewirkt des Weiteren den Aufbau eines hinreichenden energetischen Potenzials (Reservestoffe) für den Übergang der Umbaupflanzen in die Vegetationsruhe. Hierdurch werden u. a. die Ausbildung der Frostresistenz, das Austriebsverhalten im folgenden Frühjahr und ggf. notwendige Regenerationsprozesse nach verschiedenartigen Schädigungen beeinflusst.

Im Vergleich zur Variante mit hoher Oberbestandesdichte kommt es zu etwas größeren Grundwasserneubildungen zu Beginn der Vegetationsperiode bis etwa Ende April. Temporäre Wasserstress-Situationen treten ab Ende Juni auf, jedoch ohne im Juli extreme Formen anzunehmen – im Gegensatz zur dichten Oberbestandesvariante. Ab der 2. Augushälfte verschärft sich aber auch hier der Wasserstress extrem. Ausdruck dafür sind geringe Bodenwasservorräte bei noch nicht ganz so hohen Saugspannungsverhältnissen im Boden (im Vergleich zur Variante mit der hohen Oberbestandesdichte). Der Kiefernoberbestand erleidet offenbar geringeren Wasserstress (keine so großen Transpirationseinschränkungen). *Calamagrostis* ist etwa zu 25 % am gesamten Transpirationspotenzial beteiligt, das – verglichen mit der dichten Oberbestandesvariante – etwas geringer ist.

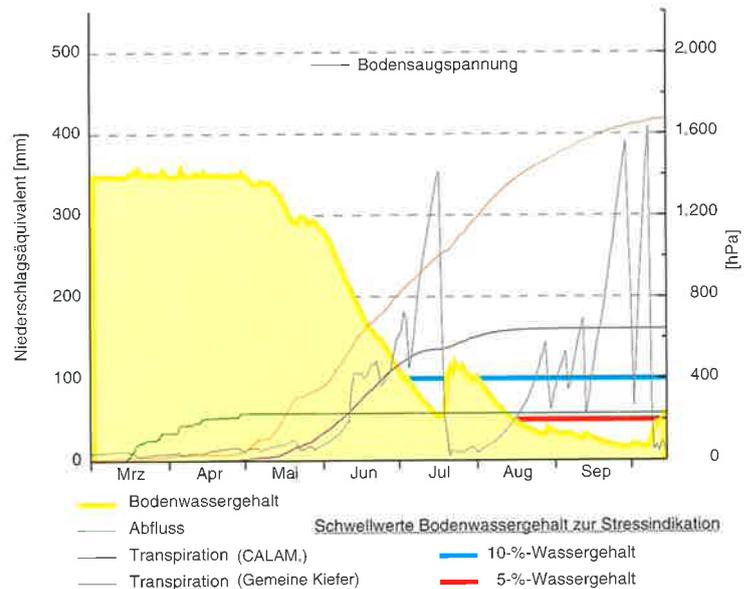


Abb. 38:
Doberschütz – mittlere Bestandesdichte

Der Kiefernoberbestand ist offenbar weit über das Potenzial anderer Baumarten und auch der Bodenvegetation hinaus in der Lage, relativ uneingeschränkt Wasser zu transpirieren, wodurch besonders in Wassermangelsituationen der Stress noch verschärft wird.

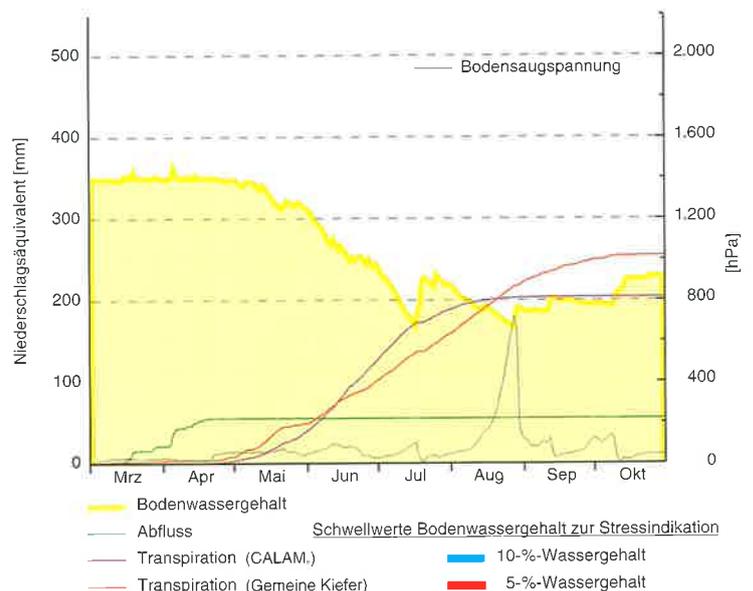
Strahlungsintensitäten verringert werden können. Dies erfordert eine gewisse (zumindest zeitweise) Beschattung durch den Oberbestand, was im Übrigen auch für den Schutz der Verjüngung vor Spätfrostschäden von besonderer Bedeutung ist.

Andererseits haben, wie oben dargestellt, ökophysiologische Untersuchungen an Voranbaubaumarten gezeigt, dass der „Transpirationsdruck“ und/oder die durch lang andauernde direkte Strahlung verursachten Schadeinflüsse durch die Abmilderung der extremen

Deutliche Effekte des „Transpirationsschutzes“ durch Beschattung werden bei Lichtintensitäten erreicht, die etwa dem B^0 0,5–0,6 eines Kiefern-Altbestandes entsprechen – dies sind auch die Oberbestandesdichten, die für einen ausreichenden Schutz vor Spätfrostschäden erforderlich sind.

Abb. 39:
Doberschütz – niedrige Bestandesdichte

Im Vergleich zur Variante mit hoher Oberbestandesdichte kommt es zu etwas größeren Grundwasserneubildungen zu Beginn der Vegetationsperiode bis etwa Ende April. Temporäre Wasserstress-Situationen treten erst im Juli und auch nur kurzzeitig auf, extrem wird die Stress-Situation erst im Spätsommer (2. Septemberhälfte). Ausdruck dafür sind die wesentlich höheren Bodenwasservorräte bei vergleichsweise moderaten Saugspannungsverhältnissen im Boden (im Gegensatz zur Variante mit der hohen Oberbestandesdichte). Der Kiefernoberbestand erleidet offenbar nur unwesentlichen Wasserstress (kaum Transpirationseinschränkungen). *Calamagrostis* ist etwa zu 40 % am gesamten Transpirationspotenzial beteiligt, das – verglichen mit den dichteren Oberbestandesvarianten – am geringsten ist.



Eine ähnliche Wirkung ist auch durch den Seitenschutz von südlich und westlich vorgelagerten Bestandteilen erreichbar, wenn die Auflichtungszone eine Baumlänge nicht wesentlich überschreitet.

Da unter diesen relativ extremen Bedingungen eine Umverteilung der Wasserressourcen zugunsten der Verjüngung notwendig ist und dies durch B^o-Absenkungen gewährleistet wird, die andererseits intensive Vergrasungstendenzen fördern, können Maßnahmen zur Reduzierung des Transpirationspotenzials der Bodenvegetation sinnvoll sein.

Unter diesen Bedingungen ist damit für die Minimierung des Investitionsrisikos von Waldumbaumaßnahmen eine Regulation der Bodenvegetation erforderlich. In Drahtschmielen-, Drahtschmielen-Blaubeer-, Blaubeer- und Drahtschmielen-Himbeertypen ist eine streifen- oder plätzeweise Bodenbearbeitung, die zu einer vorübergehenden Reduzierung der Konkurrenz der Bodenvegetation und z. T. auch des Feinwurzelsystems des Oberbestandes führt, ausreichend.

In Sandrohrtypen sollte eine chemische Flächenvorbehandlung und falls notwendig eine 1. Kulturpflege mit selektiven Herbiziden (Fussilade) erfolgen. Der Herbizideinsatz hat hierbei ausschließlich auf den Flächenteilen zu erfolgen, auf denen das Gras, ohne Berücksichtigung des toten Grasfilzes, Deckungsgrade > 20 % erreicht. In Sandrohr-Brombeertypen ist eine Flächenvorbehandlung mit Totalherbiziden (Roundup, Touch Down) zweckmäßig.

Für einen verantwortungsvollen, anhand des konkreten Zustandes und Entwicklungspotenzials der Bodenvegetation zu entscheidenden Herbizideinsatz sprechen folgende Argumente:

Es handelt sich um Forstökosysteme mit ausgeprägten Nährstoffdisharmonien. Durch die geringe Elastizität dieser Ökosysteme (Konkurrenzauflockerung im Oberbestand, fehlendes Potenzial natürlicher Gehölzverjüngung sowie längere Etablierungsphase der Voranbaupflanzen, um Konkurrenznicchen zu besetzen und damit einen Florenwandel herbeizuführen) ergibt sich eine ausgeprägte Entkopplung von Konkurrenz- auflockerungen in der Baumschicht und Regenerationsprozessen in Bodenvegetation und Strauchschicht.

Neben wirtschaftlichen Zielstellungen ist der Voranbau als

Energie-Input zu bewerten, um die benannten negativen Tendenzen in der Ökosystemdynamik zu kompensieren.

Vor dem Hintergrund einer angespannten Situation in der Ressourcenverfügbarkeit (Wasser), direkter Verdämmung und, insbesondere im Fall von Sandrohr-Decken, der Existenz und Ausdehnung von Mäusehabitaten, die den Umbauerfolg in Frage stellen können, ist eine Regulation der Bodenvegetation durch einmaligen (maximal zweimaligen) Herbizideinsatz eine vernünftige Maßnahme zur Investitionssicherung und Erneuerung der ökologischen Stabilität labiler Forstökosysteme.

Gleichzeitig wird eine zunehmende Florenverarmung auf N-(Ca-)eutrophierten Sandstandorten eingeschränkt.

Der Ersatz einer chemischen Regulation der Bodenvegetation durch mechanische Kulturpflege ist in seiner Effizienz deutlich zu hinterfragen, da insbesondere bei verdämmenden Grasdecken durch das Mähen lediglich die Ausbreitung der Gräser sowie die Verdichtung der Rasen gefördert wird, was zu einer erhöhten Wurzelkonkurrenz um die Ressource Wasser führt. Andererseits dürfte die mechanische Beseitigung tunnelbildender Brombeerdecken betriebswirtschaftlich problematisch sein.

Mit der eingeschränkten Verfügbarkeit ohnehin limitierter Ressourcen für die Voranbaupflanzen wird das Höhenwachstum der Umbaubaumarten gehemmt, wodurch sich die Periode einer permanenten Verbissgefährdung entscheidend verlängern kann.

Insbesondere auf Standorten mit extremem Wasserhaushalt sind Großpflanzen wegen ihres meist ungünstigen Wurzel/Spross-Verhältnisses nicht (!) als Problemlösung zu betrachten.

Es ist ökologischer Unsinn, in Bestockungs- und Bodenvegetationszuständen, die mittelfristig als kritische Habitate für eine Massenvermehrung von Mäusen angesehen werden müssen, auf die **Prävention** durch Herbizideinsatz zu verzichten, aber andererseits Rodentizideinsätze auf einem weit höheren trophischen Niveau als Mittel der Wahl zu betrachten. Das „schleichende“ Risiko verdämmender Florendecken wird unter Inkaufnahme der genannten Probleme, inkl. hoher ineffizienter Aufwendungen in der Kulturpflege und möglicher Qualitätseinbußen an der Folgebestockung, toleriert, um nach eingetretenen Schäden den Versuch zu unternehmen, deren weitere Ausweitung zu regulieren.

Generell geht es nicht um die Wiedereinführung chemischer Pflegeketten, sondern um eine wirtschaftlich und ökologisch verantwortungsbewusste Entscheidung zur Minderung des Investitionsrisikos waldbaulicher Maßnahmen mit dem Ziel, die Fähigkeit der Forstökosysteme zur Selbstregulation zu erneuern.

Im Rahmen der Prävention sind des Weiteren starke Auflichtungen während der Jungdurchforstung zu diskutieren, die **bei fehlenden Verjüngungsvorräten** die Inanspruchnahme standörtlicher Ressourcen durch die Bodenvegetation begünstigen. Die allmähliche Besetzung von Konkurrenzrischen im Oberbestand durch natürliche Gehölzverjüngung, die auch vom langfristigen Diasporenangebot und Verbissdruck abhängt, wird sehr zeitig zugunsten der Bodenvegetation entschieden. Diese Entwicklung könnte nur durch sofort einsetzende Unterbaumaßnahmen aufgefangen werden!

► **FoA Hoyerswerda, Revier Neukollm, 103a²**

Klima:

Forstliche Klimastufe: „Dm“ (Tiefeland, mäßig trocken), Makroklimaform „φ“ (pseudomaritim beeinflusstes Lausitzer Klima)

Jahresmitteltemperatur: 8,5–8,7 °C

Jahresniederschlag: 570–680 mm

Standort:

Standortsformengruppe: Z1–Z2 (ziemlich arm, überdurchschnittlich bis durchschnittlich wasserversorgt)

Lokalbodenform: Moränenkomplex 4–6

Humusform: frischer, ziemlich hoch aufgesättigter Rohhumus

Wesentlich günstigere Niederschlagsverhältnisse und abgemilderter Transpirationsstress durch moderatere Strahlungs- und Temperaturbedingungen bewirken gegenüber Doberschützer Verhältnissen eine deutlich entspanntere Bodenwasserdynamik.

Darüber hinaus erfolgt in den lichten Oberbestandesvarianten im Vergleich zu den dichten Oberbestandesvarianten eine weitere deutliche Entspannung der Bodenwasserdynamik.

Das Niederschlagspotenzial während der Vegetationsperiode reicht in Verbindung mit den Standortseigenschaften offenbar aus, um schon über eine Verringerung der Oberbestandesdichte, ohne regulierende Maßnahmen in der Bodenvegetation, eine wesentliche Entlastung des Bodenwasserhaushaltes zu erreichen.

Die Wasserhaushaltsdynamiken in zwei repräsentativen Kiefern-Forstökosystemen führen nach 5- bzw. 4-jähriger Versuchsdauer zu folgenden Ergebnissen:

1. Der Kiefernoberbestand ist die bedeutsamste Transpirationsquelle. Zudem transpiriert die Kiefer offenbar noch unter sehr trockenen Bodenwassergehaltsbedingungen und verschärft damit den Wasserstress für die Voranbaupflanzen und die Bodenvegetation.

