

Bucheckern-Voraussaat unter Fichtenschirm

– Ergebnisse eines Versuchs des Deutschen Verbandes Forstlicher
Forschungsanstalten / Sektion Waldbau -

**Direct seeding of European beech (*Fagus sylvatica* L.) in pure Norway spruce stands
(*Picea abies* [L.] Karst.)**

- Results of an experiment by the German Union of Forest Research Organizations / Division
Silviculture -

Von Bertram Leder, Sven Wagner, Jörg Wollmerstädt und Christian Ammer

Anschrift der Verfasser:

Forstdirektor Dr. BERTRAM LEDER, Landesanstalt für Ökologie,
Bodenordnung und Forsten Nordrhein-Westfalen, Dez. Ökologischer Waldbau,
Obereimer 2a, 59821 Arnsberg; , Tel.0049-2931-524341, email:
bertram.leder@loebf.nrw.de

Prof. Dr. SVEN WAGNER, Technische Universität Dresden, Fachrichtung
Forstwissenschaft, Institut für Waldbau und Forstschutz, Postfach 1117, 01735
Tharandt; , Tel.+49-35203-3831300, email: wagner@forst.tu-dresden.de

DFI JÖRG WOLLMERSTÄDT, Technische Universität Dresden,
Fachrichtung Forstwissenschaft, Institut für Waldbau und Forstschutz,
Postfach 1117, 01735 Tharandt; , Tel.+49-35203-3831348, email:
wolle@forst.tu-dresden.de

PD Dr. CHRISTIAN AMMER, Technische Universität München, Lehrstuhl
für Waldbau und Forsteinrichtung, Am Hochanger 13, 85354 Freising, Tel.
0049-8161-714686, email: ammer@wbfe.forst.tu-muenchen.de

Zusammenfassung

Innerhalb der Sektion Waldbau des Deutschen Verbandes Forstlicher Forschungsanstalten wurde ein Buheckern-Voraussaat-Versuche (*Fagus sylvatica* L.) unter Fichtenschirm (*Picea abies* [L.] Karst.) angelegt. Die Ergebnisse auf drei Versuchsstandorten (Arnsberg / Nordrhein-Westfalen; Tharandt / Sachsen und Freising / Bayern) werden dargestellt und analysiert. Während der ersten drei Vegetationsperioden werden auf den nach gleichem Versuchsdesign angelegten Versuchsflächen der Einfluss der Grundflächenhaltung des Fichtenschirms und einer durchgeführten Plätze-Kalkung auf die Etablierung und weitere Entwicklung der gesäten Buchen dokumentiert.

Der Einfluss der Grundflächenhaltung des Oberbestandes auf die Pflanzenzahl je Platz ist im Bereich des Grundflächenintervalls 35,0 – 55,0 m² durch eine Abnahme der Pflanzenzahlen während der drei Beobachtungsjahre gekennzeichnet. Die Versuchsstandorte unterscheiden sich signifikant in diesem Trend. Eine gleichzeitig oder kurz vor der Saat durchgeführte Kalkung beeinflusst den Verlauf der Pflanzenzahlabnahme nicht. Die auftretende Varianz der Buchenlängen werden durch die unterschiedliche Grundflächenhaltung des Oberbestandes der Versuchspartellen erklärt. Weder die Kalkung noch der Versuchsstandort haben einen absicherbaren Effekt auf die Buchenlängen.

Aus den bisher vorliegenden Ergebnissen und Erfahrungen bei der Versuchsanlage werden Schlussfolgerungen für die waldbauliche Praxis bei der Planung und Durchführung von Buchensaat abgeleitet.

Schlüsselwörter: Waldumwandlung; Buheckern-Voraussaat; Buche (*Fagus sylvatica* L.); Fichtenschirm; Kalkung

Summary

Initiated by the German Union of Forest Research Organizations (Division Silviculture) an experiment on direct seeding of European beech (*Fagus sylvatica* L.) under the canopy of old Norway spruce stands (*Picea abies* [L.] Karst.) was conducted. The experiment consists of three study sites, located in different parts of Germany (Arnsberg / North Rhine-Westphalia, Tharandt / Saxonia, Freising / Bavaria). Based on a nearly identical experimental design the study tried to identify the impact of the basal area of the spruce shelter and the effect of liming on survival and length growth of the seedlings over a period of 3 years.

During the three observed years the basal area of the overhead with figures between 35,0 and 55,0 m² caused a decrease of the beech tree numbers per plot. The experimental plots distinguish significant between each other in this trend. The development of reduction of plants is not influenced by the liming of the plots before or at the same time with the sowing. The different basal areas of the overhead trees effect the appearing varianz of the beech length at the different experimental plots. Neither the liming nor the experimental sites do have a provable effect on the beech length.

The till now presented results and experiences with the experimental design are used to draw conclusions for the planning and realization of sowing beech nuts in the silvicultural practise.

Keywords: Conversion, Direct seeding; *Fagus sylvatica*; Canopy density; Liming

1 Einleitung

Zur Erhöhung des Mischbaumanteils in Nadelholzreinbeständen sowie zur Verbesserung der Vielfalt der Bestände streben viele Waldbaukonzepte die künstliche Einbringung von Laubholz, vorwiegend Buche, an (WEIDENBACH 1988, KENK 1992, ARENHÖVEL 1996, MOSANDL 1998, KAZDA und PICHLER 1998). Die in vielen Ländern und Regionen Mittel- und Nordeuropas geforderte Vermehrung der Buchenfläche (vgl. z. B. BJÖRSE und BRADSHAW 1998) soll in erster Linie durch die Einbringung der Buche in reine Fichtenbestände mit dem Ziel eines Buchen-Fichten-Mischbestandes erfolgen. Dabei gibt es unterschiedliche waldbauliche Ansätze. Diese betreffen einerseits das verwendete Pflanzenmaterial, das von Wildlingen über einjährige Buchen-Sämlinge bis zu mehrjährigen Großpflanzen reicht, und andererseits die Flächengröße. Hier sind horst-, gruppen- bis kleinbestandsweise Voranbauten möglich.

Die angestrebte Umwandlung größerer Waldflächen erfordert jedoch hohe finanzielle Aufwendungen. Bei entsprechendem Angebot an Bucheckern-Saatgut wird als kostengünstige Alternative zum Buchen-Voranbau durch Pflanzung die Bucheckern-Voraussaat gesehen (GOMMEL 1994, BAUMHAUER 1996, LEDER und WAGNER 1996, STÄDTLER und MELLES 1999, MEHL 2000, LEDER 2000). Dies hat zu einem zunehmendem Interesse der forstlichen Praxis an den Möglichkeiten der Bucheneinbringung mittels Saat geführt. Durch die Entwicklung neuer Saatverfahren (LEDER 1998, 2000), häufige Buchen-Mastjahre und die große Anzahl der zur Ernte zugelassenen Bestände hat dieser Trend zugenommen. Eine besondere Bedeutung erlangt die Buchen-Saat durch neuere Untersuchungen zur Wurzelentwicklung gepflanzter und gesäter Pflanzen (NÖRR 2000, BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT 2002).

Die Waldumwandlung durch Bucheckern-Voraussaat unter Nadelholzschirm ist für die forstliche Praxis jedoch nur dann eine echte waldbauliche Alternative zur Pflanzung, wenn neben ökologischen Vorteilen die entstehenden Kosten günstiger oder zumindest vergleichbar sind. Auch sollte eine ausreichende Gewähr dafür bestehen, dass die Saaten insbesondere hinsichtlich der Pflanzenzahlen gelingen. Dies war bisher nicht in allen Fällen, in denen Bucheckern-Voraussaaten durchgeführt wurden, der Fall. Unter anderem darauf ist es zurückzuführen, dass sich die Bucheckern-Voraussaat als Standardverfahren bei der Umwandlung von Nadelholzreinbeständen in Mischbestände bislang noch nicht durchgesetzt hat.

