

Waldbauliche Untersuchungen in den Hoch- und Kammlagen des Erzgebirges

R. Mosandl, R. Kübner, B. Benabdellah

1. Waldzustandstypen in den Hoch- und Kammlagen

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 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 Sanierung und Umgestaltung der Erzgebirgswälder (=Waldumbau) auf eine solide, wissenschaftlich begründete Grundlage gestellt werden kann.

Das Institut für Waldbau und Forstschutz hat im Rahmen des an der Fachrichtung Forstwissenschaft in Tharandt angesiedelten BMBF-Verbundprojektes „ERZ“¹ in Abstimmung mit der Sächsischen Landesanstalt für Forsten in Graupa ein waldbauliches Forschungskonzept für die Hoch- und Kammlagen des Erzgebirges entwickelt.

Am Anfang dieses Konzeptes stand die Identifikation von fünf „Ist-Zustands-Typen“ des Erzgebirgswaldes (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*

¹ Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des BMBF (Projekt-Nr.: 0339464A) und mit Mitteln des Sächs. Staatsministeriums für Wissenschaft und Kunst (AZ 7541.82-0370/405) gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

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 Auflichtung und zur Auflösung älterer Fichtenbestände.

(3) Interimsbestockungen

Flächenhafte Absterberscheinungen zwangen in den letzten Jahrzehnten zur raschen Wiederaufforstung größerer Flächen zur Aufrechterhaltung wichtiger Waldfunktionen (z.B. Erosionsschutz) unter zunächst unverändert hohen Immissionseinträgen.

Diese Flächen wurden überwiegend mit „immissionstoleranten“ Baumarten (Lärche, Stechfichte, Omorikafichte, Murraykiefer u.a.) aufgeforstet und nehmen in den Immissionsschad-zonen „I“ und „I extrem“ des Erzgebirgsraumes eine Fläche von 4.194 ha ein (SMLEF 1994).

(4) Vorwälder

Nach dem flächenhaften Absterben von Fichtenbeständen im Erzgebirge wurden auf insgesamt 731 ha Vorwälder aus Eberesche (*Sorbus aucuparia*) und Birke (*Betula pendula*) begründet (SMLEF 1994). Sie eröffnen der waldbaulichen Praxis die Option, frostempfindlichere Baumarten wie beispielsweise die Buche (*Fagus sylvatica*) im Schutz des durch die Vorwaldbaumarten gebildeten Schirmes einzubringen.

(5) Standortgerechte, stabile Bestockungen

Gegenstand einer ökologisch orientierten und naturnahen Forstwirtschaft sind standortgerechte und stabile Bestockungen des Erzgebirges. Sie bedürfen keiner aktuellen waldbaulichen Umbaustategie, da sie hinsichtlich ihrer Baumartenzusammensetzung (=standortgerecht) und Bestockungsstruktur (=stabil) der waldbaulichen Zielsetzung entsprechen. Eventuell ist bei Festlegung des Verjüngungsziels ein naturnäherer Bestockungstyp anzustreben.

Abb. 1: Ist-Zustands-Typen und waldbauliche Strategien für den Waldumbau im Erzgebirge.

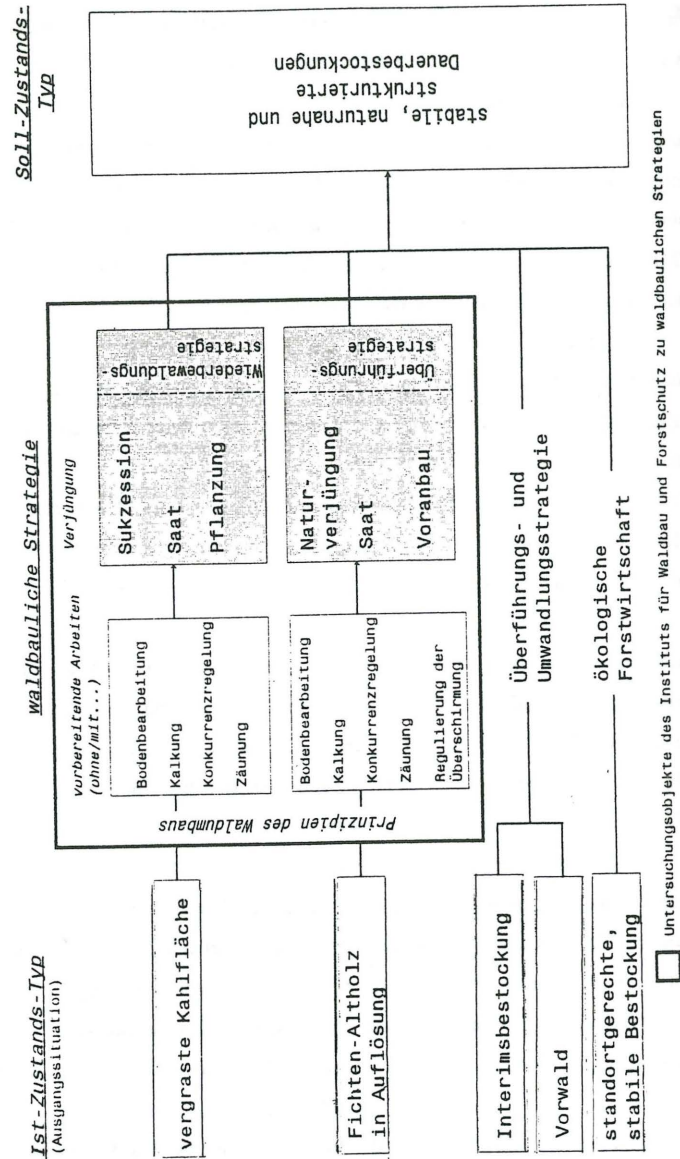


Abb. 1: Ist-Zustands-Typen und waldbauliche Strategien für den Waldbau im Erzgebirge.