2. Die angenommene Bodenvegetation aus 100 % *Calamagrostis epigejos* ist, in Abhängigkeit von der Auflichtung des Oberbestandes, mit 15–45 % an der Gesamttranspiration eines Kiefernwaldökosystems beteiligt.

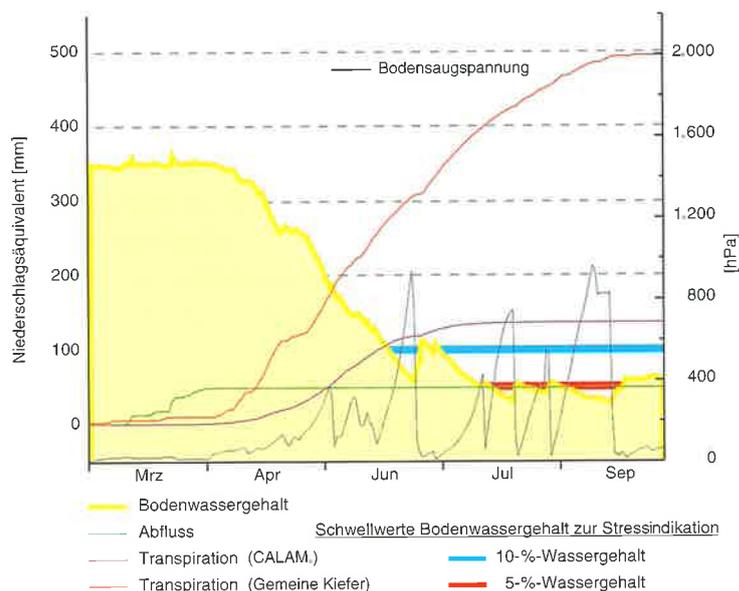
Abb. 40: Wasserhaushaltsdynamik von Kiefern-Forstökosystemen am Versuchsstandort Hoyerswerda, bei günstigen Niederschlagsbedingungen während der Vegetationsperiode (> 300 mm) und hoher Kiefern-Bestandesdichte

Zu Grundwasserneubildungen kommt es auch an diesem Versuchsstandort nur zu Beginn der Vegetationsperiode.

Die Bodenwasservorräte nehmen im Verlaufe der Vegetationsperiode ab, temporäre Wasserstress-Situationen treten kurzzeitig im Juli sowie ab Anfang August auf. Extremere Wasserstress tritt ab August mit kurzen Unterbrechungen bis Oktober auf.

Ausdruck dafür sind die geringen Bodenwasservorräte und relativ hohen Saugspannungsverhältnisse im Boden. Der Kiefernoberbestand erleidet offenbar kaum durch den Bodenwassergehalt bedingten Wasserstress.

Calamagrostis ist etwa zu 20 % am gesamten Transpirationspotenzial beteiligt.



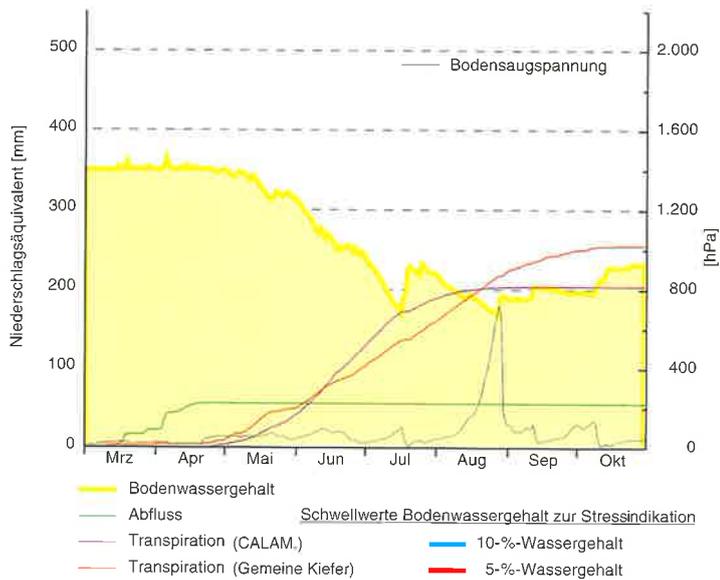


Abb. 41:
Standort Hoyerswerda
– günstigere
Niederschlags-
bedingungen bei
niedriger Kiefern-
Bestandesdichte

3. Unter extrem niederschlagsarmen Bedingungen in der Vegetationsperiode (Mai bis September weniger als 280 mm Niederschläge, ausgeprägte typische Trockenperioden im Juni und/oder Juli – Monatsniederschläge < 30 mm, hohe Lufttemperaturen und hohe Strahlungsintensität) kann der „zusätzliche“ Wasserverbrauch einer 100%igen *Calamagrostis-epigejos*-Bodenvegetation Wasserreserven für das Baumwachstum erheblich reduzieren.

Eine Verbesserung der Bodenwasserdynamik durch Bestandesauflichtung kommt offenbar zustande, jedoch sind die Ressourcen unter diesen Bedingungen so weit limitiert, dass die Bodenvegetation – je nach jahreszeitlicher Dynamik – einen erheblichen Teil dieses Gewinns wieder verbrauchen kann.

Generell sind die Verfahren des Waldumbaus unter diesen Bedingungen zu modifizieren – die Standortressourcen erlauben nur eng begrenzte Verbrauchskapazitäten, so dass ein (klein-)flächiges Nebeneinander (horizontale Strukturierung der Bestände) von Oberbestand und Verjüngung sinnvoll erscheint.

Wirklich mehrschichtige Waldstrukturen sind für Geotope mit extremem Wasserhaushalt problematisch. Der Aufbau solcher Waldstrukturen wird zudem durch den Interzeptionswiderstand und den Wasserverbrauch einer flächendeckenden Bodenvegetation erheblich erschwert. Die Konzentration

Im Vergleich zur Variante mit hoher Oberbestandesdichte kommt es auch in Hoyerswerda zu etwas größeren Grundwasserneubildungen zu Beginn der Vegetationsperiode. Zwar nimmt auch hier der Bodenwasservorrat im Verlauf der Vegetationsperiode ab, aber es kommt nie zu temporären oder gar extremen Wasserstress-Situationen!

Ausdruck dafür sind die wesentlich höheren Bodenwasservorräte bei insgesamt sehr günstigen Saugspannungsverhältnissen im Boden (im Vergleich zur Variante mit der hohen Oberbestandesdichte).

Der Kiefernoberbestand erleidet keinen Wasserstress (keine bodenwassergehaltsbedingten Transpirationseinschränkungen).

Calamagrostis ist etwa zu 45 % am gesamten Transpirationspotenzial beteiligt, das – verglichen mit den dichteren Oberbestandesvarianten – deutlich geringer ist.

der Ressourcen auf die Baumschicht(en) erscheint daher notwendig.

4. Unter etwas günstigeren Niederschlagsbedingungen (etwa ab Niederschlagsmengen von mehr als 300 mm während der Vegetationsperiode), ohne ausgeprägte Trockenperioden im Juni/Juli, kann eine Oberbestandesauflichtung allein zu einer erheblichen Verbesserung des Bodenwasserhaushaltes führen. Die Ressourcenfreisetzung durch die Verringerung der Oberbestandestranspiration (Auflichtung) wird bei weitem nicht durch die Bodenvegetationsdynamik nivelliert und steht somit überwiegend der Baumschicht und der Verjüngung zur Verfügung.

5. Als Schutz vor direkten Strahlungs- und Spätfrostwirkungen sollte über Voranbauten ein Kiefernoberbestand von 0,6 B° bestehen bleiben. Dieselbe Wirkung kann auch durch den Seitenschutz angrenzender Althölzer erreicht werden, insofern die Breite der Voranbaufläche eine Baumlänge nicht überschreitet. Bei diesen Oberbestandesdichten wird zudem der Wasserverbrauch des Kiefernbestandes pro Flächeneinheit schon erheblich eingeschränkt, so dass hier ein Optimum der Eingriffsstärke auf vorgesehenen Verjüngungsflächen besteht. Liegen die einzelnen Verjüngungshorste im Seitenschutz voll bestockter Bestandteile, ist auch die horizontale Bestandesstruktur für Waldumbauvorhaben in Kiefernbeständen optimiert.

6. Starke Eingriffe in jüngeren Kiefernbeständen (etwa ab beginnender Jungdurchforstung) sollten auch wegen der Beeinflussung des Bodenwasserhaushaltes mit Unterbaumaßnahmen gekoppelt sein, da sonst sowohl erhebliche Wasserpotenziale durch die Bodenvegetation beansprucht werden als auch Chancen zur natürlichen Verjüngung der Bestände verloren gehen.

Als Konsequenz aus den oben dargestellten Beziehungen zwischen Überschildung, Bodenvegetation und ökophysiologischen Dynamiken der Voranbaumarten sollten daher kleine Verjüngungsflächen mit Seitenschutzwirkung vor klimatischen Extremen (Strahlung, Spätfrost), in Kombination mit einer stärkeren Auflichtung des Oberbestandes über dem Verjüngungselement, zum Regelverfahren bei Waldumbaumaßnahmen in Kiefernbeständen werden. Diese Vorgehensweise verbindet einen weitgehend entspannten Wasserhaushalt mit einem ausreichenden Schutz vor intensiver Strahlung und Spätfrostereignissen.

Standorte mit extremen und periodisch wiederkehrenden Trockenperioden (Klimabereich Dt ohne Grundfrische) sollten nicht aktiv in den Waldumbau im Sinne eines Baumartenwechsels einbezogen werden.

3.4.2 Bodenbearbeitung

Die Entwicklung von Fichten- und Kiefern-Forstökosystemen bedingt mehr oder weniger ausgeprägte Veränderungen des physikalischen und chemischen Standortzustandes. Die Intensität dieser Veränderungen wird durch das Puffervermögen des Standortes gegenüber anthropogen bedingten Stoffeinträgen in Verbindung mit einer ausgeprägten Homogenisierung der Struktur- und Diversitätsmerkmale in diesen Forstökosystemen bestimmt.

Im Zusammenhang mit dem Waldumbau ist eine Verbesserung der physikalischen und chemischen Eigenschaften des Pflanzbettes und/oder eine Reduktion konkurrierender Bodenvegetation, z. T. auch der Konkurrenz des Feinwurzelsystems des Oberbestandes von besonderem Interesse.

Mit der Bodenbearbeitung sollen folglich Oberboden- und Bodenvegetationszustände überwunden werden, die die Entwicklungen der Saaten oder Anbauten negativ

beeinflussen oder das Ankommen und Aufwachsen von Naturverjüngungen verhindern oder erheblich einschränken. Im Fall von stark devastierten Standorten ist hiermit eine tief greifende Bodensanierung verbunden.

Die Verfahrensoptimierung wird vom Ziel der Bodenbearbeitung sowie den Standorts- und Bestockungsverhältnissen bestimmt.

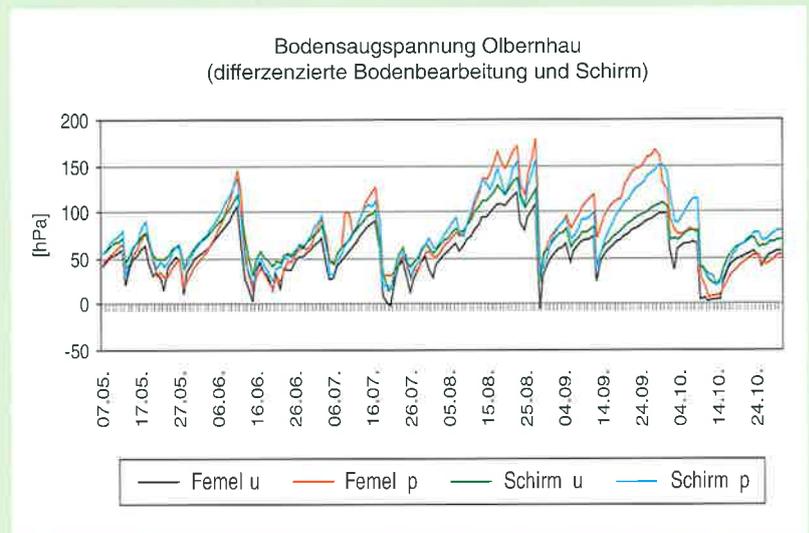
3.4.2.1 Mittelgebirge und Hügelland

Mittelgebirge

Auf terrestrischen Standorten können sowohl streifen- als auch plätzweise arbeitende Technologien eingesetzt werden. Aufgrund der starken Bodenversauerung ist die Bodenbearbeitung möglichst mit einer Kalk-einarbeitung von ca. 0,5–1 kg MgCa pro Pflanzplatz bzw. pro lfd. M, bei einer Bearbeitungstiefe von mindestens 40 cm, zu kombinieren.

Bei Bestockungsgraden oberhalb 0,5–0,6 sollten aufgrund der für den Oberbestand schonenderen Arbeitsweise bevorzugt plätzweise arbeitende Verfahren eingesetzt werden. Bei geringerem B° des Oberbestandes erreichen streifenweise Fräsverfahren aufgrund einer intensiven Bodendurchmischung gute Ergebnisse. Voraussetzung ist ein geringer Skelettanteil.

Abb. 42:
Bodenwasserdynamik von gewachsenem (u) und bearbeitetem Boden (p) im Bereich von Femel-Schirm- und Femel-Lochhieben im Fichten-Umbauversuch Olbernhau 1999



Für die Initiierung von Naturverjüngungen oder Vorbereitung von Saaten sind flach arbeitende Fräsverfahren mit einer Bearbeitungstiefe von ca. 20 cm gut geeignet. Da nur kleine Basismaschinen (50 kW) erforderlich sind, besitzen diese die erforderliche Wendigkeit und sind kostengünstig einsetzbar.

Die Anwuchs- und Wachstumsergebnisse von Voranbauten in den ersten 5 Jahren sind bei Einsatz dieser Technologien gut bis sehr gut. Auf terrestrischen Standorten konnten keine negativen Folgen für den Bodenwasserhaushalt nachgewiesen werden.