Vor diesem Hintergrund schien es lohnend einen Versuch zu initiieren, der der Frage nachgeht, welche Faktoren für den Erfolg von Bucheckern-Voraussaaten maßgeblich sind und in welchem Umfang diese Faktoren waldbaulich gesteuert werden können. Die vorliegende Studie stellt Ergebnisse aus einem solchen Versuch vor, der von verschiedenen, der Sektion Waldbau des Deutschen Verbandes Forstlicher Forschungsanstalten angehörenden Institutionen begonnenen wurde. Nach Bildung einer länderübergreifenden Arbeitsgruppe „Buchensaat“ innerhalb der Sektion Waldbau¹ wurden daher gegen Ende der 1990er Jahre Versuchsflächen nach einem einheitlichen Konzept in Nordrhein-Westfalen (1996), Bayern (1997), Sachsen (1998) und Rheinland-Pfalz (1998) angelegt. In Rheinland-Pfalz wurden nach anfänglichen Schwierigkeiten die Saaten im Frühjahr 2001 wiederholt. Die dortigen Befunde bleiben im Folgenden jedoch unberücksichtigt, da in der hier vorliegenden Studie Ergebnisse aus den ersten drei Beobachtungsjahren vorgestellt werden sollen.

Ziel des gemeinsamen Versuches war es, bei weitgehender Vergleichbarkeit der Versuchsanlage und der Aufnahme-Methodik die Entwicklung und das Wachstum von

¹ Auf Initiative des Obmanns der Sektion Waldbau, Herrn Prof. Dr. R. Mosandl

Buchen aus Bucheckern-Voraussaaten unter Fichtenschirm aus verschiedenen Regionen mit unterschiedlichen standörtlichen Voraussetzungen zu dokumentieren. Im Rahmen einer ersten Versuchsauswertung sollten folgende Fragen beantwortet werden:

1. Wie ist der Auflaferfolg (Anteil der gekeimten Bucheckern auf dem Saatplatz bis zum Abschluss der ersten Vegetationsperiode) der ausgebrachten Bucheckern auf Saatplätzen?
2. Wie wirkt sich die Grundflächenhaltung des Oberstandes auf die Entwicklung der Pflanzenzahlen und das Längenwachstum der gekeimten Buchen aus?
3. Wie wirkt sich eine gleichzeitig oder kurz vor der Saat erfolgte Kalkung auf den Auflaferfolg und die weitere Entwicklung der Buchen hinsichtlich Zahl und Sprosslänge aus?

2. Material und Methoden

2.1. Lage und standörtliche Grundlagen der Versuchsbestände

Die für die Auswertung herangezogenen Versuchsflächen in Nordrhein-Westfalen befinden sich im Arnberger Wald, ca. 60 km südöstlich von Dortmund. Die Versuchsflächen in Sachsen liegen im Tharandter Wald, ca. 30 km südwestlich von Dresden. Die Versuchsflächen in Bayern befinden sich in der Nähe von Freising, ca. 35 km nordöstlich von München (Abb. 1).

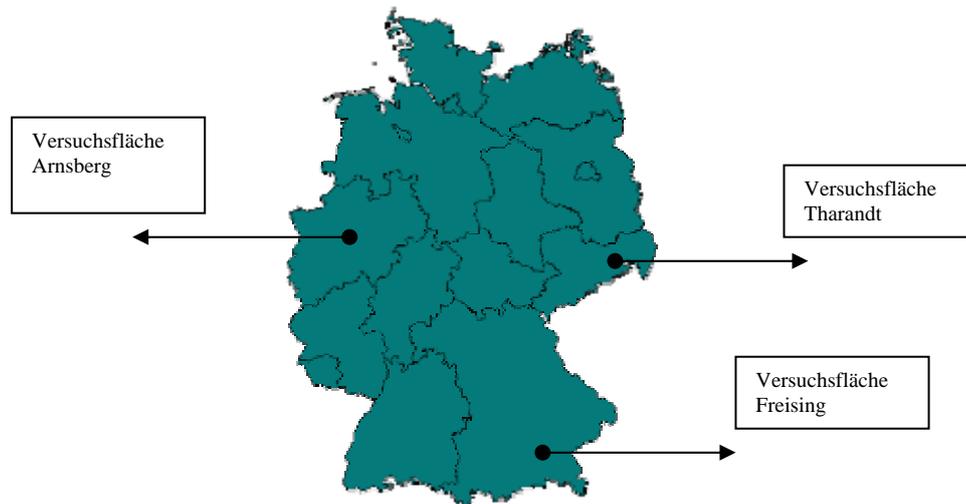


Abb. 1: Lage der Versuchsflächen zum „Gemeinsamen Bucheckern-Voraussaat-Versuch unter Nadelholzschirm“.

Fig. 1: Location of the study sites.

Die standörtlichen Grundlagen der Versuchsflächen sind in der Tab. 1 wiedergegeben.

Tab. 1: Standörtliche Faktoren der Versuchsflächen „Arnsberg“, „Freising“ und „Tharandt“.

Tab. 1 : Site characteristics of the research areas "Arnsberg", "Freising" und "Tharandt".

Versuchsfläche Standort	Arnsberg (AR)	Tharandt (TH)	Freising (FS)
Großraum	Sauerland	Erzgebirge	Tertiäres Hügelland
Meereshöhe (m ü. NN)	320	423	490
Jahres-Niederschlag (mm a ⁻¹)	900 - 1100	830	790
Jahres-Temperatur (°C)	6,5 - 8	7,3	7,5
vorherrschende Bodenart	x`uL / sL	IS	uL / sL - IS
Humusform	feinhumusreicher und -armer Moder	Rohhumus	feinhumusreicher (rohhumusartiger) Moder
Bodentyp	Braunerde / Pseudogley-Braunerde	Podsol-Braunerde	Parabraunerde schwach podsolige Braunerde
Wasserhaushalt	mäßig wechselfeucht / mäßig frisch	mäßig frisch	mäßig frisch - mäßig wechselfeucht
Nährstoffversorgung	gering	mittel	gut - sehr gut

2.2 Versuchsflächendesign

Unter Einbeziehung vielfältiger Erfahrungen aus einer Versuchsanlage in Arnsberg (Nordrhein-Westfalen) wurde der Versuch nach einem einheitlichen Konzept in Form eines „lateinischen Quadrates“ (VAN LAAR 1978, HELLWIG 1985, EL KATEB 1996, BORTZ 1999) angelegt. Dadurch lassen sich kleinstandörtlich bedingte, nicht auf die Behandlungsvarianten zurückzuführende Unterschiede innerhalb der einzelnen Blöcke als unerklärte Streuungsursache (Versuchsfehler) identifizieren und varianzanalytisch interpretieren.

Das Versuchsdesign zu der hier vorgestellten Teilauswertung ist aus der Abb. 2 ersichtlich. Unter dem Schirm von Fichtenaltbeständen wurde eine Plätzeaat (vgl. Abschnitt 2.3) auf insgesamt 34 Parzellen unterschiedlicher Größe durchgeführt. Auf den Arnsberger Versuchsflächen (10 Parzellen) wurde auf 30 m x 30 m - Parzellen, in Tharandt (12 Parzellen) auf 25 m x 26 m - Parzellen und in Freising (12 Parzellen) auf 18 m x 18 m - Parzellen gesät. Für die Dokumentation der Entwicklung der Saatbuchen wurden je Parzelle neun systematisch verteilte Plätze (= Aufnahmeplots) ausgewählt. Diese Aufnahmeplots liegen auf der Diagonalen innerhalb einer Kern-Parzelle, die durch einen 5 m breiten Umfassungstreifen abgegrenzt ist.