Für die ersten beiden „Ist-Zustands-Typen“ wurden vom Waldbauinstitut Fragestellungen formuliert und dementsprechende Versuchsanlagen geschaffen, die zur Herleitung einer wissenschaftlich fundierten Strategie des Waldbaus beitragen sollen.

2. Die Versuchsanlage auf der vergrasten Kahlfläche (=Wiederbewaldungsversuch)

2.1 Fragestellungen

Voraussetzung für die Erarbeitung einer Wiederbewaldungsstrategie für die vergrasten Kahlflächen ist die Klärung folgender Fragestellungen:

- * Wie verläuft die natürliche sekundäre Sukzession auf vergrasten Kahlflächen ?
- * Läßt sich die Wiederbewaldung dieser Flächen durch Pflanzung von Eberesche, Birke und Fichte beschleunigen ?
- * Stellt die Saat dieser drei Baumarten eine Alternative zur Wiederbewaldung durch Pflanzung dar ?
- * Wie wirken Zäunung, Kalkung, Bodenbearbeitung und Konkurrenzbeseitigung für sich alleine bzw. in kombinierter Form auf den Wiederbewaldungsprozess ?

2.2 Untersuchungsgebiet und Versuchsanlage

Zur Beantwortung der eingangs aufgeführten Fragen wurde im Jahr 1994 eine 3 ha große Versuchsanlage auf einer größeren vergrasten Kahlfläche im Forstamtgebiet Altenberg im Erzgebirge eingerichtet. Eine Charakterisierung des Untersuchungsgebietes findet sich in Tab. 1.

Tab. 1: Charakterisierung des Untersuchungsgebietes zur Wiederbewaldung vergraster Kahlflächen.

Lage	<i>Forstamt:</i>	Altenberg, Rev. Georgenfeld, Abt. 189
	<i>Wuchsbezirk:</i>	Östliches Oberes Erzgebirge (SCHWANECKE/KOPP, 91/92)
	<i>Höhe ü. NN:</i>	880 m
Klima	<i>Mittlerer Niederschlag:</i>	>1100 mm/Jahr
	<i>Mittlere Jahrestemperatur:</i>	< 4,0°C
Geologie und Boden	<i>Grundgestein:</i>	Rhyolith
	<i>Bodenform:</i>	Altenberger Rhyolith-Podsol
	<i>Standortsgruppe:</i>	Kf-ZII (Kammlage mit feuchtem Klima, ziemlich arme Trophie, ungeschützte Lage)

Die 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 in der Anlage 1 dargestellten Beobachtungselemente

- Sukzessionsflächen (Nullflächen)
- Pflanzflächen der Baumarten Fichte, Birke und Eberesche
- 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 sind dies die Versuchsfaktoren Bodenbearbeitung, Kalkung und Konkurrenzeseitigung (=Ausgrasen), deren Wirkung einzeln und in Kombination getestet werden soll.

Die Pflanzung der drei verwendeten Baumarten erfolgte im Verband 2x1 m (Frühjahr 1994). Die maschinelle Bodenbearbeitung erfolgte durch das Anlegen von Pflugstreifen im 2m-Abstand.

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

Die Pflanzreihen wurden im Herbst mit Motorsensen vom Gras freigeschnitten („ausgegrast“).

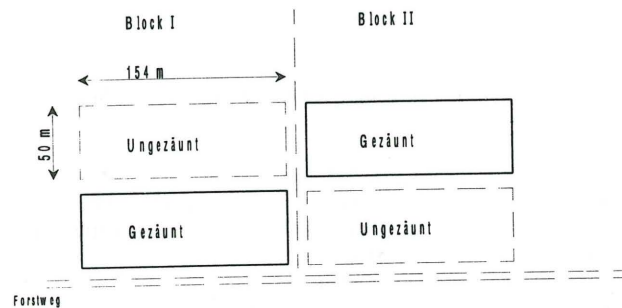


Abb. 2: Die Versuchsanlage zur Wiederbewaldung vergraster Kahlflächen (s. Erläuterungen im Text). Dargestellt sind die zwei Blöcke mit ihren gezäunten und ungezäunten Parzellen. Der Aufbau einer Parzelle ist in Anlage 1 dargestellt

2.3 Erste Ergebnisse

Schwerpunkt der Arbeiten bildeten im Jahr der Versuchsanlage (1994) eine Analyse der bodenchemischen Verhältnisse, eine intensive Vegetationsaufnahme und die Erfassung von Wachstumsparametern an den gepflanzten Birken, Ebereschen und Fichten.

Der **Boden** der bearbeiteten Versuchsfläche weist einen hohen Aziditätsgrad auf. Besonders niedrige $pH_{(KCl)}$ -Werte um 3,2 treten in den obersten Tiefenstufen bis 10 cm auf (s. Abb. 3). 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).