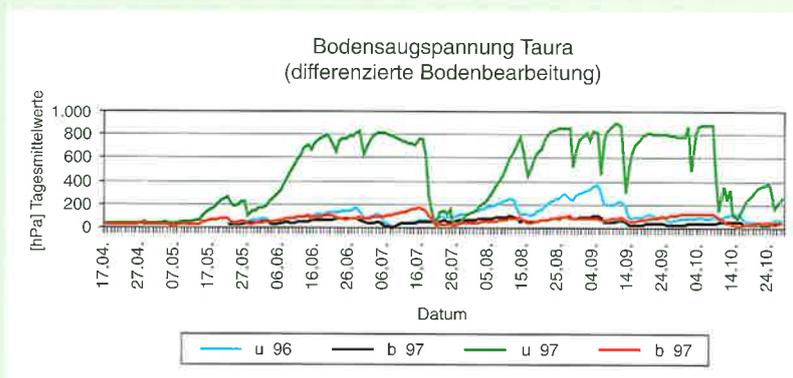
Im Fichten-Umbauversuch Olbernhau wurden gegenüber dem gewachsenen Boden in den Peint-plant-Frässtreifen nur geringfügig günstigere Verläufe der Bodensaugspannung während der Vegetationsperiode ermittelt. Insgesamt liegt die Bodensaugspannung im gut wasserversorgten Bereich (vgl. Abb. 42).

Die entscheidende Wirkung des Frässtreifens betrifft folglich nicht die Verbesserung der Wasserversorgung für die Umbaupflanzen, sondern die biologisch-technische, tief greifende Standortssanierung auf einer relativ großen Anteilfläche. Es erfolgt eine Kombination von Kalkeinarbeitung/Anbau der Zielbaumarten und die Förderung der Naturverjüngung von Weichlaubhölzern im weiteren Verlauf der Bestandessukzession. Die beiden letztgenannten Komponenten bewirken eine langfristige Einbindung des Basenschubes in den Stoffkreislauf, wodurch die Nachhaltigkeit der Meliorationsmaßnahme begünstigt wird.

Unter dichteren Oberbestandssituationen, etwa ab $B^0 > 0,5$, bieten sich platzweise arbeitende Bohrtechnologien an, die ebenfalls mit einer integrierten Kalkeinarbeitung gekoppelt sind. Der mit dem Beginn der Einsatzversuche festgestellte Trend, dass es in diesen Pflanzplätzen zu Staunässeerscheinungen kommen kann, wurde für den Bereich unterhalb 30 cm Bodentiefe bestätigt.

Der Einsatz von Pflanzplatzbohrern ist daher auf Standorte zu begrenzen, die nicht zur Vernässung neigen. Auf zur Vernässung neigenden Standorten haben sich aufhöhende Technologien, wie die Anlage von Pflanzhügeln nach vorangegangenem Grasabzug mittels Schreitbagger, bewährt.

Abb. 43:
Vergleich der Bodensaugspannungsdynamik im gewachsenen Boden (u) und in Frässtreifen (b) unter dem Kiefern-Umbauversuch Taura während der Vegetationsperioden 1996/97



Hügelland

Auf den typischen Pseudogleystandorten haben sich besonders aufhöhende Technologien bewährt, das gilt auch hier für die Schaffung von Pflanzplatzhügeln nach plätzweisem Grasabzug mittels Schreitbagger oder, als Alternative, für Aufhöhepflughöhen. Die Aufhöhung ist insbesondere dann von Vorteil, wenn durch die Bodenbearbeitung der Stauhorizont nicht durchbrochen werden kann. Auf diesen Standorten ist aufgrund der punktuellen „Sogwirkung“ von plätzweise arbeitenden Bohrtechnologien abzusehen.

3.4.2.2 Tiefland

Auf die überwiegend sandigen Substrate des Tieflandsbereiches sind in der Vergangenheit in der Regel erhebliche basische Einträge niedergegangen, so dass auf eine Kalkung verzichtet werden kann. Die dauerhafte Stabilität der Waldstandorte ist vor allem durch entsprechende Baumartenmischungen zu gewährleisten.

Da hier die Wasserversorgung der limitierende Standortsfaktor ist, darf durch die Bodenbearbeitung keine negative Wirkung auf Wasserspeicherkapazität und Pflanzenverfügbarkeit dieser Ressource entstehen.

Zudem soll die regional übermäßige Konkurrenz der Bodenflora bis zur Sicherung der Voranbauten zurückgedrängt werden, danach übernimmt zunehmend die Verjüngung die regulierende Funktion gegenüber der Bodenvegetation.

Nach unseren Erfahrungen haben sich hierbei die klassischen Verfahren des streifenweisen Pflügens durchaus bewährt. Eine interessante Alternative sind jedoch die speziell für sandige Substrate entwickelten Frässtechnologien. Durch die günstige Vermischung des humosen Oberbodens mit dem organischen Material der Humusaufgabe und des Feinreisigs, das bei dieser Technologie auf der Fläche verbleiben kann, konnte eine verbesserte Wasserversorgung des Voranbaus festgestellt werden. Diese günstige Modifikation des Bodenwasserhaushalts zugunsten der Umbaupflanzen wird durch die Abtrennung vom wasserentziehenden Feinwurzelsystem des Oberbestandes der Umgebung weiter verstärkt (vgl. Abb. 43).

Zudem ist ein weniger flächendeckender Eingriff in die Waldbodenstruktur gegeben als bei den klassischen

Pflugtechnologien, und die Voranbauten sind zu Pflege- und Kontrollzwecken wesentlich besser begehbar. Pflugbalken bilden in vergrasteten Flächen hervorragende Mäuseburgen, die mit einem reichen Nahrungsangebot gekoppelt sind.

Regulation der Bodenvegetation

Durch lang anhaltend fortschreitende Auflichtungsprozesse in Nadelbaumaltbeständen, steigende Stickstoffimmissionen und die Eliminierung der natürlichen Gehölzverjüngung durch permanenten Verbissdruck ist ein erheblicher Flächenanteil der zur Verjüngung/zum Waldumbau anstehenden Waldbestände vergrast.

Geschlossene Grasdecken unterbinden langfristigen nennenswerten Naturverjüngung und damit die Regeneration der Forstökosysteme. Die ohnehin überwiegend geringe Elastizität gegenüber biotischen und abiotischen Störungen kommt nahezu vollständig zum Erliegen. Gegenüber Voranbauten bilden verdämmende Florendecken ein erhebliches Konkurrenzproblem und sind ideale Mäusebiotope, wodurch der neuen Waldgeneration schwerste Schäden zugefügt werden können.

Der Wasserverbrauch geschlossener Bodenvegetationsdecken kann bis zu 50 % der Gesamttranspiration in Waldumbauflächen erreichen. In den ohnehin schlecht wasserversorgten Sandstandorten des Tieflandes entsteht dadurch – insbesondere unter den geringsten Wasserversorgungsbedingungen – ein erhebliches Gefährdungspotenzial für den Waldumbau. Der zunächst mit hohen Kosten verbundene Aufbau potenzieller Möglichkeiten einer biologischen Automation des Waldbaus erleidet empfindliche Rückschläge.

Durch Bodenbearbeitung lässt sich diese Konkurrenzvegetation zumindest zeitweise für den Wuchsraum der Jungpflanzen zurückdrängen und/oder es wird das Ankommen der Naturverjüngung inkl. der Weichlaubbaumarten ermöglicht.

Bei intensiver Vergrasung bewirkt die Bodenbearbeitung allerdings nur zeitlich stark begrenzte Effekte für die Naturverjüngungen, Saaten aber auch kleinere Pflanzensortimente, die sich gerade für Standorte mit extremem Wasserhaushalt durch ein günstiges Wurzel/Spross-Verhältnis auszeichnen. Eine risikoarme, zügige Entwicklung der Umbaupflanzen (Frost- und Verbisszone) erfordert unter den genannten Umstän-

den eine intensivere Konkurrenzregulation der Bodenvegetation.

Auf stark vergrasteten Standorten, insbesondere mit knappen Wasserressourcen und/oder bei permanent hohen Mäusepopulationsdichten, ist damit nicht auszuschließen, dass eine zusätzliche Bodenvegetationsbekämpfung für den Verjüngungszeitraum über den Erfolg des Waldumbaus entscheiden kann.

Dazu können durchaus verschiedene Methoden angewendet werden. So sind chemische Flächenvorbehandlungen mit Totalherbiziden im Jahr vor der Verjüngung möglich. Nach dem Einbringen der Verjüngung können nur noch selektiv wirkende Herbizide angewendet werden, deren Wirkung meist stark vom exakten Einhalten der Ausbringevorschriften (Zeitpunkt und Dosierung) abhängt. In Versuchsflächen wurde auch schon das flächige Ausbringen von Hackschnitzeln zur Verdämmung der Bodenvegetation angewandt. Diese Methode erfüllt den Zweck auch sehr gut, ist aber aus Kostengründen kaum zu vertreten. Beide Wege tragen zur höheren Effektivität (Auflaufen und Überdauern) von Naturverjüngungsprozessen bei.

Um die Bodenvegetation möglichst schnell durch die Konkurrenzwirkung der Verjüngung zu regulieren (schneller horizontaler Schluss), sind höhere Pflanzenzahlen erneut zu diskutieren.

Des Weiteren haben sich unter den Standortbedingungen des Tieflandes und auf den Pseudogleystandorten des Hügellandes Eichenpflanzen mit Sprosshöhen über 50 cm durch hohe Ausfälle und geringes Höhenwachstum als besonders problematisch erwiesen. Vorrangig sollte daher auf Sortimente zwischen 20 und 50 cm zurückgegriffen werden. Auf Sandstandorten mit geringer Vergrasungsgefahr sind 1-jährige nicht unterschrittene Pflanzen optimal.

Bei den anderen Umbaubaumarten haben sich Sortimente zwischen 50 und 80 cm gut bewährt. Eine Sprosshöhe von 80 cm sollte jedoch keinesfalls überschritten werden, da damit vielfach ungünstige Relationen zwischen absorbierender (Wurzel) und assimilierender Phytomasse gegeben sind, die sich negativ auf das An- und Aufwachsen der Voranbauten auswirken.

In jedem Fall ist nach unseren bisherigen Ergebnissen ein wirksames Vermeiden von Mäuseschäden nur durch die Beeinflussung des Biotops gelungen. Dem entspricht eine Veränderung der Vitalität und

Artenzusammensetzung oder Unterdrückung der Bodenvegetation für mittlere Zeithorizonte von 5 bis 10 Jahren.

3.5 Standortgerechte und bewirtschaftungskonforme Baumartenwahl, Mischungsformen und Flächengrößen

Prinzipiell sollten möglichst mehrere **standortgerechte** Baumarten in das Verjüngungsziel eines konkreten Bestandes einbezogen werden, **bewährte** fremdländische Baumarten eingeschlossen. Nicht standortsheimische Baumarten müssen folgende Anforderungen erfüllen:

- **höhere Wuchsleistung im Vergleich zu den natürlich vorkommenden Baumarten, in Verbindung mit potenziell guten Vermarktungsmöglichkeiten,**
- **phytopathologische Unbedenklichkeit,**
- **synökologische Verträglichkeit.**

Die Integration eines möglichst weiten standortgerechten Baumartenspektrums in den Waldumbau ist aus folgenden Gründen vorteilhaft:

1. Es erfolgt innerhalb der Baumschicht eine Risikoverteilung gegenüber Schadeinwirkungen bzw. Umweltänderungen, was zur Erhöhung ökologischer Stabilität führt.
2. Die Streuproduktion verschiedener Baumarten, unterschiedliche artspezifische Strategien bei der Erschließung des physiologisch nutzbaren Bodenprofils und die Besetzung ökologischer Nischen führen zur Optimierung der Beziehungen zwischen Geotop und Phytozönose.
3. Durch mehrere Baumarten ist eine optimale Anpassung an kleinstandörtlich wechselnde Bedingungen möglich.
4. Unterschiedliche ökologische Eigenschaften der Baumarten – wie unterschiedliches Wuchsverhalten, unterschiedliche Schattentoleranz, unterschiedliche Anpassung an das Standortmosaik – erlauben eine standortsbezogene, räumliche und zeitliche Strukturierung der neuen Waldgeneration. Gleichrangig mit der verbesserten ökologischen Stabilität, wird hiermit eine höhere Kontinuität der Massen- und Wertleistung in Verbindung mit einer flexiblen Angebots-(Sorten-)Struktur erreicht.

Je nach Alter, Zustand und Größe des vorhandenen Nadelbaumreinbestandes wird eine bestimmte Geschwindigkeit und flächige Ausdehnung des Waldumbaus erforderlich sein. Um möglichst frühzeitig umfassende Informationen zur Standortseignung bestimmter Baumarten machen zu können, wurden spezielle Prognosesysteme für die Waldverjüngung entwickelt. Weit über die aktuellen Fragen des Waldumbaus hinaus, sollen diese Prognosesysteme als Ergebnis kontinuierlicher Forschungsarbeit zu fundierten Aussagen darüber führen, inwieweit potenzielle Umweltveränderungen durch eine modifizierte Waldbewirtschaftung kompensiert werden können, oder einen tief greifenden Wechsel in der Baumartenzusammensetzung erfordern.

3.5.1 Wachstums- und Entwicklungsprognosen für Waldumbaubaumarten

Für das Wachstum und die Entwicklung verschiedener Waldumbaubaumarten wurde, unter Berücksichtigung der jeweiligen standörtlichen Voraussetzungen und Bewirtschaftungsziele, an der LAF ein spezielles Prognosesystem entwickelt.

Das kausal orientierte Prognosesystem basiert auf der Nachbildung wichtiger physiologischer Pflanzenfunktionen, deren Umweltabhängigkeit und einer angenommenen Funktionalität für die Gesamtpflanze (vgl. Abb. 44, Funktionsschema).

Durch den Einbau artspezifischer Umweltabhängigkeiten, Biomasserelationen und Parameter sowie die Verknüpfung mit den verschiedenen Varianten der gemessenen mikroklimatischen Dynamik können umweltabhängige Entwicklungsprognosen für Umbaubaumarten erstellt werden.