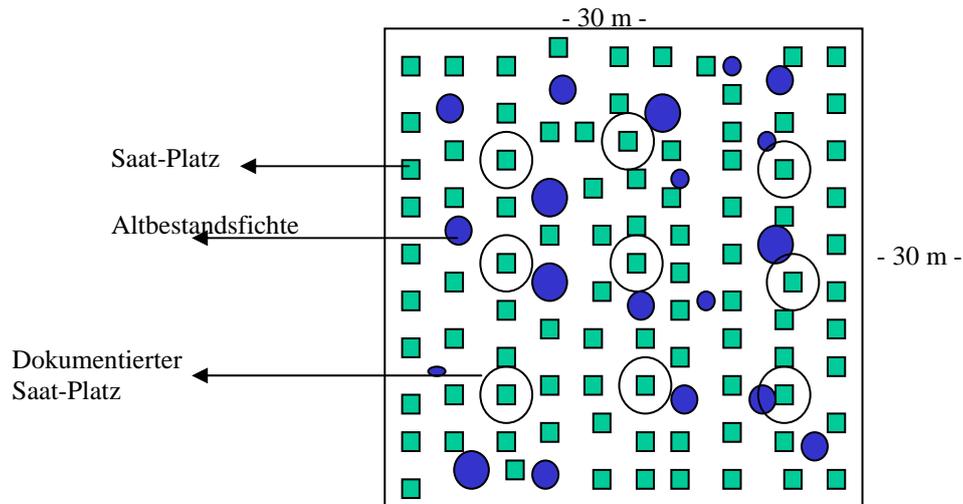


Abb. 2: Anordnung der Saatplätze sowie der 9 Aufnahmeplots auf den Versuchspartellen in Arnsberg.
 Fig. 2: Layout of direct seeding spots and location of the 9 sample units on a plot at study site Arnsberg.

2.3 Vorbereitung der Saatplätze und Durchführung der Saat

Auf einer Fläche (= Platz) von ca. 40 – 60 cm x 60 - 80 cm erfolgte die manuelle Vorbereitung der Saatplätze durch das Abziehen der organischen Auflage mit der Wiedehopfhau. Auf den dadurch freigelegten Mineralboden wurden die Bucheckern (s. Tab. 2) ausgestreut und anschließend leicht (3 - 6 cm) übererdet und angedrückt.

Tab. 2: Qualität des Saatgutes und Angaben zur Aussaat.

Tab. 2 : Seed characteristics and further specifications on direct seeding procedure.

	Arnsberg (AR)	Tharandt (TH)	Freising (FS)
Zeitpunkt der Vorbereitung der Plätze	unmittelbar vor Aussaat	½ Jahr vor Aussaat (Dezember 1997)	unmittelbar vor Aussaat
Kalkung der Plätze	sofort nach Aussaat	½ Jahr vor Aussaat	sofort nach Aussaat
Zeitpunkt d. Saat	2 + 3. Mai 1996	12.+ 13. Mai 1998	8 – 10. Mai 1997
n- Eckern / Platz	100 (± 3)	100 (± 3)	66 (± 4)
Tausendkorngewicht (g)	231,5	350 *	228
Keimfähigkeit (%)	76	51	68
Pot. mögliche Keimzahl je Platz	76	51	45

* Das Tausendkorngewicht im feuchten Zustand

Das ausgebrachte Saatgut (Reifejahr 1995; unterschiedliche Saatgut-Herkunft auf den einzelnen Versuchsstandorten) wurde sachgerecht gelagert und stratifiziert. Die tatsächliche Keimfähigkeit – ermittelt nach ISTA (INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION, 1993) Vorschriften - lag bei 76 % (AR) bzw. 68 % (FS). Auf den Versuchsflächen in Tharandt wurde das ausgebrachte Saatgut durch Schnittproben charakterisiert: 51 % des Saatgutes war demnach gesund und keimfähig.

In Fichtenbeständen sind Humusaufgabe und oberer Mineralboden häufig durch relativ saures Milieu gekennzeichnet. Um die Auswirkungen einer Kalkung zu dokumentieren, wurde die Etablierung und das weitere Wachstum der Buchen auf gekalkten und nicht gekalkten Plätzen untersucht. Die durchgeführte Plätze-Kalkung wurde zu unterschiedlichen Zeiten und mit unterschiedlichen Mengen durchgeführt (s. Tab. 2). Während in Arnsberg (ca. 1,5 kg Kalk je 0,4 m² - Platz, 35% Magnesiumcarbonat, 55% Calciumcarbonat, ohne Einarbeitung) und Freising (0,2 kg feingemahlener Dolomit je 0,5 m² - Platz, ohne Einarbeitung, vgl. AMMER 2000) die Kalkung unmittelbar nach der Aussaat der Bucheckern erfolgte, wurden die Saatplätze in Tharandt (1,5 kg je 0,4 m² - Platz, 25-30% Magnesiumanteil) bereits ½ Jahr vor Ausbringung des Saatgutes vorbereitet und gekalkt.

Aus der angegebenen Keimfähigkeit des verwendeten Saatgutes lässt sich die potenzielle Keimzahl je Saatplatz ableiten (vgl. Tab. 2). Unter Berücksichtigung der ausgebrachten Bucheckern je Platz beträgt diese auf den Arnsberger Versuchsflächen 76, auf den Tharandter Flächen 51 und auf den Freisinger Versuchspartzen 45 Keimlinge je Saat-Platz.

Der Witterungsverlauf auf der Versuchsfläche AR war bis kurz vor der Saat (bis Anfang Mai 1996) durch Niederschlagsarmut gekennzeichnet. Auch während der Aussaat der Bucheckern war es trocken und warm. Zwei Tage nach der Aussaat begann eine feuchte Witterungsperiode. Auch in FS war das Frühjahr im Jahr der Versuchsanlage (1997) trocken (vgl. AMMER et al. 2002). Auf den Versuchs-Parzellen in Tharandt war es zur Aussaat warm (25 °C) und trocken. Nach Beendigung der Saat setzte hier eine feuchtere Witterungsperiode ein.

2.4 Charakterisierung des Oberbestandes

Die ertragskundlichen Kennwerte des Oberbestandes sind aus der Tab. 3 ersichtlich. Im Oberbestand dominiert auf allen drei Versuchsflächen die Fichte. Mischbaumarten sind in Tharandt (8%) und in geringem Anteil (1%) auch in Freising enthalten.

Tab. 3: Charakterisierung der Oberbestände.

Tab. 3: Characteristics of the canopy stands.

Ertragskundliche Kennwert	Versuchsfläche		
	Arnsberg (AR) 10 Parzellen	Tharandt (TH) 12 Parzellen	Freising (FS) 12 Parzellen
Bestandesfläche (m ²)	9.000	7.800	3.888
Baumart	Fichte	Fichte	Fichte
%-Mischbaumarten	.	Kiefer (7%), Birke (1%)	Kiefer u. Lärche (1%)
Alter im Jahr der Buchensaat	73	94 – 110	75
Stammzahl / ha (Min. - Max.)	366 (289 - 444)	496 (338 - 600)	550 (0 – 864)
BHD (cm) (Min. – Max.)	18,6 – 58,8	18,6 – 54,9	15,5 – 63,3
Grundfläche (m ²) / ha (Min.-Max.)	40,5 (31,9 – 51,8)	44,4 (38,8-52,6)	54,7 (0 - 80,1)
Vorrat (Vfm m.R.) / ha	523	555	793,5
dg (cm) (Mittelstamm)	33,6	36,1	35,5
hg (m) (Mittelstamm)	28,2	27,0	30,4
h/d-Wert (Mittelstamm)	81	84	86
Schäden	50-60% Rotfäule		

Die Grundflächenhaltung schwankt auf den Freisinger Versuchsflächen zwischen 0 m² (eine durch Käferfraß im Jahre 1990 entstandene Blöße) und 80 (!) m² und liegt mit im Mittel 54,7 m² deutlich über den Werten in Tharandt (44,4 m²) und Arnsberg (40,5 m²).

