

Das Wachstum von Buchenwildlingen und Baumschulpflanzen
nach Sproßschnitt, Wurzelschnitt, Konkurrenzregelung, Beschattung
und bei weitem Pflanzverband

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Forstwissenschaftlichen Fakultät
der Albert-Ludwigs-Universität
zu Freiburg im Breisgau



vorgelegt von
Norbert Hermann Kessel
aus Oberwinter
Freiburg im Breisgau 1994

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand im Waldbau-Institut der Universität Freiburg. Sie sollte einen Beitrag zur kostengünstigen Anzucht von größeren Buchen aus Wildlingen und Baumschulpflanzen leisten.

Herrn Prof. Dr. J. Huss, Direktor des Waldbau-Instituts der Universität Freiburg, gilt mein herzlicher Dank für das Thema, die wissenschaftliche Anleitung und die Betreuung der Arbeit.

Herrn Prof. Dr. Moosmayer danke ich für die Übernahme des Korreferats.

Herrn Dr. K. von Wilpert danke ich für die in der ersten Phase der Arbeit gegebenen Anregungen.

Schließlich ist es mir ein Bedürfnis allen Mitarbeitern des Waldbau-Instituts, insbesondere Frau Schäfer und Herrn Oberle sowie den studentischen Hilfskräften Klaus Krohe und Sabine Berger, zu danken.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1 Einführung und Problemstellung.....	1
1.2 Umfrage bei westdeutschen Forstbaumschulen.....	2
1.3 Literatur zu den Behandlungen (Versuchsfaktoren).....	4
1.3.1 Sproßschnitt.....	4
1.3.2 Wurzelschnitt.....	6
1.3.3 Konkurrenzregelung.....	9
1.3.4 Beschattung.....	15
1.3.5 Pflanzverband.....	17
1.4 Zielsetzung der Arbeit.....	19
2. Die Versuche und deren Auswertung	21
2.1 Das untersuchte Material.....	21
2.2 Die Versuchsanlagen.....	22
2.3 Erfassung und Auswertung der Daten.....	23
3. Versuche mit Wildlingen	26
3.1 Versuchsstandort der Versuche mit Wildlingen.....	26
3.2 Die Wirkung von Beschattung, Sproß- und Wurzelschnitten auf das Wachstum von Wildlingen.....	26
3.2.1 Einführung.....	26
3.2.2 Material und Methoden.....	27
3.2.2.1 Das verwendete Material.....	27
3.2.2.2 Das Versuchskonzept.....	28
3.2.3 Ergebnisse.....	31
3.2.4 Diskussion.....	34
3.2.4.1 Die wichtigsten Ergebnisse.....	34
3.2.4.2 Kritische Beurteilung.....	34
3.3 Die Wirkung von Konkurrenzregelungen und Sproßschnitten auf das Wachstum von Wildlingen.....	36
3.3.1 Einführung.....	36
3.3.2 Material und Methoden.....	36
3.3.2.1 Das verwendete Material.....	36
3.3.2.2 Das Versuchskonzept.....	37
3.3.3 Ergebnisse.....	39
3.3.3.1 Die Wirkung der Verfahren zur Konkurrenzregelung auf die Entwicklung der Bodenvegetation.....	40
3.3.3.2 Die Wirkung der Konkurrenzregelungen auf die Buchen.....	40
3.3.4 Diskussion.....	43
3.3.4.1 Die wichtigsten Ergebnisse.....	43
3.3.4.2 Kritische Beurteilung.....	44
3.4 Die Wirkung von weiten Pflanzverbänden und Sproßschnitten auf das Wachstum von Wildlingen.....	46
3.4.1 Einführung.....	46
3.4.2 Material und Methoden.....	46
3.4.2.1 Das verwendete Material.....	46

3.4.2.2	Das Versuchskonzept	47
3.4.3	Ergebnisse	49
3.4.3.1	Die Wirkung der Verbandsweiten	49
3.4.3.2	Die Wirkung der Sproßschnitte	50
3.4.4	Diskussion	51
3.4.4.1	Die wichtigsten Ergebnisse	51
3.4.4.2	Kritische Beurteilung	52
3.5	Ergebnisse und kritische Beurteilung der Versuche mit Wildlingen	52
3.5.1	Die wichtigsten Ergebnisse	53
3.5.2	Kritische Beurteilung	54
4.	Versuche mit Baumschulpflanzen	55
4.1	Versuchsstandort der Versuche mit Baumschulpflanzen	55
4.2	Die Wirkung von Sproß- und Wurzelschnitten und Konkurrenzregelungen auf das Wachstum von einjährigen Baumschulpflanzen	56
4.2.1	Einführung	56
4.2.2	Material und Methoden	56
4.2.2.1	Das verwendete Material	56
4.2.2.2	Das Versuchskonzept	57
4.2.3	Ergebnisse	59
4.2.3.1	Die Wirkung der Verfahren zur Konkurrenzregelung auf die Entwicklung der Bodenvegetation	59
4.2.3.2	Die Wirkung der Konkurrenzregelungen auf die Buchen	60
4.2.3.3	Die Wirkung der Schnitte auf die Buchen	61
4.2.4	Diskussion	62
4.2.4.1	Die wichtigsten Ergebnisse	62
4.2.4.2	Kritische Beurteilung	63
4.3	Die Wirkung von Sproß- und Wurzelschnitten und Konkurrenzregelungen auf das Wachstum von zweijährigen Sämlingen	64
4.3.1	Einführung	64
4.3.2	Material und Methoden	64
4.3.2.1	Das verwendete Material	64
4.3.2.2	Das Versuchskonzept	65
4.3.3	Ergebnisse	66
4.3.3.1	Die Wirkung der Verfahren zur Konkurrenzregelung auf die Entwicklung der Bodenvegetation	67
4.3.3.2	Die Wirkung der Konkurrenzregelungen auf die Buchen	67
4.3.4	Diskussion	70
4.3.4.1	Die wichtigsten Ergebnisse	70
4.3.4.2	Kritische Beurteilung	71
4.4	Die Wirkung von Konkurrenzregelungen auf das Wachstum von zwei- und dreijährigen Verschulpflanzen	72
4.4.1	Einführung	72
4.4.2	Material und Methoden	72
4.4.2.1	Das verwendete Material	72
4.4.2.2	Das Versuchskonzept	73
4.4.3	Ergebnisse	74

4.4.3.1 Die Wirkung der Verfahren zur Konkurrenzregelung auf die Entwicklung der Bodenvegetation	75
4.4.3.2 Die Wirkung der Konkurrenzregelungen auf die Buchen.....	75
4.4.4 Diskussion	77
4.4.4.1 Die wichtigsten Ergebnisse	77
4.4.4.2 Kritische Beurteilung	77
4.5 Ergebnisse und kritische Beurteilung der Versuche mit Baumschulpflanzen	78
4.5.1 Die wichtigsten Ergebnisse.....	78
4.5.2 Kritische Beurteilung	78
5. Diskussion der Ergebnisse und Schlußfolgerungen	80
5.1 Die wichtigsten Ergebnisse	80
5.2 Vergleich der Ergebnisse mit in der Literatur mitgeteilten Aussagen	80
5.2.1 Die Bedeutung des Sproßschnitts	81
5.2.2 Bedeutung des Wurzelschnitts	82
5.2.3 Die Bedeutung der Konkurrenzregelung.....	83
5.2.4 Die Bedeutung der Überschildung	84
5.2.5 Die Bedeutung des Pflanzverbandes.....	85
5.3 Beispiele für wirtschaftliche Kalkulationen	86
5.3.1 Heisteranzucht im Forstbetrieb.....	86
5.3.2 Zur Regelung der Konkurrenz.....	89
5.4 Schlußfolgerungen und Ausblick.....	92
6. Zusammenfassung	93
7. Literaturverzeichnis.....	96
7.1 Zitierte Literatur	96
7.2 Nicht zitierte Literatur	104
8. Anhang.....	111
8.1 Abbildung eines Wildlings	111
9. Stichwortverzeichnis.....	112

1. Einleitung

1.1 Einführung und Problemstellung

Die Buche (*Fagus sylvatica* L.) hat in den letzten Jahren eine zunehmende waldbauliche Bedeutung erfahren. Verbunden damit ist eine verstärkte Nachfrage nach jungen Buchenpflanzen entstanden (KLEINSCHMIT, 1977; VON TRAUBOTH, 1984; BOLLE et al., 1985; PETRI, 1985; WEISHEIT u. STAUDT, 1985; MOSANDL u. BURSCHEL, 1986; HENEKA, 1987; WEISGERBER, 1987; EBERHARDT, 1988; PALMER, 1989; BAUER, 1990; FRANKE, 1990; BORN, 1992; DÖRFLINGER, 1992; KOCH, 1992; BORRMANN, 1993). Seit Jahren ist die Versorgung mit jungen Buchen jedoch teilweise schwierig, da nicht genügend Buchenjungepflanzen auf dem Markt verfügbar sind (FORSTDIREKTION FREIBURG, 1987; FRANKE, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992; WIDMAIER, 1986).

Die unregelmäßige Fruktifikation dieser Baumart schafft nämlich eine schwierige Ausgangslage. Eine auf lichten Flächen häufig vorzufindende krautige oder holzige Bodenschicht erschwert oft das Keimen der gefallenen Eckern (ABETZ, 1969). Im Bestand ausgetriebene Keimlinge werden in ihrer Entwicklung stark behindert. Ursachen hierfür sind das überall vorhandene Rehwild, das die jungen Pflanzen vor allem durch Verbiß schädigt und so neben Zuwachsverlusten zu mangelhaften Formen führt und auf Kahlflächen auftretender Spätfrost. Die Behinderung durch Wild betrifft in gleichem Maße ein- und zweijährige Baumschulpflanzen nach ihrer Auspflanzung in Beständen. Der Wilddruck kann so weit gehen, daß ohne zusätzliche, in der Regel kostspielige Maßnahmen, keine Verjüngung dieser Baumart möglich ist. An diesen Rahmenbedingungen wird sich voraussichtlich auch in Zukunft nichts Grundlegendes ändern, so daß Verfahren entwickelt werden sollten, die einen Ausweg aus dieser insgesamt unbefriedigenden Situation bieten.

Hierzu bietet sich zum einen an, vermehrt auf Wildlinge zurückzugreifen, die häufig wegen ihrer durch Rehwildverbiß verursachten schlechten Formen als unbrauchbar für die weitere forstliche Verwendung gelten. Zum anderen könnte durch die Verwendung von größeren Pflanzen (Wildlinge oder Baumschulpflanzen) und größeren Verbandsweiten der Aufwand für die Verjüngung reduziert werden. Um diese größeren Pflanzen (Großpflanzen oder Heister die dem Äser des Rehwildes entwachsen sind) anzuziehen, könnten Verschulflächen angelegt werden, auf denen Wildlinge oder Baumschulpflanzen so lange verbleiben, bis die für die Auspflanzung nötige Höhe erreicht wird. Dabei sind normalerweise hohe Aufwendungen für das üblicherweise mechanische oder chemische Entfernen der konkurrierenden Vegetation nötig. Dieser hohe Aufwand ließe sich eventuell mit alternativen Verfahren reduzieren.

Um herauszufinden, ob

- Wildlinge für die Anzucht von Buchen-Großpflanzen geeignet sind, und ob
- alternative Verfahren helfen können, den hohen Aufwand für mechanische oder chemische Verfahren zur Konkurrenzregelung zu reduzieren,

wurde das Wachstum von Wildlingen und Baumschulpflanzen nach verschiedenen Behandlungen untersucht. Die Behandlungen umfaßten Sproßschnitte, Wurzelschnitte, Konkurrenzregelungen, Beschattung und weite Pflanzverbände.

Durch **Sproßschnitte** sollte eine Formverbesserung vor allem von verbissenen Wildlingen herbeigeführt werden. Die Wirkung von **Wurzelschnitten** sollte untersucht werden, um Anhaltspunkte über Anwuchsverhalten der Wildlinge und Baumschulpflanzen nach einer solchen Behandlung zu erhalten. Die Wirkung von alternativen Verfahren zur **Konkurrenzregelung** sollte untersucht werden um herauszufinden, ob sich mechanische oder chemische Verfahren damit ersetzen ließen, hierzu zählten mehrere Zwischensaat und eine Mulchschicht. Die **Beschattung** von einem Teil der Wildlinge sollte Aufschluß darüber geben, ob das Überleben der Pflanzen durch Überschildung verbessert wird. **Weite Pflanzverbände** sollten in ihrer Wirkung auf die Entwicklung der Form von Wildlingen untersucht werden.

Vor Versuchsbeginn wurden Forstbaumschulen befragt, um zu erfahren, ob in der Baumschulpraxis bereits Erfahrungen zu diesem Themenkreis vorliegen.

1.2 Umfrage bei westdeutschen Forstbaumschulen

In einer Umfrage bei westdeutschen Forstbaumschulen sollten vor Beginn dieser Arbeit Informationen zu den oben erläuterten Behandlungen gewonnen werden.

Den Forstbaumschulen wurden folgende Fragen gestellt:

1. Welche Anforderungen stellen Sie an die Qualität von Buchenwildlingen?
2. Wie verläuft das Wachstum von Wildlingen, welchen Einfluß haben Beschattung, Pflanzabstand und Sortierung?
3. Welchen Einfluß hat ein Schnitt auf das Wachstum von jungen Buchen?
4. Läßt sich ein Einfluß der Konkurrenz, insbesondere durch Gräser, beschreiben?
5. Welche Anforderungen werden von der Praxis an die Qualität von Buchenheistern gestellt?

Der Rücklauf der Umfrageaktion war gering: Von den 400 angeschriebenen Betrieben antworteten 49, das entspricht einer Rücklaufquote von ca. 12 % (nach mündlicher Auskunft des Versuchs- und Beratungsrings Baumschulen e.V., Pinneberg, ein durchaus üblicher Wert).

Im folgenden werden die Antworten zu den gestellten Fragen zusammengefaßt.

Die Frage 1 (**Welche Anforderungen stellen Sie an die Qualität von Buchenwildlingen?**) wurde folgendermaßen beantwortet: Wildlinge wurden dann als verwendbar bewertet, wenn sie stufig und gut bewurzelt, und vor allem mit einem hohen Feinwurzelanteil ausgestattet sind. Gefordert wurde, daß die Wildlinge möglichst nicht zu alt sein sollten. Kritisch wurde in einigen Antworten angemerkt, daß

Wildlinge kaum zu verwenden seien; dabei wurde auf Mißerfolge hingewiesen, etwa auf Ausfälle bis zu 50 % nach Verschulungen mit diesem Material.

Zur Frage 2 (**Wie verläuft das Wachstum von Wildlingen, welchen Einfluß haben Beschattung, Pflanzabstand und Sortierung?**) wurde unter anderem genannt, daß Wildlinge stärker unter einem Pflanzschock leiden als die Pflanzen aus Baumschulen und in ihrer Entwicklung deshalb gehemmt sind.

Zur Frage 3 (**Welchen Einfluß hat ein Schnitt auf das Wachstum der jungen Buchen, wie wird ein Schnitt durchgeführt?**) wurde ausgesagt, daß ein Rückschnitt am Stamm der Buchen einen Buschwuchs zur Folge hat, ein Sproßschnitt solle deshalb generell unterbleiben. Im Gegensatz dazu sollten die Wurzeln aber geschnitten werden: Die "Rotbuche ertrage jeden Schnitt", war eine der Antworten. Manche der Baumschulbesitzer betonten jedoch, daß die Anwendung eines Wurzelschnitts zu hohe Kosten verursache und sich nicht lohne. Schließlich wurde von einem empfohlen, durch Rehwildverbiß deformierte Wildlinge mittels Sproßschnitten zu gutgeformten Pflanzen zu erziehen.