Funktionsschema für Einzelbaummodell Verjüngung/Voranbau

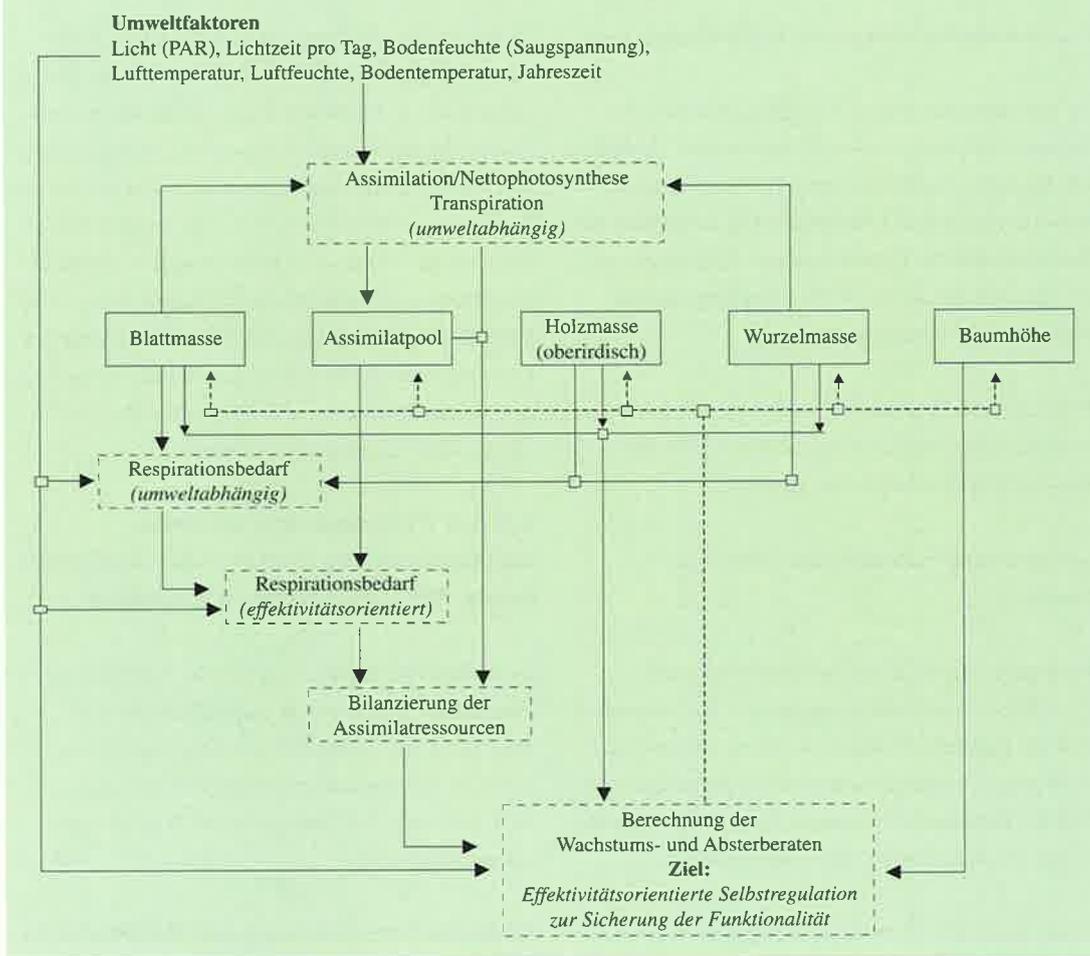


Abb. 44:
Funktionsschema für die umweltabhängige Einzelbaumentwicklung von Voranbaubaumarten

Aktuelle Gültigkeitsbereiche des Modellsystems

Der Gültigkeitsbereich des Modellsystems bezieht sich auf die Verjüngung von Laubbaumarten mit klimaxartigen Wachstumsstrategien unter Schirm. Durch Vereinfachungen im Modell sind Prognosen zunächst nur im Zeitbereich von der Pflanzung bis zum Erreichen einer maximalen Höhe von 5 m bzw. bis zum angehenden horizontalen Schluss der Verjüngung möglich.

Funktionsprinzip des verwendeten Modellsystems (vgl. Abb. 44)

Einbezogene Umweltfaktoren

Die Daten liegen als Tagesmittelwerte getrennt für die jeweilige „Lichtzeit“ und „Dunkelzeit“ vor. Die in die Berechnungen eingehenden Einflussfaktoren sind:

- die Intensität der photosynthetisch aktiven Strahlung (PAR) in $\text{mmol/m}^2\text{s}$,

- die Lufttemperatur in $^{\circ}\text{C}$ und die relative Luftfeuchtigkeit in %,
- die Bodentemperatur in 30 cm Tiefe in $^{\circ}\text{C}$,
- die Bodensaugspannung in 30 cm Tiefe in hPa.

1. Aktuelle umwelt- und zustandsabhängige Prozesse jedes Zeitschritts

- ▶ Photosynthese/Assimilation
- ▶ Respiration

Die **Umweltabhängigkeit** wird für jeden Zeitschritt durch den aktuellen Status mikroklimatischer Faktoren in Verbindung mit der Ressourcenverfügbarkeit (z. B. Bodensaugspannung) unter definierten relativ statischen Eigenschaften der Geotope (z. B. Lokalbodenform, Makroklima) sowie einer weitgehend homogenisierten Konkurrenzsituation des Oberbestandes bestimmt.

Die **Zustandsabhängigkeit** von Photosynthese und Assimilation einerseits und der Respiration andererseits wird durch den **phänologischen, metabolischen**

und physiologischen Status der Voranbaupflanze bestimmt.

2. Assimilataufwendungen für Wachstumsprozesse

Die Assimilataufwendungen des Einzelbaumes für Wachstumsprozesse werden als **optimiertes Modellprinzip** durch das **Streben nach höchsten Produktionsraten bei hoher Effektivität und Erhaltung der Funktionalität des Gesamtbaumes** in Abhängigkeit von der Dynamik der Umweltbedingungen und der saisonalen Entwicklung bestimmt.

Die Assimilataufwendungen werden nach umwelt- und zustandsabhängigen Prioritätskriterien für Wurzel-, Holz- und Blattwachstum vergeben.

3. Bilanzierung/Umsetzung der „aktuellen“ Prozesse

Die aktuellen Assimilations- und Respirationsraten, die notwendigen Assimilataufwendungen für Wachstumsprozesse, die Dynamik der Assimilatreserven werden hierarchisch gegeneinander gewichtet und auf die tatsächlichen Raten der Biomassecompartments (Wurzel, Spross, Blätter) und den Assimilatpool als Ganzes aufgeteilt.

Vorher berechnete Assimilataufwendungen werden in potenzielle Biomassezuwächse der Wurzel, des Spross-Systems und der Blätter umgerechnet und mit der Reservestoffbildung, der energetischen Absicherung physiologischer und metabolischer Prozesse im Verhältnis zur aktuellen Assimilationsrate bilanziert.

4. Umrechnen der Einzelbaumwerte (2.) für Gesamtindividuenzahlen/ha

Da bei den Berechnungen keine Effekte wie Selbstbeschattung, intraspezifische Konkurrenz oder Verschiebung der räumlichen Dimensionen bei größeren Bäumen berücksichtigt werden, kann nur ein Bereich von bis zu 5 Jahren und/oder einer Bestandeshöhe von 3–5 m sicher dargestellt werden. Dies ist aber für den angestrebten Zweck, die Optimierung der Umweltbedingungen in der Initialphase des Waldumbaus, völlig ausreichend. Im Simulationssystem sind verschiedene Dynamiken der Biomasse- und Assimilatentwicklung, der Assimilatbilanzen und Transpirationsmengen bis hin zur Höhenentwicklung abrufbar.

3.5.1.1 Prognose des umwelt-abhängigen Wachstums der Rotbuche unter Mittelgebirgsbedingungen

Da für Mittelgebirgsbedingungen die Rotbuche die Hauptbaumart im Rahmen von Waldumbaumaßnahmen ist, soll beispielhaft für diese Baumart die Entwicklung unter verschiedenen Bedingungen – PAR-Strahlung, Lufttemperatur und Bodenfeuchte – dargestellt werden.

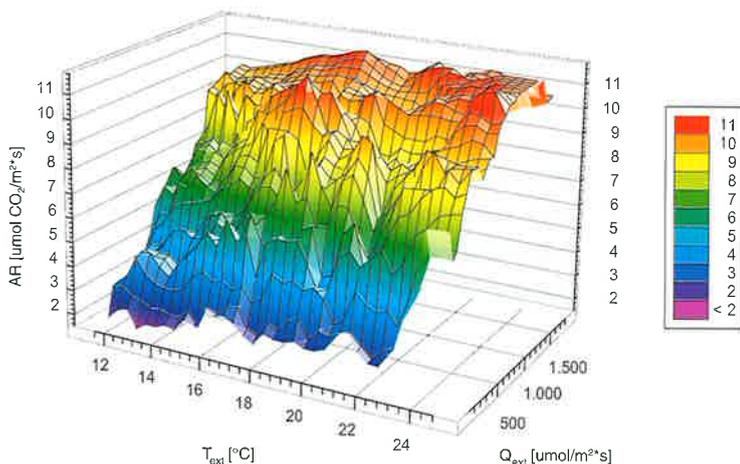
Assimilationsleistung der Rotbuche in Abhängigkeit von der Lufttemperatur und der PAR-Strahlung

Bei den registrierten guten Bodenfeuchteverhältnissen wird der Sättigungsbereich der Strahlung noch nicht überschritten. Auch das Zusammenwirken zwischen hohen Strahlungswerten und hohen Lufttemperaturen bewirkt unter diesen Bedingungen keinen Rückgang oder gar Zusammenbruch der Assimilatproduktion. Entlang eines Temperaturgradienten zwischen 12 und 22 °C bewirken steigende Strahlungsraten einen ausgeprägten Anstieg der Assimilationsraten, wobei sich bei Strahlungsintensitäten zwischen 1.500 und 2.000 mol/cm²*s die Kulmination der Stoffproduktion abzeichnet (vgl. Abb. 45).

Transpiration der Rotbuche in Abhängigkeit von der Bodenfeuchte und der Intensität der photosynthetisch aktiven Strahlung

Auch die Transpiration nimmt aufgrund der guten Bodenfeuchteverhältnisse mit der Strahlung bis zu

Abb. 45:
Assimilation (AR) der Rotbuche im Mittelgebirgsraum in Abhängigkeit von der Lufttemperatur (T_{ext}) und der PAR-Strahlung (Q_{ext})



maximal registrierten Intensitäten zu. Gravierende Einschränkungen bei hohen Lichtintensitäten treten nicht auf. Die Wasserversorgung ermöglicht folglich eine ungehemmte Stoffproduktion, die selbst bei höheren Strahlungswerten nicht zugunsten einer temporären Erhöhung der Dürre-resistenz gedrosselt werden muss.

Transpiration der Rotbuche in Abhängigkeit von der Bodenfeuchte und der Lufttemperatur

Die Transpiration nimmt bei relativ hohen Lufttemperaturen (20–25 °C) exponentiell zu. Auch unter dem Einfluss höherer Bodensaugspannungen sind keinerlei Einschränkungen der Transpiration aufgrund von Ressourcenknappheit zu verzeichnen (vgl. Abb. 47).

Aus den Grafiken der komplexen Zusammenhänge zwischen der ökophysiologischen Aktivität der Rotbuche und dem Einfluss der Umweltfaktoren Lufttemperatur, Bodenwasserverfügbarkeit und Licht wird klar ersichtlich, welche große, limitierende Wirkung die Faktoren Licht und Lufttemperatur im Mittelgebirgsraum auf das Wachstum der Rotbuche ausüben.

Im Gegensatz zu gleichartigen Dynamiken anderer Baumarten, aber auch der Rotbuche im Tieflandsbereich (Sandstandorte), sind auf dem untersuchten Mittelgebirgsstandort Abhängigkeiten oder Reaktionen auf Bodenfeuchteänderungen nicht erkennbar, da Wassermangelsituationen im beobachteten Standortspektrum keine Rolle spielen.

3.5.1.2 Einfluss unterschiedlicher Überschirmungsverhältnisse auf das Wachstum von Rotbuchenvoranbauten

Zum besseren Verständnis der Reaktion der Rotbuche im Mittelgebirgsraum auf die verschiedenen Umwelteinflüsse wurden Simulationen der Entwicklung von Rotbuchenvoranbauten unter differenzierten Überschirmungsverhältnissen durchgeführt.

Für Höhenlagen zwischen 580 und 620 m ü. NN mit einer mittleren Jahresmitteltemperatur zwischen 5,5 und 7,0 °C erfolgte die Simulation des Einflusses verschiedener Überschirmungsverhältnisse auf das Wachstum von Buchenvoranbauten am Beispiel des Fichten-Umbauversuches Heinzebank.

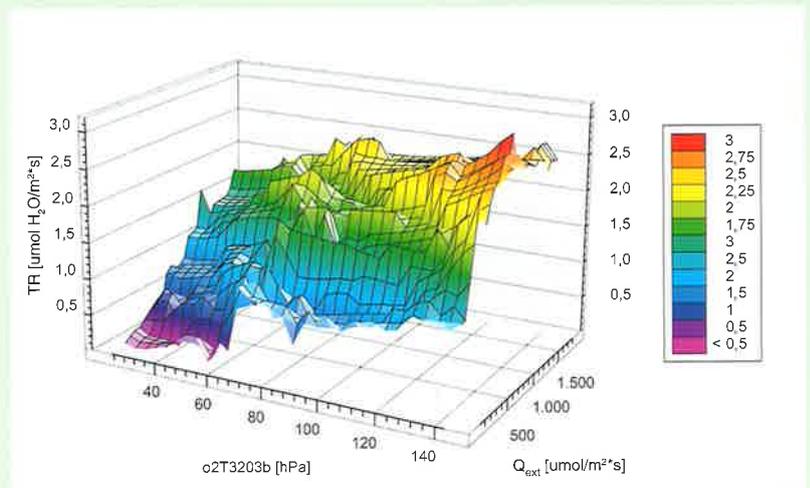
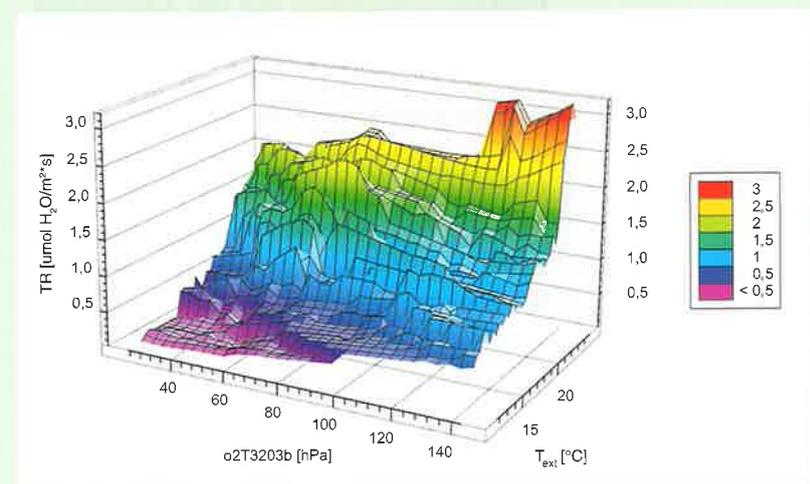


Abb. 46: Transpiration (TR) der Rotbuche im Mittelgebirgsraum in Abhängigkeit von der Bodenfeuchte (o2T3203b) und der PAR-Strahlung (Q_{ext})

Bestockungsgrade zwischen 0,7 und 0,8 und das daraus resultierende geringe Lichtangebot bewirken gegenüber günstigeren Lichtverhältnissen bei B° zwischen 0,4 und 0,6 insgesamt einen deutlichen Rückgang der Trockenmassenproduktion über alle untersuchte Kompartimente (Wurzel, Spross-System, Blätter). In den ersten beiden Jahren versuchen die Voranbaupflanzen das Lichtdefizit durch eine Verlagerung des Wachstums auf die Wurzel, d. h. zugunsten der absorbierenden Phytomasse zu kompensieren. Wegen der zu geringen Photosyntheseleistung ist auch diese Überlebens- bzw. Etablierungsstrategie nicht erfolgreich, so dass sich nach 3 Jahren ein erheblich reduziertes Wurzelwachstum abzeichnet, welches im vierten Jahr, in Verbindung mit einer drastischen Einschränkung der assimilierenden Blattmasse, zu einem empfindlichen Vitalitätsrückgang führt. Im fünften Jahr folgt das Absterben der Buchenpflanzen (vgl. Abb. 48).