2.5 Aufnahme der Saatbuchen

Die Saatbuchen wurden auf jeweils 9 Aufnahmeplots je Parzelle aufgenommen. Die Aufnahmedaten beschränken sich in der hier vorgestellten Auswertung auf

- die Zahl der gekeimten Buchen,
- die Pflanzenzahlen jeweils nach Abschluss des ersten, zweiten und dritten Beobachtungsjahres
- sowie auf die Längen der Buchen auf dem einzelnen Saatplatz (als arithmetischer Mittelwert und als Oberlänge der jeweils zwei längsten Buchen je Platz) im dritten Beobachtungsjahr. Da die Länge der Buchen im ersten Lebensjahr weitgehend unabhängig von Umwelteinflüssen ist, wurden für die Auswertung ausschließlich die Endlängen nach der dritten Vegetationsperiode herangezogen.

Da die Saaten in unterschiedlichen Jahren durchgeführt wurden, umfasst die hier vorgestellte Dokumentation der Entwicklung und des Wachstums der Buchen auf den Versuchsflächen unterschiedliche Zeiträume (AR: 1996-1998, FS: 1997-1999, TH: 1998-2000).

2.6 Auswertung

Der Versuch wurde als einfaktorielle Versuchsanlage am einzelnen Standort angelegt: Als Faktor wurde die Kalkung mit den zwei Faktorstufen „ja“ und „nein“ eingeführt. Da die Saat unter Altbeständen unterschiedlicher Grundflächenhaltung ausgeführt wurde, variiert auch die Altbestandsdichte als wichtige Einflussgröße. Die Altbestandsdichte ist aber – z. B. durch das Maß der Grundfläche – als stetige, metrische Messgröße ausgeprägt (Kovariate) und nicht als Faktor in Stufen. Zusätzlich zu den am Einzelstandort variierenden Umweltgrößen „Kalkung“ und „Altbestandsdichte“ muss als weiterer Faktor der Versuchsstandort selbst der drei Versuchsflächen „Arnsberg“, „Freising“ und „Tharandt“ berücksichtigt werden. Dieser schließt wiederum mehrere Faktoren (Boden, Witterung, Klima, Bodenvegetation etc.) ein.

Für die Auswertung der Daten wurde die zweifaktorielle Kovarianzanalyse und die zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholungen eingesetzt. Die Voraussetzungen zur Durchführung dieser Berechnungen und der Signifikanztests wurden geprüft: Das betrifft bei der Kovarianzanalyse v. a. die homogenen Regressionen und die Korrelation der abhängigen Größen mit der Kontrollvariablen (BORTZ 1999, S. 357ff). Die Voraussetzungen zur Durchführung der Varianzanalyse mit Messwiederholungen werden in der sogenannten „Zirkularitätsannahme“ zusammengefasst. Verletzungen der Zirkularitätsannahme bei der Varianzanalyse mit Messwiederholungen (BORTZ 1999, S. 340ff.) wurden durch die ϵ -Korrektur der Freiheitsgrade nach Greenhouse und Geisser kompensiert (Näheres in WAGNER, 1999, S. 23ff.).

3. Ergebnisse

3.1 Pflanzenzahlen

Nach der ersten Vegetationsperiode waren auf den Tharandter Versuchsflächen 98 % aller Saatplätze mit gekeimten Buchen belegt. Am Ende der dreijährigen Beobachtungsperiode war

dies unverändert. In Freising lag der Anteil der nach drei Jahren noch belegten Saatplätze niedriger. So waren am Ende des ersten Jahres 77 % aller Saatplätze belegt, 70 % wiesen auch am Ende der dritten Vegetationsperiode noch Buchen auf. In Arnberg wiesen nach Abschluss der ersten Vegetationsperiode 93 % der Saatplätze Buchen-Pflanzen auf. Am Ende des dritten Beobachtungsjahres lag der Anteil der Plätze mit Buchen-Pflanzen bei 82 % (vgl. Tab. 4).

Tab. 4: %-Anteil der mit Buchen-Pflanzen belegten Plätze und Anzahl Buchen je Platz.

Tab. 4: Frequency of sample units bearing beech seedlings and mean seedling number per occupied sample unit.

	Arnsberg (AR)	Tharandt (TH)	Freising (FS)
%-Anteil der mit Buchen-Pflanzen belegten Plätze			
nach 1. Jahr	93	98	77
nach 2. Jahr	87	98	70
nach 3. Jahr	82	98	70
Anzahl Buchen je Platz* (arithmetischer Mittelwert)			
nach 1. Jahr	13,6	17,5	8,6
nach 2. Jahr	11,5	16,4	8,1
nach 3. Jahr	8,9	16,2	7,7

* ohne „Null-Plätze“

Die Belegung der einzelnen Saatplätze mit Buchen-Pflanzen nach Abschluss der ersten, zweiten und dritten Vegetationsperiode ist aus der Tab. 4 ersichtlich. Auf allen Versuchsflächen ist eine Abnahme der Pflanzenzahlen je Saatplatz während des Beobachtungszeitraumes festzustellen. Am deutlichsten ist diese Abnahme auf den Arnberger Versuchsflächen: betrug hier die Pflanzenabnahme im Mittel ca. fünf Pflanzen, reduzierte sich die Buchenzahl auf den Tharandter und Freisinger Flächen um lediglich eine Pflanze. Die mittlere Pflanzenzahl je Saat-Platz beträgt z. B. nach dem dritten Beobachtungsjahr auf den Arnberger Versuchsflächen 8,9 Pflanzen. Unter Berücksichtigung eines Ausfallprozentes von 20 und einem Verband der Plätze von 2,0 m x 1,0 m ergibt sich eine Pflanzenzahl von 4.000 Plätze x 8,9 Pflanzen = 35.600 Pflanzen je Hektar.

3.1.1. Einfluss der Grundflächenhaltung des Oberstandes

Die Grundflächenhaltung der Fichten-Altbestände hatte weder einen Einfluss auf die Zahl der gekeimten Buchen noch erwies sich diese Messgröße als relevant für die Entwicklung der Pflanzenzahlen in den ersten drei Vegetationsperioden.

Die Grundflächenhaltung der Fichten-Altbestände hatte einen feststellbaren Einfluss auf die Länge der Sämlingsbuchen (vgl. Kapitel 3.2.1). Dieser Einfluss war im Bereich eines Grundflächenintervalls von 35,0 – 55,0 m², in dem sich die meisten Parzellen der Versuchsanlagen befanden, schwach und durch große Streuungen der Daten geprägt (s. Abschnitt 3.2).

Zur Vereinfachung der Datenanalyse der Pflanzenzahlen wird im Folgenden nur das Grundflächenintervall von 35,0 – 55,0 m² (s. o.) betrachtet, so dass sich dann die Analysen zu

der Entwicklung der Pflanzenzahlen pro Saatplatz als Messwiederholungsanalysen mit den beiden Faktoren „Kalkung“ und „Versuchsstandort“ durchführen lassen. Diese Analyse ergab die Ergebnisse der Tab. 5.