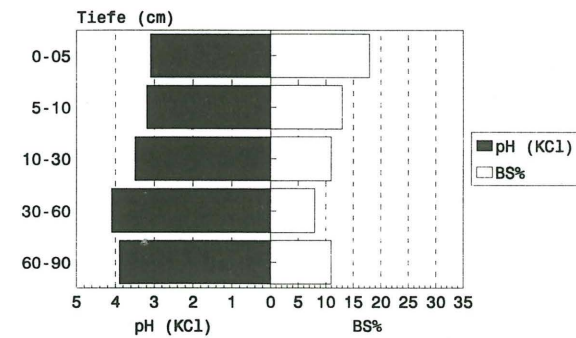


Abb. 3: Mittlere $pH_{(KCl)}$ -Werte und mittlere Basensättigungsgrade (BS%) in verschiedenen Tiefenstufen des Mineralbodens.

Die Basensättigungsgrade (BS%), in denen der Anteil der Neutralkationen Ca, Mg, K und Na an der effektiven Austauschkapazität (Ake) zum Ausdruck kommt, sind sehr niedrig (s. Abb. 3). Sie nehmen deutlich mit zunehmender Tiefe ab. Werte über 15% werden lediglich in den ersten 5 cm des Mineralbodens erreicht.

Einen breiten Raum nahmen im ersten Jahr der Versuchsanlage Untersuchungen zur **Bodenvegetation** ein, da davon ausgegangen wird, daß ihr eine Schlüsselrolle bei der Wiederbewaldung zukommt.

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 (s. Abb. 4). Mit einem durchschnittlichen Deckungsgrad von 31% dominiert mit *Avenella flexuosa* ein weiteres Gras die Bodenvegetation. Die krautigen Pflanzen sind in dieser durch Gräser dominierten Kahlflächenvegetation mit Deckungsgraden von insgesamt 14% von untergeordneter Bedeutung.

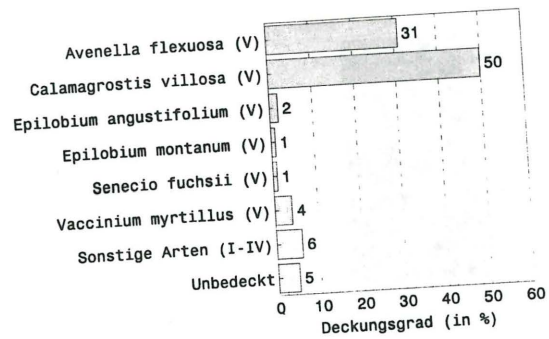


Abb. 4: Mittlere Deckungsgrade (in %) der in der Feldschicht vertretenen Pflanzenarten. In Klammern ist die Stetigkeitsklasse angegeben.

Die Dominanz der Gräser kommt auch in ihrem hohen Anteil an der oberirdischen Phytomasse der Feldschicht zum Ausdruck. Mit einer Masse von 3,4 t/ha nehmen sie 79% an der gesamten oberirdischen Phytomasse (=4,3 t/ha) ein. Demgegenüber beträgt der Anteil der krautigen Pflanzen an der oberirdischen Phytomasse der Feldschicht lediglich 21%.

Werden die auf der Versuchsfläche vorkommenden Pflanzenarten mit den von ELLENBERG et al. (1992) angegebenen Zeigerwerten versehen und entsprechend ihren Deckungsgraden gewichtet, so können über die mittleren Zeigerwerte der Bodenvegetation die Wachstumsbedingungen auf der Fläche näher beschrieben werden.

ELLENBERG et al. (1992) ordneten den in Mitteleuropa vorkommenden Arten Zeigerwerte innerhalb einer 9-stufigen Skala zu, die das ökologische Verhalten von Arten bezüglich der Standortfaktoren Licht (L), Feuchte (F), Bodenreaktion (R) und Nährstoffe (N) charakterisieren (s. Tab. 2).

Tab. 2: Die ökologische Bedeutung der Zeigerwerte für die Faktoren Licht, Feuchte, Bodenreaktion und Nährstoff am Beispiel der Zeigerwerte 1,5 und 9.

Faktor	Zeigerwert 1	Zeigerwert 5	Zeigerwert 9
Licht	Tiefschattenpflanzen	Halbschattenpflanzen	Vollichtpflanzen
Feuchte	Starke Trockenheitszeiger	Frischezeiger	Nässezeiger
Bodenreaktion	Starke Säurezeiger	Mäßigsäurezeiger	Basen- und Kalkzeiger
Nährstoff	Magerkeitszeiger	mäßig stickstoffreiche Standorte	übermäßig stickstoffreiche Standorte

Die so ermittelten mittleren quantitativen Zeigerwerte der Standortfaktoren Licht, Feuchte, Bodenreaktion und Nährstoffangebot werden für die Versuchsfl. in Abb. 5 wiedergegeben.

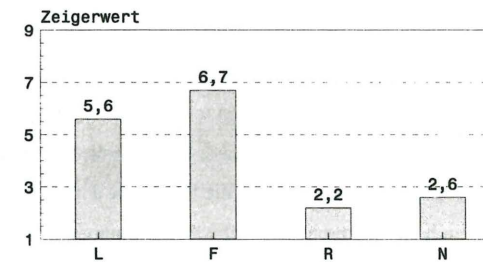


Abb. 5: Mittlere quantitative Zeigerwerte für die untersuchte Fläche zur Wiederbewaldung.

L=Licht-, F=Feuchte-, R=Bodenreaktions- und N=Nährstofffaktor. Erklärung der Zeigerwerte im Text.

Bezüglich des Standortsfaktors Licht (mittlerer quantitativer Zeigerwert $L=5,6$) sind die auf der Fläche vorkommenden Arten als überwiegende Halbschatten- und Halblichtpflanzen zu beschreiben.

