

Untersuchungen zur Struktur, Dynamik und Stabilität ausgewählter Waldökosysteme zur Ableitung von Prinzipien für einen ökologisch begründeten Waldumbau

R. Mosandl, R. Kießner, B. Benabdellah
 Institut für Waldbau und Forstschutz, TU Dresden

0. Einleitung

Dem Waldzustandsbericht der Bundesregierung von 1994 zufolge gehört das Erzgebirge nach wie vor zu den am stärksten von Waldschäden betroffenen Gebieten Deutschlands. Die forstliche Praxis ist dort vor die schwierige Aufgabe gestellt, waldbauliche Maßnahmen in den geschädigten Ökosystemen ergreifen zu müssen, ohne letztlich die zukünftige Schadensentwicklung und ohne die genaue Wirkung der getroffenen Maßnahmen abschätzen zu können.

In dieser Situation ist die forstliche Wissenschaft aufgerufen, möglichst rasch Forschungsergebnisse zu dieser Thematik zu erarbeiten, damit die beabsichtigte Stabilisierung anthropogen veränderter Waldökosysteme und die Schaffung naturnaher und strukturierter Dauerbestockungen auf dem Wege eines Waldumbaus auf eine solide, wissenschaftlich begründete Grundlage gestellt werden kann.

Innerhalb eines mit der Sächsischen Landesanstalt für Forsten abgestimmten Gesamtforschungskonzeptes für den Waldumbau im Erzgebirge (MOSANDL et al. 1995) wurden schwerpunktmäßig zwei ausgewählte Waldökosysteme untersucht, die typische waldbauliche Ausgangssituationen („Ist-Zustands-Typen“) repräsentieren (s. Abb. 1):

(1) Vergraste Kahlflächen

In den Kammlagen des Erzgebirges (>800 m üNN), die größtenteils der Rauchschadzone „I extrem“ (d.h. mit überwiegend katastrophalen Schäden) zuzuordnen sind, finden sich noch in nennenswertem Umfang freie Flächen, die nach Absterben der Fichten-Altbestände (*Picea abies*) nicht sofort wieder aufgeforstet, sondern sich selbst überlassen wurden. Diese Kahlflächen weisen eine hohe Dominanz grasreicher Pflanzendecken auf.

(2) Fichten-Althölzer in Auflösung

Aufgrund langjähriger Immissionseinwirkungen weisen die im Erzgebirgsraum großflächig verbreiteten Fichtenbestände ein hohes Schadensniveau auf. So zeigen 59 % der im Wuchsgebiet „Erzgebirge“ wachsenden Fichten, die älter als 60 Jahre sind, deutliche Kronenschäden (SMLEF 1994). Durch die hohen Nadelverluste und durch das Absterben von Baumindividuen kommt es zur Auffichtung und zur Auflösung älterer Fichtenbestände.

1. Zielstellung

Ziele des Waldumbaus im Erzgebirge sind die „Stabilisierung eines anthropogen veränderten Waldökosystems“ und die „Schaffung einer naturnahen und strukturierten Dauerbestockung“ durch geeignete waldbauliche Strategien.

Diese Strategien zum Waldumbau müssen, wenn sie erfolgreich sein sollen, auf Prinzipien aufbauen, die ökologisch begründbar und wissenschaftlich untersetzt sind.

Auf der Grundlage der bislang im Rahmen des Forschungsprojektes „ERZ“ von den Grundlagendisziplinen erarbeiteten Prinzipien sollten für die zwei ausgewählten Ökosysteme folgende waldbauliche Strategien überprüft werden (s. Abb. 1):

(1) Vergraste Kahlflächen (Wiederbewaldungsstrategie):

- Überlassung der Flächen zur sekundären Sukzession
- Beschleunigung der Wiederbewaldung durch Saat und Pflanzung
- Erleichterung der Wiederbewaldung durch vorbereitende waldbauliche Maßnahmen (Zäunung, Bodenbearbeitung, Kalkung und Konkurrenzregelung)

(2) Fichten-Althölzer in Auflösung (Überführungsstrategie):

- Überführung der Fichten-Althölzer in eine naturnahe, stabile Dauerbestockung durch Ausnutzung von Naturverjüngungsprozessen
- Beschleunigung der Überführung durch Pflanzung unter Schirm (Voranbau)
- Erleichterung der Überführung durch entsprechende waldbauliche Maßnahmen (Zäunung, Kalkung, Konkurrenzregelung)