Tab. 5: Ergebnis der zweifaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholungen auf Effekte von Versuchsstandort und Kalkung auf die Entwicklung der Pflanzenzahlen in drei aufeinanderfolgenden Vegetationsperioden (141 Plätze, Greenhouse-Geisser $\varepsilon = 0,692$).

Tab. 5: Effects of study site and liming on seedling density in three years (141 sample units). Results of 2-way ANOVA with repeated measures (Greenhouse-Geisser $\varepsilon = 0,747$).

Quelle	F-Prüfgröße	Signifikanz
Zeit	23,9817,9	0,000
Zeit*Kalkung	0,37	0,629
Zeit*Standort	8,07	0,000
Zeit*Kalkung*Standort	0,642	0,588

Aus dieser Tabelle ist zu entnehmen, dass über alle 141 Plätze innerhalb des Grundflächenintervalles von 35,0 – 55,0 m² klar ein Trend über die drei Beobachtungsjahre festzustellen ist („Zeit“, sig. $\alpha = 0,000$). Dieser Trend besteht in einer Abnahme der Pflanzenzahlen, wie die Abb. 3 zeigt. Der Trend hat eine lineare und keine gesicherte quadratische Komponente (Tab. 6: lineare Trendkomponente für „Zeit“, sig. $\alpha = 0,000$; quadratische Trendkomponente für „Zeit“, sig. $\alpha = 0,080$), d. h. die Pflanzenzahl nimmt gleichmäßig langsam ab. Auf der Versuchsfläche in Tharandt verringert sich so die Pflanzenzahl je Platz von ca. 18 Buchen nach der ersten Vegetationsperiode auf 16 Buchen je Platz nach dem dritten Jahr. In Arnstberg verringerte sich die Pflanzenzahl von anfangs ca. 15 Buchen / Platz auf 10 Buchen je Platz nach dem dritten Beobachtungsjahr.

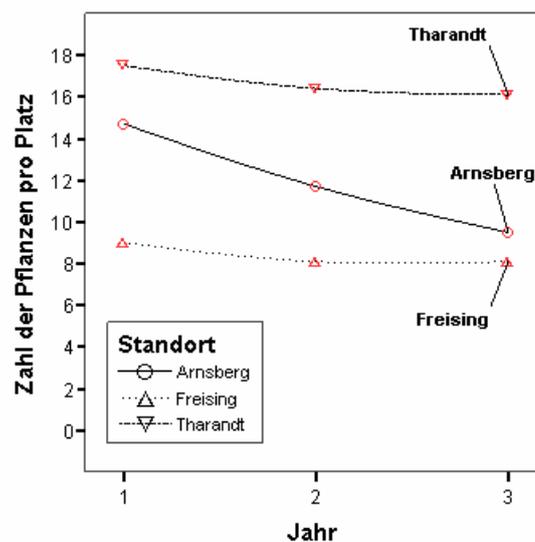


Abb. 3: Entwicklung der mittleren Pflanzenzahlen / Platz über drei Vegetationsperioden nach Versuchsstandorten aufgeschlüsselt.

Fig. 3: Mean seedling number per sample unit and study site at the first three years.

Die Versuchsstandorte unterscheiden sich signifikant in diesem Trend, denn der Effekt der Wechselwirkung aus Zeit und Versuchsstandort ist ebenfalls signifikant („Zeit*Standort“, sig.

$\alpha = 0,000$). Wie aus Abb. 3 zu entnehmen, ist eine deutlichere Abnahme in Arnberg über die drei Beobachtungsjahre erkennbar, während die Pflanzenzahlen in Freising und Tharandt weniger deutlich abnehmen. Die stärkere Abnahme in Arnberg weicht signifikant von dem Trend an den beiden anderen Standorten ab (Tab. 6: lineare Trendkomponente für „Zeit*Standort“, sig. $\alpha = 0,000$).

Tab. 6: Ergebnis der univariaten F-Tests zur Ermittlung von Effekten von Versuchsstandort und Kalkung auf lineare oder quadratische Trendkomponenten der Entwicklung der Pflanzenzahlen in drei aufeinanderfolgenden Vegetationsperioden. (141 Plätze).

Tab. 6: Effects of study site and liming on linear and square trends of seedling density in three consecutive years (141 sample units). Results of univariate F-test.

Quelle		F-Prüfgröße	Signifikanz
Zeit	linear	21,8	0,000
	Quadratisch	3,6	0,080
Zeit*Kalkung	linear	0,07	0,786
	Quadratisch	1,48	0,225
Zeit*Standort	linear	10,2	0,000
		0,01	0,99
Zeit*Kalkung*Standort	linear	0,328	0,721
	Quadratisch	1,82	0,16

3.1.2 Einfluss der Kalkung

Die Kalkung beeinflusst offensichtlich den Verlauf der Pflanzenzahlabnahme nicht (Tab. 5: „Zeit*Kalkung“, sig. $\alpha = 0,629$). Wie aus der Abb. 4 zu entnehmen ist, verläuft auf den gekalkten Saatplätzen die Pflanzenzahlabnahme fast parallel zur nichtgekalkten Kontrollvariante.

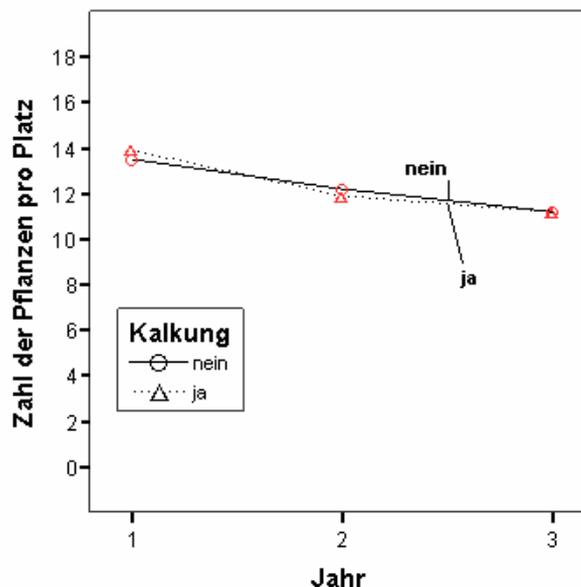


Abb. 4: Entwicklung der mittleren Pflanzenzahlen / Platz über drei Vegetationsperioden gegliedert nach Kalkungsvarianten.

Fig. 4: Mean seedling number per sample unit at three years. Triangles and the broken line label mean seedling number on limed sample units. Circles and the solid line represent the control.

So ist aus Tab. 7 zu entnehmen, dass sich kein Effekt der Kalkung auf die Gesamtpflanzenzahl pro Platz (sig. $\alpha = 0,979$) ergibt. Die Versuchsstandorte lösen jedoch höchstsignifikant einen solchen Effekt aus (sig. $\alpha = 0,000$). Saatplätze mit Kalkung besaßen im Mittel ca. 14 Pflanzen, Saatplätze ohne Kalkung wiesen 13,5 Buchen nach der ersten Vegetationsperiode auf. Nach Abschluss der dritten Vegetationsperiode wurden keine Unterschiede hinsichtlich der Pflanzenzahlen auf gekalkten und nicht gekalkten Plätzen dokumentiert.

Tab. 7: Test der Effekte von Kalkung und Standort auf die Zahl der Pflanzen pro Platz.

Tab. 7: Results of the test on effects of liming and study site on mean seedling number per sample unit.