Zur Frage 4 (**Läßt sich ein Einfluß der Konkurrenz, insbesondere durch Gräser, beschreiben?**) war die vorherrschende Meinung, daß die Flächen unbedingt unkrautfrei zu halten seien. Von einem Baumschulbetreiber wurde allerdings angemerkt, daß ein geringer Unkrautwuchs der Entwicklung der jungen Buchen nicht schade.

Zur Frage 5 (**Welche Anforderungen werden von der Praxis an die Qualität von Buchenheistern gestellt?**) war zu erfahren, daß Heister überhaupt nicht aus Wildlingen zu erziehen seien, daß dies nur mit Pflanzen aus Baumschulen möglich wäre. Für die Anzucht sei vor allem die Stufigkeit der Pflanzen wichtig. Das große Risiko bei Ausbringung von größeren Pflanzen (mit Höhen über 1 m) wurde betont. Insgesamt erschien es vielen Betrieben nicht wichtig, überhaupt Heister anzuziehen.

Zusammenfassend kann den Antworten auf die Fragen entnommen werden, daß zur Zeit der Umfrage kaum einer der antwortenden Betriebe über Erfahrungen im Umgang mit Wildlingen oder bei der Anzucht von Großpflanzen verfügte, daß aber nichtsdestoweniger von vielen die Verwendbarkeit von Wildlingen generell verneint wurde. Die Aussagen waren nur in wenigen Fällen anhand eigener Versuche gewonnen worden, vielmehr handelte es sich offenkundig überwiegend um die Wiedergabe unbewiesener Meinungen wie z.B. daß Wildlinge zur Anzucht größerer Pflanzen nicht geeignet seien oder daß ein Rückschnitt am Stamm junger Buchen zu Buschwuchs führe. Insgesamt kann das Ergebnis der Umfrage zwar als interessant, aber für die Planung und Auswertung der Untersuchung als wenig ergiebig bezeichnet werden.

1.3 Literatur zu den Behandlungen (Versuchsfaktoren)

1.3.1 Sproßschnitt

Schnitte an den Sprossen junger Forstpflanzen haben zwei direkte Folgen:

- die Reduktion der transpirierenden Oberflächen, sowie
- die Reduktion der assimilierenden Oberflächen (KLEINSCHMIT, 1974).

Durch einen Sproßschnitt wird also einerseits die Verdunstung von Wasser reduziert, gleichzeitig aber andererseits auch eine Störung der Assimilation bzw. eine Verminderung des Stoffwechsels verursacht. Die Reduktion der Verdunstung soll dazu beitragen, daß die Pflanze unmittelbar nach der Auspflanzung nicht zuviel Wasser verliert, da die Aufnahme durch die Wurzel anfangs noch nicht oder nur erschwert möglich ist, sie ist also als erwünscht zu betrachten. Die Reduktion der assimilierenden Oberfläche dagegen, verursacht durch das Entfernen der Blätter, stört die Stoffwechselvorgänge in der Pflanze, ist nicht zielkonform, läßt sich aber bei einem Sproßschnitt nicht vermeiden.

Neben den genannten Folgen von Sproßschnitten wird häufig eine Formverbesserung der am Sproß geschnittenen Pflanze erwähnt. Durch einen Sproßschnitt sollen mißformige Pflanzen zu geraden, gutformigen Pflanzen erzogen werden. Im einzelnen finden sich hierzu folgende Aussagen:

Die Apikaldominanz der Terminalknospe bestimmt u.a. die Zuwachsverhältnisse innerhalb der Krone (FINK, 1980 a, b). Nach dem Entfernen der Terminalknospe und damit verbundenen Änderungen im Hormonhaushalt der Pflanze und einem Teil der Sproßachse auf einen Mehrzuwachs zu hoffen, erscheint paradox. Aber es wurde von Mehrzuwachs nach Sproßschnitten berichtet (RUPF et al., 1961; KRAPPENBAUER u. GLATZEL, 1972; KLEINSCHMIT, 1974). Die genannten Autoren wiesen jedoch darauf hin, daß dieser Mehrzuwachs nur von kurzer Dauer war und sich bereits in der zweiten Hälfte der ersten Vegetationsperiode verloren hatte. Ähnliche Erfahrungen liegen auch aus dem Obstbau vor, wo nach einem starken Rückschnitt an (älteren) Bäumen mit einem starken Austrieb zu rechnen ist (RIESS, 1979).

Es gibt auch Empfehlungen, einen Sproßschnitt an Wildlingen zur Anzucht von Buchen-Großpflanzen (Heisterpflanzen) anzuwenden. Vor dem Hintergrund hoher Rehwildichten versuchte dies VON FÜRST (1907). Dazu entnahm er aus einem Bestand stärkere Wildlinge, "köpfte" sie in einer Höhe von 1-1,5 m und pflanzte sie an anderer Stelle wieder ein. Die so behandelten Pflanzen boten zwar seiner Meinung nach "keinen schönen Anblick", führten aber zu durchaus "befriedigenden Erfolgen" bei "verhältnismäßig geringen Kosten". Was allerdings unter "befriedigenden Erfolgen", "keinem schönen Anblick" oder "verhältnismäßig geringen Kosten" zu verstehen ist, wird in der Veröffentlichung nicht näher erläutert.

Längere Jahrestriebe nach Sproßschnitten wurden auch bei stark verbissenen Eichen (die Angabe der Art fehlt in der Veröffentlichung) gemessen: Ein Sproßschnitt führte bereits im ersten Jahr nach der Behandlung zu Jahrestrieblängen von mehr als 0,5 m. Die Schnittstelle war dabei nach einigen Jahren nicht mehr lokalisierbar (GRABENSTEDT, 1965). In der Veröffentlichung findet sich die nicht belegte Behauptung, daß als Reaktion auf die Beschädigung von oberirdischen Pflanzenteilen auch das Wurzelwachstum zunehme.

Auch von der Fichte (*Picea abies* L.) sind Wuchsreaktionen als Folge von Schnittbehandlungen bekannt. Es wurde berichtet, daß ein Triebchnitt unmittelbar nach der Pflanzung, der alle Seitentriebe der Pflanze auf eine Länge von 3-4 cm einkürzte, ein gesteigertes Höhenwachstum zur Folge hatte. Allerdings verlor sich diese Steigerung in den Folgejahren und führte dazu, daß die so behandelten Pflanzen nach drei Jahren kleiner waren als die unbehandelten. Die Zahl der Ausfälle wurde bei der Untersuchung durch die Sproßschnittbehandlung nicht beeinflusst (KRAPFENBAUER u. GLATZEL, 1972).

In einer ähnlichen Untersuchung konnte - ebenfalls nach einer seitlichen Einkürzung der Seitentriebe von Fichten (*Picea abies* L.) - ein verstärktes Höhenwachstum in der ersten Hälfte der ersten Vegetationsperiode festgestellt werden. In der zweiten Hälfte kam es jedoch zu Wachstumsdepressionen, die dazu führten, daß die am Sproß geschnittenen Pflanzen am Ende der Vegetationsperiode kleiner waren als die ungeschnittenen (KRAPFENBAUER u. GLATZEL, 1972; KLEINSCHMIT, 1974).

In dem Buch "Der Forstbetriebsdienst" (GUTSCHICK, 1975), dem "Standardwerk des Revierleiters" (PECK, 1980), wird empfohlen, bei dienenden Baumarten den Sproß stark einzukürzen, um damit eine Wuchsdepression auszulösen. Sollen dagegen größere Pflanzen erzogen werden (z.B. Lohden und Heister), so sollte der Leittrieb möglichst erhalten bleiben, jedoch an den Seitentrieben eingekürzt werden. Damit könne "ein Einklang zur Wurzelmasse hergestellt werden". Ähnliche Empfehlungen finden sich auch in WEISHEIT u. STAUDT (1985) und in WISMÜLLER (1954), die es bei gewonnenen Buchenwildlingen vorteilhaft fanden, diese an Sproß (und an Wurzel) zu beschneiden, um ein besseres Anwachsen zu ermöglichen.

Es finden sich jedoch auch Berichte, in denen von schlechten Erfahrungen mit Sproßschnitten berichtet wird:

Um aus Buchenwildlingen Heister zu erziehen, wurden die Kronen von Buchen "ziemlich stark" zurückgeschnitten. Nachdem die so behandelten Pflanzen gut angegangen waren, entwickelten sie sich in den folgenden Jahren schlechter als ungeschnittene Pflanzen (REISSINGER, 1931). Allerdings fehlen auch in dieser Veröffentlichung Angaben über die Anzahl der untersuchten Pflanzen, deren Triebhöhen oder Endhöhen sowie die Definition, was ein "ziemlich starker" Sproßschnitt eigentlich ist.

Andere Autoren bezweifeln durchaus die Möglichkeit, durch einen Sproßschnitt eine Formverbesserung von jungen Pflanzen herbeiführen zu können, so z.B. ENGLER (1911).

Zu beachten ist, daß es sich bei Sproßschnitten um eine Verwundung der Pflanze handelt. Neben dem damit verbundenen Streß ist es für pathogene Organismen (z.B. Pilze) nach einem Schnitt einfach, in die Pflanze einzudringen (KRAMER u. KOZLOWSKI, 1979).

So konnten bei älteren Buchen, an denen Äste mit dem Ziel der Schaftverbesserung entfernt wurden, noch 9 Jahre nach der Behandlung lebende Pilze nachgewiesen werden. Die Infektion war zwar zum Stillstand gekommen, doch wurde die Vermutung geäußert, daß erneutes Wachstum und eine weitergehende Infektion möglich ist (VOLKERT, 1953).

Insgesamt ist die Literatur zum Thema Sproßschnitt wenig ergiebig. Es dominieren Berichte, die, von allgemeinen Aussagen abgesehen, keine genauen Informationen liefern, oder wie ERTELD (1953) es ausdrückte, "es handelte sich aber nicht um wissenschaftliche Untersuchungen im eigentlichen Sinne". Insbesondere fehlen die sonst für solche Untersuchungen üblichen Angaben (Anzahl der Pflanzen, Höhen, Durchmesser, Ausfälle als Folge der Behandlung, erreichte Endhöhen, Enddurchmesser).

Nach dem Stand der Literatur scheint es somit kaum möglich, klare Vorhersagen über das Wachstum von jungen Buchen nach Sproßschnitten zu formulieren. Deshalb soll in dieser Arbeit untersucht werden, ob durch einen Sproßschnitt aus schlechtformigen jungen Buchen gutgeformte Pflanzen erzogen werden können. Hierzu wurden insbesondere die Sprosse von Wildlingen, deren Form durch Rehwildverbiß beeinträchtigt war, beschnitten.

1.3.2 Wurzelschnitt

Wurzelschnitte werden an jungen Forstpflanzen häufig angebracht. Nach allgemeiner Einschätzung sind die so behandelten Pflanzen leichter zu pflanzen und wachsen besser an.

Man kann zwei Verfahren unterscheiden, die einen Schnitt an Wurzeln anbringen. Zum einen das vor allem in Baumschulen verwendete **Unterschneiden** mittels spezieller Unterschneidepflüge und zum anderen der vor allem von Forstleuten verwendete **Schnitt mit einer Schere** (bzw. Abschlagen mit einer Hefpe oder Beil). Beide Verfahren haben die Reduktion von Wurzelteilen zum Ziel. Sie sind dennoch nicht unbedingt miteinander zu vergleichen. Der wichtigste Unterschied zwischen den beiden Verfahren liegt darin, daß beim Unterschneiden die Pflanze im Boden bleibt, für Wurzelschnitte dagegen die Pflanze aus dem Boden entnommen werden muß, wodurch zusätzlicher Streß erzeugt wird. Wenn hier trotzdem Literatur verarbeitet wurde, die sich mit dem Unterschneiden von Pflanzen auseinandersetzt, dann deshalb, weil üblicherweise davon ausgegangen wird, daß die Reduktion der Wurzelmasse vorteilhaft und deshalb die Anwendung sinnvoll ist.

Der vor einer Pflanzung allgemein übliche Wurzelschnitt wird in zahlreichen Veröffentlichungen, der Baumschulpraxis und der forstlichen Praxis überwiegend positiv gewürdigt. Allerdings scheint es, daß hierfür vor allem betriebswirtschaftliche

und technische Gründe vorliegen: Große Mengen an Pflanzen lassen sich bei vertretbarem Aufwand nur mit einem kompakten Wurzelwerk pflanzen. Die bei größeren oder asymmetrisch geformten Wurzeln oft nötige aufwendigere Lochpflanzung scheint dagegen aus wirtschaftlicher Sicht kaum vertretbar. Eine maschinelle Pflanzung schließlich ist bei großem Wurzelwerk fast unmöglich, so daß ein allgemeines Interesse an kleinen, kompakten Wurzeln unterstellt werden kann. Dies wird von zahlreichen Autoren bestätigt (GÜRTH, 1970; KLEINSCHMIT, 1974; AID, 1982).

So wird z.B. in dem bereits oben zitierten Buch "Der Forstbetriebsdienst" (GUTSCHICK, 1975) Wurzelschnitt folgendermaßen befürwortet: "Allzulange Wurzeln verbiegen sich, erschweren die Pflanzarbeit und verzögern das Anwachsen, sie werden daher eingekürzt, doch nicht stärker, als es nötig ist".

Umfangreiche Untersuchungen über die Wirkung eines Wurzelschnitts auf das Wachstum junger Buchen hat DUSEK (1965, 1967) unternommen. Dabei wurde das Wachstum von Sämlingen über einen Zeitraum von 7 Jahren beobachtet. Nach genauer Analyse seiner Untersuchungen kann die allgemein übliche Behauptung, wonach der Wurzelschnitt ein vermehrtes Wachstum von Feinwurzeln zur Folge hat, allerdings nicht in jedem Fall bestätigt werden. So fand er heraus, daß "der Wurzelschnitt wirklich eine der sehr geeigneten Maßnahmen ist", um die Bildung von "raumkonzentrierten und an Endwurzeln reichen Wurzelsystemen" zu unterstützen. Er wies auch darauf hin, daß der Effekt einer Wurzelschnittbehandlung nur dann wirksam bleibt, wenn die Pflanzen im Herbst des Jahres, in dem die Wurzel geschnitten wird, verschult werden. Wurde dieses Verschulen unterlassen, entwickelte sich das Wurzelsystem wieder zur alten Form zurück. Angaben über Ausfälle finden sich in den Untersuchungen jedoch nicht.

Durch einen Wurzelschnitt können hochverzweigte Wurzelsysteme entstehen, was verbunden mit einer anschließenden Verschulung in weitere Verbände, dazu benutzt werden kann, Buchengroßpflanzen anzuziehen (RUPF et al., 1961). Dies ist ein Verfahren, das in Baumschulen zur Anwendung kommt. Durch das Unterschneiden der Pflanzen wird eine Depression im Höhenwachstum ausgelöst, was für diese Betriebe dann von Vorteil sein kann, wenn größere Pflanzen momentan nicht zu vermarkten sind (KLEINSCHMIT, 1974; LÖFFLER, 1986).