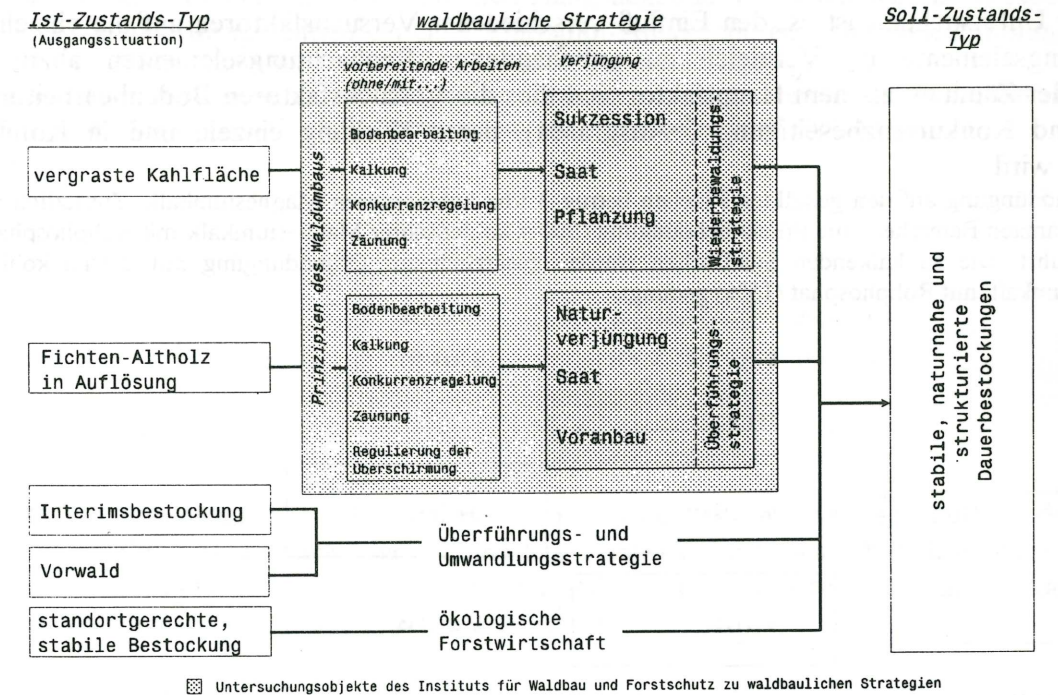


Abb. 1: Ist-Zustands-Typen und waldbauliche Strategien für den Waldumbau im Erzgebirge. (Actual-situation-types and silvicultural strategies for the conversion of forests in the Erzgebirge.)

2. Untersuchungsmaterial und -methoden

Entsprechend den zwei typisierten Ausgangssituationen wurden zwei Intensivversuchsflächen geschaffen, auf denen die skizzierten waldbaulichen Strategien untersucht werden konnten.

(1) Versuchsfläche zur Wiederbewaldung vergraster Kahlflächen

Eine Charakterisierung des Untersuchungsgebietes, in der die 3 ha große Versuchsanlage liegt, ist in Tab. 1 wiedergegeben.

Tab. 1: Charakterisierung des Untersuchungsgebietes zur Wiederbewaldung vergraster Kahlflächen. (Characteristics of the reforestation research plot.)

Lage	Forstamt: Wuchsbezirk: Höhe ü. NN: Rauchschadzone:	Altenberg Östliches Oberes Erzgebirge 880 m I extrem
Klima	Mittlerer Niederschlag: Mittlere Jahrestemperatur:	>1100 mm/Jahr < 4,0°C
Geologie und Boden	Grundgestein und Bodenform: Standortgruppe:	Rhyolith; Altenberger Rhyolith-Podsol Kf-ZII: Kammlage mit feuchtem Klima, ziemlich arme Trophie, ungeschützte Lage

Die 1994 angelegte Versuchsanlage ist nach dem Muster eines split-plot-Designs aufgebaut und enthält eine einfache Wiederholung. Der Hauptfaktor ist die Zäunung; er wird auf Parzellen der Größe 154m x 50m getestet (Abb. 2). Innerhalb jeder Parzelle gibt es die Beobachtungselemente

- Sukzessionsflächen (Nullflächen)
- Pflanzflächen der Baumarten Fichte, Birke (*Betula pendula*) und Eberesche (*Sorbus aucuparia*)
- Saatflächen der Baumarten Fichte, Birke und Eberesche.

Ziel der Untersuchung ist es, den Einfluß verschiedener Versuchsfaktoren auf die einzelnen Beobachtungselemente im Vergleich zu unbehandelten Beobachtungselementen abzuschätzen. Neben der Zäunung als dem Hauptfaktor sind dies die Versuchsfaktoren Bodenbearbeitung, Kalkung und Konkurrenzeseitigung (=Ausgrasen), deren Wirkung einzeln und in Kombination getestet wird.

Die Grunddüngung auf den gekalkten Flächen betrug 3 t/ha kohlen-sauren Magnesiumkalk. Zusätzlich wurde in den be-pflanzten Bereichen eine Pflanzlochdüngung (500 g kohlen-saurer Magnesiumkalk mit Rohphosphat (15%)) durchgeführt. Die zu kalkenden Saatflächen wurden zusätzlich zur Grunddüngung mit 3 t/ha kohlen-sauren Magnesiumkalk mit Rohphosphat (15%) gedüngt.