Quelle	F-Prüfgröße	Signifikanz
Kalkung	0,001	0,979
Standort	8,524	0,000
Kalkung*Standort	0,321	0,726

3.2 Pflanzenlängen

Wie sich aus Tab. 8 ergibt, unterscheiden sich die Mittelwerte der Buchenlängen nach drei Vegetationsperioden über die drei Versuchsstandorte mit 21,9 cm bis 24,2 cm nur geringfügig. Die Mittelwerte der Oberlängen der Buchen erreichen auf den Tharandter Versuchsflächen Höchstwerte von 33,7 cm. Auf den Freisinger Versuchsflächen sind im Mittel 26,8 cm die niedrigsten Buchen vorhanden.

Tab. 8: Längenwerte der Buchen nach der dritten Vegetationsperiode.

Tab. 8: Mean seedlings length (first column) and mean seedling length of the two tallest seedlings per sample unit (second column) at the end of the third year. The third column shows the number of sample units bearing seedlings at the end of the third year.

Standort	Mittlere Längen der Buchen (cm) Standardabweichung	Obere Längen der Buchen (cm) Standardabweichung	Zahl der Plätze*
Arnsberg	23.2042 5.0993	31.1528 7.6328	72
Freising	21.9355 8.1779	26.8500 14.0819	76
Tharandt	24.2215 4.1785	33.6610 8.0314	59

* Zahl der mit Buchen besetzten Plätze nach drei Vegetationsperioden.

3.2.1 Einfluss der Grundflächenhaltung des Oberbestandes

Die Grundfläche der Einzelparzelle wurde als Kontrollvariable (Kovariate) für die Buchenlängen je Saatplatz interpretiert. Die hierzu durchgeführte Korrelationsanalyse ergab eine höchstsignifikante Beziehung zwischen der Grundfläche der Einzelparzelle und den Buchenlängen (Korrelation nach Pearson $r = -0,556$; sig. $\alpha = 0,000$). Über die drei Versuchsstandorte hinweg konnte von einer Homogenität dieser Beziehung ausgegangen werden („Parallelität der Regressionsgeraden“) denn der Test auf Effekte der

Wechselwirkung zwischen der Grundfläche und dem Versuchsstandort auf die mittleren Längen ergab kein signifikantes Ergebnis (sig. $\alpha = 0,1$).

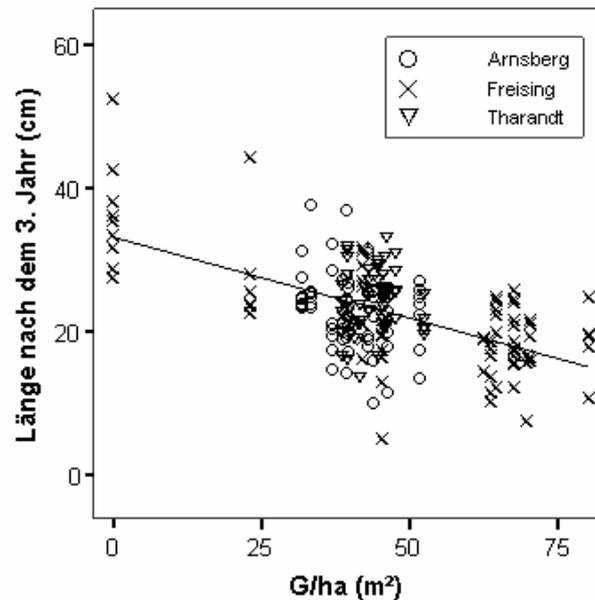


Abb. 5: Zusammenhang zwischen der Grundflächenhaltung (m^2 / ha) der Versuchsparzelle und den mittleren Buchenlängen je Saatplatz nach der dritten Vegetationsperiode für die drei Versuchsstandorte. Miteingezeichnet ist die über alle Versuchsstandorte berechnete Ausgleichsgerade.

Fig. 5: Relationship between basal area ($\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$) per plot and mean seedling length per sample unit at the study sites at the end of the third growing period. The regression line was calculated for the total of all sample units.

Die auftretende Varianz der Buchenlängen lässt sich ausschließlich durch die unterschiedliche Grundflächenhaltung der Versuchspartellen erklären. Diesen Zusammenhang stellt Abb. 5 dar. Auf den vorhandenen Blößen (FS) erreichen die dreijährigen Buchen-Sämlinge eine mittlere Länge von knapp 35 cm, während auf Flächen mit Grundflächenhaltungen von $> 75 \text{ m}^2$ (FS) noch mittlere Längen von ca. 15 cm erreicht werden.

Aus der Abb. 5 geht die sehr eingeschränkte Variation der Grundflächenhaltung in Arnsberg und Tharandt hervor. Die Mehrzahl der Versuchspartellen über alle drei Versuchsstandorte weist Grundflächen pro Hektar auf, die zwischen $35,0$ und $55,0 \text{ m}^2$ liegen. Hier wurden im Mittel Längen der dreijährigen Buchen zwischen 22 cm und 25 cm gemessen.

3.2.2 Einfluss der Kalkung und des Versuchsstandortes

Die mit den Faktoren „Kalkung“ und „Versuchsstandort“ durchgeführte zweifaktorielle Kovarianzanalyse (Homogenität der Fehlervarianz der abhängigen Variablen über Gruppen gleich; Levene Test: sig. $\alpha = 0,37$) ergab die in Tab. 9 dargestellten Ergebnisse. Daraus ist zu ersehen, dass im Gegensatz zur Dichte des überschirmenden Altbestandes weder die Kalkung noch der Versuchsstandort einen absicherbaren Effekt auf die Buchenlängen ausübte.

Tab. 9: Ergebnis der zweifaktoriellen Kovarianzanalyse zur Prüfung auf Effekte von Versuchsstandort, Kalkung und Grundfläche der Parzelle (Kovariate) auf die mittlere Länge der Buchen nach der dritten Vegetationsperiode.

Tab. 9: Effects of study site, liming and plot's basal area (covariate) on mean seedling length at the end of the third growing period. Results of 2-way ANCOVA.

Quelle	F-Prüfgröße	Signifikanz
Grundfläche	88,990	0,000
Standort	2,178	0,116
Kalkung	2,458	0,119
Standort*Kalkung	0,609	0,545

4. Diskussion

In der vorliegenden Arbeit sind die Ergebnisse eines waldbaulichen Versuches dargestellt, der nach einem länderübergreifenden, weitgehend einheitlichen Konzept angelegt wurde. Dabei konnte nur ein Ausschnitt aus den Wechselbeziehungen von Umweltfaktoren dargestellt werden. Zu diesen gehört der Standort, die Grundfläche des Oberbestandes, die Kalkung und die Zahl bzw. das Wachstum der Buchen aus Bucheckern-Voraussaat. Insofern decken die hier präsentierten Ergebnisse nur einen eng umgrenzten Bereich dessen ab, was den Keimerfolg, die Etablierung und das weitere Wachstum der Buchen an mikroklimatischen Faktoren (vgl. hierzu AUSSENAC 2000), technischen Vorgaben (z. B. Saatgutvorbereitung, vgl. MURL 1998) und ökologischen Faktoren (z. B. Prädatoren, vgl. JENSEN 1985, OSTFELD et al. 1997; ektotrophe Mykorrhiza, vgl. LEDER 2002) sonst noch bestimmt. Auch unter dieser Einschränkung lassen sich aus den vorgestellten Ergebnissen dennoch einige interessante Befunde ableiten.