Dieser Wert scheint zunächst nicht mit einer Freiflächensituation (voller Lichtgenuß) übereinzustimmen, wäre aber folgendermaßen erklärbar:

Die beiden Gräser *Calamagrostis villosa* ($L=6$) und *Avenella flexuosa* ($L=6$) kamen als Arten der potentiellen natürlichen Waldgesellschaft des *Calamagrostio villosae-Piceetums* wahrscheinlich schon flächendeckend in den Vorbeständen vor und konnten sich im Zuge des Auflösungsprozesses der Altbestände stark ausbreiten. Volllichtpflanzen hatten nach Abschluß des Auflösungsprozesses gegenüber den bereits etablierten und konkurrenzstarken Grasarten nur geringe Ansamungschancen.

Die guten Feuchtigkeitsverhältnisse für das Pflanzenwachstum kommen in einem mittleren quantitativen Zeigerwert von $F=6,7$ deutlich zum Ausdruck. Die Bodenfeuchtigkeitsverhältnisse sind demnach als „gut durchfeuchtet, aber nicht naß“ zu beschreiben.

Ein mittlerer quantitativer Bodenreaktionszeigerwert $R=2,2$ zeigt an, daß Starksäurezeiger und Säurezeiger, die ihr Schwergewicht auf sauren Böden haben, in der Feldschicht überwiegen. Ein mittlerer quantitativer Nährstoffzeigerwert $N=2,6$ charakterisiert stickstoffarme Standorte. Es dominieren Arten, die häufiger auf mittelmäßig nährstoffversorgten als auf reicher nährstoffversorgten Standorten vorkommen.

Gerade die beiden letztgenannten Zeigerwerte machen deutlich, daß der in den Bodenanalysen zu Tage getretene hohe Aziditätsgrad des Bodens und das damit einhergehende geringe Nährstoffangebot von der Bodenvegetation sehr gut wiedergespiegelt werden.

Am Ende der ersten Vegetationsperiode im Herbst des Jahres 1994 stellen sich die **Wachstumsparameter** der gepflanzten Birken, Ebereschen und Fichten wie folgt dar (s. Abb. 6): 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.

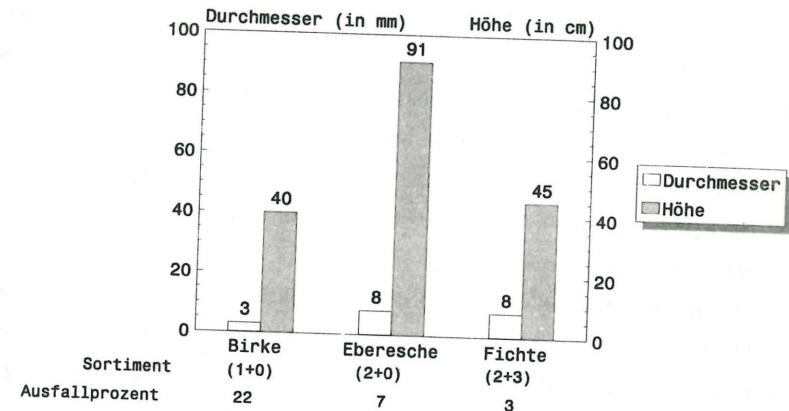


Abb. 6: Darstellung der Wachstumsparameter, der verwendeten Pflanzensortimente und der Ausfallprozent für die gepflanzten Birken, Ebereschen und Fichten.

Mittlere Sproßbasisdurchmesser (linke Ordinate, in mm) und mittlere Höhen (rechte Ordinate, in cm) der gepflanzten Birken, Ebereschen und Fichten nach einer Vegetationsperiode.

2.4 Diskussion der Ergebnisse und erste waldbauliche Empfehlungen

Die bodenchemischen und vegetationskundlichen Untersuchungen bestätigen übereinstimmend eine hohe Azidität und ein geringes Nährstoffangebot des Mineralbodens.

Die pH-Werte des Mineralbodens liegen im Aluminium-(Al-) und Aluminium-/Eisen-(Al/Fe-)Pufferbereich. Damit herrschen selbst für die etwas säuretoleranteren Baumarten (wie z.B. Fichte) suboptimale Wachstumsbedingungen vor.

Bei Basensättigungsgraden unter 15% vermindert sich die Elastizität des Bodens gegenüber Säureinträgen und für die einheimischen Baumarten wird die Möglichkeit zur Nährstoffaufnahme eingeschränkt. Dies kann in der Folge zu Wurzelschädigungen durch Calciummangel und zu Blatt- bzw. Nadelverfärbungen (z.B. Magnesiummangel) führen (SMLEF 1994).

Schädigungen aufgrund ungünstiger bodenchemischer Verhältnisse wurden jedoch noch nicht beobachtet. Die gepflanzten Baumarten scheinen zumindest in der Anfangsphase mit den ungünstigen Bodenverhältnissen zurecht zu kommen.

Auch ein Düngeneffekt hat sich in der kurzen Beobachtungszeit noch nicht abgezeichnet.

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 Pflanzen wird die Pflanzung von Birken als eine mögliche Maßnahme zur Wiederbewaldung der vergrasten Kahlflächen angesehen. Soll die Birke zur Wiederbewaldung dieser Flächen verwendet werden, so ist auf qualitativ hochwertiges Pflanzenmaterial zu achten.