Daß ein Wurzelschnitt prinzipiell zu einem höheren Anteil an Feinwurzeln führen kann, wird auch von anderer Seite bestätigt. Allerdings wird besonders darauf hingewiesen, daß im Jahr vor der Auspflanzung an der Wurzel geschnitten werden muß. Nur dadurch wird über eine Verlagerung des Wurzelwachstums in den oberen Wurzelbereich ein stärkeres Feinwurzelwachstum angeregt, was schließlich - bei geringerem Höhenzuwachs - zu einem höheren Anwuchserfolg führt (KLEINSCHMIT, 1974).

In anderen Veröffentlichungen wird betont, daß ein Wurzelschnitt an Baumarten mit Pfahlwurzeln als Maßnahme zur Erhöhung der Bewurzelung im oberen Bereich der Wurzel sinnvoll sei, auch wenn bei dem Ausheben der Pflanzen bereits ein Teil der Wurzel verloren ging (GÜRTH, 1970; RÖHRIG, 1977).

Dabei ist bekannt, daß die Verhältnisse zwischen dem Wurzelwerk und dem umgebenden Boden außerordentlich komplex sind (ASCHE, 1987) und daß die Zahl der Feinwurzeln nicht unbedingt von der Vitalität der Pflanze, sondern vor allem durch das Nährstoffangebot des Bodens bestimmt wird (MEYER, 1987).

Der häufig erwähnte Verlust an Wurzelmasse (BURSCHEL u. SCHMALTZ, 1965 a; DUSEK, 1967; GÜRTH, 1970; KRAPPENBAUER u. GLATZEL, 1972; RÖHRIG, 1977; VON ROTHKIRCH u. LOOSE, 1983; FUSS et al., 1987; HELBIG u. KLUGE, 1988) verändert ein vorher vorhandenes Verhältnis zwischen Sproß und Wurzel ("root-shoot-ratio"), was bei manchen Autoren zu der Ansicht führte, daß jede willkürliche Verkleinerung der Wurzel vermieden werden sollte (BERNBECK, 1933; ABETZ, 1969; FÜLLGRABE, 1983).

Ein Einfluß des Wurzelschnitts auf die Überlebensfähigkeit scheint bei intensiven, längerandauernden Versuchen nachweisbar zu sein (KLEINSCHMIT, 1974). Allerdings wurden diese Erfahrungen nach vorliegender Literatur vor allem mit Baumschulpflanzen gewonnen. Ob diese Erfahrungen auf Wildlinge übertragbar sind, ist fraglich. Dennoch kann festgestellt werden, daß in der forstlichen Praxis häufig auch an den Wurzeln von Wildlingen geschnitten wird.

Kritische Anmerkungen zu Wurzelschnitten finden sich nicht so häufig. Allerdings basieren diese nicht nur auf Beobachtungen, sondern auch auf Versuchen. Die dazu gefundene Literatur enthält folgende Erkenntnisse:

So war nach Wurzelschnitten eine Reduktion von Sproßlängen und Trockengewichten bei jungen Eichen festzustellen, das Gewichtsverhältnis zwischen Wurzel und Sproß wurde durch die Behandlung jedoch nicht verändert. Bei diesen, von RÖHRIG (1977) angestellten Versuchen war es insgesamt nicht zu einer "besseren", sondern lediglich zu einer erhöhten Bewurzelung gekommen ist. Die Nährstoffgehalte der beschnittenen Pflanzen lagen unter denen un behandelter Pflanzen, außerdem führte der Wurzelschnitt zu erhöhten Ausfällen.

Deformationen am Wurzelwerk waren selbst zehn Jahre nach einer Wurzelschnittbehandlung noch feststellbar. Eine sonst üblicherweise vorhandene Pfahlwurzel wurde von den beschnittenen Tannen nicht ausgebildet (SCHMIDT-VOGT, 1982). Diese Beobachtung führte zu der Empfehlung, bei Pfahl- und Herzwurzeln die Bildung einer tiefen Bewurzelung nicht zu stören. Wichtiger als die Erzielung eines guten Sproß-Wurzelverhältnisses sei es, den Baum tiefgehende Wurzeln ausbilden zu lassen.

Schlechtere Wundheilung, Stoffwechselstörungen für die Dauer von bis zu zwei Monaten und Trocknisschäden wurden von DUSEK (1977) genannt. Er stellte auch fest, daß der Durchmesser der zu schneidenden Wurzel für die Wundheilung von großer Bedeutung ist. Falls dicke Wurzeln mit Durchmesserwerten über 6-7 mm unterschritten werden, entsteht dabei kein glatter Schnitttrand, was bei seinen Versuchen zu unvollständiger Heilung führte. Oft wurde durch den Schnitt an dickeren Wurzeln die Pflanze selbst im Boden gelockert, was zu Wachstumsstockungen führte (HASENMAIER, 1975).

BURSCHEL und STIMM (1993) haben nachgewiesen, daß der Schnitt an Wurzeln dazu dient, die Pflanze einem Pflanzverfahren anzupassen, bei dem mit großer Schnelligkeit gepflanzt werden soll. Sie weisen darauf hin, daß hierzu vor allem *Erfahrungen* angeführt werden, daß aber dieser Themenkomplex erst in neuerer Zeit wissenschaftlich untersucht würde. Sie empfehlen auf den Wurzelschnitt, wo immer es möglich ist, zu verzichten.

Viele Autoren machen keine Angaben über Ausfälle in den Jahren nach der Anwendung eines Wurzelschnitts, was die Vermutung erhärtet, daß vor allem die Suche nach einer optimierten billigen Anzucht- und Pflanzmethode das Motiv für einen Wurzelschnitt ist und weniger das Wohlergehen der jungen Pflanzen. Die durch Wurzelschnitte verursachten Folgen werden eventuell erst längere Zeit nach der Auspflanzung sichtbar. Deshalb ist es denkbar, daß sie zunächst unbemerkt bleiben.

In dieser Arbeit soll deshalb untersucht werden, ob durch den Wurzelschnitt Einfluß auf das Anwuchsprozent oder das Wachstum von Wildlingen und Baumschulpflanzen genommen werden kann.

1.3.3 Konkurrenzregelung

Unter Konkurrenzregelung wird die Verhinderung oder Steuerung einer normalerweise aufkommenden konkurrierenden Vegetation verstanden. Dabei unterstellt man üblicherweise, daß junge Forstpflanzen durch diese konkurrierende Vegetation in ihrer Entwicklung behindert werden, daß also Bekämpfungsmaßnahmen notwendig sind. Über die Art der Behinderung junger Forstpflanzen durch die sie begleitende konkurrierende Vegetation wurde häufig berichtet.

Nach GEISLER (1988) gibt es immer eine Konkurrenz um Wachstumsfaktoren. Bei den Wachstumsfaktoren handelt es sich um Licht, Nährstoffe, Wasser sowie den davon abhängigen Faktoren wie z.B. Temperatur und Luftfeuchte. Allerdings sind die Zusammenhänge zwischen diesen Faktoren methodisch nur schwer zu fassen. Hinzu kommt, daß sich die Wirkungen der Faktoren ablösen und in ihrer Gewichtung verschieben (HUSS, 1978), so daß es insgesamt schwierig ist, die Wirkung einer konkurrierenden Vegetation genau zu bestimmen.

Einen deutlich störenden Einfluß von einer Bodenvegetation auf den Höhenzuwachs von zweijährigen Buchen beschrieb VON LÜPKE (1987). Nach dem Entfernen der Vegetation reagierten die freigestellten Pflanzen mit verstärktem Höhenwachstum. Bei beiden Baumarten war die anfänglich unkrautfrei gehaltene Variante der von Anfang an mit natürlicher Bodenvegetation bestandenen Variante deutlich überlegen.

In Versuchen hatte die konkurrierende Vegetation eine "erheblich hemmende Wirkung auf die Entwicklung der jungen Buchen", nämlich eine um 20-35 % verringerte Substanzproduktion, dabei war vor allem ein deutlich reduziertes Wurzelwachstum zu verzeichnen. Es wurde aber auch festgestellt, daß junge Buchen mit einer Höhe über 20-30 cm in Jahren mit normaler oder feuchter

Witterung nicht mehr durch Unkrautdecken gefährdet wurden (BURSCHEL u. SCHMALTZ, 1965 a, b); bei Frostgefährdung konnte sogar eine schützende Wirkung der Unkrautschicht auf die Pflanzen nachgewiesen werden (REISSINGER, 1971). Dieses Ergebnis wurde auch durch Versuche anderer Autoren bestätigt (POLACSEK, 1954; HUSS, 1978).

Der störende Einfluß geschlossener Vegetationsdecken auf junge Pflanzen wurde häufig festgestellt. Allerdings wurde die Wirkung von Begleitvegetation auf junge Forstpflanzen erst spät wissenschaftlich untersucht (HUSS, 1978, 1987). Nach diesen Untersuchungen sind die gegenseitigen Beeinflussungen zwischen den eingebrachten Forstpflanzen und der Bodenvegetation außerordentlich komplex.

Zur Abwehr der konkurrierenden Vegetation kommen größtenteils herkömmliche - d.h. chemische oder mechanische - Verfahren zum Einsatz. Deren Wirksamkeit wurde oft untersucht.

Die Wirkung einer chemischen mit einer mechanischen Unkrautbekämpfung auf das Wachstum junger Eichen verglichen HUSS u. KÜTHE (1974). Durch beide Verfahren war es möglich, das Wachstum der jungen Bäume in der Weise zu fördern, daß nach Ablauf von drei Vegetationsperioden weitere Pflegemaßnahmen unterbleiben konnten. Von ihnen wurde außerdem festgestellt, daß ein Verbleiben von Unkraut zwischen den Pflanzen einer Pflanzenreihe keinen störenden Einfluß auf die Entwicklung der jungen Pflanzen ausübte. Die Vitalität der untersuchten jungen Eichen korrespondierte auffallend mit der Bodendeckung durch Gräser. Auch die Sproßlängen und Durchmesser zeigten nach Ablauf von drei Jahren deutliche Unterschiede. Bei völliger Freihaltung konnte eine Verdoppelung des Höhen- und Durchmesserzuwachses, verglichen mit den Zuwachswerten unbehandelter Pflanzen, erreicht werden.

Auf einer großen Versuchsfläche (über 80 ha) beobachtete BOSSEL (1967) die Wirkung einer chemischen Unkrautbekämpfung auf das Wachstum junger Buchen. Er stellte heraus, daß diese Art der Unkrautbekämpfung auch auf derart große Flächen angewendet werden könne, was er als großen Vorteil chemischer Verfahren wertete. Als weiteren Vorteil einer chemischen Bekämpfung führte unter anderem er an, daß durch eine fehlende Vegetationsdecke keine Mäusebiotope entstehen konnten (AID, 1983).

Die nach einer Bekämpfung der konkurrierenden Vegetation anfangs meßbaren Unterschiede können sich aber verlieren. So wurde bei der Fichte beobachtet, daß anfangs festgestellte Unterschiede in der Durchmesserentwicklung mit zunehmendem Alter kaum mehr vorhanden waren. Diese Aussage traf insbesondere für die 1000 stärksten Bäume je ha zu (OLBERG-KALFASS, 1979).

In der folgenden Tabelle 1 sind die von HUSS (1987) genannten Vor- und Nachteile von Maßnahmen zur Regelung der Konkurrenz bei der Jungwuchspflege zusammengefaßt. Es wird dabei zwischen mechanischer und chemischer Bekämpfung differenziert.

Tab. 1: Vor- und Nachteile von Maßnahmen zur Regelung der Konkurrenz bei der Jungwuchspflege (HUSS, 1987).

MASSNAHMEN	VORTEILE	NACHTEILE
mechanische Bekämpfung	<ul style="list-style-type: none"> • großflächige Anwendung erlaubt anschließenden Einsatz von Pflanzmaschinen • einfaches Werkzeug genügt • ungeschultes Personal genügt • Ausführung nach Bedarf • Einsatz von kleinen Motorgeräten möglich 	<ul style="list-style-type: none"> • oft nicht mechanisierbar, dann Handarbeit nötig • gegen Grasdecken und Adlerfarn oft wirkungslos • teilweise nicht durchführbar
chemische Bekämpfung	<ul style="list-style-type: none"> • ober- und unterirdische Teile werden erfaßt • artenspezifische Wirkung der Präparate • geringe Kosten 	<ul style="list-style-type: none"> • Wirkungsspektrum der Stoffe nicht vollständig bekannt • Stoffe oft umweltbelastend • Gefährdung des Personals • Dosierfehler können gravierende Folgen haben • Ausbringung oft vor Beginn der Vegetation nötig (Prognose zur Entwicklung der Vegetation schwierig) • Durchführung nur mit geschultem Personal möglich

Beide Verfahren werden in Zukunft weniger zur Anwendung kommen. Mechanische Verfahren verursachen oft zu hohe Kosten, chemische Verfahren sind aufgrund der genannten Nachteile problematisch. Hinzu kommt, daß ein allgemein gesteigertes ökologisches Bewußtsein der Öffentlichkeit einer Verwendung chemischer Präparate zunehmend skeptisch gegenübersteht.

Trotz aller Maßnahmen, die zur Bekämpfung der Vegetation unternommen wurden, kann festgestellt werden, daß die Situation insgesamt unbefriedigend ist. Daß eine konkurrierende Vegetation störend wirken kann, ist unumstritten. Unklar ist dagegen, ab welcher Dichte eine Tolerierung durch die Forstpflanzen aufhört und eine Störung der Entwicklung einsetzt und - damit zusammenhängend - ob es überhaupt nötig ist, die konkurrierende Vegetation vollständig zu vernichten. So wird in den letzten Jahren diesem Themenkomplex vermehrte Aufmerksamkeit gewidmet.

So wurde ausgeführt, daß die starke Schwächung einer natürlichen Bodenbedeckung oft günstiger als ihre völlige Ausschaltung war. Infolge einer völligen Ausschaltung trat oft eine Sekundärvegetation auf, die noch schwieriger zu bekämpfen war, als die zuerst vorhandene Primärvegetation (RÖHRIG, 1964).

Daß die Konkurrenztoleranz der Buche kaum untersucht worden sei, stellte HUSS (1987) fest. Er vermutete, daß die indirekten Folgen eines Bewuchses (z.B. die Schaffung eines Mäusebiotops) dabei für junge Forstpflanzen schädlicher sein könnten als direkte Einflüsse. Seiner Auffassung nach sei eine Bekämpfung der Konkurrenz nur bei einer wirklichen Bedrohung, z.B. durch Adlerfarn oder Brombeere, notwendig und angebracht.

Für die Baumart Fichte untersuchten MUHLE u. HUSS (1972) die Wirkung von Freischneidemaßnahmen. Sie berichteten, daß die Bekämpfung von Gräsern sich z.T. als unnötig und unwirtschaftlich herausgestellt hatte, da nur eine vorübergehende Wuchsförderung feststellbar war.

Auch andere Autoren bestätigten diese Aussage. In ihren Versuchen stellten sich nach der Bekämpfung von Gras häufig Rubus-Arten ein, die noch aufwendiger zu entfernen waren als die ursprüngliche Grasschicht. Aus diesen Gründen empfahlen sie anstelle einer völligen Ausschaltung eine vorsichtige Regulierung der Begleitvegetation. Die Dichte der Begleitvegetation sollte idealerweise dem Entwicklungszustand der Verjüngung angepaßt werden (REINECKE u. DOHRENBUSCH, 1980).