Für die Praxis stellt sich u. a. die wichtige Frage, ob die mit den Buchensaat hier erreichten Pflanzenzahlen für einen Buchen-Mischbestand in der Folgegeneration ausreichend sind. Während in Arnshausen und Tharandt je 100 Eckern / Saatplatz ausgebracht wurden, sind in Freising 66 Eckern / Saatplatz verwendet worden. Unter Berücksichtigung der Keimfähigkeit des Saatgutes (vgl. Tab. 2) ergab sich eine potentielle mögliche Keimzahl von 76 (AR), 51 (TH) bzw. 45 (FS) Pflanzen je Saatplatz. Wird diese potentielle mögliche Keimzahl der vorhandenen mittleren Anzahl von Buchen-Sämlingen nach Abschluss der ersten Vegetationsperiode gegenübergestellt, wird die Forderung nach qualitativ hochwertigem Saatgut unterstrichen: auf den Tharandter Versuchsflächen sind knapp 34 %, auf den Freisinger Versuchspartzellen im Mittel 19 % und auf den Arnshausener Flächen 18 % der potentiellen möglichen Pflanzen je Saatplatz vorhanden. Auf den Versuchsflächen in Tharandt und Freising verringerte sich die Pflanzenzahl je Saatplatz im Laufe der drei Beobachtungsjahre kaum. In Arnshausen ging sie jedoch von anfangs ca. 14 Buchen / Platz auf etwa neun Buchen je Platz zurück. Bei der Anlage von beispielsweise 0,1 ha großen Saatflächen und einem Verband der dort angelegten Saatplätze von 2,0 m x 1,0 m bedeutet eine durchschnittliche Anzahl dreijähriger Buchen-Sämlinge von neun Stück / Platz eine Gesamtpflanzenzahl von 4.500 Pfl. / 0,1 ha. Geht man davon aus, dass zwischen 20 und 30 % der Saatplätze ohne Keimlinge bleiben bzw. die darauf befindlichen Buchen wieder verschwinden, ergeben sich nach drei Jahren immer noch etwa 3.375 Pfl. / 0,1 ha für die weitere Verjüngungsentwicklung. Dies reicht nach dem derzeitigen Wissensstand als Basis für die Erziehung qualitativ befriedigender Bäume nicht nur völlig aus, sondern bietet

außerdem die Gelegenheit zur Wildlingsgewinnung, die allerdings auf Plätzen mit sehr dicht stehenden Pflanzen nicht einfach durchzuführen ist.

Die durchgeführte Plätze-Kalkung beeinflusste den Verlauf der Pflanzenabnahme während der drei Beobachtungsjahre nicht. Innerhalb des Grundflächenintervalles der Fichten-Altbestände von 35,0 – 55,0 m² ist die Entwicklung der Pflanzenzahlen jedoch durch eine langsame Abnahme gekennzeichnet. Diese war auch abhängig davon, an welchem Versuchsstandort sich die Buchen befanden. Im Vergleich zu den Ergebnissen auf den Versuchsflächen in Tharandt und Freising nahm die Zahl der Buchen in Arnsberg stärker ab. Gründe hierfür sind nicht bekannt.

Die Buchen erreichen eine mittlere Länge von 22,0 – 24,0 cm und eine mittlere Oberlänge von 26,8 cm (FS), 31,2 cm (AR) bzw. 33,7 cm (TH) nach drei Vegetationsperioden. Deutlich spiegelt sich der Einfluss der Altholzüberschirmung auf die Längenentwicklung der Buchen wider: mit zunehmender Grundfläche nimmt die mittlere Länge der Buchen ab. Die Altholzüberschirmung zeigt Effekte bekanntermaßen insbesondere in einer Reduktion der Strahlungsmenge bei gleichzeitig hoher Altholzwurzelkonkurrenz (MADSEN 1995, ARANDA et al. 2002, AMMER 2002). Dieser Befund illustriert die aus der forstlichen Praxis bekannte und durch Versuche bestätigte (AMMER et al. 2002) Tatsache, dass Buchenvoranbauten durch Saat eine gewisse Auflichtung des Saatbestandes erfordern (GOMMEL 1994). Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass bei zu starker Auflichtung des Oberbestandes nicht nur der Deckungsgrad der Begleitvegetation zunehmen sondern auch Fichten-Naturverjüngungen Konkurrenzvorteile gegenüber den Buchen-Sämlingen haben können. Mit Herabsetzung der Grundfläche auf etwa 60 % eines voll geschlossenen Bestandes beginnt die Fichte aus Naturverjüngung die Buche zu überwachsen (vgl. v. LÜPKE und SPELLMANN 1997; KÜHNE und BARTSCH 2003).

Während KÜSSNER und WICKEL (1998) höhere Pflanzenzahlen nach Kalkung sehr saurer Substrate feststellten, konnte dies auf keinem der in dieser Studie betrachteten Versuchsstandorten nachgewiesen werden (vgl. Abb. 4). Auch bei der bisherigen Längenentwicklung der Buchen unterscheiden sich die Varianten mit bzw. ohne Kalkung nicht (vgl. Tab. 8). Bei der Interpretation der Ergebnisse ist allerdings zu beachten, dass sich die Kalkungs-Varianten hinsichtlich der ausgebrachten Kalkmenge erheblich unterschieden (s. Tab. 2). Während in Freising 0,2 kg Kalk je Saatplatz ausgestreut wurde, sind in Arnsberg und Tharandt 1,5 kg je Saatplatz verwendet worden. Die Saatplätze hatten eine Größe zwischen 0,3 m² und 0,5 m², sodass insgesamt zwischen 4 t / ha (FS) und 6 t / ha (AR) ausgebracht wurden. Auch der Ausbringungszeitpunkt variierte: während in Arnsberg und Freising die Kalkung unmittelbar nach der Aussaat der Bucheckern erfolgte, wurden die Saatplätze in Tharandt bereits ½ Jahr vor Ausbringung des Saatgutes vorbereitet und gekalkt. Aufgrund der nicht in den Mineralboden eingearbeiteten Kalkgaben liegt die Vermutung nahe, dass die Kalklösung noch nicht so weit fortgeschritten ist, dass sie das Wachstum (Länge) der Buchen positiv beeinflusst hat. Neuere Ergebnisse auf den Arnsberger Versuchsflächen weisen sechs Jahre nach Versuchsbeginn einen signifikanten Einfluss der Kalkung auf das Wachstum der Buchen nach.

Buchensaat kann bei der Umwandlung von Fichtenreinbeständen ein geeignetes und kostengünstiges Verfahren sein und - wie die vorliegende Untersuchung belegt - zu erfolgreich begründeten Laubholzflächen führen. Allerdings kann dies nur gelingen, wenn bestimmte Vorgaben beachtet werden. Neben der Sicherstellung eines Mineralbodenanschlusses mit ausreichender Abdeckung der Bucheckern gehören dazu u. a. die sachgemäße Vorbereitung des qualitativ hochwertigen Saatgutes. So sollte das Keimprozent möglichst hoch sein, denn die Keimungsbedingungen unter Nadelholzschirm sind für die Bucheckern wesentlich schwieriger und die Pflanzenausbeuten meist wesentlich geringer als bei Freilandaufzucht. Saatgut mit einer Keimfähigkeit > 75 % und einem

Tausendkorngewicht > 230 g werden gefordert (MURL 1998). Zu berücksichtigen ist neben der sachgerechten Stratifikation des Saatgutes bei der Ausbringung, dass oberhalb von kurzfristigen Lufttemperaturen 15 °C eine sekundäre und oft auch irreversible Keimhemmung möglich ist. Nicht zuletzt deshalb nimmt der Keimerfolg unter sonst gleichen Bedingungen mit zunehmender Dauer zwischen der Anlieferung und der Ausbringung des Saatgutes trotz vorschriftsmäßiger Lagerung ab. Die Minimierung der Zeit zwischen der Anlieferung und dem Ausbringen der Saat ist somit eine weitere Voraussetzung zum Gelingen der Bucheckern-Vorssaat.