3. Die Versuchsanlage in einem sich auflösenden Fichtenaltbestand (=Voranbau- und Naturverjüngungsversuch)

3.1 Fragestellungen

Flächenmäßig von weit größerer Bedeutung als vergraste Kahlflächen sind im Erzgebirge Fichtenbestände, die sich in Folge von Luftschadstoffeinwirkung auflösen. Hier stellen sich folgende Fragen:

- * Wie schnell verlaufen die Auflösungsprozesse im Fichtenaltbestand und wie lange kann die Schirmwirkung für die vorangebauten Baumarten unter den aktuellen Immissionsbedingungen erhalten bleiben ?
- * Wie entwickeln sich die vorangebauten Baumarten (Buche, Fichte, Tanne) unter Schirm ?
- * Welchen Einfluß üben Zäunung, Kalkung oder Konkurrenzregelung auf die Entwicklung dieser Voranbauten aus ?
- * Wie verläuft die natürliche Verjüngung unter Schirm und wie läßt sie sich durch Zäunung, Bodenbearbeitung, Kalkung und Konkurrenzregelung waldbaulich beeinflussen ?

3.2 Untersuchungsgebiet und Versuchsanlage

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

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

Tab. 3: Charakterisierung des Untersuchungsgebietes zum Voranbau in sich auflösenden Fichtenaltbeständen.

Lage	<i>Forstamt:</i> <i>Wuchsbezirk:</i> <i>Höhe ü. NN:</i> <i>Rauchschadzone:</i>	Altenberg, Rev. Hirschsprung, Abt. 13 Obere Nordabdachung des Erzgebirges 650-680 m II
Klima	<i>Mittlerer Niederschlag:</i> <i>Mittlere Jahrestemperatur:</i>	750-900 mm/Jahr 5,8-6,8 °C
Geologie und Boden	<i>Grundgestein:</i> <i>Bodenform:</i> <i>Standortsgruppe:</i>	Rhyolith Altenberger Rhyolith-Podsol Georgenfelder Rhyolith-Braunerde Mf-Z2 (z.T. Mf-M2): Mittlere Berglage mit feuchtem Klima, ziemlich arme (z.T. mittlere) Trophie, mittelfrischer Bodenwasserhaushalt

Bei dem **Altbestand** der Versuchsfläche handelt es sich um einen 76-jährigen, reinen Fichtenbestand (s. Tab. 4); in unmittelbarer Nähe zur Versuchsfläche stehen jedoch einzelne ältere Buchen, Lärchen (*Larix decidua*) und Kiefern (*Pinus sylvestris*).

Die 76-jährigen Fichten erreichen lediglich eine Bonität 3.0 nach WIEDEMANN (1936/42); der Altbestand ist aufgelichtet, sein Bestockungsgrad liegt bei 0,6.

Tab. 4: Beschreibung des Fichtenaltbestandes der Versuchsanlage zum Voranbau.

Die Fläche (Abt. 413) setzt sich aus zwei Teilflächen (a^6 und a^7) zusammen. Die Bestandeskennwerte beziehen sich auf ein flächengewichtetes mittleres Alter von 76 Jahren. Die Bonitierung erfolgte nach WIEDEMANN (1936/42)

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

An 30 (mit)herrschenden Fichten des Altbestandes wurden Nadelverlustprozente und die prozentualen Anteile vergilbter Nadeln ermittelt.

Die bonitierten Altfichten wiesen dabei im Herbst 1994 durchschnittliche Nadelverluste von 37% und einen Anteil vergilbter Nadeln von 4% auf.

In dieser Vitalitätseinschätzung kommt deutlich zum Ausdruck, daß es sich bei dem Fichtenbestand um einen geschädigten, in der Vitalität geminderten Altbestand handelt. Allerdings ist die Schädigung noch nicht so weit fortgeschritten, daß innerhalb der nächsten Jahre mit einem Totalausfall des Altbestandes - und damit mit einem Verlust der Schirmwirkung für die Voranbauten - gerechnet werden muß. Zumindest gilt dies für den Fall, daß schwere zusätzliche Störungen wie Sturmwurfereignisse oder Borkenkäfergradationen ausbleiben.

Die auf einem westexponierten, stark geneigten Hang liegende Versuchsfläche zum Voranbau und zur natürlichen Verjüngung ist in Abb. 7 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.

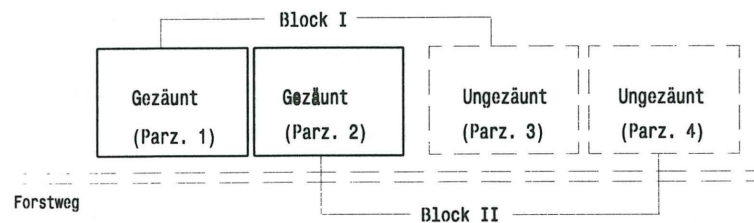


Abb. 7: Die Versuchsanlage zum Voranbau in einem sich auflösenden Fichtenaltholz.

Schematisch dargestellt sind die gezäunten und ungezäunten Parzellen (=Parz.). Der Aufbau der Parzellen ist in Anlage 2 dargestellt.

Die Beobachtungselemente der Unterparzellen (vgl. Anlage 2 und die folgende Übersicht), die eine Fläche von 8x15 m einnehmen, werden gebildet aus:

- 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.

Als Hauptfaktor für alle Beobachtungselemente wirkt die Zäunung; innerhalb der gezäunten und ungezäunten Parzellen wird für die Baumart Buche der Einfluß der Versuchsfaktoren Kalkung und Konkurrenzbeseitigung 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 Konkurrenzbeseitigung.

Der Versuchsaufbau wird in folgender Übersicht dargestellt:

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.