In neuerer Zeit, soweit ersichtlich seit Mitte der achtziger Jahre, werden **neuartige Verfahren** zur Konkurrenzregelung untersucht. Insbesondere die oft angezweifelte ökologische Verträglichkeit chemischer Verfahren sowie die generell bei der Konkurrenzregelung anfallenden hohen Kosten scheinen hierfür maßgebend zu sein. Empfehlungen von der Bundesregierung im Waldzustandsbericht 1992 und von Länderbehörden (z.B. von der Hessischen Landesforstverwaltung) weisen darauf hin, daß eine chemische Unkrautbekämpfung nur ausnahmsweise und als letzte Möglichkeit zu veranlassen ist. Für die nahe Zukunft ist überdies ein grundsätzlicher Verzicht zu erwarten (KOHNLE, 1991).

Grundsätzlich bieten sich einige Alternativen, die dazu führen könnten, daß eine herkömmliche Bekämpfung der konkurrierenden Vegetation nicht mehr nötig ist. So können z.B. ersatzweise statt der üblicherweise verwendeten kleinen Pflanzen größere Pflanzen, z.B. Heister verwendet werden, die der Höhe der konkurrierenden Vegetation bereits bei der Pflanzung entwachsen sind.

Allerdings sind solche Pflanzen vergleichsweise teuer. Ihre Verwendung wird erst in den letzten Jahren befürwortet, da sich bei genauerer Kalkulation aller (Folge-) Kosten herausstellte, daß es insgesamt wirtschaftlicher ist, große Pflanzen zu verwenden, dafür aber auf Maßnahmen zur Regelung der Konkurrenz zu verzichten. Kritisiert wird neben den hohen Kosten für die Pflanzen auch der höhere Aufwand bei der eigentlichen Pflanzung und höhere Ausfallraten. Allerdings gibt es mittlerweile zahlreiche Veröffentlichungen die darauf hinweisen, daß unter Einbeziehung sämtlicher Kosten bis zur endgültigen Sicherung der Kultur die größeren Pflanzen insgesamt wirtschaftlicher sind und keineswegs höhere Ausfallraten erwarten lassen (SCHMIDT-VOGT, 1970; HUSS, 1987).

Unter neuartigen Verfahren zur Konkurrenzregelung werden zum einen Verfahren beschrieben, die eine **Mulchauflage** vorsehen, zum anderen biologische Verfahren, bei denen Saaten zwischen den zu schützenden Forstpflanzen vorgenommen werden (**Zwischensaaten**).

Bereits VON DER SCHULENBURG (1925) berichtete von den Vorteilen einer **Reisigschicht**, die zwischen Laubholzpflanzungen ausgebracht wurde. Insbesondere der Wegfall von sonst üblichen Bodenbearbeitungen zur Bekämpfung des Unkrauts wurde von ihm bemerkt. Er nahm unter anderem Bezug auf Ver-

suche in den USA, wo die sonst übliche Bekämpfung einer konkurrierenden Vegetation nach dem Einbringen einer Mulchschicht unterbleiben konnte.

So kann z.B. eine aus Altpapier gepreßte **Mulchplatte** benutzt werden, um den Stamm von Junghölzern unkrautfrei zu halten (VON DER SCHULENBURG, 1925; REITZ, 1969, 1970; KUPKE, 1988; BUSCHBECK, 1991; SCHWARZ u. MUSSONG, 1991). Diese kostengünstig herzustellenden Mulchplatten verrotten nach einigen Jahren rückstandsfrei und sind für die Umwelt unbedenklich. Sie sind deshalb weniger bedenklich als die gelegentlich verwendeten Folien (ZWICK, 1979).

Unter einer Mulchschicht können sich dabei deutliche Veränderungen für den Boden und die belebte Umwelt vollziehen. Der Boden bleibt wegen geringerer oberflächlicher Verdunstung länger feucht (WAGENKNECHT, 1965); infolge der Lichtundurchlässigkeit einer solchen Schicht wird das Aufkommen einer sonstigen Vegetation gehemmt oder völlig unterbunden. Dabei lassen die Mulchschichten Wasser durch, was als großer Vorteil beschrieben wurde. Zusätzlich kommt es zu einer vermehrten Ansiedlung von Kleinlebewesen, die unter der Schicht Schutz finden oder durch den stärkeren "edge-effect" ihre Ansprüche an den Standort leichter befriedigen können.

Eine **Schicht aus gemähem Gras** während einer Zeit von 30 Jahren auf die normal aufkommende Vegetation aufgebracht hatte bei Versuchen mit Kiefern und Fichten nicht nur das Wachstum der konkurrierenden Vegetation wirkungsvoll verhindert, sondern auch zu einer nachhaltigen Wuchssteigerung bei den Forstpflanzen geführt (FABRICIUS, 1956). Ähnliches wurde auch für die Wirkung einer Schicht aus Torf berichtet (KOZLOWSKI, 1971).

Auch eine Schicht aus **Strohmulch** auf die Entwicklung von Unkraut war Gegenstand von Untersuchungen (STROTHMANN, 1988). Er fand heraus, daß mit Strohmulch geschützte Eichen um ca. zehn Tage später austreiben als solche ohne Mulchschicht. Als Grund hierfür nannte er die langsamere Erwärmung des Bodens im Frühjahr, dabei kann der spätere Austrieb an spätfrostgefährdeten Standorten von großer Bedeutung sein. In seinen Untersuchungen lagen die Höhenzuwachswerte bei gemulchten Eichen mit 133-147 % deutlich über den Werten der unbehandelten Pflanzen (100 %). Angaben über die Streuung der Werte finden sich bei ihm nicht; die gemulchten Eichen werden von ihm jedoch homogener beschrieben als Pflanzen ohne Mulchaufgabe.

Als Mulchschicht aufgebracht Stroh wird nach ca. 3-4 Jahren in den Boden eingearbeitet (STROTHMANN, 1988), führt dort aber wegen der häufig schlechten C:N-Verhältnisse im Boden jedoch nicht zu einer Düngung, so daß dieser Aspekt keine besondere Rolle spielt (bei kritischen Standortverhältnissen ist sogar eine Verschlechterung der Bodenfruchtbarkeit denkbar).

Zu bedenken ist aber auch, daß durch die Strohaufgabe ein Lebensraum u.a. für Mäuse entstehen kann. Deshalb kann diese Art der Konkurrenzregelung nicht immer sinnvoll angewendet werden. Auch Lebensräume für Pilze oder andere Organismen können durch eingebrachte Mulchscheiben, Mulchdecken oder Pflanzendecken entstehen, die den jungen Pflanzen schaden können.

Eine solche Gefährdung durch Pilze, die in einer bodendeckenden Schicht aus Streu leben und sich vermehren, wurde z.B. für die Lärche beobachtet (STRASBURGER, 1978).

Einige Autoren berichten darüber, daß durch Einsaat einer Pflanzendecke (**Zwischensaat**) das Aufkommen einer störenden Vegetationsdecke wirksam verhindert werden konnte (RÖHRIG, 1964; DENECKE, 1988; GEISLER, 1988; REINECKE, 1988, 1990).

Zwischensaat sind aus der Landwirtschaft und dem Gartenbau bekannt. Dort soll zur Gründung der Felder sowie zur Vermeidung von Bodenerosion bzw. der Auswaschung von Nährstoffen eine leicht kontrollierbare Pflanzenschicht den Boden bedecken. Auch in Baumschulen können solche Zwischensaat als Verfahren der Gründung Verwendung finden. Eine Auswahl dazu verwendbarer Pflanzen zeigt die folgende Tabelle 2.

Tab. 2: **Gründungspflanzen für Baumschulen**
(verändert nach LÖSING, 1990).

ART	Mögliche Aussaatzeit (Monate)	Saatgutbedarf (kg/ha)	Kosten (DM/ha)	Durchwurzelungstiefe (cm)	Bemerkungen
Bitterlupine	April-Juli	160-200	270-300	150-200	Stickstoffsammler, geringe Schattenverträglichkeit, langsame Jugendentwicklung
Erdklee	April-Juli	25-30	150-200	< 80	gute Schattenverträglichkeit, Kombination mit Gräsern sinnvoll, langsame Jugendentwicklung Stickstoffsammler
Rotklee	April-Juli	14-18	ca. 200	80-150	
Weißklee	April-Juli	10-12		< 80	
Ölrettich	Mai-Juli	20-25	60-80	80-150	rasche Jugendentwicklung, lange Vegetationsentwicklung
Phacelia	Mai-August	10-15	90-140	< 80	ausgezeichnete Bienenweide, gute Schattenverträglichkeit
Raps	April-August	15-20	60-80	80-150	rasche Jugendentwicklung
Senf	April-August	15-20	35-46	80-150	rasche Jugendentwicklung, kurze Vegetationszeit
Weidelgras	Mai-August	15-20	120-150	<80	rasche Jugendentwicklung

Von Interesse ist vor allem das in der Tabelle genannte Phacelia. Neben der schnellen Bodendeckung liefert die Pflanze auch leicht abbaubaren Humus. Diese Pflanzenart wird in den letzten Jahren vermehrt nachgefragt und verwendet.

Als Vorteile einer Zwischensaat werden vor allem eine bessere Gefügestruktur des Bodens, besseres Nährstoffhaltevermögen, verzögertes Eindringen von Bodenfrost sowie eine bessere Befahrbarkeit von damit bewachsenen Flächen genannt (LÖSING, 1990; MÖLLERING, 1991). Nachteilig könnte sich bei solchen Verfahren allerdings auswirken, daß mit einer Zwischensaat eine zusätzliche Konkurrenz um Licht, Nährstoffe und Wasser geschaffen wird, deren Intensität nur schwer abzuschätzen ist, die aber sicherlich auf kritischen Standorten für erschwerte Lebensbedingungen sorgen wird. Ob sich durch alle genannten Zwischensaat eine Verbesserung der Nährstoffbilanz - so wie bei Verwendung von Leguminosen - einstellen wird ist nicht sicher, auch Verschlechterungen der Bodenfruchtbarkeit infolge einer Zwischensaat sind denkbar.

Die Stickstoffbindung von Leguminosen kann eine Melioration des Bodens herbeiführen, die von einigen Autoren erwähnt wird (NEMEC, 1942; SCHÄTZLER, 1988; LÖSING, 1990; LEOPOLD u. HÖFNER, 1991). Zwischen 100 - 300 kg Stickstoff pro Hektar und Jahr können durch sie gebunden und in den Boden gebracht werden. Dies führte in den Versuchen von SCHÄTZLER (1988) zu geringeren Ausfällen und nach 12 Jahren zu nahezu verdoppeltem Höhenzuwachs der von ihm untersuchten Kiefern. Diese Vorteile werden auch von anderen Autoren bestätigt (HOFFMANN, 1965; GEISLER, 1988; HEUKAMP, 1989).

Die Gründüngung mit Lupine oder das Ausbringen einer Saat zwischen Forstpflanzen erinnert an eine besondere Bewirtschaftungsform des 19. Jahrhunderts, den Waldfeldbau. Damit sollte angesichts großer Hungersnöte die Versorgung mit Nahrungsmitteln verbessert werden. So wurden damals schon Aussaaten von Eicheln mit Winterroggen, Hafer oder Sommerweizen vorgenommen (COTTA, 1822), ähnlich wie bei dem heute in den Tropen bekannten Taungya-System (WEIDELT, 1992). Daß dieses Verfahren in Deutschland nicht mehr angewendet wird, liegt daran, daß ein Mangel an landwirtschaftlichen Produkten heute nicht mehr besteht (KAPP, 1984).

Die in den vorangegangenen Abschnitten vorgestellten neuartigen Verfahren (Mulch, Zwischensaat) könnten eine Alternative zu den bisher üblichen Verfahren der Konkurrenzregelung darstellen, ihre Wirksamkeit ist jedoch noch nicht wissenschaftlich erforscht, so daß gerade hier ein großer Forschungsbedarf festgestellt werden kann (AMMER et al., 1988). Deshalb soll in dieser Untersuchung herausgefunden werden, ob eine eingebrachte Mulchschicht oder zwischengesäte Pflanzendecken zur Regelung der konkurrierenden Vegetation verwendet werden können.

1.3.4 Beschattung

Das Wachstum von Pflanzen wird in besonderem Maße von der verfügbaren Lichtmenge bestimmt. Wildlinge, die aus beschirmten Verhältnissen in das volle Licht versetzt werden, reagieren häufig mit einem Pflanzchock, der jedoch nach ein bis zwei Jahren überwunden ist. In dieser Zeit findet eine Umstellung vor allem der Blätter vom Schatthabitus zum Lichthabitus statt. Um Verschulpflanzen, die aus Wildlin-

gen gewonnen werden können, behutsam an die größere Lichtmengen zu gewöhnen, wird empfohlen, die Wildlinge zunächst unter einem leichten Schirm für die Dauer von wenigen Jahren zu verschulen. Allerdings sind die hierzu in der Literatur vorzufindenden Berichte nicht einheitlich, jedoch wird häufig auf vermehrtes Wachstum infolge höheren Lichtgenusses hingewiesen.

"Alle Bäume haben bei ausreichender Feuchtigkeit und Nährstoffversorgung in vollem Licht die höchste Stoffproduktion. Da jedoch im Freiland Licht gleichzeitig mit relativer Trockenheit verbunden ist, bestimmt häufig die begrenzte Boden- und Luftfeuchte das Schattenbedürfnis einer Baumart." (LYR et al., 1967). Die von ihnen getroffene Aussage weist auf wichtige Zusammenhänge zwischen der vorhandenen Lichtmenge und der Vitalität der Pflanzen hin. Obwohl demnach die besten Voraussetzungen für das Wohlergehen von Pflanzen, genügend Feuchtigkeit vorausgesetzt, auf der Freifläche herrschen müßten, mißlingenden Pflanzungen auf der Freifläche häufig.

Von jüngeren Buchen, die auf der Freifläche eine dreifach größere Höhe als die mit ihnen verglichenen Buchen unter Schirm erreicht hatten, berichtete POLACSEK (1954). Diese deutliche Reaktion der Buche auf vermehrten Lichtgenuß hält seiner Meinung nach bis in das hohe Alter von Buchen an, wie z.B. ROLOFF (1984) beschrieben hat.

Großflächige Versuche bestätigen, daß es durchaus möglich ist, die Buche mit Erfolg auf großen Freiflächen zu pflanzen (TRAUBOTH, 1978). Bei Wildlingen und Baumschulpflanzen wird z.T. besonders hervorgehoben, daß nach einer Freistellung große Zuwachsraten von Höhe und Durchmesser festzustellen waren (FLÖHR, 1988; VON LÜPKE, 1991).

Die starke Abhängigkeit der Höhen- und Durchmesserentwicklung vom Lichtgenuß wird häufig erwähnt (BÖCKER u. LOCHMANN, 1977). Genauere Untersuchungen ergaben, daß vor allem die Wurzelgewichte auf Änderungen der Lichtmenge reagierten, erst danach das Gewicht der Sproßachse (KOSS, 1989). Der Höhenzuwachs junger Buchen nahm in diesen Versuchen erst in tiefem Schatten ab (RÖHRIG, 1964; BURSCHEL u. SCHMALTZ, 1965 a; HUSS, 1978).

Prüft man die in der Literatur vorhandenen Berichte zu mißlungenen Pflanzungen, so ist oft keine differenzierte Aussage dazu zu finden, was genau zum Mißlingen von Freiflächenpflanzungen beigetragen hat.

So gab LE TACON (1985) ganz allgemein dem Klima der Freifläche die Schuld für schlechte Formen von Buchen (Baumschulpflanzen) nach deren Pflanzung auf der Freifläche: Fehlende Leittriebe, mehrfache Verzweiselung, starke Seitenäste und bei älteren Buchen eine unvollkommene Astreinigung wurden von ihm als typische Wuchsformen der Buche auf unbeschränkten Flächen genannt.