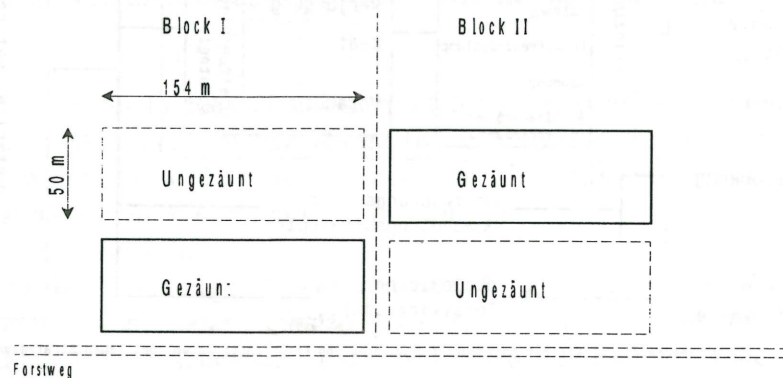


Abb. 2: Versuchsanlage zur Wiederbewaldung vergraster Kahlflächen. Dargestellt sind die zwei Blöcke mit ihren gezäunten und ungezäunten Parzellen. (Research plot for the reforestation of unstocked areas. Two blocks and their fenced respectively unfenced plots are represented.)

(2) Versuchsanlage zur Schaffung naturnaher und strukturierter Dauerbestockungen in sich auflösenden Fichten-Althölzern

Eine Charakterisierung des Untersuchungsgebietes, in der die ca. 1,1 ha große Versuchsfläche liegt, ist in Tab. 2 wiedergegeben.

Der Versuch wurde im Jahre 1993 mit der Pflanzung der Voranbaubaumarten begonnen. Im Jahr darauf wurden die Versuchsfaktoren (Zäunung, Kalkung, Konkurrenzeseitigung) realisiert und erste Untersuchungen zur Naturverjüngung durchgeführt.

Tab. 2: Charakterisierung des Untersuchungsgebietes zur Schaffung von Dauerbestockungen in sich auflösenden Fichten-Althölzern. (Characterization of the research plot for the conversion of damaged spruce forests into permanent forests.)

Lage	Forstamt:	Altenberg
	Wuchsbezirk:	Obere Nordabdachung des Erzgebirges
	Höhe ü. NN:	650-680 m
	Rauchschadzone:	II
Klima	Mittlerer Niederschlag:	750-900 mm/Jahr
	Mittlere Jahrestemperatur:	5,8-6,8 °C
Geologie	Grundgestein:	Rhyolith

und Boden	Bodenform:	Altenberger Rhyolith-Podsol, Georgenfelder Rhyolith-Braunerde
	Standortsgruppe:	Mf-Z2 (z.T. Mf-M2): Mittlere Berglage mit feuchtem Klima, ziemlich arme (z.T. mittlere) Trophie, mittelfrischer Bodenwasserhaushalt

Die auf einem westexponierten, stark geneigten Hang liegende Versuchsfläche ist in Abb. 3 dargestellt. Das Versuchsdesign entspricht einer split-plot-Anlage mit einfacher Wiederholung. Block I wird dabei aus den Parzellen 1 und 3, Block II aus den Parzellen 2 und 4 gebildet. Aus versuchspraktischen Gründen mußten die gezäunten Parzellen 1 und 2 nebeneinander in das Gelände gelegt werden. Aus diesem Grund stellt Block II - streng genommen - keine echte Wiederholung dar.

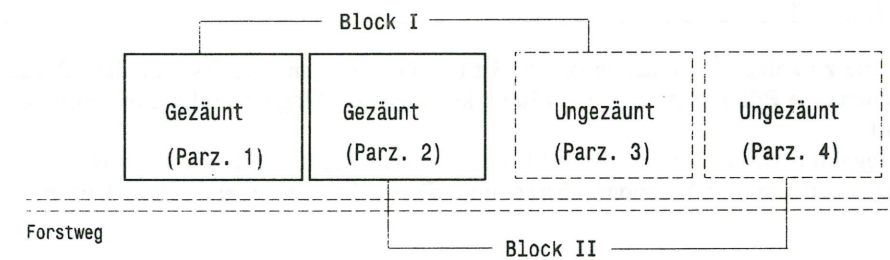


Abb. 3: Die Versuchsanlage zur Schaffung einer Dauerbestockung in einem sich auflösenden Fichtenaltholz. Schematisch dargestellt sind die gezäunten und ungezäunten Parzellen (=Parz.). (The research plot for the conversion of damaged spruce forests into permanent stockings. The fenced and unfenced plots (=Parz.) are represented.)

Bei dem Altbestand des Versuches handelt es sich um einen 76-jährigen, reinen Fichtenbestand (s. Tab. 3); in unmittelbarer Nähe zur Versuchsfläche stehen jedoch einzelne ältere Buchen (*Fagus sylvatica*), Lärchen (*Larix decidua*) und Kiefern (*Pinus sylvestris*).