3.3 Erste Ergebnisse

Die bodenchemischen Analysen zeigen eine hohe Azidität des Bodens ($\text{pH}_{(\text{KCl})}$: 3,0-4,1) bei insgesamt geringer Basensättigung (s. Abb. 8).

Die Bodenproben wurden - mit Ausnahme der Tiefenstufe 60-90 cm - an drei verschiedenen Probepunkten auf der Versuchsfläche gewonnen. Dabei wurden an jedem Punkt aus vier Unterstichproben Mischproben gebildet. Der etwas höhere pH-Wert und die hohe Basensättigung der Tiefenstufe 60-90 cm rührt dagegen von nur einer Bodenprobe (im Bereich der Georgenfelder Rhyolith-Braunerde) her. Dieser Wert kann daher nicht für die gesamte Fläche sondern nur für einen kleineren Teil der Versuchsfläche als typisch angesehen werden.

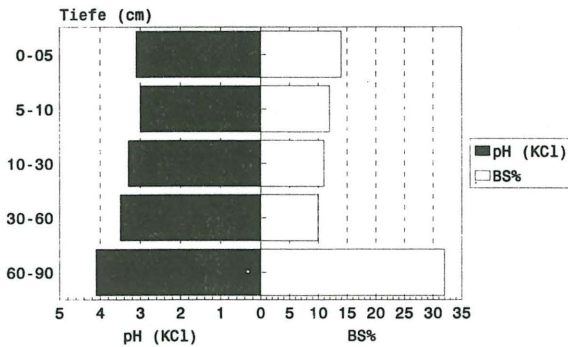


Abb. 8: Mittlere $pH_{(KCl)}$ -Werte und mittlere Basensättigungsgrade (BS%) in verschiedenen Tiefenstufen des Mineralbodens.

Unter dem aufgelichteten Fichtenaltholzschirm hat sich eine **Bodenvegetation** eingefunden, deren Deckungsgrade in den einzelnen Unterparzellen (8x15 m, vgl. Anlage 2) stark differieren. Die Deckungsgrade reichen in der Feldschicht von 5 bis 100% (Gesamtdurchschnitt 39%) und in der Strauchschicht von 0 bis 45% (Gesamtdurchschnitt 7%).

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: *Betula pendula*, *Fagus sylvatica*, *Picea abies* und *Sorbus aucuparia* (s. Abb. 9).

Die größten Deckungsgrade in der Feldschicht weisen *Avenella flexuosa* mit einem durchschnittlichen Deckungsgrad von 18% und *Vaccinium myrtillus* (mittlerer Deckungsgrad von 8%) auf.

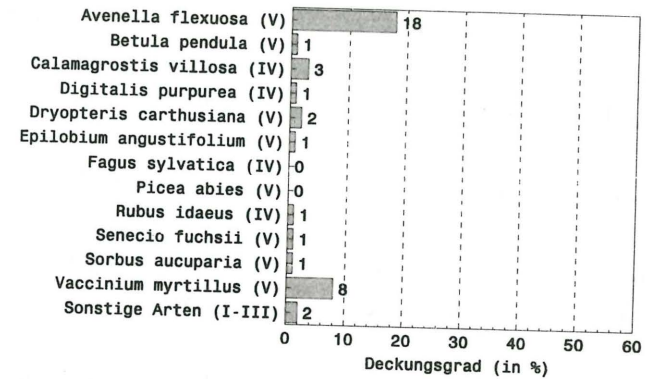


Abb. 9: Durchschnittliche Deckungsgrade (in %) der Arten in der Feldschicht.

In Klammern sind die Stetigkeitsklassen angegeben, zu der eine Art gehört. Der unbedeckte Flächenanteil beträgt 61%.

Aufschlußreich ist eine Betrachtung der ökologischen Zeigerwerte der Pflanzen (ELLENBERG et al. 1992) für die Arten, die in mindestens 21% aller Aufnahmeeinheiten vertreten sind (Stetigkeitsklassen II-V, s. Abb. 10).

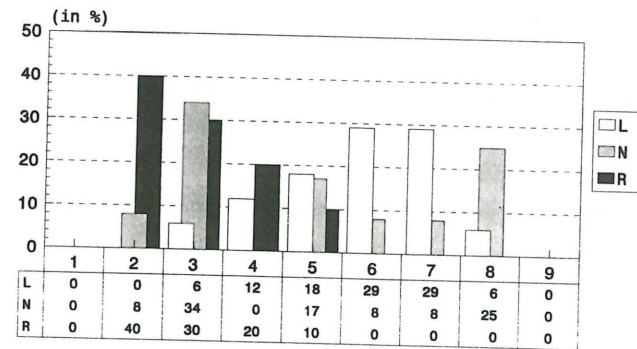


Abb. 10: Prozentuale Häufigkeiten der Zeigerwerte 1 bis 9 der nicht-indifferenten Pflanzen der Versuchsfläche für den Licht- (L), den Nährstoff- (N) und den Bodenreaktionsfaktor (R). Berücksichtigt wurden nur Arten der Stetigkeitsklassen II, III, IV und V (n=18). Bezogen auf diese Artenzahl ergaben sich folgende Anteile indifferenten Arten hinsichtlich der Zeigerwerte: Licht: 6%, Nährstoff: 33%, Bodenreaktion: 44%.