Andere Autoren erkannten dagegen durchaus, daß vielfältige Ursachen für das Mißlingen einer Buchenkultur verantwortlich sein können. BACHL (1992) nennt unter anderem die Art der Pflanzenanzucht, zu lange Einschlagzeiten, den Transport der Pflanzen zum Ort der Pflanzung, eine schlecht ausgeführte

Pflanzung und extreme Witterungsverhältnisse als mögliche Ursache für solche mißlungenen Aktionen.

Häufig wurden Buchen-Wildlinge unter Schirm als schlank, feinastig und mit geringer Astzahl beschrieben. Die Pflanzen auf einer Freifläche dagegen wurden als derb gewachsen, grobastig und mit einer Neigung zu buschigem Wuchs geschildert (KURTH, 1946). Bei seinen vergleichenden Auszählungen wurden unter Schirm 21 % "gute" Heister, auf der ungeschirmten Freifläche dagegen nur 8% "gute" Heister gezählt. Bei solchen Pflanzen wurde und wird häufig unterstellt, daß ihre unerwünschte Form der Ausdruck einer genetisch fixierten Anlage sei.

Von hohen Ausfallraten und schlecht entwickelten Formen nach einer Verpflanzung von Wildlingen auf eine Freifläche berichtete auch FUSS et al. (1987), in den Versuchen waren die Anwuchsraten auf der Freifläche mit 25 % weniger als halb so groß wie die von Buchen, die im Schatten gepflanzt wurden. Allgemein herrscht die Meinung vor, daß junge Wildlinge nach einer Freistellung vor allem durch Frost, verdämmendes Unkraut sowie durch Hitze und Dürre gefährdet sind (ENGLER, 1911).

Würde sich herausstellen, daß man Wildlinge ohne größere Ausfälle verschulen und für die weitere Verwendung als Pflanzen für Freiflächen vorbereiten kann, wäre dies eine Möglichkeit, trotz vorhandener Engpässe bei der Versorgung mit Buchen, gutgeformtes, kräftiges Pflanzgut zu erziehen. Die dazu nötigen Flächen könnten dabei eventuell im Bestand, z.B. auf großen Lücken untergebracht werden, die Selbstversorgung von Forstbetrieben mit frischem Pflanzgut wäre denkbar.

1.3.5 Pflanzverband

Die Weite von Pflanzverbänden und der davon abhängige Standraum hat auf das Wachstum von jungen Pflanzen großen Einfluß. In Baumschulen wird bei kleinen Pflanzen üblicherweise zunächst ein enger Verband gewählt (z.B. 10x20 cm). Bei längerer Verweildauer wird entweder ein Teil der Pflanzen entnommen oder die Pflanzen werden - häufig nach einer Schnittbehandlung - in weitere Verbände erneut ausgepflanzt, die Pflanzen erfahren also eine Standraumvergrößerung. Hierfür sind vor allem zwei Gründe zu nennen:

- Biologische Gründe: Durch einen relativen Engstand soll der Pflanze ein Wachstumsreiz verschafft werden, der zu stärkerem Höhenwachstum führen soll (diese Reaktion, auf zunehmenden sogenannten Seitendruck mit verstärktem Höhenzuwachs zu reagieren, wird üblicherweise auch auf das Wachstumsverhalten von Wildlingen übertragen, wenn verlangt wird, daß die Wildlinge in engem Dichtstand aufwachsen sollen). Allerdings sind für den unterstellten besseren Wuchs in engen Verbänden weniger die beengten Standraumverhältnisse maßgebend, sondern vor allem das dabei entstehende Mikroklima, das z.B. dafür sorgt, daß durch einen Engstand die Gefährdung gegenüber Frost deutlich gesenkt werden kann.

- Wirtschaftliche Gründe: Durch die Wahl enger Verbände lassen sich sehr viel mehr Pflanzen je Fläche unterbringen als bei einer Pflanzung in weiten Verbänden. Dies hat für Baumschulbetriebe große Bedeutung, da deren Produktionsfläche in der Regel nicht vermehrbar ist.

Weite Verbände werden oft als Ursache für sperrigen Wuchs oder aufgelöste breit und tief angesetzte Kronen genannt.

Diese unerwünschte Form, häufig mit dem Begriff "Obstbaumwuchs" bezeichnet, läßt sich nach allgemein gängiger Einschätzung überhaupt nur durch die Wahl enger Verbände vermeiden (KURTH, 1946; GERWECK, 1950; LYR et al., 1967; GÜRTH, 1970; HUSS, 1972; KLEINSCHMIT, 1974; GUTSCHICK, 1975; THOMASIUSS u. HELBIG, 1976; AID, 1983; KLEIN, 1983; DUPRÉ et al., 1985).

In den letzten Jahren werden Fragen zu Pflanzverbandsweiten die zu einem optimalen Wachstum von jungen Forstpflanzen führen, differenzierter betrachtet. Ein Trend zu weiteren Pflanzverbänden ist festzustellen. Gründe hierfür sind vor allem darin zu sehen, daß bei weiten Verbänden deutlich weniger Pflanzen gebraucht und gleichzeitig weniger Arbeitsstunden benötigt werden (DENGLER u. GUSSONE, 1982).

Die Zahl der Pflanzen je Hektar hat sich in den letzten Jahren bereits deutlich verringert, heute dürften 10.000 Pflanzen/ha bereits als Obergrenze gelten, vielfach werden auch deutlich geringere Pflanzenmengen ausgebracht. Der Grund dafür ist wohl vor allem im Wunsch zu sehen, Kosten zu senken oder trotz schlechter Versorgung mit jungen Pflanzen die dafür vorgesehenen Flächen aufzuforsten. Der Glaube an den vorteilhaften Einfluß eines engen Pflanzverbandes bleibt davon jedoch unberührt.

Weite Verbände fördern vor allem das Wurzel- und das Durchmesserwachstum. Solchermaßen entstandene "dickere" Pflanzen können den Schock bei der Entnahme aus dem Boden und der anschließenden Pflanzung besser überstehen.

Der Wurzelanteil am Gesamtgewicht der Pflanze sowie der Sproßbasisdurchmesser von Pflanzen sind stark von der Größe der Verbände abhängig. Große Standräume erlauben es der Pflanze dabei, schwere und dicke Wurzeln auszubilden (KLEINSCHMIT, 1974), bzw. den Anteil an Feinwurzeln zu erhöhen (SCHMIDT-VOGT, 1970). Daraus wird üblicherweise auf eine bessere Versorgung der Pflanze und eine große Menge an gespeicherten Reservestoffen geschlossen. Diese Reservestoffe können für die Pflanze in Streßperioden (z.B. nach der Auspflanzung) von großer existentieller Bedeutung sein (PALMER, 1985). So ergab ein großflächiger Vergleich zwischen eng- und weitgepflanzten Fichten 8 Jahre nach der Pflanzung, daß in den engen Verbänden deutlich mehr Pflanzen ausgefallen waren als in den weiten Verbänden (SCHMIDT-VOGT, 1982).

Die Interessen der Erzeuger (Baumschulbetrieb) und der Verbraucher sind "in der Frage der Verbandsweiten diametral entgegengesetzt" (KLEINSCHMIT, 1974). Hohe Pflanzzahlen je Flächeneinheit sind für Baumschulbetriebe profitabel. Die dabei üblicherweise entstehenden kleinen und dünnen Pflanzen entsprechen zwar den Vor-

stellungen der Baumschulbetreiber, aber nicht unbedingt den Bedürfnissen der Praxis, die ein Interesse an Pflanzen mit viel Reservestoffen, üblicherweise verbunden mit relativ großen Biomassen und damit auch größeren Sproßbasisdurchmessern, hat. Diese Situation könnte sich dadurch verschärfen, daß empfohlen wird, für die in Zukunft in vermehrtem Maße zu unterbauenden Fichten- und Tannenbestände nicht dünne und feinastige sondern derbe und grobastige Pflanzen zu verwenden (OTTO, 1985).

Es scheint so, daß gerade im Überschneidungsbereich Baumschule-Forstbetrieb zu Fragen der Verbandsweiten und Verwendbarkeit von Wildlingen noch Forschungsbedarf besteht. Deshalb soll untersucht werden, ob sich Wildlinge aus weiten Verbänden anders entwickeln als solche aus engen Verbänden. Insbesondere die Antwort auf die Frage, ob die in der Literatur erwähnten Mehrzuwächse von Buchen in weiten Verbänden dazu benutzt werden könnten, in kürzerer Zeit große Buchenpflanzen anzuziehen, scheint von Interesse.

1.4 Zielsetzung der Arbeit

Nachdem die Zielsetzung dieser Arbeit bereits in den vorstehenden Abschnitten erwähnt wurden, sollen sie hier nochmals kurz zusammengefaßt werden.

Ziel der Arbeit war, herauszufinden ob sich

- Wildlinge für die Anzucht von Buchen-Großpflanzen eignen, und
- ob der hohe Aufwand für Konkurrenzregelungen durch alternative Verfahren reduziert werden kann.

Hierzu wurden folgende Fragestellungen formuliert, die im weiteren Verlauf der Arbeit mit Versuchen an Wildlingen und Baumschulpflanzen beantwortet werden sollen:

Zur Verwendbarkeit von Wildlingen:

- Lassen sich schlecht geformte Wildlinge durch einen Sproßschnitt in gutgeformte Pflanzen überführen?
- Welchen Einfluß hat ein Wurzelschnitt auf Anwuchsverhalten und Wachstum?

Zu Konkurrenzregelungen:

- Ist es möglich, den hohen Aufwand traditioneller Verfahren zur Konkurrenzregelung durch eine künstlich eingebrachte Mulchschicht oder durch eine Zwischenfaat zu reduzieren?

Zur Beschattung:

- Welchen Einfluß hat eine Beschattung auf die Entwicklung von Form, Höhe und Durchmesser von Wildlingen?

Zu Verbandsweiten:

- Welchen Einfluß haben große Verbandsweiten auf die Entwicklung von Wildlingen?

Um die Fragen zu beantworten, wurde das Wachstum von Wildlingen und Baumschulpflanzen nach verschiedenen Behandlungen untersucht. Das Material und die damit angelegten Versuche (jeweils eine für Wildlinge und eine für Baumschulpflanzen) werden im folgenden Kapitel vorgestellt.

2. Die Versuche und deren Auswertung

Um die in den vorigen Abschnitten geschilderten Zusammenhänge und die daraus abgeleiteten Fragen beantworten zu können, wurden zwei Versuchsanlagen angelegt.

- In der **Versuchsanlage für Wildlinge** sollte vor allem die Frage untersucht werden, ob Wildlinge zur Anzucht größerer Verschulppflanzen geeignet sind. Deshalb wurden hier vor allem Sproß- und Wurzelschnitte mit ihrer Wirkung auf Wachstum und Formeigenschaften von Wildlingen untersucht. Mit einem Teil der Wildlinge wurden auch noch Versuche zu Konkurrenzregelungen und zu Verbandsweiten angelegt.
- In der **Versuchsanlage für Baumschulpflanzen** sollte vor allem die Wirkung von verschiedenen Verfahren zu Konkurrenzregelungen erforscht werden. Daneben wurde bei einem Teil der Pflanzen auch Schnitte an Sproß und Wurzel angebracht.

Das Material und die beiden Versuchsanlagen sollen im folgenden kurz vorgestellt werden, genauere Informationen zu den einzelnen angestellten Versuchen finden sich in den jeweiligen Ergebniskapiteln.

2.1 Das untersuchte Material

Das in den Versuchsanlagen verwendete Material bestand aus Wildlingen und Baumschulpflanzen.

Die Wildlinge

Die Wildlinge wurden im Herbst 1987 in dem der Universität Freiburg nahegelegenen Forstamt Kirchzarten von Hand gezogen. Nach der Gewinnung wurden die Buchen gebündelt, in Säcke verpackt und zum Einschlagsort (Forstlehrgarten des Waldbau-Instituts der Universität Freiburg) transportiert. Der Großteil wurde als sortiertes Material im Versuch verwendet, ein Teil der Wildlinge wurde jedoch als "unsortiertes Material" in die Versuche einbezogen.

Die Baumschulpflanzen

Die Baumschulpflanzen wurden von einer der Universität Freiburg nahegelegenen Forstbaumschule im Frühjahr 1988 beschafft. Es handelte sich dabei um handelsübliches Material folgender Sortimente:

- einjährige Sämlinge (1+0 j),
- zweijährige Sämlinge (2+0 j) und
- dreijährige Verschulpflanzen (1+2 j).

Die einjährigen Sämlinge waren nicht sortiert, die zwei- und dreijährigen Pflanzen waren bereits von der Baumschule nach der Größe in kleine und große Pflanzen sortiert worden.

2.2 Die Versuchsanlagen

Es wurden zwei Versuchsanlagen angelegt, eine für Wildlinge und eine für Baumschulpflanzen. Drei Gründe bedingten diese Aufteilung:

- Für die Wildlinge war bereits eine Fläche als Beschirmung vorhanden.
- Für eine gemeinsame Versuchsfäche - aus Wildlingen und Baumschulpflanzen bestehend - war nicht genügend Platz vorhanden.
- Die Baumschulpflanzen sollten auf einer für sie typischen Aufzuchtfläche untersucht werden.

So wurden die Versuche mit Wildlingen im Forstlehrgarten des Waldbau-Instituts in Freiburg angelegt, die Versuche mit den Baumschulpflanzen auf dem Gelände einer Freiburg nahegelegenen Baumschule in Kirchzarten.

Die Versuchsanlage für Wildlinge

Die Versuchsanlage mit Wildlingen umfaßte drei einzelne Versuche mit verschiedenem Pflanzmaterial.

Versuche mit **sortierten Wildlingen**:

- Versuch zu Sproß- und Wurzelschnitten und Beschattung.

Versuche mit **unsortierten Wildlingen**:

- Versuch zu Konkurrenzregelungen und Sproßschnitten, und
- Versuch zu Pflanzverband und Sproßschnitten.

Die Gründe für die Aufteilung in drei einzelne Versuche sind darin zu sehen, daß für einen alle Faktoren umfassenden Versuch zu wenig Platz vorhanden war und daß die beiden letztgenannten Versuche eher orientierenden Charakter hatten.

Die Versuchsanlage mit Baumschulpflanzen

Auch mit den Baumschulpflanzen wurden drei einzelne Versuche mit folgendem Pflanzmaterial angelegt.

Mit **einjährigen Sämlingen**:

- Versuch zu Konkurrenzregelungen, Sproß- und Wurzelschnitten.

Mit **zweijährigen kleinen Sämlingen**:

- Versuch zu Konkurrenzregelung, Sproß- und Wurzelschnitten.

Mit **zweijährigen großen Sämlingen** und **dreijährigen kleinen sowie großen Versuchspflanzen**:

- Versuch zu Konkurrenzregelungen.

Der **Untersuchungszeitraum** umfaßte bei den Wildlingen fünf, bei den Baumschulpflanzen vier Vegetationszeiten (aufgrund eines Versehens wurden die Pflanzen der Baumschule ein Jahr zu früh vermarktet).

2.3 Erfassung und Auswertung der Daten

Erfassung der Daten

Jeweils nach Abschluß der Vegetationsperioden im Herbst wurden die Höhen und die Sproßbasisdurchmesser aller auswertbaren Pflanzen gemessen. Die im Versuchszeitraum ausgefallenen und nachgebesserten Pflanzen wurden nicht ausgewertet.

Als **Höhe** der Pflanzen wurde der Abstand von der Spitze der Terminalknospe bis zur Bodenoberfläche im Lot definiert. Die Höhe wurde auf ganze cm gerundet.