Tab. 3: Beschreibung des Fichtenaltbestandes der Versuchsanlage zur Schaffung einer Dauerbestockung über Voranbau und Naturverjüngung. (Characterization of the mature spruce stand of the research plot for the conversion of damaged spruce forests into permanent stockings.)

Alter	Bonität (WIEDEMANN 1936/42)	N/ha	G (m ² /ha)	B ⁰ (G)
76	3.0	506	23,2	0,6

In den durch den Hauptfaktor „Zäunung“ gebildeten Parzellen (s. Abb. 3) liegen die 8m x 15m großen Unterparzellen der Beobachtungselemente (vgl. Tab. 4):

- Naturverjüngungsflächen (=Nullflächen)
- Pflanzflächen der vorangebauten Baumarten Buche, Fichte und Tanne (*Abies alba*).

Die Entwicklung der vorangebauten Tannen wird zu Vergleichszwecken nur innerhalb des Zaunes ohne weitere Behandlung beobachtet.

Innerhalb der gezäunten und ungezäunten Parzellen wird für die Baumart Buche der Einfluß der Versuchsfaktoren Kalkung und Konkurrenzeseitigung im Vergleich zu den unbehandelten Beobachtungselementen untersucht. Für die Fichten wird neben der Zäunung nur die Kalkung als ein weiterer Einflußfaktor im Vergleich zu ungekalkten Fichten betrachtet.

Die unbepflanzten Nullflächen dienen zur Beobachtung natürlicher Verjüngungsprozesse unter bzw. ohne den Einfluß der Faktoren Kalkung und Konkurrenzeseitigung.

Tab. 4: Der Versuchsaufbau zur Schaffung einer Dauerbestockung über Voranbau und Naturverjüngung in einem sich auflösenden Fichten-Altholz. (Research design of the research plot for the advance planting and inclusion of natural regeneration in damaged spruce forests.)

Beobachtungselement	Versuchsfaktor					
	Mit Zäunung			Ohne Zäunung		
	Ohne Behandlung	Kalkung	Konkurrenz-beseitigung	Ohne Behandlung	Kalkung	Konkurrenz-beseitigung
Nullfläche	x	x	x	x	x	x
Buche	x	x	x	x	x	x
Fichte	x	x		x	x	
Tanne	x					

Die Düngergabe für die zu kalkenden Flächen betrug 3 t/ha kohlen-sauren Magnesiumkalks. Zusätzlich wurde in den bepflanzten Flächen eine Pflanzplatzdüngung (500 g kohlen-saurer Magnesiumkalk mit Rohphosphat (15%) je Pflanze) durchgeführt.

Bei der Konkurrenzregelung wurden die in der Feld- und Strauchschicht vorkommenden Bäume (mit Ausnahme der Naturverjüngung < 20 cm), insbesondere Birke und Eberesche, sowie alle Straucharten (z.B. *Sambucus racemosa*) entfernt.

3. Ergebnisse

3.1 Ergebnisse zur Wiederbewaldung vergraster Kahlflächen

Die Untersuchungen zur **Wiederbewaldung vergraster Kahlflächen** befaßten sich im ersten Jahr der Versuchsanlage schwerpunktmäßig mit den bodenchemischen Verhältnissen, der Bodenvegetation und der Wachstumsentwicklung der gepflanzten Baumarten.

Der Boden der Versuchsfläche zur Wiederbewaldung weist einen hohen Aziditätsgrad auf. Besonders niedrige $pH_{(KCl)}$ -Werte um 3,2 treten in den obersten Tiefenstufen bis 10 cm auf. Erst ab einer Bodentiefe von über 30 cm werden höhere $pH_{(KCl)}$ -Werte um 4,0 erreicht. Der Boden in den obersten Bodentiefen befindet sich damit nach der Bodencharakterisierung von ULRICH (1986) im Aluminium-/Eisen-Pufferbereich (pH 3,2 - 3,8) und in den Bodentiefen ab 30 cm im Aluminium-Pufferbereich (pH 3,8 - 4,2).

Die Basensättigungsgrade, in denen der Anteil der Neutralkationen Ca, Mg, K und Na an der effektiven Austauschkapazität (Ake) zum Ausdruck kommt, sind sehr niedrig. Sie nehmen deutlich mit zunehmender Tiefe ab: Werte über 15% werden lediglich in den ersten 5 cm des Mineralbodens erreicht und sinken auf bis zu 8% in tieferen Bodenlagen ab.

Der **Bodenvegetation** kommt auf Freiflächen aufgrund ihres Konkurrenzverhaltens zu sich natürlich verjüngenden oder künstlich eingebrachten Bäumen eine entscheidende Rolle zu.

Auf der gesamten Untersuchungsfläche waren 30 verschiedene Arten mit einem Gesamtdeckungsgrad von 95% vertreten.