Die Lichtsituation der Versuchsfläche wird durch einen mittleren quantitativen Zeigerwert von $L=5,9$ charakterisiert. Damit kommt zum Ausdruck, daß Halbschatten- und Halblichtpflanzen in der Bodenvegetation vorherrschen. Dies stimmt gut mit der prozentualen Häufigkeitsverteilung der Arten in den einzelnen Zeigerwerten überein, nach der der Median einen Zeigerwert von 6 aufweist (s. Abb. 10).

Der mittlere quantitative Zeigerwert für die Nährstoffsituation beträgt 3,4. Er bringt allerdings nicht zum Ausdruck, daß von den Pflanzenarten der Versuchsfläche etwa ein Drittel eher nährstoffarme Standorte ($N=3$) und etwa ein Drittel eher nährstoffreiche Standorte ($N=7$ und 8) bevorzugen; so liegt der Median der Häufigkeitsverteilung dagegen bei einem Zeigerwert von $N=5$.

Die Bodenreaktion (mittlerer quantitativer Zeigerwert $R=2,3$) wird von den Pflanzen als „sauer bis stark sauer“ charakterisiert. Es dominieren Säurezeigerarten, die aber auch im „neutralen“ Bereich vorkommen können.

Auf eine Berechnung eines mittleren quantitativen Zeigerwertes für die Feuchte (F) wurde verzichtet, da die Artenzahl, die in die Berechnung eingeht, nur bei 5 Arten liegt.

Bezüglich der Azidität des Bodens stimmen die bodenchemischen Kennwerte gut mit den vegetationskundlichen Ergebnissen überein.

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 Feinwurzelaufwies (schlechte Pflanzenqualität), und daß ein Teil der Buchen nicht vollständig in den Mineralboden, sondern teilweise in die Humusaufgabe gepflanzt wurde (geringe Pflanzqualität). 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 Triebeile 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.

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

Im ersten Jahr nach der Zäunung, Kalkung und Konkurrenzeseitigung war noch kein gesicherter Einfluß der Versuchsfaktoren ($p=0,05$) auf die Längen der Buchen-Voranbauten nachweisbar (s. Abb. 11).

Die mittlere Länge der Fichten betrug nach zwei Vegetationsperioden 45 cm (vgl. Tab. 5). Im Vergleich zu den Buchen erbrachten sie mit durchschnittlich 3 cm geringere Längenzuwäch-

se; ihre Längen zeigten im Jahr 1994 keine Unterschiede ($p=0,05$) zwischen den Versuchsvarianten.

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

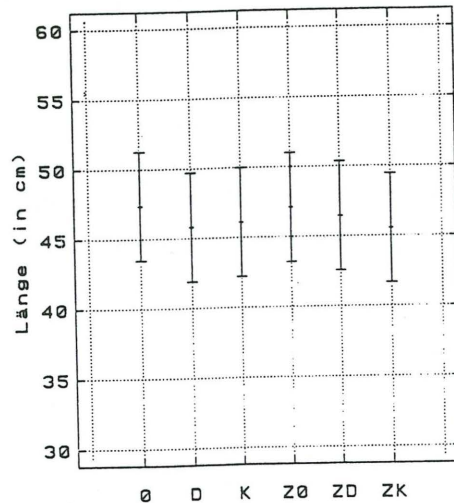


Abb. 11: Mittelwerte der Buchenlängen (in cm) im Jahre 1994 mit 95%-igem Vertrauensintervall für die einzelnen Versuchsvarianten.

Ungezünte Varianten: „Ø“= unbehandelte Nullfläche.
 „D“= Düngung (=Kalkung)
 „K“= Konkurrenzbeseitigung

Den entsprechenden gezünten Varianten ist ein „Z“ vorangestellt.

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

Der dämpfende Einfluß des Schirmes auf das Wachstum wird damit offenkundig. Selbst stark aufgelichtete Fichtenbestände ($B_G^0=0,6$) entfalten noch einen so großen Schirmdruck, daß ein zügiges Wachstum der Voranbauten in dieser Anfangsphase verhindert wird.

Unter dem sich auflösenden Fichtenaltholzschirm ist eine üppige **Naturverjüngung** angekommen. Über 228.000 Pflanzen 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 (Bergahorn, Eiche u.a.).

Tab. 6: Keimlings- und Jungpflanzenzahlen der Naturverjüngung auf der Versuchsfläche zum Voranbau.

Einjährige Keimlinge des Jahres 1994 und mehrjährige Jungpflanzen wurden zusammengefaßt.

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. Im Zuge einer ökologischen Ausrichtung des Waldbaus bietet es sich an, die angekommene Naturverjüngung für den Aufbau von naturnäheren Wäldern zu nutzen.

3.4 Erste waldbauliche Empfehlungen

Aus den aufgeführten Ergebnissen sind folgende Empfehlungen abzuleiten:

- (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.

4. 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 von frischen und vitalen Pflanzen; dies gilt ganz besonders für die empfindliche Baumart Birke.

Der 76-jährige Fichtenaltbestand der Versuchsfläche zum Voranbau 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. Konkurrenzeseitigung) 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.

Prof. Dr. Reinhard Mosandl
Dipl.-Forstw. Ralf Kießner
Dipl.-Forsting. Benabdellah Benabdellah
TU Dresden
Institut für Waldbau
Tharandt

Literatur

ELLENBERG, H.; WEBER, H.; DÜLL, R.; WIRTH, V.; WERNER, W.; PAULIßEN, D.
(1992): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Scripta Geobotanica. Band 18. 2. Auflage.
258 S.

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.

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.