Abb. 47: Transpiration (TR) der Rotbuche im Mittelgebirgsraum in Abhängigkeit von der Bodenfeuchte (o2T3203b) und der Lufttemperatur (T_{ext})

Unter den Bedingungen der waldbaulichen Investition sind derartige Voranbauten von einem hohen Verlustrisiko geprägt.

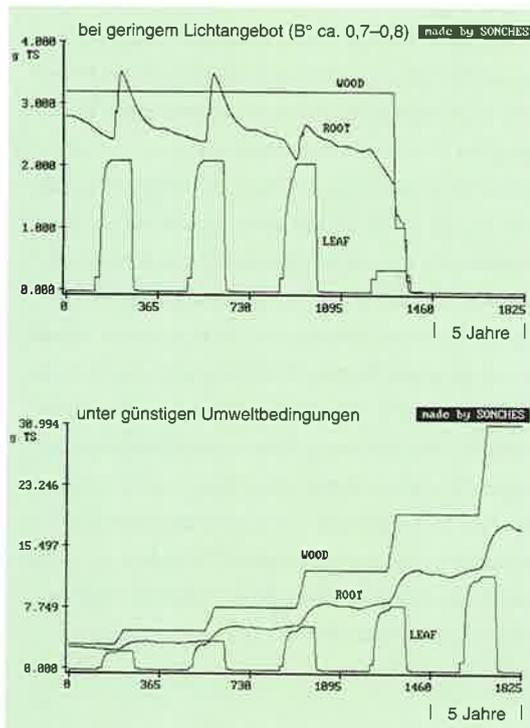


Für die natürliche Rückwanderung der Buche in Fichtenreinbestände würde die Konkurrenzsituation des Fichtenbestandes eine Initialphase bedingen, deren weiterer Verlauf im Wesentlichen durch die Masten der Buche zur Erneuerung konkurrenzbedingter Verluste und die Dynamik der gezielten oder zufälligen horizontalen Differenzierung des Fichtenbestandes bestimmt wird.

Unter günstigen Lichtbedingungen, d. h. bei Bestockungsgraden zwischen 0,4 und 0,6, werden ein deutlich gesteigertes Wachstumsniveau, eine ausgeglichene Wurzelentwicklung und eine Blattentwicklung, die sogar noch einen, dem Johannistrieb vergleichbaren, Sommerzuwachs ermöglicht, erreicht (vgl. Abb. 48).

Abb. 48:
Simulation des Wachstums von Wurzel-, Spross-System und Blättern der Buche unter verschiedenen Umweltbedingungen und Überschirmungsverhältnissen, Versuch Heinzbank

Durch verschiedene Versuche und Modellierungen (vgl. nebenstehendes Beispiel) wurde deutlich, dass Licht im Mittelgebirgsraum für Voranbauten unter Fichtenbeständen der entscheidende Umweltfaktor für das Wachstum der Umbaubaumarten ist. Ausreichende Lichtbedingungen müssen daher zwingend notwendig hergestellt werden.



Schlussfolgerungen für Baumarten- und Mischungswahl im Mittelgebirgsraum auf der Grundlage aktueller Versuchsergebnisse

Wenn die Gegebenheiten dies ermöglichen, wird man den Waldumbau immer mit den schattentoleranten Baumarten, möglichst in enger Verbindung mit bereits vorhandenen Unterbrechungen der horizontalen Konkurrenz des Fichtenbestandes, beginnen. Femelartige Verjüngungsstrukturen erweisen sich hierbei als besonders vorteilhaft (vgl. Kap. 3.4.1.1).

Im Zusammenhang mit der prozessorientierten Modellierung des Verjüngungswachstums sind

nach unseren lichtökologischen Untersuchungen für schattentolerante Baumarten wie Weißtanne und Rotbuche Femelgrößen von mindestens 4 bis maximal 10 a, in Abhängigkeit von der Höhenlage, der Exposition, der Standortsgüte, dem Vitalitätszustand und der Höhe des Altbestandes, optimal. Nur auf diesen Femelflächen sollte der Bestockungsgrad des Oberbestandes auf 0,4–0,7 abgesenkt werden. Die Intensität der B°-Absenkung bestimmen wiederum die im Zusammenhang mit der Femelgröße genannten Kriterien.

Weitere wichtige Waldumbaubaumarten im Mittelgebirgsraum sind Bergahorn, Bergulme, Esche und Douglasie. Für diese etwas stärker lichtbedürftigen Arten sollten Femelgrößen im Bereich von 5–20 a angestrebt werden. Ebenfalls in Abhängigkeit vom Zustand des Oberbestandes, der Lage über NN und Standortsgüte sollte die Oberbestandesauflichtung nur auf den Femelflächen im Bereich von B° 0,2 bis B° 0,5 liegen, wobei für größere Auflichtungsflächen höhere Bestockungsgrade anzustreben sind.

Wenn der Oberbestand lange Verjüngungszeiträume für die jeweilige Gesamtfläche nicht mehr zulässt, sollte die einzelne Verjüngungsfläche bis in den Bereich von 0,3 ha vergrößert werden und/oder die Anzahl der gleichzeitig anzulegenden Femelhorste steigen, ohne jedoch auf voll bestockte Zwischenflächen von 1 bis 2 Baumhöhen des jeweiligen Oberbestandes zur Gesamtbestandesstabilisierung zu verzichten. Die individuelle Wertleistung und Stabilität in den Zwischenfeldern ist durch konsequente Kronenpflege zu steigern. Damit könnte im Bedarfsfall eine ganzflächige Verjüngung ohne gravierende Abstriche an der Qualität in 2 Bearbeitungsschritten erfolgen, indem nach gesicherter Verjüngung auf den Femelflächen die Zwischenflächen abgeräumt und mit beispielsweise Fichte angebaut werden. Diese Vorgehensweise könnte für stark geschädigte, instabile Fichtenbestände aus ungeeigneten Herkünften, mit ausgeprägter Vergrasungstendenz zutreffen.

Je nach Standortsgüte und Höhenlage sollten etwa 1/10 bis 2/3 der Gesamtfläche einer späteren Fichten-Naturverjüngung oder dem Fichtenanbau vorbehalten bleiben (vgl. BZT-Richtlinien). Weitere natürlich ankommende Weichlaubbaumarten (insbesondere Salweide und Eberesche) sind aufgrund ihrer

günstigen ökologischen Standortrückwirkungen zumindest im Verjüngungsziel zu berücksichtigen.

Vor allem in den stärker geschädigten Fichtenbeständen ist zur weiteren Strukturierung der Bestockungen und zur Vorwaldbildung für die spätere Einbringung von Klimaxbaumarten auch die Birke von besonderer Bedeutung – eine gruppen- bis horstweise Pflege dieser Naturverjüngung ist zu empfehlen.

Umbau von Fichtenbeständen im Hügellandsbereich

Aufgrund der hier vorherrschenden Pseudoglestandorte haben Stieleichen-Bestandeszieltypen für den Waldumbau eine deutliche Priorität. **Die ausgesprochene Instabilität vorhandener Fichtenbestände führt in Kombination mit dem Lichtbedürfnis der Stieleiche zwangsläufig zu Waldumbauformen auf vom Oberbestand geräumten Flächen. Lediglich die Kiefer ist hier als Schirmbaumart geeignet** (vgl. Kap. 3.4.1.2). Gruppen- bis horstweise Mischungen sind auch hier prinzipiell von Vorteil, kleinflächigere oder Reihenmischungen sind für Eiche/Hainbuche oder Eiche/Winterlinde anwendbar, um **über einen**

Verjüngungsschritt die angestrebte innige Mischung und spätere vertikale Struktur zu erreichen.

Interessante Alternativen können auch Eichentrupp-Pflanzungen sein, wobei einzelne Eichentrupps, eine Umfütterung bzw. Durchmischung mit Hainbuche und Winterlinde eingeschlossen, im Bereich von 1 bis 4 a liegen sollten, was der Standfläche eines späteren Altbaumes oder Altbaumtrupps entspricht. Auf diesen Flächen ist – im Gegensatz zur klassischen Nesterpflanzung – noch bis in die Jungdurchforstung eine selektive Pflege möglich.

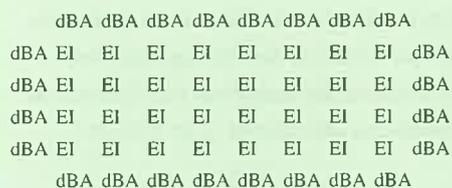
Der Raum zwischen den Eichentrupps sollte ebenfalls so groß gewählt werden, dass ein Altbaum bzw. eine Altbaumgruppe möglichst aus Naturverjüngung hervorgehen kann. Zur Initiierung von Naturverjüngung ist, besonders in Verbindung mit stärkeren, verdämmend wirkenden Bodenvegetationsdecken, eine Bodenbearbeitung auf der gesamten Verjüngungsfläche erforderlich.

Auf kleinstandörtlich besseren Arealen und/oder auf den nicht extrem pseudovergleyten Teilen des Standortmosaiks (StGr M2w) bzw. nach tief greifender Bodenmelioration sind zudem die Edellaubbaum-

Abb. 49: Pflanzschema Eichentrupp-Pflanzung unter Berücksichtigung von Wachstums- und Selektionsprozessen

Beispiele für Wachstums- und Selektionsdynamik berücksichtigende Eichentruppgrößen

1. Beispiel:
mit **Eichentrupp** als Ziel (2–3 Alteichen/Pflanztrupp)
Einzeltrupp Aufbau:
Größe: 12 x 10 m (Eiche 8 x 8 m)
dBA = dienende Baumart (beispielsweise HBU)

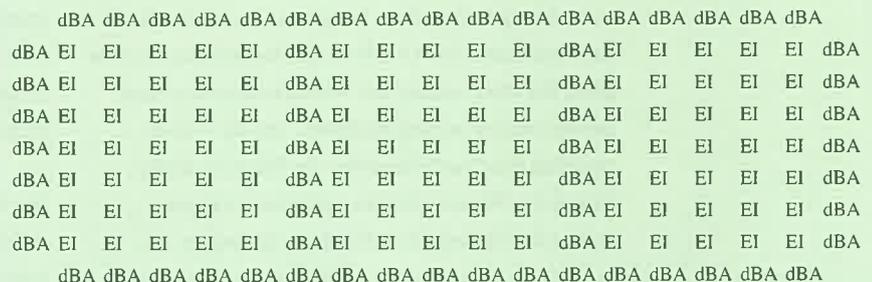


Pflanzverband: 2*1 m (Reihenabstand 2 m)

Beispiel für Truppenanordnung:
Truppenzahl: 40/ha (im „Schachbrettmuster“)
Truppenabstand: 10 m (in den Reihen)
Eichen 32 St./Trupp (1.280 St./ha)
dBA 24 St./Trupp (960 St./ha)

Zusätzlich: Jeweils 20 St. 2. Wirtschaftsbaumart zwischen die Trupps (4 Reihen à 5 St.; 800 St./ha)

2. Beispiel:
mit **Eichengruppe** als Ziel (3–5 Alteichen/Pflanztrupp)
Einzeltrupp Aufbau:
Größe: 20 x 20 m (Eiche 15 x 15 m)
dBA = dienende Baumart (beispielsweise HBU)



Pflanzverband: 2*1 m (Reihenabstand 2 m)

Beispiel für Truppenanordnung:
Truppenzahl: 15/ha (im „Schachbrettmuster“)
Truppenabstand: 20 m (in den Reihen)
Eichen 105 St./Trupp (1.575 St./ha)
dBA 62 St./Trupp (930 St./ha)

Zusätzlich: Jeweils 50 St. 2. Wirtschaftsbaumart zwischen die Trupps (5 Reihen à 10 St.; 750 St./ha)

arten (Bergahorn, Gemeine Esche, Bergulme, Flatterulme) anbaufähig und können die Eichen-Bestandeszieltypen im Sinne der Erhöhung der ökologischen Stabilität und der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit sinnvoll ergänzen. Verschiedene Beispiele in Sachsen belegen die potenziell sehr hohen Massen- und Wertleistungen dieser Baumarten gerade in diesem Standortbereich. Die Einbringung bzw. Mischung sollte horstweise erfolgen. Neben den natürlich ankommenden Weichlaubbaumarten und der Birke kann als zusätzliche Mischbaumart, z. B. in die Zwischenflächen bei Eichentrupps, die Vogelkirsche eingebracht werden.

Auf wasserzügigen Standorten bzw. auf organischen Standorten sind Roterlen-Bestandeszieltypen eine weitere Baumartenalternative.