Der Meßpunkt zur Bestimmung der **Sproßbasisdurchmesser** wurde auf 1 cm über der Bodenoberfläche festgelegt. Die Genauigkeit bei der Messung mit der Schieblehre betrug 1/10 mm. Bei stark von der Kreisform abweichenden Querschnitten an der Sproßbasis wurden zwei Messungen vorgenommen und daraus der Mittelwert berechnet.

Die Einzelmeßwerte wurden mit einem Datenverwaltungsprogramm vorbereitet und verdichtet; die eigentliche Datenanalyse wurde mit einem Statistik-Programmpaket angefertigt.

Auswertung der Daten

Zur Auswertung der Daten wurden zwei Arten statistischer Tests herangezogen:

- parametrische Tests und

- nicht-parametrische Tests.

(1) Parametrische Tests

Die parametrischen Tests beinhalten Varianzanalysen und damit in Verbindung stehende weiterführende Tests. Sie setzen bestimmte Eigenschaften des zu untersuchenden Materials voraus. Anmerkungen zu diesen Voraussetzungen finden sich in u.a. in BACKHAUS et al. (1990), VAN LAAR (1979) und SACHS (1984). Im einzelnen werden dort folgende Punkte genannt:

- Es muß eine Hypothese über den Wirkungszusammenhang der unabhängigen Variablen vorhanden sein.
- Die abhängigen Variablen müssen mindestens metrisch skaliert sein.
- Die untersuchten Faktoren müssen voneinander unabhängig sein.
- Es muß Varianzhomogenität vorliegen.
- Die Teilstichproben müssen die gleiche Struktur wie die Grundgesamtheit aufweisen.
- Die zu untersuchenden Werte müssen normalverteilt sein.
- Das Verhalten der Einflußgrößen muß additiv sein (zwischen dem Faktor und den Störvariablen darf kein Einfluß stattfinden).

Die Prüfung der Voraussetzungen wurde mit Tests nach KOLMOGOROV-SMIRNOV (Prüfung auf Normalverteilung) und COCHRAN (Prüfung der Varianzhomogenität) angestellt. Für die Berechnung wurden, so wie SACHS (1984) dies empfiehlt, transformierte Werte benutzt (Winkeltransformation für prozentuale Überlebensraten, Wurzeltransformation für die gemessenen Werte).

(2) nicht parametrische Tests

Unter nicht-parametrischen Tests werden solche Tests verstanden, die üblicherweise angewendet werden, wenn die Voraussetzungen für Parametrische Tests nicht erfüllt sind. Für die Anwendung dieser Tests gelten weniger strenge Voraussetzungen, sie erlauben allerdings keine weiterführende Analysen.

Für die Auswertung der Daten wurden hier H-Tests nach KRUSKALL und WALLIS sowie Rangtests nach NEMENYI benutzt.

Verwendete Symbole

In den folgenden Ergebniskapiteln werden zur Darstellung der Ergebnisse die in der vergleichenden Statistik üblichen Symbole für die Beschreibung statistischer Unterschiede benutzt. Sie sind in der unten stehenden Tabelle 3 erläutert.

Tab. 3: **Symbole** und ihre **Bedeutung** in den folgenden Tabellen.

Symbol	Bedeutung
-	nicht signifikant
*	$0,05 \geq p \geq 0,01$
**	$0,01 \geq p \geq 0,001$
***	$p \leq 0,001$

3. Versuche mit Wildlingen

Die Versuchsanlage für Wildlinge bestand - wie gerade dargestellt - aus drei einzelnen Versuchen. Die Versuche werden getrennt in den folgenden drei Kapiteln behandelt und die Ergebnisse auch dort diskutiert. Im Anschluß daran die Ergebnisse in einer zusammenfassenden Diskussion erörtert.

3.1 Versuchsstandort der Versuche mit Wildlingen

Als Versuchsstandort der Wildlinge war der Forstlehrgarten des Waldbau-Instituts der Universität Freiburg ausgewählt. Die komplette Versuchsanlage mit den in ihr enthaltenen drei Versuchen wurde darin untergebracht.

Ausschlaggebend für diese Wahl waren folgende Gründe:

- Das Gelände war umzäunt und gut erreichbar. Insbesondere die Benutzung der Fräse zur Entfernung der konkurrierenden Vegetation war vorgesehen.
- Für den Versuch, in dem die Wirkung einer leichten Beschattung auf die Entwicklung von Wildlingen untersucht werden sollte, war die Verwendung eines Schirms aus bereits vorhandenen, ca. 4 m hohen und 20 Jahre alten Ahornbäumen vorgesehen.
- Für die Anlage einer gemeinsamen Versuchsanlage, bestehend aus allen Wildlingen und allen Baumschulpflanzen, war weder auf dem Gelände der Baumschule noch in dem Forstlehrgarten genügend Platz vorhanden.

Bei dem Standort selbst handelte es sich um einen lehmigen, steinigen Boden, der relativ feucht und gut wasserversorgt war.

Das Klima am Standort war, bedingt durch die Lage am Fuß des Schwarzwaldes, submontan geprägt, mild und etwas durch das Klima des Rheintals beeinflusst.

3.2 Die Wirkung von Beschattung, Sproß- und Wurzelschnitten auf das Wachstum von Wildlingen

3.2.1 Einführung

Mit diesem Versuch sollte die Wirkung von leichtem Schatten, Sproß- und Wurzelschnitten auf die Entwicklung von sortierten Wildlingen untersucht werden. Die Sortierung der Wildlinge hatte dabei zum Ziel zu erfahren, ob unterschiedliche Anzuchtbedingungen und Pflegeschnitte gleichgerichtete Wirkungen bei Wildlingen

verschiedener Ausgangsform haben. Das zu wissen ist wichtig im Hinblick auf die Pflanzenanzucht unter Praxisbedingungen, die unterschiedliche Behandlungen der jeweiligen Wildlinge - weil zu umständlich - kaum zuläßt.

3.2.2 Material und Methoden

3.2.2.1 Das verwendete Material

Für diesen Versuch wurden die Wildlinge - getrennt nach Verbiß und Größenparametern - sortiert:

unverbissene Wildlinge

- kleine,
- mittelgroße,
- große,

verbissene Wildlinge

- dünne und
- dicke.

In der folgenden Tabelle 4 werden diese Pflanzentypen der Wildlinge vorgestellt.

Tab. 4: Mittlere **Höhen** und mittlere **Sproßbasisdurchmesser** sowie Variationskoeffizienten von nach Verbiß und Größe bzw. Durchmesser **sortierten Wildlingen** im Herbst 1987.

PFLANZENTYP	HÖHE		DURCHMESSE R		h/d-Quotient
	\bar{x} cm	VK %	\bar{x} mm	VK %	
unverbissen (nach Höhe sortiert)					
klein	22	30	3,5	23	63
mittelgroß	35	18	5,8	26	60
groß	58	19	8,3	25	70
verbissen (nach Durchmesser sortiert)					
dünn	26	32	5,8	22	45
dick	34	16	9,1	17	37

Aus den Daten der Tabelle ergibt sich, daß die **unverbissenen** Wildlinge durch die Längensortierung in drei deutlich voneinander verschiedene Typen getrennt werden konnten, die sich auch hinsichtlich der Sproßbasisdurchmesser deutlich unterscheiden. Nur die Variationskoeffizienten der Höhen von unverbissenen mittelgroßen und

großen Wildlingen waren relativ klein, die anderen Werte waren auch nach der Sortierung noch relativ groß.

Die Höhe der **verbissenen** dünnen Wildlinge entspricht der von unverbissenen kleinen Wildlingen, allerdings bei deutlich größerem Sproßbasisdurchmesser als diese. Verbissene dicke Wildlinge sind etwa so groß wie die unverbissenen mittelgroßen Wildlinge, sie haben aber deutlich größere Sproßbasisdurchmesser. Die h/d-Quotienten von unverbissenen Wildlingen sind sehr viel größer als die der verbissenen Wildlinge.

Insgesamt läßt sich aus diesen Werten folgern, daß mit der Unterteilung und Sortierung der Wildlinge geeignete Voraussetzungen für die Untersuchung im Hinblick auf unterschiedliche Reaktionen der Pflanzen in Abhängigkeit von ihren Dimensionen geschaffen wurden.

3.2.2.2 Das Versuchskonzept

Dieser Versuch enthielt die drei Behandlungsfaktoren: Beschattung, Sproß- und Wurzelschnitte.

(1) Die Beschattung

Die Beschattung wurde erreicht, indem ein Teil der Versuchspartellen unter einem leichtem Schirm von weitständigen, ca. 20 Jahre alten Ahornen ausgelegt wurde.

Die beschirmenden Bäume waren etwa 5 m hoch und standen in einem Quadratverband von 3 x 3 m.

(2) Die Sproßschnitte

In diesem Versuch wurden drei verschiedene **Sproßschnittvarianten** einbezogen:

- ohne Sproßschnitt,
- mittelstarker Sproßschnitt (Kürzen der Sproßlänge um 50 %) und
- starker Sproßschnitt (Stummeln der Sprosse auf 7 cm Restlänge).

(3) Die Wurzelschnitte

Der **Wurzelschnitt** umfaßte zwei Varianten:

- ohne Wurzelschnitt und
- mit Wurzelschnitt (Reduzieren des Wurzeltracht auf halbes Volumen).

Das Versuchsdesign

Aus technischen Gründen konnten die Beschattungsvarianten nur jeweils einfach als Teilversuche angelegt werden. Innerhalb jedes dieser Teilversuche wurden jeweils fünf langgestreckte Parzellen mit den Pflanzentypen ausgebracht und diese dann wie bei einer Spaltflächenanlage in Unterparzellen aufgeteilt. Auf diese Weise sollte vermieden werden, daß starke Randeinflüsse zwischen den verschiedenen großen Pflanzen eintreten konnten.

Das Schema der Anlage ist in Abbildung 1 dargestellt.

Jede der 2 x 2,1 m großen Parzellen wurde mit 35 Wildlingen im Verband von 40 cm x 30 cm bepflanzt.

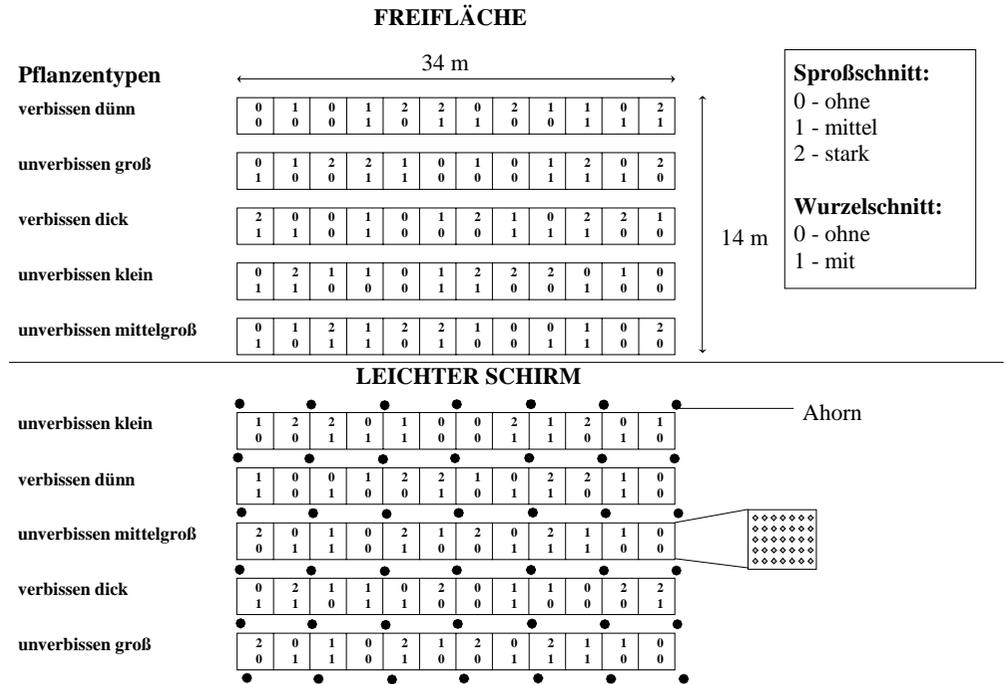
Die **Zuordnung der Behandlungen zu den Parzellen** erfolgte zufällig. Jede Behandlungsvariante (Unterparzelle) wurde zweimal wiederholt. Daraus ergaben sich je Pflanzentyp 12 Parzellen (3 (Sproßschnittvarianten) x 2 (Wurzelschnittvarianten) x 2 (Wiederholungen)). Durch die fünf verschiedenen Pflanzentypen entstanden somit 60 Parzellen jeweils auf der Freifläche und unter Schirm.

Die **Sprosse** wurden unmittelbar vor der Pflanzung mit einer Baumschere geschnitten; die Schnittwunden wurden nicht behandelt.

Auch die **Wurzeln** wurden unmittelbar vor der Pflanzung geschnitten, ohne Differenzierung zwischen Fein- und Grobwurzeln.

Um auf der **beschilderten Fläche** ein seitliches Einwachsen von Wurzeln der überschirmenden Bäume zu verhindern, wurden die Randstreifen zweimal pro Jahr gepflügt. Alle anderen Randstreifen wurden ebenso gepflügt, um nicht einen zusätzlichen Effekt zu erzeugen.

Abb. 1: Schematische Darstellung des Versuchs zu **Beschattung, Sproß- und Wurzelschnitten mit sortierten Wildlingen**.



Angesichts der geringen Größe der Gesamtanlage dieses Versuchs von nur 30 x 34 m (ungefähr 0,1 ha) und dadurch homogener Boden- und Umfeldbedingungen konnte unterstellt werden, daß keine anderen als die Versuchsfaktoren variierend gewirkt haben. Deshalb wurden die Unterparzellen als unabhängige Stichproben betrachtet¹⁾ und ein Varianzanalysemodell zugrundegelegt, das die Schätzung des Einflusses der 4 Versuchsfaktoren sowie ihrer Wechselwirkungen zuließ, was sonst nicht möglich gewesen wäre.

¹⁾ Herrn Prof. Dr. Schulte-Mönting, Abt. für Medizinische Biometrie und Statistik der Universität Freiburg, danke ich für die Beratung.

3.2.3 Ergebnisse

In der folgenden Tabelle 5 sind die Ergebnisse aus dem Versuch dargestellt.

Tab. 5: **Überlebensraten**, Angaben zu **Höhen-, Durchmesserwachstum** und **h/d-Quotienten** von **sortierten Wildlingen** nach **Beschattung, Sproßschnitt** und **Wurzelschnitt**.