Die Arten wurden fünf Stetigkeitsklassen zugeordnet. Unter den der Stetigkeitsklasse V (Vorkommen in 81-100% aller Aufnahmeeinheiten) zugehörigen Arten, ist *Calamagrostis villosa* mit einem durchschnittlichen Deckungsgrad von 50% auf der Fläche am stärksten vertreten. Mit einem durchschnittlichen Deckungsgrad von 31% dominiert mit *Avenella flexuosa* ein weiteres Gras die Bodenvegetation. Die strauchartigen und krautigen Pflanzen (*Vaccinium myrtillus*, *Epilobium augustifolium* u.a.) sind in dieser durch Gräser dominierten Kahlflächenvegetation mit Deckungsgraden von insgesamt 14% von untergeordneter Bedeutung.

Die Dominanz der Gräser kommt auch in ihrem hohen Anteil an der oberirdischen Phytomasse zum Ausdruck. Mit einer Masse von 3,4 t/ha nehmen sie 79% der gesamten oberirdischen

Phytomasse (=4,3 t/ha) der Feldschicht ein. Demgegenüber beträgt der Anteil der krautigen Pflanzen an der oberirdischen Phytomasse der Feldschicht lediglich 21%.

Am Ende der ersten Vegetationsperiode im Herbst des Jahres 1994 stellen sich die wachstumsrelevanten Ausgangswerte der gepflanzten Birken, Ebereschen und Fichten wie folgt dar (s. Abb. 4): Die höchsten Sproßlängen und Sproßbasisdurchmesser erreichte die Eberesche. Die Fichte weist zwar den selben Sproßbasisdurchmesser wie die Eberesche auf, ist aber mit 45 cm nur halb so hoch wie die 91 cm hohe Eberesche. Die schwächste Baumart mit 3 mm Sproßbasisdurchmesser und 40 cm Höhe ist derzeit die Birke. Bei der Birke waren mit 22% auch die höchsten Ausfälle zu verzeichnen. Es ist zu vermuten, daß hier die Pflanzenqualität zu wünschen übrig ließ. Dafür spricht jedenfalls, daß 48% der Birken abgestorbene Leittriebe aufwiesen.

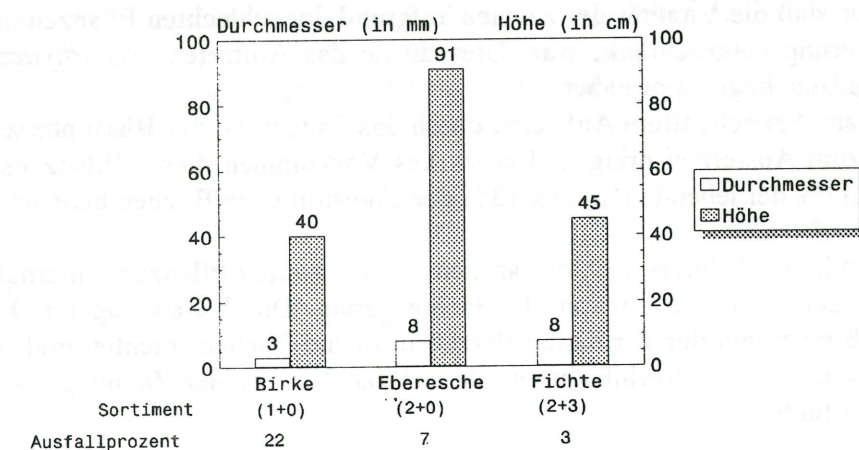


Abb. 4: Darstellung wachstumsrelevanter Ausgangswerte, der verwendeten Pflanzensortimente und der Ausfallprozent für die gepflanzten Birken, Ebereschen und Fichten. Mittlere Sproßbasisdurchmesser bei 1 cm Höhe (linke Ordinate, in mm) und mittlere Höhen (rechte Ordinate, in cm) der gepflanzten Birken, Ebereschen und Fichten nach einer Vegetationsperiode. (Growth-related initial values, age of the plant material and mortality rates for the planted birch, mountain ashes and spruce trees. Average diameter (left axis of ordinate, in mm, measured 1cm above ground) and average height (right axis of ordinate, in cm) of the planted birch, mountain ashes and spruce trees after one year.)

Ein Einfluß der Versuchsfaktoren auf das Wachstumsverhalten der drei Baumarten konnte nach einer Vegetationsperiode nicht festgestellt werden. Ebenso konnten nach erst einjähriger Beobachtung keine Aussagen zur Sukzessionsdynamik getroffen werden.

3.2 Ergebnisse zur Schaffung naturnaher und strukturierter Dauerbestockungen in sich auflösenden Fichten-Althölzern

Eine Vitalitätsansprache an 30 (mit)herrschaften Alt-fichten der Versuchsanlage zur Schaffung naturnaher und strukturierter Dauerbestockungen in sich auflösenden Fichten-Althölzern zeigte eine deutliche Vitalitätsminderung: die Alt-fichten wiesen im Herbst 1994 durchschnittliche Nadelverluste von 37% und Vergilbungen an 4% aller Nadeln auf.

Die bodenchemischen Untersuchungen zeigten ebenfalls eine hohe Azidität des Bodens ($pH_{(KCl)}$: 3,0-4,1) bei insgesamt geringer Basensättigung in den obersten 60 cm (10-14%).