3.5.2 Baumarten- und Mischungswahl für Tieflandsbedingungen

Die vorherrschenden Kiefernbestände sind lichtökologisch für Unter- bzw. Voranbaumaßnahmen unbedenklich, da für eine weitere Baumschicht ohne weiteres genügend Licht unter einem Kiefernoberbestand zur Verfügung steht.

Sandsubstrate und geringe Niederschläge in der Vegetationsperiode verursachen jedoch periodische Wasserstressperioden. **Waldumbauvorhaben müssen durch geeignete Konzepte berücksichtigen, dass die Wasserversorgung die begrenzende Ressource im Tiefland ist.**

Demzufolge sind gegenüber dem Mittelgebirgsraum bei prinzipiell ähnlichem Vorgehen ein anderes Baumartenspektrum, eine Oberbestandesbehandlung, die vor allem der Entspannung der Wasser Konkurrenz dient, und Bodenbearbeitungsverfahren, die die Wasserkapazität des Oberbodens und die Pflanzenverfügbarkeit des Wassers fördern, zu berücksichtigen. Neben den Tieflandsherkünften der Rotbuche, die

jedoch auch Jahresniederschläge von mindestens 600 mm benötigt, stehen als schattentolerante Baumarten außer der Hainbuche nur noch Tieflandsherkünfte der Weißtanne für ein eng begrenztes Standortspektrum zur Verfügung. Die Weißtanne benötigt gegenüber der Rotbuche noch eine ausgewogenere Wasserversorgung, die erst bei einer mittleren jährlichen Niederschlagssumme ab 650 mm gegeben ist, wobei das Lokalklima zusätzlich durch die Grundfrische bis-feuchte der Standorte in Verbindung mit vertikal differenzierten Waldstrukturen beeinflusst wird. Damit ist der Waldumbau auf den Sandstandorten des Tieflandes grundsätzlich auf einen Lichtbaumarten-Dauerwald gerichtet, dessen vertikale Strukturierung an z. T. erhebliche Auflockerungen des Horizontalschlusses der oberen Bestandesschicht gebunden ist.

3.5.2.1 Ableitung baumarten-spezifischer Wachstumsprognosen auf den Sandstandorten des Tieflandes

Die Ermittlung von standortsspezifischen Umwelt- und Wasserhaushaltsdynamiken führte in Verbindung mit der Herleitung umweltabhängiger ökophysiologischer Dynamiken der verschiedenen Waldumbauarten auch für die Sandstandorte des Tieflandes zu prozessorientierten Prognosesystemen.

Wachstumsdynamiken ermöglichen für verschiedene Umbaubaumarten standortsspezifische Aussagen zur Entwicklung während der Phase der Kultursicherung (5 Jahre). Hierzu wurde ein Simulationssystem geschaffen, das es erlaubt, die Entwicklung der untersuchten Baumarten unter definierbaren Umweltbedingungen zu prognostizieren. Der Aufbau dieses Systems und das Ziel dieser Bemühungen sind dem Prognoseverfahren für Baumarten zum Umbau von Fichtenbeständen adäquat (vgl. Kap. 3.5.1.1).

Für die Baumarten Traubeneiche, Winterlinde, Berg- und Spitzahorn soll anhand von Beispielen für relevante Umweltbedingungen die kompartiment-spezifische Wuchsdynamik veranschaulicht werden.

Traubeneiche

Die Biomasseentwicklung unter gemessenen Umweltbedingungen zeigt, dass trotz temporärer Wasserstress-Situationen ein weiteres Wachstum möglich ist und Wasser mangelsituationen durch ein verstärktes Wurzelwachstum ausgeglichen werden können.

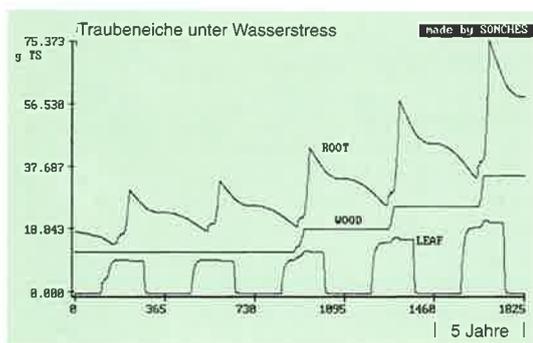


Abb. 50:
Blatt-, Wurzel- und Holzentwicklung der Traubeneiche im Kiefern-Umbauversuch Doberschütz, unter 1994 gemessenem Wasserstress

Selbst bei saisonal früher einsetzendem Wasserstress zeigt sich die Traubeneiche zumindest als überlebensfähig. Erst wenn unterstellt wird, dass eine Trockenperiode saisonal früher als 1994 einsetzt (ab Anfang Juni) und diese Periode länger andauert (bis August), wird ein relativ schneller Zusammenbruch der Pflanzen prognostiziert. Die Bedeutung derartig extremer Trockenperioden für den Erfolg des Waldumbaus wurde anhand des Witterungsverlaufes der Jahre 1949–1989 recherchiert. Das Ergebnis weist immerhin für 10 Jahre zeitig beginnende, intensive und lang anhaltende Perioden klimatischer Dürre aus.

Als Vergleich wird die Biomasseentwicklung der Traubeneiche unter günstigen Wasserversorgungsbedingungen dargestellt. Erkennlich werden ein deutlich gesteigertes Wachstumsniveau, eine ausgeglichene Wurzelentwicklung und eine Blattentwicklung, die sogar noch einen, dem Johannistrieb vergleichbaren, Sommerzuwachs ermöglicht.

Winterlinde

Die Biomasseentwicklung unter den gemessenen Umweltbedingungen (Wasserstress) zeigt, dass die Winterlinde zwar noch überlebensfähig, aber nicht mehr zur weiteren Biomasseakkumulation in der Lage ist. Erhebliche Reserven werden für den Ausbau des Wurzelsystems aktiviert, trotzdem führt der Wasserstress zu vorzeitigem, teilweisen Laubverlust.

Die Winterlinde reagiert bei saisonal früher einsetzendem Wasserstress sehr empfindlich. Bei angenommenem 3 Wochen früher, im Mai einsetzendem Wasserstress, prognostiziert das System, ohne eine Veränderung der Intensität oder Dauer der Trockenperiode, den Zusammenbruch der Winterlinde nach spätestens 4 Vegetationsperioden.

Als Vergleich wird die Biomasseentwicklung der Winterlinde unter günstigen Wasserversorgungsbedingungen dargestellt. Erkennlich werden ein deutlich gesteigertes Wachstumsniveau, eine ausgeglichene Wurzelentwicklung und eine unbehinderte Blattentwicklung.

Lichtmangelsituationen treten für die Baumarten Traubeneiche und Winterlinde unter aufgelichtetem Kiefernaltbestand nicht auf. Demnach ist allenfalls für voll bestockte Kiefernaltbestände mit Zuwachsverlusten für die Traubeneiche zu rechnen.

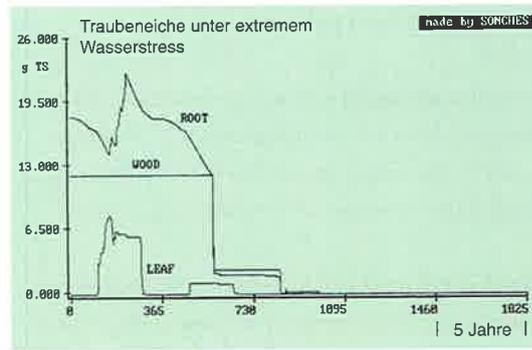


Abb. 51:
Blatt-, Wurzel- und Holzentwicklung der Traubeneiche im Kiefern-Umbauversuch Doberschütz, bei saisonal früh einsetzendem und anhaltendem Wasserstress

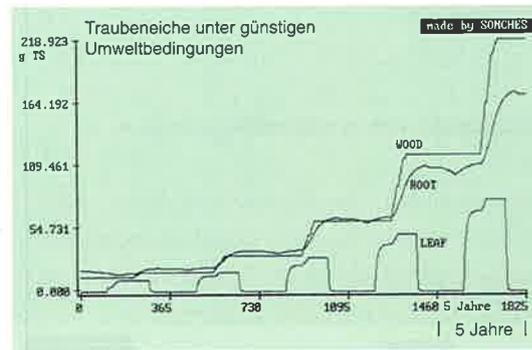


Abb. 52:
Blatt-, Wurzel- und Holzentwicklung der Traubeneiche im Kiefern-Umbauversuch Doberschütz, unter insgesamt günstigen Umweltbedingungen

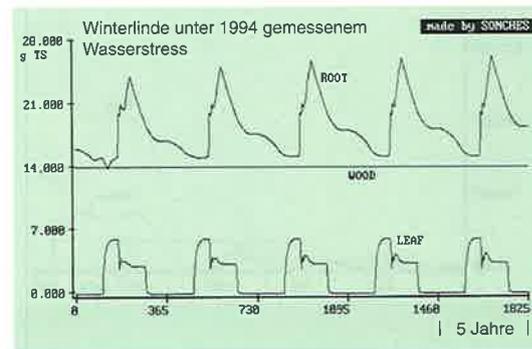


Abb. 53:
Blatt-, Wurzel- und Holzentwicklung der Winterlinde im Kiefern-Umbauversuch, Doberschütz

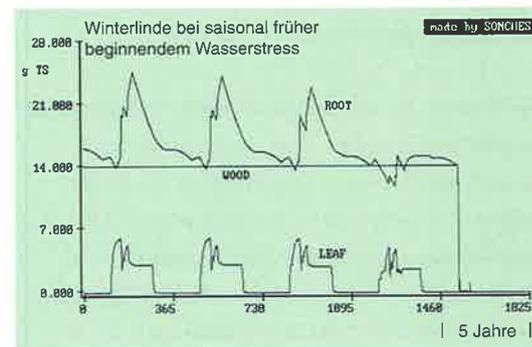


Abb. 54:
Blatt-, Wurzel- u. Holzentwicklung der Winterlinde im Kiefern-Umbauversuch Doberschütz, bei 3 Wochen früher (als 1994 gemessen) beginnendem und in der Dauer zu 1994 vergleichbarem Wasserstress

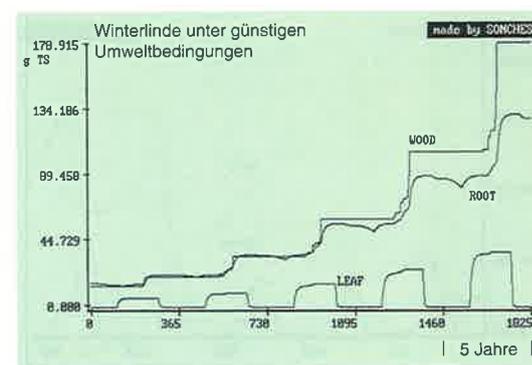


Abb. 55:
Blatt-, Wurzel- und Holzentwicklung der Winterlinde im Kiefern-Umbauversuch Doberschütz, unter insgesamt günstigen Umweltbedingungen

Berg- und Spitzahorn

Die umweltabhängigen Wachstumsdynamiken des Berg- und Spitzahorns sollen die Plausibilität der Prognosen weiter verdeutlichen. Als Beispiel wird wiederum der Kiefern-Umbauversuch Doberschütz herangezogen.

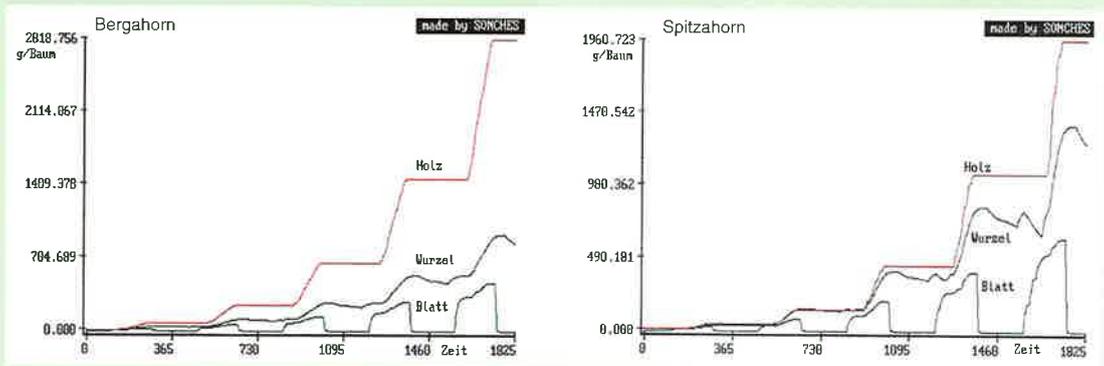
Zum Vergleich der unterschiedlichen ökologischen Ansprüche beider Baumarten werden die Ergebnisse für einen 5-jährigen Berechnungszeitraum nebeneinander dargestellt.

Optimale Umweltbedingungen

Unter optimalen Umweltbedingungen werden von beiden Baumarten maximale Wachstumsraten erreicht. Bei ausgeglichenem Wurzelwachstum weist das Blatt-

wachstum einen deutlichen Johannistrieb auf – bzw. dauert bis in den Spätsommer an. Der Spitzahorn erreicht aber unter diesen Bedingungen nicht das Biomasseniveau des Bergahorns.

Abb. 56:
Kompartimentbezogenes Wachstum von Berg- und Spitzahorn (Holz, Wurzel, Blatt) unter optimalen Umweltbedingungen



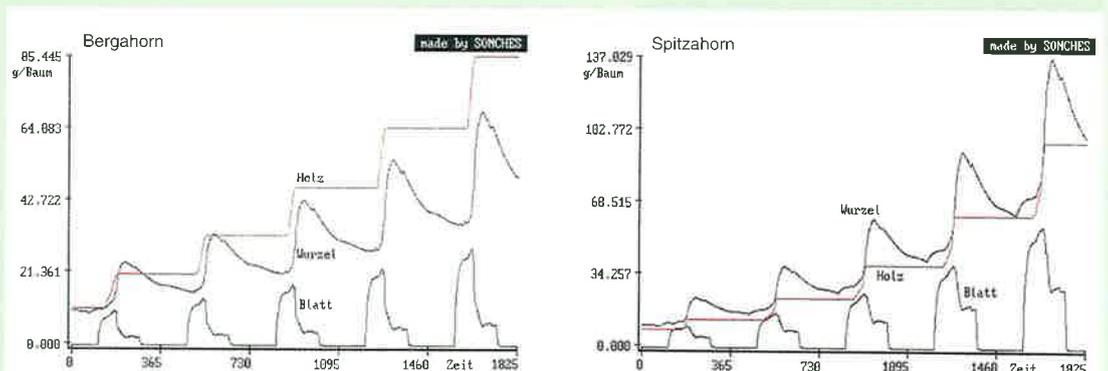
Wasserstress – höchster gemessener Stress

Die Wachstumsmöglichkeiten des Bergahorns sind drastisch verringert – bzw. überhaupt nur noch möglich, durch das jeweils günstige Frühjahr. Die Biomasserelationen haben sich deutlich zugunsten des Wurzelsystems verschoben. **Das Wachstum wird folglich auf eine intensive Ressourcenerschließung umgesteuert.** Durch die lang andauernde hohe Tro-

ckenheit kommt es in der Vegetationsperiode zu erheblichen Blattverlusten.