	Überlebensrate	Höhenzuwachs	Endhöhe	Durchmesserzuwachs	Enddurchmesser	h/d-Quotient
	%	cm	cm	mm	mm	
Beschattung (B)						
ohne	59 b	55 a	81 b	11 b	17 b	47 a
mit	43 a	61 b	75 a	8 a	14 a	54 b
Sig.	***	*	*	***	***	***
Pflanzentyp (P)						
unverbissen klein	61 b	68 c	83 b	12 c	16 b	52 b
" mittelgr.	60 b	66 c	88 b	10 bc	16 b	56 b
" groß	50 b	57 ab	87 b	9 ab	17 b	54 b
verbissen dünn	54 b	48 a	63 a	8 a	14 a	45 a
" dick	32 a	49 a	67 a	8 a	16 b	44 a
Sig.	***	***	***	***	**	***
Sproßschnitt (S)						
ohne	40 a	49 a	85 b	10 b	17 b	52 b
mittel	54 b	59 b	77 a	9 a	15 a	52 b
stark	61 b	65 b	72 a	9 a	15 a	47 a
Sig.	***	***	***	***	**	***
Wurzelschnitt (W)						
ohne	57 b	61 b	82 b	10 a	16 b	51 a
mit	45 a	54 a	74 a	9 a	15 a	49 a
Sig.	***	*	**	-	*	-
Wechselwirk.						
B x P	**	-	-	*	**	*
B x S	-	-	-	-	-	-
B x W	-	-	-	-	-	-
P x S	*	-	*	-	-	-
P x W	-	-	-	-	-	-
S x W	-	-	-	-	-	-
B x P x S	-	-	-	-	-	-
B x P x W	-	-	-	-	-	-
B x S x W	-	-	-	-	-	-
P x S x W	-	-	-	-	-	-
B x P x S x W	-	-	-	-	-	-

Bei den **Überlebensraten** kam es zu folgenden Reaktionen:

- Durch die **Beschattung** wurden die Überlebensraten der Buchen deutlich reduziert.
- Die verschiedenen **Pflanzentypen** reagierten auf die Beschattung nicht einheitlich. Die unverbissenen Wildlinge (kleine, mittelgroße und große), aber auch die verbissenen dünnen Wildlinge hatten Überlebensraten von 50 % und mehr. Deren Unterschiede waren statistisch nicht signifikant. Demgegenüber war die Überlebensrate von verbissenen dicken Wildlingen gesichert geringer.
- Die **Sproßschnitte** verbesserten die Überlebensraten. Der mittelstarke und der starke Sproßschnitt wirkten dabei - statistisch gesichert - gleichartig.
- Der **Wurzelschnitt** dagegen verringerte die Überlebensraten deutlich.
- Bei der Prüfung auf **Wechselwirkungen** erwies sich die Faktorenkombination Beschattung und Pflanzentyp (BxP) als hochsignifikant. Das kam daher, daß von den unverbissenen kleinen Wildlingen deutlich weniger Jungpflanzen als bei den anderen Sortimenten durch die Beschattung ausgefallen waren. Am stärksten waren die verbissenen Wildlinge reduziert worden, nämlich um 27 Prozentpunkte.

Zusätzlich erwies sich die Faktorenkombination Pflanzentyp und Sproßschnitt (PxS) als signifikant. Das lag daran, daß von den verbissenen dünnen Wildlingen bei einem mittelstarken Sproßschnitt weniger Pflanzen überlebten, nach einem starken Sproßschnitt dagegen wieder mehr. Im Vergleich zu den anderen Pflanzentypen unterschiedlich verhielten sich auch die verbissenen dicken Wildlinge, die bei mittlerem Sproßschnitt zwar größere, bei starkem Sproßschnitt aber wieder geringere Überlebensraten zeigten.

Im **Höhenwachstum** ließen sich folgende Reaktionen feststellen:

- Die **Beschattung** führte zu geringerem Höhenzuwachs und damit zu geringeren Endhöhen.
- Die einzelnen **Pflanzentypen** zeigten Unterschiede im Höhenwachstum. Die unverbissenen kleinen und mittelgroßen hatten den größten Höhenzuwachs, aber auch der Höhenzuwachs der unverbissenen großen war noch relativ groß. Die verbissenen Wildlinge hatten dagegen einen deutlich geringeren Höhenzuwachs, gleichgültig, ob sie dünne oder dicke Sproßbasisdurchmesser gehabt hatten.

Die erreichten Endhöhen spiegelten die Sortierung in unverbissene und verbissene Wildlinge wider. Unverbissene Wildlinge waren insgesamt rund 20 cm größer als die verbissenen.

- Durch einen **Sproßschnitt** kam es zu größerem Höhenwachstum. Dabei war das Höhenwachstum um so stärker, je stärker am Sproß geschnitten wurde, allerdings ließen sich die Unterschiede zwischen den zwei Sproßschnittvarianten nicht sichern. Das stärkere Höhenwachstum reichte nicht aus, die ungeschnittenen Pflanzen einzuholen, diese waren am Ende des Beobachtungszeitraums

größer als die am Sproß geschnittenen Wildlinge (Unterschiede zwischen den zwei Sproßschnittvarianten waren hier - ebenso wie bei dem Höhenzuwachs - nicht zu sichern).

- Der **Wurzelschnitt** reduzierte dagegen das Höhenwachstum der Buchen und damit auch die Endhöhen.
- Gesicherte **Wechselwirkungen** zeigten sich bei der Faktorenkombination Pflanzentyp und Sproßschnitt (PxS) bei der Endhöhe. Unverbissene kleine Wildlinge waren nach einem mittelstarken Sproßschnitt größer, bei starkem Sproßschnitt jedoch wieder kleiner. Bei den anderen Pflanzentypen führte der Sproßschnitt immer zu geringeren Endhöhen.

Mit ihrem **Durchmesserwachstum** reagierten die Wildlinge auf die Behandlungen folgendermaßen:

- Durch die **Beschattung** wurde die Durchmesserentwicklung erheblich vermindert. Beschattete Wildlinge waren deshalb dünner als unbeschattete.
- Bei den **Pflanzentypen** waren entsprechend der Ausgangssituation bei den Wildlingen zwei verschiedene Reaktionen zu erkennen. So führte erstens die Größensortierung wie schon beim Höhen-, so auch beim Durchmesserzuwachs, zum umgekehrten Ergebnis als erwartet worden war: die großen Pflanzen hatten kleinere Zuwächse und waren am Ende den anfangs kleineren Pflanzen nicht mehr überlegen. Zweitens waren die verbissenen Pflanzen offenbar nachhaltig geschädigt und wuchsen weniger als alle nicht verbissenen Pflanzentypen, wiederum gleichgültig, ob sie anfangs dünnere oder dickere Sproßbasisdurchmesser hatten.
- Der **Sproßschnitt** reduzierte das Durchmesserwachstum, dabei war es unerheblich ob mittelstark oder stark geschnitten wurde.
- Der **Wurzelschnitt** führte hingegen zu keinen gesicherten Reaktionen.
- **Wechselwirkungen** waren für die Faktoren Beschattung und Pflanzentyp nachzuweisen. Demnach fanden die schwächsten Reaktionen (hier nicht dargestellt) bei unverbissenen kleinen und verbissenen dünnen Wildlingen statt (Pflanzentypen, die sich gemäß der in Tab. 4 dargestellten Daten auch kaum unterschieden). Ihr Durchmesserzuwachs und Enddurchmesser wurde durch die Beschattung nur um maximal 2 mm reduziert. Bei den anderen vier Pflanzentypen war die Reduktion stärker und betrug (bei verbissenen dicken Wildlingen) bis zu 7 mm.

Die **h/d-Quotienten** änderten sich durch die Behandlungen folgendermaßen:

- Die **Beschattung** führte zu größeren h/d-Quotienten.
- Bei den **Pflanzentypen** unterschieden sich die unverbissenen in diesem Stufigkeitsmerkmal nicht, was auch nicht verwunderlich ist, da Endhöhen und -durchmesser ja bei den anfangs in klar definierte Höhenklassen sortierten Wildlingen nicht mehr voneinander abwichen. Dagegen hatten die verbissenen Wildlinge gesichert niedrigere h/d-Werte, waren also stufiger.

- Der starke **Sproßschnitt** führte zu einer Reduktion der h/d-Quotienten; eine Wirkung des mittelstarken Sproßschnitts auf dessen Entwicklung war dagegen nicht nachzuweisen.
- Der **Wurzelschnitt** hatte keinen Einfluß auf die Entwicklung des h/d-Quotienten. Offenkundig wurde durch ihn also das Höhen- wie das Durchmesserwachstum gleichermaßen reduziert.
- Gesicherte **Wechselwirkungen** traten zwischen den Faktoren Beschattung und Sproßschnitt auf. Das ist darauf zurückzuführen, daß sich die h/d-Quotienten von den verbissenen dünnen Wildlingen im Vergleich zu den unverbissenen Wildlingen sich nur wenig erhöhten, hingegen nahmen sie bei den verbissenen dicken Wildlingen deutlich zu.

3.2.4 Diskussion

3.2.4.1 Die wichtigsten Ergebnisse

Die wichtigsten Ergebnisse lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- Wildlinge auf der Freifläche **überlebten** häufiger, waren größer und dicker als solche unter dem leichten Schirm.
- Auffällige Unterschiede bezüglich des **Materials** gab es beim Vergleich der Überlebensraten. Von den verbissenen dicken Wildlingen überlebte nur die Hälfte, verglichen mit den unverbissenen kleinen und den unverbissenen mittelgroßen. Augenfällig war außerdem, daß unverbissene Wildlinge am Ende des Beobachtungszeitraums größer waren als verbissene und daß ihre h/d-Quotienten deutlich über den von verbissenen lagen. Verbissene dicke Wildlinge scheinen nach den vorliegenden Daten für die Anzucht von größeren Verschulpflanzen weniger geeignet zu sein als die anderen hier untersuchten Pflanzentypen.
- Der **Sproßschnitt** führte zu größeren Überlebensraten und zu verstärktem Höhenwachstum, das aber nicht ausreichte, um die ungeschnittenen Pflanzen einzuholen. Das Durchmesserwachstum wurde durch den Sproßschnitt verringert.
- Der **Wurzelschnitt** führte zu geringeren Überlebensraten und vermindertem Höhenwachstum. Das Durchmesserwachstum wurde nur wenig beeinflusst.

3.2.4.2 Kritische Beurteilung

Die Ergebnisse sind deutlich und größtenteils plausibel. Einige Punkte sollten aber weitergehend erörtert werden:

- Die auf der **Freifläche** gepflanzten Wildlinge entwickelten sich allgemein besser als die unter leichtem Schirm stehenden. Das ist insgesamt erstaunlich, da genau das Gegenteil erwartet wurde. Normalerweise werden Wildlinge - wie auch hier - unter Schirmbeständen ausgegraben. Dort haben sie Schattenblätter ausgebildet und deren Schattenhabitus verhindert eine schnelle Umstellung von den gedämpften Lichtverhältnissen unter Schirm auf das volle Licht der Freifläche, was üblicherweise mit geringerem Wachstum verbunden ist. Erst nach ein bis zwei Jahren stellen sich Pflanzen auf die geänderten Lichtverhältnisse um und wachsen dann wieder normal weiter. Wildlinge werden deshalb in Baumschulen meist für einige Zeit durch künstliche Schattierungsvorrichtungen geschützt. Im Freigelände aber pflanzt man sie üblicherweise unter den Schirm von Altbeständen. Die Ausfälle hier im Versuch traten hauptsächlich in den ersten zwei Jahren auf, sie standen also mit dem Verpflanzungsschock in Zusammenhang.
- Von den **Pflanzentypen** hatten die verbissenen dicken Wildlingen deutlich größere Ausfälle und ein geringeres Wachstum. Das legt den Schluß nahe, auf sie zu verzichten. Das ist verblüffend, denn eigentlich wurde von diesen Pflanzen erwartet, daß sie nach einem Sproßschnitt besonders kräftiges Höhenwachstum entwickeln. Offensichtlich reagierten sie aufgrund ihres höheren Alters weniger spontan auf geänderte Umweltbedingungen oder auf Behandlungen.
- Die **Form der Pflanzen** bzw. die Veränderung der Form nach einem Sproßschnitt zu beschreiben war insbesondere für die Wildlinge ein Ziel der Untersuchung. Um die Form zu beschreiben, wurden Höhen und Sproßbasisdurchmesser erfaßt und daraus der h/d-Quotient berechnet. Genaugenommen reichen diese Informationen für eine genaue Beschreibung der Form und deren Veränderung nach Sproßschnitt aber nicht aus. Um die Formveränderung eines Wildlings nach einem Sproßschnitt zu beschreiben, der sich im günstigsten Fall von einer verbuschten Pflanze ohne ausgeprägten Leittrieb zu einer, abhängig vom Schnittgrad, mehr oder weniger stufigen Pflanze mit ausgeprägtem Leittrieb entwickeln könnte, sind detailliertere Messungen nötig: Zum Beispiel Durchmessermessungen in relativen Abständen entlang der Sproßachse. Allerdings ist dies bei am Sproß geschnittenen Pflanzen kaum sinnvoll machbar und bei nicht am Sproß geschnittenen Pflanzen nur unter großem Aufwand möglich. Die erhoffte Aussage, daß sich verbissene, verbuschte Wildlinge durchaus für die Weiterverwendung eignen, kann deshalb nur mit Höhen- und Durchmesserwerten sowie dem h/d-Quotienten belegt werden, aber insgesamt kann festgehalten werden, daß die Pflanzen sich zu ihrem Vorteil verändert haben.
- Die **Reduktion der Wurzelmasse** um 50 %, ohne daß dabei zwischen Wurzelhaaren sowie Fein- und Grobwurzeln differenziert wird, muß sehr kritisch gewürdigt werden: Es ist bei der Ausführung des Wurzelschnitts nahezu unmöglich, das Wurzelvolumen um einen bestimmten Prozentsatz (hier 50 %) zu reduzieren, so daß die tatsächliche Menge um die reduziert wurde, unklar bleibt. Hinzu kommt, daß durch das vorhergegangene Ziehen der Wildlinge bei der Gewinnung im Bestand mit großer Sicherheit bereits Feinwurzeln in beträchtlichem Umfang abgerissen wurden.

3.3 Die Wirkung von Konkurrenzregelungen und Sproßschnitten auf das Wachstum von Wildlingen

3.3.1 Einführung

Mit diesem Versuch sollten erste Erfahrungen über die Wirkung von verschiedenen Verfahren zur Konkurrenzregelung und Sproßschnitten an Wildlingen gewonnen werden. Mit den Verfahren zur **Konkurrenzregelung** sollte - wie das im Einführungskapitel dargestellt wurde - untersucht werden, ob sich der üblicherweise hohe Aufwand für die mechanische Konkurrenzregelung durch alternative Verfahren reduzieren läßt. Als alternative Verfahren zur Regelung der Konkurrenz wurden in diesem Versuch neben dem mechanischen Freihalten eine Schicht aus Rindenmulch sowie eine zwischengesäte Pflanzendecke aus Landsberger Gemenge in ihrer Wirkung auf das Wachstum der Buchen untersucht. Die **Sproßschnitte** wurden angebracht, um herauszufinden, ob sich die Überlebensraten und die Form von Wildlingen durch sie günstig beeinflussen läßt.

3.3.2 Material und Methoden

3.3.2.1 Das verwendete Material

Für diesen Versuch wurden **unsortierte Wildlinge** verwendet. In der folgenden Tabelle 6 finden sich dafür hergeleitete waldwachstumskundliche Kennwerte.

Tab. 6: Mittlere **Höhen** und mittlere **Sproßbasisdurchmesser** sowie Variationskoeffizienten und **h/d-Quotient** von **unsortierten Wildlingen** im Herbst 1987.

PFLANZENTYP	HÖHE		DURCHMESSER		h/d-Quotient
	\bar{x} cm	VK %	\bar{x} mm	VK %	
Wildling unsortiert	35	44	6,1	28	57

Die unsortierten Wildlinge hatten eine mittlere Höhe von 35 cm, allerdings läßt der hohe Variationskoeffizient darauf schließen, daß es ausgeprägte Unterschiede in ihren Höhen gab. Hinsichtlich der Sproßbasisdurchmesser waren sie dagegen einheitlicher. Insgesamt dürften sie einigermaßen typisch für Wildlinge gewesen sein, wie sie in Verjüngungsbeständen im Schwarzwald zu finden sind. Ihre Formen, die

sich allerdings nicht aus den dargestellten Zahlen ergeben, sondern okular beurteilt wurden, entsprachen jedoch weniger den Vorstellungen von brauchbarem forstlichen Pflanzgut (SCHMIDT-VOGT, 1982) - jedenfalls gilt das für die Pflanzen im verwendeten Kollektiv, die stärker verbissen waren.