6. Literatur

- AMMER, Ch., 2000: Untersuchungen zum Einfluss von Fichtenaltbeständen auf die Entwicklung junger Buchen. Shaker Verlag, Aachen.
- AMMER, Ch., 2002: Response of *Fagus sylvatica* seedlings to root trenching of overstorey *Picea abies*. Scandinavian J. For. Res. 17, 408-416.
- AMMER, Ch., MOSANDL, R., EL KATEB, H., STÖLTING, R., 2001: Die Entwicklung von Buchensaat im Vergleich zu Pflanzungen. Allg. Forst Z./Der Wald 56, 1208 – 1210.
- AMMER, Ch., MOSANDL, R., EL KATEB, H., 2002): Direct seeding of beech (*Fagus sylvatica* L.) beech in Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) stands - effects of canopy density and fine root biomass on seed germination. For. Ecol. Manage. 159, 59-72.
- ARANDA, J., GIL, L., PARDOS, J.A., 2002: Physiological responses of *Fagus sylvatica* L. seedlings under *Pinus sylvestris* L. and *Quercus pyrenaica* Willd. overstories. For. Ecol. Manage. 162, 153-164.
- ARENHÖVEL, W., 1996: Waldumbau als Bestandteil des naturnahen Waldbaus. Allg. Forst Z./Der Wald 51, 486-489.
- AUSSENAC, G., 2000: Interactions between forest stands and microclimate: ecophysiological aspects and consequences for silviculture. Ann. For. Sci. 57, 287-301.
- BAUMHAUER, H., 1996: Verjüngung durch Saat – ein Beitrag zur Kostensenkung. Allg. Forst Z./Der Wald 51, 1192 – 1194.
- BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT, 2002: Pflanzung – ein Risiko für die Bestandesstabilität? Berichte aus der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Nr. 37
- BJÖRSE, G., BRADSHAW, R. 1998: 2000 years of forest dynamics in Southern Sweden: suggestions for forest management. For. Ecol. Manage. 104, 15-26.
- BORTZ, J., 1999: Statistik für Sozialwissenschaftler. 5. Auflage. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- EL KATEB, H., 1996: Das Versuchsdesign des „Buchensaatversuchs“ der Sektion Waldbau in Deutschen Verband Forstlicher Versuchsanstalten. Unveröffentlichtes Manuskript.
- GOMMEL, H.-J., 1994: Umbau von Fichtenbeständen durch Buchensaat. Allg. Forst Z./Der Wald, 49: 516 – 518.
- HELLWIG, J. T., 1985: SAS Introductory Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc, 110 S.
- INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION, 1993. Internationale Vorschriften für die Prüfung von Saatgut, Vorschriften 1993. Seed Sci. & Technol. 21, Supplement 2.
- JENSEN, T.S., 1985: Seed-seed predator interactions of European beech, *Fagus sylvatica* and forest rodents, *Clethrionomys glareolus* and *Apodemus flavicollis*. Oikos 44, 149-156.

- KAZDA, M., PICHLER, M., 1998: Priority assessment for conversion of Norway spruce forests through introduction of broadleaf species. *For. Ecol. Manage.* 102, 245-258.
- KÜSSNER, R., WICKEL, A., 1998: Entwicklung einer Buchensaat unter Fichte im Osterzgebirge. *Forstarchiv* 69, 191 – 198.
- LAAR, A. VON., 1978: Biometrische Methoden in der Forstwissenschaft Teil II: Auswertung forstlicher Versuche. *Berichte der Forstl. Forschungsanstalt München*, Nr. 44 .
- KENK, G.K., 1992: Silviculture of mixed-species stands in Germany. In: CANNEL, M.G.R., MALCOLM, D.C., ROBERTSON, P.A. (eds.): *The ecology of mixed-species stands of trees. Special publication number 11 of the British Ecological Society.* Oxford, London, Edinburgh, Boston, Melbourne, Paris, Berlin, Vienna, Blackwell Scientific Publishers. S. 53-63.
- KÜHNE, CHR. U. BARTSCH, N., 2003: Zur Naturverjüngung von Fichten-Buchen-Mischbeständen im Solling. *Forst und Holz*, 58, 3 – 7.
- LEDER, B., WAGNER, S. 1996: Bucheckern/Streu-Voraussaat als Alternative beim Umbau von Nadelholzreinbeständen in Mischbestände. *Forstarchiv* 67, 7-13.
- LEDER, B., 1997: Die Bucheckern-Voraussaat. *Schriftenreihe der Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten / Landesamt für Agrarordnung NRW.* Bd.13: 68 – 88.
- LEDER, B., 1998: Pflanzenprozentage nach Bucheckern-Voraussaaten unter Fichten-Schirm. *Forst und Holz* 53, 477 - 481.
- LEDER, B., 1999: Pflanzenzahlen nach Bucheckern-Voraussaaten unter Fichtenschirm *Tagungsbericht der 13. Arbeitstagung der Sektion Waldbau im DVFF vom 9.bis 11 September 1998 in Eberswalde.* S. 95-104.
- LEDER, B., 2000: Bodenbearbeitung plätze- und streifenweise; Bucheckern-Voraussaat. *Allg. Forst Z./Der Wald*, S 963-966.
- LEDER, B., 2002: Ektotropher Mykorrhizabesatz an Buchen-Sämlingen unter Fichten-Schirm. *Forstarchiv* 73, 92 – 97.
- LÜPKE, B. v. , U. SPELLMANN, H. 1997: Aspekte der Stabilität und des Wachstums von Mischbeständen aus Fichte und Buche als Grundlage für waldbauliche Entscheidungen. *Forstarchiv*, 68, 167 – 179.
- MADSEN, P., 1995. Effects of soil water content, fertilization, light, weed competition and seedbed type on natural regeneration of beech (*Fagus sylvatica* L.). *For. Ecol. Manage.* 72, 251-264.
- MEHL, M., 2000: Maschinelle Laubholzsäat. *Mitteilungen aus dem Forstlichen Versuchswesen Mecklenburg-Vorpommern.* Heft 2, 20 - 28.
- MOSANDL, R., 1998: Die neue Zielbestockung: Der naturnahe Wald. *Forstl. Schriftenreihe d. Universität f. Bodenkultur Wien* 12, 119-129.
- MINISTERIUM FÜR UMWELT RAUMORDNUNG UND LANDWIRTSCHAFT (MURL) NRW, 1998: Merkblatt zur Bucheckern-Voraussaat unter Nadelholz-Schirm. *Information für den Waldbesitzer*, 26 S.
- NÖRR, R., 2000: Stabilität beginnt bei der Wurzel. *Allg. Forst Z./Der Wald* 55, 407 – 409.
- OSTFELD, R.S., MANSON, R.H., CANHAM, C.D., 1997: Effects of rodents on survival of trees and seedlings invading old fields. *Ecology* 78, 1531-1542.
- STÄDTLER, H., MELLES, H., 1999: Bucheckern-Voraussaat – eine kostengünstige Alternative? *Allg. Forst Z./Der Wald* 54, 945 – 946.
- WAGNER, S. 1999: Ökologische Untersuchungen zur Initialphase der Naturverjüngung in Eschen-Buchen-Mischbeständen. *Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Univ. Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt.* Bd. 129; J.D. Sauerländer`s Verlag Frankfurt am Main.

publiziert in Forstw. Cbl. 122 (2003), S.160-174.

WEIDENBACH, P., 1988: Grundsätze künftigen Waldbaus am Beispiel der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg. Allg. Forst Z. 43, 1405-1409.