Die **Einschränkungen des Spitzahorns sind nicht ganz so dramatisch wie beim Bergahorn.** Die Biomasserelationen werden nun vom Wurzelsystem dominiert. Durch die lang andauernde hohe Trockenheit kommt es in der Vegetationsperiode zu Blattverlusten, die jedoch weniger drastisch als beim Bergahorn sind.

Abb. 57:
Kompartimentbezogenes Wachstum von Berg- und Spitzahorn (Holz, Wurzel, Blatt) unter extremem Wasserstress 1995



Wasserstress – geringerer gemessener Stress

Im Vergleich zur Wasserstressbelastung unter dichtem Oberbestand ergeben sich hier deutlich günstigere Dynamiken. Es ist noch erhebliches Wachstum mög-

lich, wasserstressbedingte Blattverluste treten nicht auf. Dennoch sind erwartungsgemäß erhebliche Wachstumsverluste gegenüber der Optimalvariante zu verzeichnen. Das Wachstum des Spitzahorns bleibt unter diesen Bedingungen schon erheblich hinter dem Bergahorn zurück.

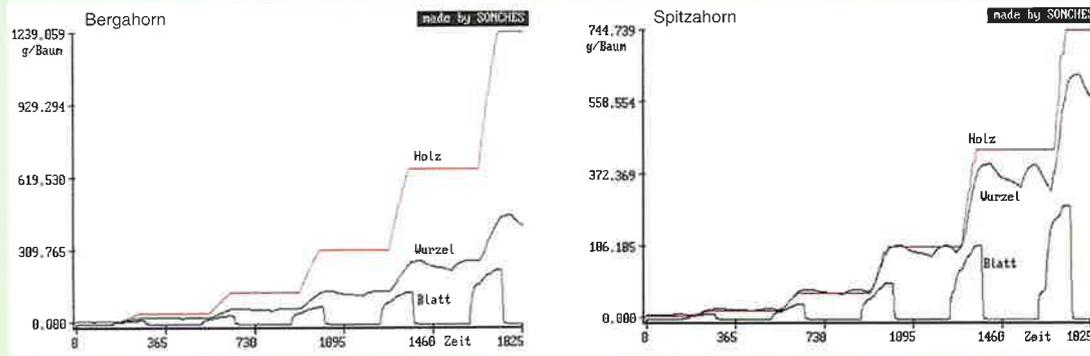


Abb. 58:
Kompartimentbezogenes Wachstum von Berg- und Spitzahorn (Holz, Wurzel, Blatt) unter geringem Wasserstress 1995

Wasserstress – angenommener langer Stress – von Ende Mai bis Anfang August

Im Fall einer schon Ende Mai beginnenden Trockenheit (Intensität des Stresses vergleichbar mit der 1995

gemessenen Dynamik) kann von beiden Baumarten so gut wie kein Wachstum mehr erreicht werden. Während der Spitzahorn eine mehrjährige Wiederholung dieser Belastung überlebt, kann unter diesen Bedingungen der Bergahorn offenbar nicht mehr existieren.

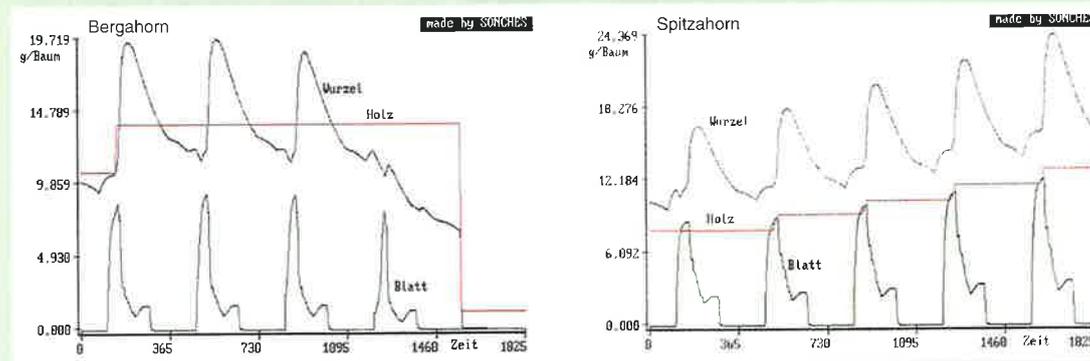


Abb. 59:
Kompartimentbezogenes Wachstum von Berg- und Spitzahorn (Holz, Wurzel, Blatt) bei lang anhaltendem starken Wasserstress von Ende Mai bis Anfang August

Kühles Frühjahr, ansonsten optimale Umweltbedingungen

Dieser Vergleich soll verdeutlichen, dass ein kühles

Frühjahr zwar keinen unmittelbaren Stress für den Baum darstellt, aber durch kühle Witterungsperioden oder Standorte erhebliche Wachstumseinbußen verursacht werden können. Kühlere Witterungsperioden

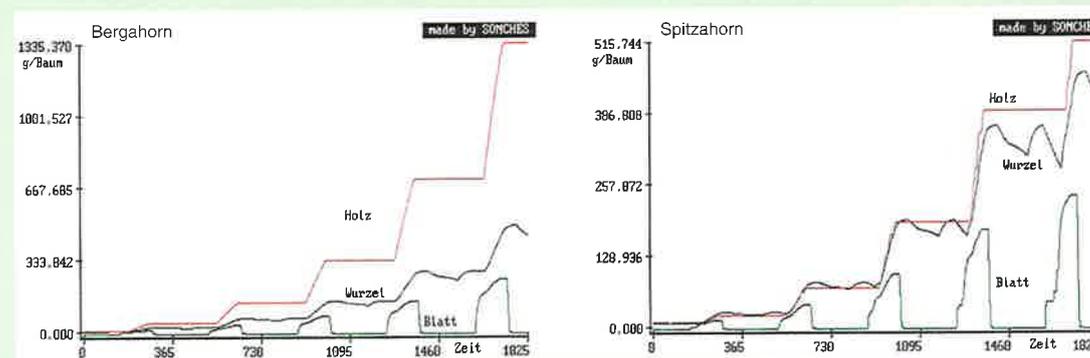


Abb. 60:
Einfluss eines kühlen Frühjahrs auf das kompartimentbezogene Wachstum von Berg- und Spitzahorn (Holz, Wurzel, Blatt) bei ansonsten optimalem Witterungsverlauf

beeinflussen den Bergahorn offenbar weniger negativ als den Spitzahorn, der im Verlauf eines kühlen Frühjahres ein deutlich geringeres Niveau der Biomassenproduktion über alle erfassten Kompartimente aufweist.

Die umweltabhängigen Wachstumsmodelle für Berg- und Spitzahorn dokumentieren die unterschiedlichen Standortsansprüche beider Baumarten. Während der Bergahorn in mesoklimatisch kühlen und frischen Standorten gegenüber dem Spitzahorn überlegen ist, behauptet sich letzterer auf den warmen, mäßig frischen bis trockenen Standorten.

Die Ergebnisse sind auch hinsichtlich der Rolle beider Baumarten in den natürlichen Waldgesellschaften plausibel, wo der Bergahorn in den mesophilen bis bodensauren artenarmen Buchenwäldern als Mischbaumart auftritt und hier reliefbedingt frischere, skelettreiche, stärker nitrophil geprägte Standortschnitte bevorzugt. Bei ähnlichen Standortsansprüchen steigt er vor allem in klimatisch weniger exponierten Lagen über die Hainsimsen-Tannen-Fichtenwälder bis in die Fichtenwälder auf. Darüber hinaus ist der Bergahorn in den azonalen Waldgesellschaften – den Auen- und Bachwaldgesellschaften wie auch in den Erlen-Eschenwäldern – vertreten.

In den Schlucht-, Schatthang- und Hangschuttwäldern kommen Berg- und Spitzahorn gemeinsam vor. Das stärkere Vordringen des Spitzahorns in den Standortbereich bodensaurer Eichenwälder könnte auf Sandstandorten mit mindestens durchschnittlicher Wasserversorgung, unter gleichzeitiger Ausnutzung der gegenüber dem Bergahorn ausgeprägteren Dürre-resistenz, vor allem durch die in den letzten Jahrzehnten verbesserte N- und z. T. Basenversorgung begründet sein.

Schlussfolgerungen zur Entwicklung von Umbaubaumarten auf Tief- und Hügellandsstandorten auf der Grundlage dynamischer umweltabhängiger Wachstumsmodelle

Auf den typischen Standorten mittlerer Trophie und durchschnittlicher Wasserversorgung haben sich in den Umbauversuchen bis zur beginnenden Jungwuchsphase vor allem folgende Baumarten bewährt: Traubeneiche, Stieleiche, Winterlinde, Hainbuche, Roteiche, Spitzahorn, Bergahorn, Wildkirsche (Elsbeere, Mehlbeere).

Gruppen- bis horstweise Baumartenmischungen erweisen sich auch hier prinzipiell als vorteilhaft. Kleinflächigere oder Reihenmischungen können für Eiche/Hainbuche- oder Eiche/Winterlinde-Kombinationen interessant werden, um die angestrebte innige Mischung und spätere vertikale Struktur über einen Verjüngungsschritt zu erreichen.

Interessante Alternativen können auch Eichen-trupp-Pflanzungen sein, wobei einzelne Eichen-trupps (mit Umfütterung/Durchmischung mit Hainbuche/Winterlinde) im Bereich von 1 bis 4 a liegen sollten (späterer Altbaum bzw. Altbaumgruppe). Auf diesen Flächen ist – im Gegensatz zur klassischen Nesterpflanzung – noch bis in die Jungdurchforstung eine selektive Pflege möglich. Der Raum zwischen den Eichenrupps sollte ebenfalls so groß gewählt werden, dass ein Altbaum bzw. eine Altbaumgruppe beispielsweise aus Naturverjüngung hervorgehen kann.

Eine Bodenbearbeitung auf der gesamten Verjüngungsfläche ist in der Regel zur Initiierung von Naturverjüngungen erforderlich. In Abhängigkeit von der wirtschaftlichen und ökologischen Bedeutung der Naturverjüngung, kann eine lockere Überpflanzung der Zwischenfelder erfolgen. Hierfür sind auf weniger strengen Pseudogleystandorten des Hügellandes oder auf besser wasserversorgten Tieflandsstandorten mittlerer Trophie die Edellaubbaumarten wie Spitz- oder Bergahorn und Vogelkirsche gerade im Hinblick auf die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit der Bestände von besonderem Interesse.

Aufgrund der Wasserstress-Situationen wird mit dem angespannteren Wasserhaushalt eine klein(st)-flächige vertikale und horizontale Gliederung der Waldökosysteme immer problematischer. Dies kann in gewissen Grenzen durch die stärkere Auflichtung des Kiefernoberbestandes ausgeglichen werden. Dabei verschärft sich aber auf größeren Flächen durch den aktuellen Ausgangszustand der Waldökosysteme die Konkurrenz der Bodenvegetation erheblich. Darüber hinaus gefährden extreme Witterungsverläufe (verschärfte Hitze- und damit Transpirationsbelastung durch direkte Strahlung, Spätfrostgefahr) die Umbaubaumarten.

Berücksichtigt man diese Zusammenhänge, sind femel- bzw. kulissenartige Auflichtungszonen hier offenbar geeignet, um sowohl die Wasserkonkurrenz durch den Oberbestand zu entschär-

fen, als auch klimatische Extreme durch Seitenschutz der benachbarten voll bestockten Bestandesteile abzuschwächen. Dabei sollten Auflichtungszonen nicht über 1 bis maximal 2 Baumlängen hinausgehen und so angelegt sein, dass die Verjüngung einen Seitenschutz und zumindest noch zeitweise einen Schutz vor direkter Sonneneinstrahlung erfährt.

Unter Berücksichtigung der meist großflächigen Kiefernbestände ergeben sich zusammenhängende Auflichtungszonen zwischen 0,1 bis 0,5 ha. Nur auf diesen Verjüngungsflächen sollte der Oberbestand stark aufgelichtet werden – in Abhängigkeit vom Zustand des Oberbestandes und der Größe der einzelnen Auflichtungszone im Bereich von $B^{\circ} 0,4$ bis $B^{\circ} 0,6$. Eine höhere Schlussgradhaltung bedingt dabei eine größere Auflichtungsfläche.

Je nach Standortgüte sollte etwa 1/10 bis 1/2 der Gesamtfläche für eine spätere Kiefern-Naturverjüngung oder den Kiefern-Anbau vorbehalten bleiben (entsprechend den BZT-Richtlinien). Weitere natürlich ankommende Weichlaubbaumarten sind aufgrund ihrer günstigen ökologischen Standortrückwirkungen zumindest im Verjüngungsziel zu berücksichtigen. Naturverjüngungen werden in der Regel lediglich in Verbindung mit Bodenbearbeitung im wirtschaftlich relevanten Umfang wirksam.

Anhand von gemessenen und beobachteten Umwelt-, Ökosystem- und Wachstumsdynamiken sowie durch Prognoseverfahren können die weitere standortspezifische Entwicklung von Waldumbauten abgeschätzt und Empfehlungen zur optimalen Gestaltung der Umbauverfahren und -ziele gegeben werden.

In diesem Zusammenhang zeigt die Gegenüberstellung der tatsächlich vorhandenen Ressourcen der Geotope mit den Erfordernissen eines Baumarten- oder Strukturwechsels (Mehrschichtigkeit) die Grenzen des Waldumbaus.