Unter dem aufgelichteten Fichtenaltholzschirm hat sich eine **Bodenvegetation** eingefunden, deren Deckungsgrade in den einzelnen Unterparzellen von 5 bis 100% (Gesamtdurchschnitt 39%) und in der Strauchschicht von 0 bis 45% (Gesamtdurchschnitt 7%) reichen.

Auf der untersuchten Fläche finden sich 34 Arten. 12 dieser Arten können den Stetigkeitsklassen IV und V (Vorkommen einer Art in 61-80 bzw. 81-100% aller Aufnahmeeinheiten) zugeordnet werden. Bemerkenswerterweise sind unter diesen 12 hochsteten Arten auch vier Baumarten vertreten, wenn auch mit sehr geringen Deckungsgraden: *Picea abies*, *Betula pendula*, *Sorbus aucuparia* und *Fagus sylvatica*.

An den im Jahr 1993 begründeten **Voranbauten** ereigneten sich in der Vegetationsperiode 1994 erhebliche Ausfälle. So fielen 20% der im Frühjahr 1994 noch vitalen Buchen, 2% der Fichten und 4% der Tannen aus.

Die Ursachen der Ausfälle sind nur sehr schwer auszumachen. Das hohe Ausfallprozent der Buchen dürfte aber mit darauf zurückzuführen sein, daß ein Großteil der Buchen nur geringe Feinwurzelanteile aufwies (schlechte Pflanzenqualität), und daß ein Teil der Buchen nicht vollständig in den Mineralboden, sondern teilweise in die Humusaufgabe gepflanzt wurde (geringe Pflanzenqualität). Die Ausfälle wurden vielleicht auch durch die ungünstige Witterung der Vegetationsperiode 1994, die sich durch geringe Niederschläge und hohe Sommertemperaturen gegenüber dem langjährigen Mittel auszeichnete, begünstigt.

Es ist anzunehmen, daß die Vitalität der Buchen aufgrund der schlechten Pflanzenqualität und der ungünstigen Witterung eingeschränkt war. Dies dürfte das Auftreten von *Phyllaphis fagi*, der Buchenblatt-Baumlaus, begünstigt haben.

Phyllaphis fagi kann bei gehäuftem Auftreten durch das Saugen an der Blattunterseite schließlich ganze Triebteile zum Absterben bringen. Ein starkes Vorkommen dieses Pflanzensaugers wurde im Jahre 1994 an 11% der lebenden und an 13% der abgestorbenen Buchen beobachtet.

Der Verbiß am Ende des Winters 1993/94 an den vorangebauten Pflanzen außerhalb des Zaunes war mit 10 % an der Buche und 5% an der Fichte gering. Durch Zäunung im Dezember 1993 konnte der Verbiß innerhalb der gezäunten Parzellen für die Buchen, Fichten und Tannen zuverlässig ausgeschlossen werden. Verbißspuren, die aus der Zeit vor der Zäunung stammten, waren nur sehr wenige zu finden.

Nach zwei Vegetationsperioden erreichten die Buchen eine mittlere Sproßlänge von 46 cm. Sie leisteten 1994 einen durchschnittlichen Längenzuwachs von 5 cm (s. Tab. 5).

Tab. 5: Sproßlängen und Längenzuwächse (in cm) der vorangebauten Buchen, Fichten und Tannen. (Lengths and increment of lengths (in cm) of the advance planted beech, spruce and silver fir trees.)

	Buche	Fichte	Tanne
Sproßlänge nach 2 Vegetationsperioden (Ende 1994)	46,0	45,0	27,0
Längenzuwachs 1994	5,0	3,0	5,0

Die mittlere Länge der Fichten betrug nach zwei Vegetationsperioden 45 cm (vgl. Tab. 5). Ihr Sproßlängenwachstum fiel mit durchschnittlich 3 cm etwas geringer aus als das von Buchen und Tannen.

Die vorangebauten Tannen leisteten im Jahr 1994 einen durchschnittlichen Längenzuwachs von 5 cm und erreichten damit mittlere Längen von 27 cm.

Nach zwei Vegetationsperioden sind die vorangebauten Buchen und Fichten immer noch keinen halben Meter lang; die Tanne ist mit 27 cm noch sehr klein.

Im ersten Jahr nach der Zäunung, Kalkung und Konkurrenzeseitigung war noch kein gesicherter Einfluß der Versuchsfaktoren ($p=0,05$) auf die Längen der Buchen und Fichten-Voranbauten nachweisbar.