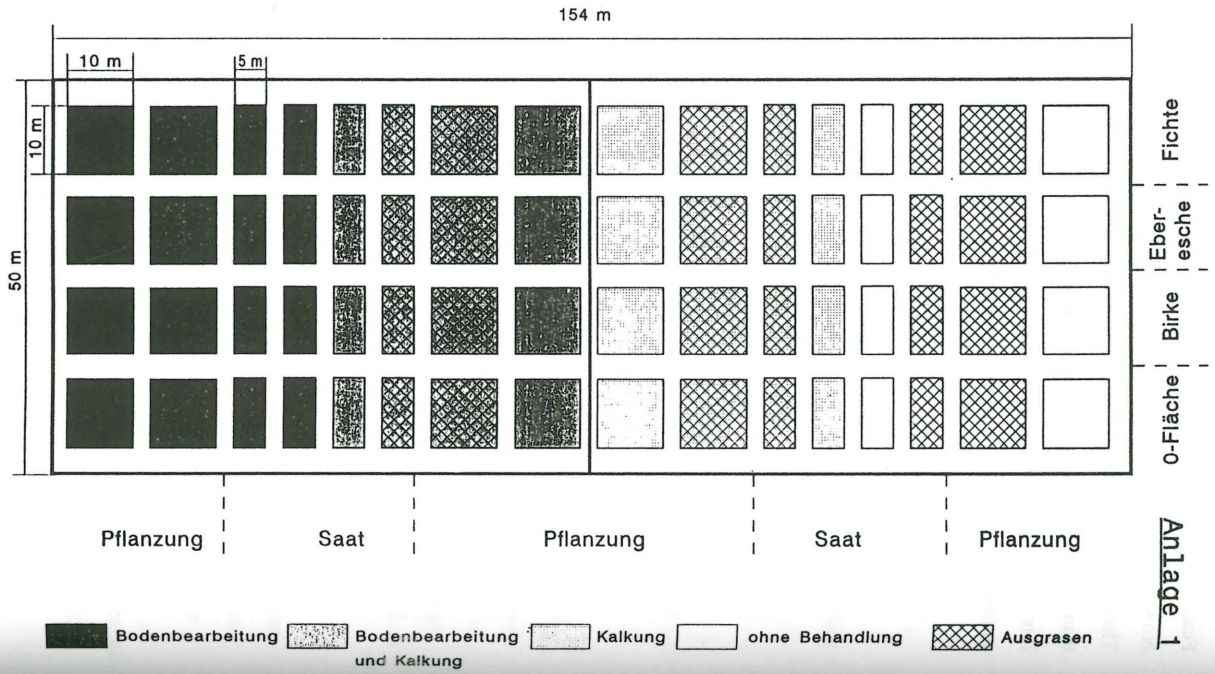
The natural regeneration under the opened mature spruce forest canopy is numerous (more than 228.000 plants per hectare) and diversified.

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

Wiederbewaldung auf der Freifläche

mit/ohne Zaun

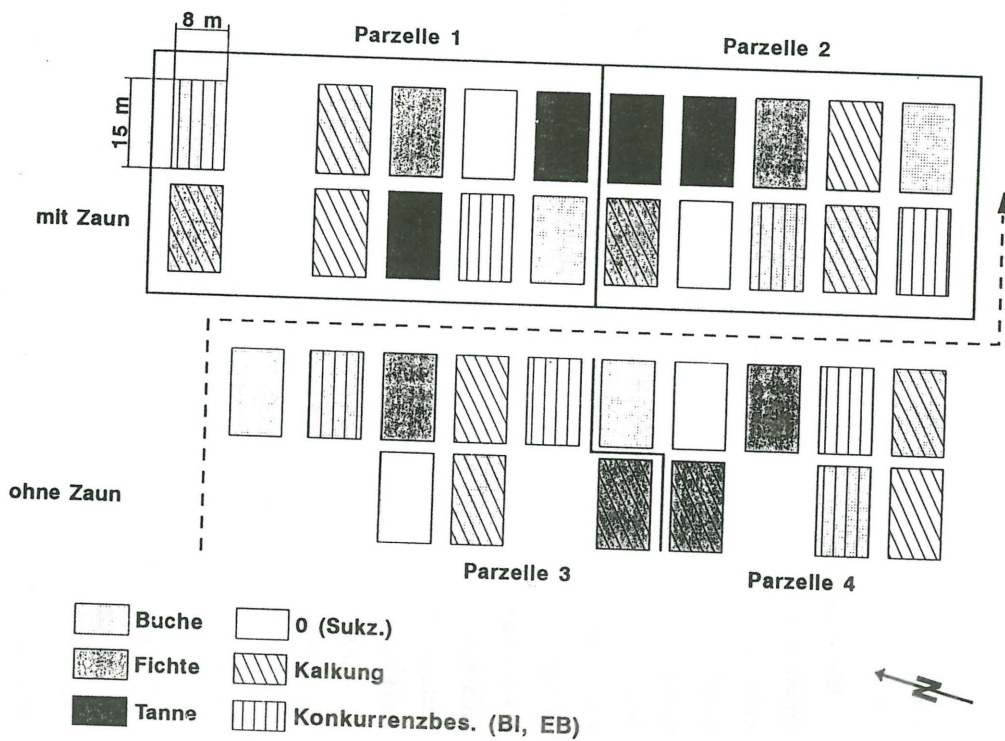
FA Altenberg
Rev. Georgenfeld
Abt. 189 (Lugstein)



100

Versuchsfläche "Vorabau"

FA Altenberg, Rev. Hirschsprung
Abt. 413 ("Ladenmühle")



101