3.5.3 Grenzen des Waldumbaus

Mittelgebirge

Wärme- und Lichtbedürfnis wirken im Mittelgebirge als entscheidende limitierende Umweltfaktoren für den Waldumbau.

Mit zunehmender Höhenlage verschärfen sich die klimatischen Bedingungen. Insbesondere die Tempera-

turen und die Länge der Vegetationsperiode machen zunächst immer stärkere Auflichtungen erforderlich, die dann zwar den Wärmebedarf der Umbaubaumarten während der Vegetationsperiode gewährleisten, andererseits durch die Annäherung an die klimatischen Bedingungen der Freifläche Frost- und Strahlungsschäden bedingen.

Schließlich ist der Voranbau oder Anbau von anspruchsvolleren Baumarten kaum noch Erfolg versprechend und weder wirtschaftlich noch ökologisch sinnvoll.

Im Bereich der natürlichen Fichtenwälder, in Sachsen oberhalb von ca. 850 m NN, sollte auf einen Waldumbau, der einen Baumartenwechsel zum Ziel hat, verzichtet werden.

Der Waldumbau im weitesten Sinn wird hier bestimmt durch:

- die Stabilisierung und den Umbau der Übergangsbestockungen im Immissionsschadengebiet in Verbindung mit der Melioration der Waldstandorte,
- den Umbau von Fichtenbeständen nicht standortgerechter Herkunft durch Voranbau oder Anbau autochthoner Fichtenherkünfte und
- die Erhöhung der Strukturvielfalt autochthoner Fichtenbestände durch natürliche Verjüngung.



Abb. 61:
Horizontal und vertikal
strukturiertes Fichten-
bergwald

Tiefland

Auf den Sandstandorten des Tieflandes wirkt noch vor der Trophie die Wasserversorgung als entscheidender limitierender Faktor für den Waldumbau.

Mit schlechter werdender Wasserversorgung können die Sandstandorte des Tieflandes mehrere Baum-schichten und/oder anspruchsvollere Baumarten als die Kiefer auf Dauer nicht versorgen. **Nach unseren Untersuchungen wird auf Standorten mit überwiegend sandigen Substraten ohne Grundfrische oder -feuchte eine kritische Grenze überschritten, wenn periodisch weniger als 280 mm Niederschlag in der Zeit von Mai bis September zu erwarten sind.** Unter diesen Bedingungen sind die Standortsressourcen für den hier beschriebenen Waldumbau einfach nicht mehr ausreichend.

Daher sollte hier **eine Kiefer-Naturverjüngungs-wirtschaft das Regelverfahren der Bewirtschaftung**

sein. In Sachsen betrifft dies offenbar vor allem die Klimastufe Dt (Tiefland mit trockenem Klima) sowie alle besonders armen Sandsubstrate mit sehr geringem Wasserspeichervermögen (arme Sande aller Wasserhaushaltsstufen, ziemlich arme Sande mit durchschnittlicher bis unterdurchschnittlicher Wasserversorgung – Z 2,3) sowie trophisch arme mineralische Nass-Standorte. Analog zur Fichte ist auch bei der natürlichen Verjüngung der Kiefer die Herkunft des Oberbestandes zu berücksichtigen.

In den genannten Bereichen ist auf eine aktive Einbringung der Laubbaumarten weitgehend zu verzichten. Die natürliche Verjüngung der Mischbaumarten der Kiefer ist durch die Regulation der Schalenwildbestände zu gewährleisten. Restvorkommen fruktifizierender Laubbaumarten und Schwerpunkte des Waldumbaus auf besseren Standorten bilden die Ausgangspunkte für die langfristige Entwicklung von Kiefernbeständen mit Laubholzunter- und -zwischenstand.

3.6 Empfehlungen für den Waldumbau von Fichten- und Kiefernreinbeständen

3.6.1 Umbau von Fichtenbeständen in den sächsischen Mittelgebirgen und im Hügellandsbereich

Grundlage für den Waldumbau ist die **Einzelbaumstabilisierung des Altbestandes mindestens (!) 5–10 Jahre vor der eigentlichen Umbaumaßnahme.** Die Altdurchforstung wird dabei durch die konsequente Förderung der besten Bestandesglieder bestimmt. Darüber hinaus findet auf der gesamten Fläche ein vorratspfleglicher Eingriff statt. **Die Steuerung des Wertzuwachses und die Wertschöpfung bewirken eine zunehmende horizontale Differenzierung der Bestände, die über die Plastizität unter- und zwischenständiger Bestandesglieder, die natürliche Entwicklung von Verjüngungsvorräten und den Voranbau auch eine zunehmende vertikale Strukturierung bedingt.**

Räumlich und zeitlich differenzierte Eingriffe, die sich gleichrangig mit Aspekten der Verjüngungsökologie an der Leistungsdynamik der Bestände auf der Grundlage des individuellen Wertzuwachses orientieren, führen zur sukzessiven Erneuerung der ökologischen Stabilität großflächiger, gleichförmiger Reinbestände.

Bereits mit der vorbereitenden Durchforstung der Bestände sollte die Planung der Verjüngungselemente und – soweit noch nicht erfolgt – der technologische Feinaufschluss des Bestandes vorgenommen werden. **Entscheidend sind die nutzungs- und bringungstechnologischen Erfordernisse während des gesamten Verjüngungszeitraums.**

Der differenzierte Bedarf einer tief greifenden Boden-sanierung ist hinsichtlich der technologischen Erfordernisse zu berücksichtigen.

In Verbindung mit den vorbereitenden Durchforstungen sind durch die Hiebsmaßnahme im unmittelbaren Vorfeld der Verjüngung, unter Berücksichtigung der kleinflächigen Differenzierung von Standort und Bestockung, optimale Bedingungen für die jeweilige Verjüngungsbaumart (Licht, Wasser, Mikroklima) zu schaffen.

Im Zusammenhang mit der angestrebten Baumartenmischung wirken der Einfluss des Kleinstandortes und die Konkurrenz des Oberbestandes als steuernde Elemente in der Konkurrenzdynamik der Verjüngung (Mischungsregulation), und sie

sind bereits in der Verjüngungsplanung dementsprechend zu berücksichtigen. Ziel ist die weitgehende biologische Automation der Mischungsregulation durch die Vorratspflege im Oberbestand und die Minimierung direkter Eingriffe in die Verjüngung.

Um die Kontinuität der waldbaulichen Behandlung in den Verjüngungselementen zu gewährleisten, ist die Übersicht des Wirtschafters über deren Anzahl, Verteilung und Art wesentlich. Neben der Dokumentation der Verjüngungsmaßnahmen ist hierfür die räumliche und zeitliche Ordnung entscheidend.

Im Hinblick auf die umrissenen Grundanliegen sind folgende Prinzipien zielführend:

- Für die räumliche Anordnung der Verjüngungselemente sind unter Berücksichtigung der Bestandesstruktur Femel- und Femelsaumhiebe zu bevorzugen. Verjüngungskerne werden dabei über Gruppen- bis Horstschirmstellung auf Flächengrößen von 0,04 ha bis maximal 0,4 ha je nach Standorts-, Bestandeszustand und Verjüngungsbaumart geschaffen.
- Die Verjüngungsflächengröße für die einzelne Baumart muss sich an den ökologischen Bedürfnissen der Voranbaubaumarten und den geplanten Baumartenanteilen für den Gesamtbestand orientieren. **Insgesamt ergeben sich baumartenreine Gruppengrößen zwischen 0,04 und 0,4 ha**, die ggf. an kleinflächig wechselnde Standortverhältnisse anzupassen sind. Grundsätzlich kann dabei die Größe der Verjüngungsfläche mit der Schattentoleranz der Verjüngungsbaumart und/oder mit Begünstigung durch klimatische Faktoren (Höhenlage/Exposition) abnehmen.
- **Auf der Verjüngungsfläche (!) sollte eine straffe Oberbestandesaufflichtung durchgeführt werden, die mit klimatisch schlechteren Wachstumsbedingungen (Höhenlage) und dem Lichtbedürfnis der Verjüngungsbaumart zunehmen muss.** Mit zunehmender Fläche des Verjüngungselements sollte die Aufflichtung zurückgehen, um noch den Schutzeinfluss des Oberbestandes zu erhalten (Strahlung, Spätfröste). **Von der minimalen zur maximalen Größe des Verjüngungselements ergibt sich eine Abnahme der Aufflichtung von 2/10 B°.** In jedem Fall sollte die Aufflichtung über der Verjüngung zwischen einem B° von 0,4 bis 0,6 liegen.

- Eine abweichende Behandlung ist erforderlich, wenn der Waldumbau auf Pseudogleystandorten direkt zu Eichen-Bestandeszieltypen führen soll, so dass hier der Umbau unter Wahrung des Seitenschutzes angrenzender Bestände in der Regel über den Schmalkahlschlag, mit einer Breite von maximal 1 Baumhöhe des Altbestandes, vorzunehmen ist.
- Zudem ist bei der Aufflichtung räumlich zu beachten, dass die Fällung aus dem Verjüngungskern hinaus gewährleistet sein muss.
- Die Zwischenräume zwischen Verjüngungsflächen sollten mindestens eine Breite von 30 m besitzen, um ausreichend Seitenschutz vor Temperatur- und Strahlungsextremen zu bieten und zugleich wirkliche Flächenreserven für die Gruppen-/Horstbildung der (späteren) Naturverjüngung darzustellen. Eine vorzeitige Aufflichtung dieser Flächen ist nach Möglichkeit zu vermeiden.
- Die Verjüngungskerne sollten möglichst nicht größer als oben empfohlen angelegt werden, da andernfalls periodische Spätfrostereignisse sowie eine Kombination aus Strahlungs-/Ozoneinflüssen erhebliche Schäden an der Verjüngung verursachen können.
- Die Bodenbearbeitung darf nicht zu Staunässeerscheinungen führen und sollte überwiegend mit einer Kalkeinbearbeitung gekoppelt sein. **Generell muss die Bodenbearbeitungstechnologie standortsangepasst und oberbestandesschonend gewählt werden.**

Geeignete Voranbaubaumarten für den Waldumbau von Fichtenbeständen auf terrestrischen Standorten im Mittelgebirgs- und Hügellandsbereich Sachsens

Die Verwendung geeigneter Herkünfte (vgl. Heft 10/96 der Schriftenreihe der LAF) ist eine elementare Voraussetzung zur Erneuerung ökologischer Stabilität und wirtschaftlicher Leistungsfähigkeit.

Unter standörtlichen Bedingungen, die durch relativ hohe Niederschläge und lösshaltige Boden-substrate geprägt sind, sollten neben Rotbuche und Weißtanne aus ökologischen wie wirtschaftlichen Erwägungen auch weitere Baumarten in den Waldumbau integriert werden.

Impressum

Herausgeber

Sächsische Landesanstalt für Forsten (LAF)
Bonnewitzer Straße 34, 01796 Pirna
Tel. (0 35 01) 5 42-0, Fax (0 35 01) 5 42-2 13
e-Mail: laf.graupa@laf.smul.sachsen.de
Internet: <http://www.forsten.sachsen.de/laf>

Autoren

S. Hering
D. R. Eisenhauer
S. Irrgang

Redaktion

Sächsische Landesanstalt für Forsten
Redaktionsschluss 25. Oktober 1999

Layout und Produktion

Druckerei Veters GmbH, Radeburg
2. Auflage 1000
Gedruckt auf Papier aus 100 % chlorfrei gebleichtem Zellstoff

Bezug

Sächsische Landesanstalt für Forsten

ISBN 3-932967-20-8

Verteilerhinweis

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Unterrichtung der Öffentlichkeit herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen.

Missbräuchlich ist besonders die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe zur Verwendung bei der Wahlwerbung.

Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, dass dies als Parteinahme des Herausgebers zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.

In der Schriftenreihe der LAF sind bisher die folgenden Titel erschienen:

Erstausgabe	Waldfunktionenkartierung
Heft 1/1994	Forstpflanzenzüchtung – Quo vadis?
Heft 2/1995	Wald und Klima
Heft 3/1995	Erhaltung und Förderung forstlicher Genressourcen
Heft 4/1995	Übersicht der natürlichen Waldgesellschaften
Heft 5/1995	Genetik und Waldbau der Weißtanne, Bd. I und II
Heft 6/1996	Waldumbau – Beiträge zum Kolloquium
Heft 7/1996	Wald und Boden
Heft 8/1996	Forstliche Wuchsgebiete und Wuchsbezirke im Freistaat Sachsen
Heft 9/1996	Waldbiotopkartierung in Sachsen
Heft 10/1996	Empfehlungen geeigneter Herkünfte forstlichen Saat- und Pflanzgutes im Freistaat Sachsen (Herkunftsempfehlungen)
Heft 11/1997	Waldklimastationen
Heft 12/1997	Möglichkeiten einer integrierten Bekämpfung des Blauen Kiefernprachtkäfers
Heft 13/1998	Forstpflanzenzüchtung für Immissionsschadgebiete
Heft 14/1998	Der Waldzustand im Nationalpark Sächsische Schweiz nach den Ergebnissen der Permanenten Stichprobeninventur 1995/96
Heft 15/1998	Zuordnung der natürlichen Waldgesellschaften zu den Standortsformengruppen (Ökogramme)
Heft 16/1998	Sanierung von Waldschadensflächen im extremen Immissionsschadgebiet unter besonderer Berücksichtigung des Nichtstaatswaldes
Heft 17/1998	Wald- und Forstökosysteme auf Kippen des Braunkohlen-Bergbaus in Sachsen – ihre Entstehung, Dynamik und Bewirtschaftung –
Heft 18/1999	Biogeochemisches Potenzial ausgewählter Baumarten auf meliorierten, immissionsbeeinflussten Standorten des Erzgebirges
Heft 19/1999	Waldumbau auf Tieflands- und Mittelgebirgsstandorten in Sachsen
Heft 20/2000	Bodenzustandserhebung (BZE) in den sächsischen Wäldern (1992-97)
Heft 21/2000	Leitfaden forstliche Bodenschutzkalkung in Sachsen
Heft 22/2000	Empfehlungen zur Wiedereinbringung der Weißtanne
Heft 23/2000	Der sächsische Wald... im Dienste der Allgemeinheit
Heft 24/2002	Die Baum- und Straucharten Sachsens - Charakterisierung und Verbreitung als Grundlagen der Generhaltung