Unter dem sich auflösenden Fichtenaltholzschirm ist eine üppige **Naturverjüngung** angekommen. Über 228.000 Pflanzen/ha waren im Jahre 1994 auf der Versuchsfläche vorhanden; dies entspricht einer Pflanzendichte von etwa 23 Pflanzen pro m^2 (s. Tab. 6). Die Naturverjüngung setzte sich in erster Linie aus Fichte zusammen (85%). Sonstige Nadelbaumarten (Europäische Lärche,

Gemeine Kiefer) hatten einen Anteil von 3% in der Naturverjüngung. Die Pionierbaumarten Birke, Eberesche und Weide waren verhältnismäßig zahlreich vertreten (ca. 27.000 Pflanzen/ha). Erstaunlich ist die recht hohe Beteiligung der Buche an der Verjüngung in diesem Fichtenaltbestand. Dies dürfte darauf zurückzuführen sein, daß Bucheckern, die von den in unmittelbarer Nähe zur Versuchsfläche stehenden einzelnen Altbuchen stammten, durch Tiere (z.B. Maus, Eichelhäher) - als winterlicher Nahrungsvorrat - auf die Versuchsfläche gebracht wurden. Finden die Tiere die versteckten Bucheckern nicht wieder, so können einzelne Bucheckern zur Keimung kommen. Von untergeordneter Bedeutung sind die sonstigen Laubbaumarten (z.B. Bergahorn, Eiche).

Tab. 6: Keimlings- und Jungpflanzenzahlen der Naturverjüngung auf der Versuchsfläche zur Schaffung einer Dauerbestockung. Einjährige Keimlinge des Jahres 1994 und mehrjährige Jungpflanzen wurden zusammengefaßt. (Density of natural regenerated seedlings (1-year and older) of the research plot for the conversion of damaged spruce forests.)

Baumart	Stück/ha	in %
Fichte	194.000	85
sonstige Nadelbaumarten	6.000	3
Birke	11.600	5
Eberesche	9.500	4
Weide	6.000	3
Buche	1.000	0
sonstige Laubbaumarten	600	0
Summe	228.700	100

Offensichtlich bieten der aufgelockerte Fichtenschirm und die räumliche Nähe fruktifizierender Mischbaumarten gute Möglichkeiten zur Ansamung für eine Reihe von Baumarten.

4. Diskussion der Ergebnisse und Empfehlungen zum Waldumbau

Nach einer durch überdurchschnittlich hohe Temperaturen gekennzeichneten Vegetationsperiode lassen sich für den untersuchten Standort folgende vorläufigen Aussagen zur **Wiederbewaldung vergraster Kahlflächen in den Kammlagen des Erzgebirges** treffen:

- Die Pflanzung stellt eine praktikable Möglichkeit der Wiederbewaldung dar.
- Wird frisches, vitales Pflanzenmaterial verwendet und die Pflanzung sorgfältig durchgeführt, so können die Ausfallprozente der Ebereschen und Fichten deutlich unter 10% gesenkt werden.
- Die Baumart Birke hat sich als besonders empfindlich erwiesen, wenn gering vitales Pflanzenmaterial verwendet wird. Nur bei Verwendung entsprechend vitaler und qualitativ hochwertiger Pflanzen wird die Pflanzung von Birken als eine mögliche Maßnahme zur Wiederbewaldung der vergrasteten Kahlflächen angesehen.

Für die **Schaffung naturnaher und strukturierter Dauerbestockungen in geschädigten Fichtenbeständen** ist die Lebenserwartung der Altfichten von sehr großer Bedeutung. Zwar zeigen die Aufnahmen eine verminderte Vitalität der 76-jährigen Fichten; innerhalb der nächsten Jahre ist für diesen Bestand jedoch nicht mit einem Totalausfall zu rechnen.

Der dämpfende Einfluß des Schirmes auf das Wachstum wird durch die geringen Längenzuwächse offenkundig. Selbst stark aufgelichtete Fichtenbestände ($B^0_{(G)}=0,6$) entfalten noch einen so großen Schirmdruck, daß ein zügiges Wachstum der Voranbauten in dieser Anfangsphase verhindert wird.

Für den angestrebten Waldumbau in diesen geschädigten Ökosystemen werden daher folgende Empfehlungen gegeben:

- (1) Voranbauten sollten nur in stärker aufgelichteten Beständen angelegt werden. In geschlossenen bzw. nur leicht aufgelichteten Beständen wird das Wachstum der Voranbauten zu stark durch den Schirm des Altholzes gedämpft.
- (2) Für Voranbauten sollten ausschließlich vitale Pflanzen verwendet werden. Dies ist eine wesentliche Voraussetzung für niedrige Ausfallraten und eine hohe Widerstandsfähigkeit gegenüber Schadorganismen (z.B. *Phyllaphis fagi* an Buche).
- (3) Eine generelle Zäunung ist bei Voranbaumaßnahmen nicht notwendig. Zumindest örtlich kann der Verbiß an Voranbauten so gering sein (z.B. in der Nähe von Ortschaften), daß Voranbauten auch ohne Zaunschutz aufwachsen können.
- (4) Naturverjüngungsprozesse sollten stärker genutzt werden. Sie bieten die Möglichkeit, reich strukturierte, gemischte Bestände aufzubauen.

5. Zusammenfassung

In den Hoch- und Kammlagen des Erzgebirges sind infolge immissionsbedingter Schäden in größerem Umfang waldfreie Flächen und sich in Auflösung befindende Fichtenalthölzer anzutreffen.

Das Institut für Waldbau und Forstschutz geht auf zwei Versuchsflächen, die für die beiden genannten Ausgangssituationen repräsentativ sind, zum Einen der Frage nach, wie sich eine Wiederbewaldung der Freiflächen erreichen läßt. Zum Anderen wird untersucht, wie die Entwicklung sich auflösender Fichtenalthölzer zu naturnahen und stabilen Dauerbestockungen durch Voranbau und durch die Einbeziehung der natürlichen Verjüngung unterstützt werden kann.

Die Versuchsfläche zur Wiederbewaldung von Freiflächen in den Kammlagen des Erzgebirges weist eine hohe Dominanz von Gräsern, wie beispielsweise *Calamagrostis villosa* und *Avenella flexuosa*, in der Bodenvegetation auf. Eine praktikable Möglichkeit zur Wiederbewaldung stellt die Pflanzung von Birke, Eberesche und Fichte dar. Eine wesentliche Voraussetzung für eine geringe Mortalität der Pflanzen ist dabei die Verwendung frischer und vitaler Pflanzen; dies gilt ganz besonders für die empfindliche Baumart Birke.

Der 76-jährige Fichten-Altbestand der Versuchsfläche zum Voranbau und zur Naturverjüngung zeigt deutliche Vitalitätsminderungen. Auch beim Voranbau kommt der Verwendung frischen Pflanzenmaterials große Bedeutung zu: insbesondere für die Buche ist es entscheidend, über eine hohe Widerstandskraft gegenüber Schadorganismen (z.B. *Phyllaphis fagi*) zu verfügen.

Nach einem Jahr, in dem die Versuchsfaktoren (Zäunung, Kalkung bzw. Konkurrenzbeseitigung) wirksam waren, war noch kein Unterschied in den Längen der vorangebauten Baumarten Buche und Fichte festzustellen.

Auf eine Zäunung von Voranbauflächen kann verzichtet werden, wenn der Verbiß, z.B. aufgrund naher Ortslage, gering ist.

Unter dem aufgelichteten Fichtenaltholzschirm kommt die Naturverjüngung sehr zahl- und artenreich an (über 228.000 Pflanzen/ha).

Daraus leitet sich ab, daß Naturverjüngungsprozesse stärker als bisher in eine Strategie zum Aufbau naturnaher und strukturierter Dauerbestockungen einbezogen werden sollten.

Summary

Due to air pollution damage unstocked areas and disintegrating old spruce forests (*Picea abies*) are found to a great extent in the high-altitude and ridge regions of the Erzgebirge.

The Institute of Silviculture and Forest Protection deals therefore with two representative experimental plots with following research topics:

- (1) how can a reforestation of the unstocked areas be achieved and
- (2) how can the transformation of damaged spruce stands into natural and stable

permanent stockings be supported by the means of advance planting and inclusion of the natural regeneration.

The experimental plot for the reforestation of unstocked areas in the higher altitudes of the Erzgebirge has a ground vegetation of which grasses such as *Calamagrostis villosa* and *Avenella flexuosa* are highly dominant. A feasible possibility for the reforestation consists in planting birch (*Betula pendula*), mountain ash (*Sorbus aucuparia*) and spruce. An essential precondition for low mortality rates of the plants is the usage of fresh, vigorous plants; this is especially important for the sensitive tree species birch.

The 76-years-old spruce stand of the trial plot for advance planting and natural regeneration shows an evident decrease in vitality. Also, it is most important to use fresh plants for a successful advance planting: especially for beech trees (*Fagus sylvatica*) it is decisive to have high resistivity against pests (e.g. *Phyllaphis fagi*).

After a period of one year during which the experimental factors (enclosure by fencing, liming and removal of competitive plants, resp.) were effective no significant difference concerning the lengths of the tree species beech and spruce could be made out.

Fencing of advance planting areas is unnecessary, if there is only a small extent of game browsing, e.g. close to settlements.

The natural regeneration under the opened mature spruce forest canopy is numerous (more than 228.000 plants per hectare) and diversified.

It is recommended to include natural regeneration processes - more than in the past - into a strategy for creating natural and structured permanent stockings.

6. Literatur

SMLEF (1994): Sächsisches Staatsministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Forsten: Waldschadensbericht. 78 S.

ULRICH, B. (1986): Natural and anthropogenic components of soil acidification.

Z. Pflanzenernaehr. Bodenk. 149, 702-717.

Projektbezogene Veröffentlichungen:

MOSANDL, R.; KÜßNER, R.; BENABDELLAH, B. (1995): Waldbauliche Untersuchungen in den Hoch- und Kammlagen des Erzgebirges. Bericht zum XI. Gemeinsamen Waldbaukolloquium „Tharandt-Brno“ (1994). Institut für Waldbau und Forstschutz, TU Dresden. Im Druck.