3.3.2.2 Das Versuchskonzept

Dieser Versuch enthielt die zwei Behandlungsfaktoren Konkurrenzregelung und Sproßschnitt.

(1) Die einzelnen Verfahren zur Konkurrenzregelung:

- **Volle Konkurrenz**
Die aufkommende Bodenvegetation konnte sich ungestört entwickeln.
- **Mechanisches Freihalten**
Hierbei wurde jegliche Konkurrenz während des gesamten Versuchszeitraums mechanisch ferngehalten. Dies geschah durch oberflächiges Fräsen in den Pflanzreihen etwa alle 3-4 Wochen in der Vegetationszeit. Die zwischen den Pflanzen verbleibenden Vegetationsreste wurden zusätzlich mit einer Hacke entfernt.
- **Schicht aus Rindenmulch**
Beim Rindenmulch handelte es sich um gehackte Rinde vor allem von Fichten und Kiefern. Als Bodendeckung wird Rindenmulch vor allem im Gartenbau benutzt, um das Aufkommen der Konkurrenzvegetation zu verhindern. Zu Beginn des Versuchszeitraums wurde der Rindenmulch in einer ca. 10 cm hohen Schicht um die Pflanzen herum ausgebracht.
- **Zwischensaat mit Landsberger Gemenge**
Landsberger Gemenge ist eine im biologischen Landbau verbreitete Saatgut-Pflanzenmischung, die aus Zottelwicken (*Vicia villosa*, 25 %), Bastard-Weidelgras (*Lolium hybridum*, 60 %) und Inkarnatklée (*Trifolium incarnatum*, 15 %) besteht. Sie wird üblicherweise zur Gründüngung und zum Schutz des Bodens vor Erosion verwendet.
Vor der Aussaat dieser Mischung wurden Kontrollsaaten auf Beeten der Baumschule und auf Waldböden angestellt, um herauszufinden, welche Saatgutdichte für eine Bodendeckung - bei fehlender Einarbeitung in den Boden - nötig ist. Die aus der Landwirtschaft und dem biologischen Landbau bekannten Empfehlungen (6 kg/ar; RUHR-STICKSTOFF AG, 1957) wurden um den Faktor 1,5 bis 2 erhöht, um trotz fehlender Einarbeitung in den Boden sicheres Aufkommen und Dichtschluß der Vegetationsdecke zu erhalten.
Einmal pro Jahr im Frühjahr wurde Landsberger Gemenge in die Parzellen ausgebracht, aber nicht in den Boden eingearbeitet.

Neben der Wirkung von Konkurrenzregelungen sollte zusätzlich die Wirkung von Sproßschnitten untersucht werden.

(2) Die Sproßschnitte

Zwei Sproßschnitt-Varianten wurden in den Versuch einbezogen:

- ohne Sproßschnitt und
- starker Sproßschnitt (Kürzen der Sproßlänge auf 7 cm).

Da bei diesen Wildlingen vor allem die Wirkung des Sproßschnitts auf eine Verbesserung der Form untersucht werden sollte, wurde auf die Anwendung eines mittelstarken Sproßschnitts verzichtet.

Der Sproßschnitt wurde - wie auch in den anderen Versuchen - nur einmal zu Beginn des Versuchszeitraums angebracht; die dabei entstandene Wunde wurde nicht behandelt.

Das Versuchsdesign

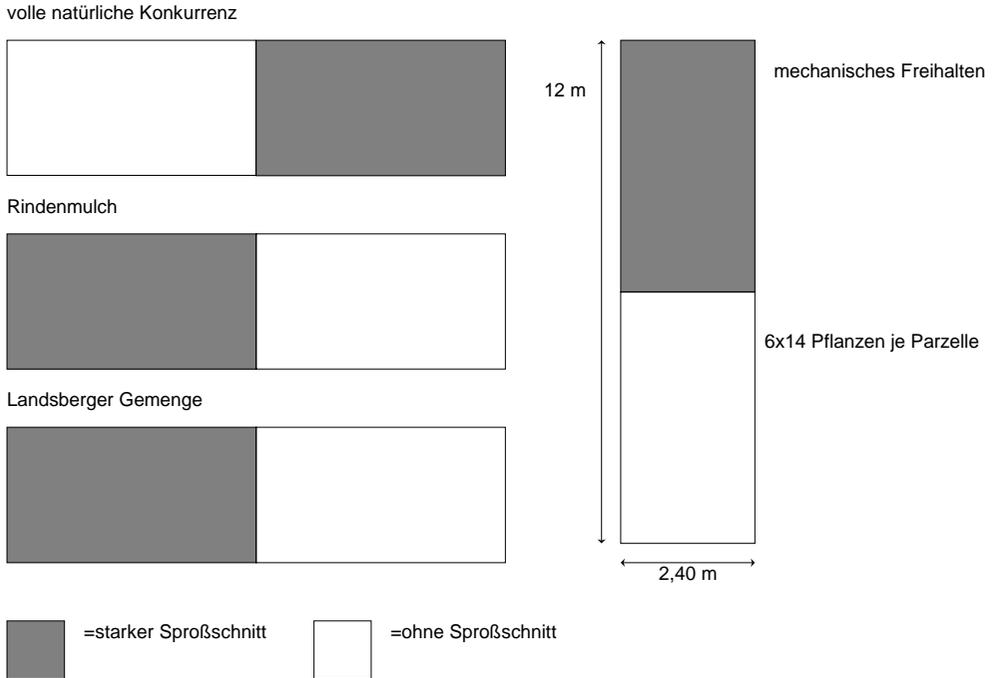
Bei der praktischen Umsetzung des Versuchskonzeptes waren folgende Schwierigkeiten zu berücksichtigen:

- Es standen nur eine begrenzte Anzahl an Wildlingen und nur kleine Flächen zur Verfügung.
- Werden im Hinblick auf eine volle statistische Auswertbarkeit mehrere Wiederholungen angelegt, so werden die Parzellen sehr klein und die Randwirkungen übermäßig. Bei sehr kleinen Parzellen mit nur wenigen Pflanzen muß außerdem mit Totalausfall und damit fehlenden Werten gerechnet werden.

Im Hinblick auf den nur orientierenden Charakter dieses Versuchs wurden daher nur vier Parzellen mit den Konkurrenzregelungsvarianten angelegt und jeweils in zufälliger Verteilung in zwei Unterparzellen mit den Sproßschnittvarianten unterteilt (s. Abb. 2). Dies erlaubt die Auswertung in Form einer 2-Wege-Varianzanalyse mit den Mittelwerten aus den Meßdaten an den Einzelpflanzen als Eingangsgröße für die Analyse. Hierbei wird stillschweigend unterstellt, daß die Bodenverhältnisse innerhalb des herangezogenen Versuchsgeländes homogen waren und mögliche Streuungen zwischen den Konkurrenzvarianten deshalb ausschließlich auf diesen Faktor zurückgeführt werden können.

Die folgende Abbildung 2 zeigt den Versuchsplan.

Abb. 2: Schematische Darstellung des Versuchs zur **Konkurrenzregelung** und **Sproßschnitten** mit **unsortierten Wildlingen**.



Als Pflanzverband im Versuch war auch hier 40 cm (Reihenabstand) x 30 cm (Pflanzabstand) gewählt worden. Jede der vier Parzellen beinhaltete 180 Pflanzen (davon 90 am Sproß geschnittene), insgesamt waren also 720 Wildlinge in dem Versuch enthalten.

Die Versuchsdauer umfaßte fünf Vegetationsperioden.

3.3.3 Ergebnisse

Die Ergebnisse sollen getrennt für die oben geschilderten Fragen dargestellt werden. Zunächst wird dargelegt, wie alternative Verfahren zur Konkurrenzregelung auf die Entwicklung der üblicherweise aufkommenden Vegetation wirkten; danach, wie sich die untersuchten Wildlinge unter dem Einfluß der verschiedenen Verfahren zur Konkurrenzregelung entwickelten und wie sich die Sproßschnitte auf die Entwicklung der Wildlinge auswirkten.

3.3.3.1 Die Wirkung der Verfahren zur Konkurrenzregelung auf die Entwicklung der Bodenvegetation

Unter den verschiedenen Verfahren der Konkurrenzregelungen entwickelte sich die Bodenvegetation folgendermaßen:

- Auf den Kontrollparzellen stellte sich die **volle Konkurrenz** rasch in Form einer völligen Bodendeckung durch Quecken (*Elymus*), Schmielen (*Deschampsia*) sowie Honiggras (*Holcus*) ein. Diese Pflanzen erreichten die Höhe der untersuchten Wildlinge.
- Durch das **mechanische Freihalten** wurde das Aufkommen konkurrierender Vegetation wirkungsvoll verhindert. Die Parzellen waren dauerhaft völlig frei von konkurrierender Vegetation.
- Die Schicht aus **Rindenmulch** verhinderte sicher das Aufkommen und Durchwachsen der Bodenvegetation. Nach zwei Jahren war die ursprünglich ca. 10 cm starke Schicht allerdings so weit zusammengesunken, daß stellenweise von unten durchwachsende Vegetation die verbleibende Schicht aus Rindenmulch durchdringen konnte. Die Rindenmulchschicht wurde deshalb wieder auf die ursprüngliche Höhe aufgefüllt. Hierdurch wurde das Aufkommen konkurrierender Vegetation wirkungsvoll verhindert.
- Die Zwischensaat aus **Landsberger Gemenge** führte innerhalb von zwei Jahren zu einem völligen Überwachsen der Buchen. Offensichtlich waren hierfür die in der Mischung enthaltenen Wicken verantwortlich.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die Schicht aus Rindenmulch ebenso sicher das Aufkommen konkurrierender Vegetation verhinderte wie das herkömmliche mechanische Freihalten. Eine Zwischensaat von Landsberger Gemenge dagegen überwuchs die Buchen völlig und kommt daher zur Regelung der Konkurrenz bei Pflanzen der Größe, wie sie hier verwendet wurden, nicht in Betracht.

3.3.3.2 Die Wirkung der Konkurrenzregelungen auf die Buchen

Die an den Buchenwildlingen nach vier Vegetationszeiten ermittelten Daten sind in der folgenden Tabelle 7 wiedergegeben.

Tab. 7: **Überlebensraten**, Angaben zu **Höhen-, Durchmesserwachstum** und **h/d-Quotienten** von **Wildlingen** nach **Konkurrenzregelungen** und **Sproßschnitt**.

MERKMAL	KONKURRENZREGELUNG								
	ohne (volle Konk.)		mech. Freihalten		Rindenmulch		Landsber- ger Gemenge		
	SPROSSCHNITT								
		ohne	stark	ohne	stark	ohne	stark	ohne	stark
Überlebensrate	%	39	4	83	81	80	83	0	0
Höhenzuwachs	cm	71	(16 9)	107	88	110	95		
Endhöhe	cm	92	(17 6)	128	95	132	102		
Durchmesserzuwachs	mm	10	(17)	17	12	17	14		
Enddurchmesser	mm	16	(22)	23	19	24	19		
h/d-Quotient		58	(78)	56	50	55	52		

Durch die Sproßschnittbehandlung sind die Überlebensraten der Wildlinge unter voller Konkurrenz so stark zurückgegangen, daß eine weitere Verwendung des Datenmaterials nicht sinnvoll erscheint; die Werte sind deshalb in Klammern gesetzt. Die Wildlinge in den Parzellen mit Landsberger Gemenge sind ausgefallen, weshalb anstelle der Meßwerte ein Leerzeichen eingetragen wurde.

Im folgenden soll die Wirkung der Konkurrenzregelungen auf die jungen Buchen vorgestellt werden. Zunächst werden die Wildlinge ohne Sproßschnitt (in der Tabelle hervorgehoben) erläutert, danach die Wildlinge mit Sproßschnitt.

Konkurrenzwirkung auf die jungen Buchen ohne Sproßschnitte

Die **Überlebensraten** der jungen Buchen wurden sehr massiv beeinflußt. Hier haben sich drei Gruppen herausgebildet:

- Das **mechanische Freihalten** hatte ebenso wie das **Abdecken mit Rindenmulch** die Überlebensraten verdoppelt. Immerhin lagen sie auch hier nur bei rund 80 %. Verluste von einem Fünftel sind allerdings nicht unüblich für Wildlinge und meist auf etwas geringere Frische, bedingt durch Gewinnung, Transport und Einschlag der Wildlinge, zurückzuführen.
- So blieb auf den Parzellen mit **voller Konkurrenz** am Ende des Beobachtungszeitraums weniger als die Hälfte aller jungen Bäume am Leben. Im ersten Beobachtungsjahr entwickelte sich die Konkurrenzvegetation zunächst nur zögernd, dann in den folgenden Jahren aber sehr stark und führte schließlich zum Ausfall vieler Pflanzen. Die Konkurrenz durch die Decke aus Quecken und den anderen Gräsern war also sehr ausgeprägt.
- Totalverluste verursachte das **Landsberger Gemenge**. Die Buchen wurden hier völlig überwachsen, wofür die kletternden Wicken verantwortlich waren. Bereits in der zweiten Vegetationsperiode waren am Sproß geschnittene Buchen komplett,

die nicht geschnittenen Buchen zum großen Teil überwachsen. Am Ende der dritten Vegetationsperiode war keine der Buchen mehr am Leben.

Die **Höhenentwicklung** verlief folgendermaßen:

- Nach gleichermaßen wirksamer Ausschaltung der Konkurrenz durch **Fräsen** (bzw. Nacharbeiten von Hand) und durch **Rindenmulchabdeckung** leisteten die Buchen einen Höhenzuwachs von etwas mehr als einem Meter und hatten am Ende des Beobachtungszeitraums rund 1,3 m, also fast Heisterhöhe, erreicht. Dabei waren der Höhenzuwachs und die erreichte Endhöhe der Wildlinge bei Rindenmulch noch etwas größer als von Wildlingen bei mechanischer Freihaltung.
- Das Höhenwachstum der Wildlinge war unter der Wirkung der **vollen Konkurrenz** um etwa ein Viertel reduziert worden.
- Die Buchen im **Landsberger Gemenge** waren, wie bereits erwähnt, total ausgefallen.

Die **Durchmesserentwicklung** wurde gleichfalls durch die Konkurrenz deutlich beeinflusst:

- Bei Ausschaltung der Konkurrenz war ein deutlicher Anstieg der Sproßbasisdurchmesser festzustellen. Die Enddurchmesser der freigehaltenen Wildlinge lagen um ca. 50 % über den Werten der Wildlinge unter voller Konkurrenz. Auch hier unterschieden sich die Werte der **mechanisch freigehaltenen** und der mit **Rindenmulch** abgedeckten Buchen nicht.
- Auf den Parzellen mit **voller Konkurrenz** waren die geringsten Durchmesserzuwachswerte und die geringsten Sproßbasisdurchmesser zu verzeichnen.

Die Entwicklung des h/d-Quotienten

Die h/d-Quotienten blieben durch die vorgenommene Regelung der Konkurrenz unbeeinflusst. Das liegt daran, daß die Buchen durch die Freistellung gleichermaßen im Höhen- und Durchmesserzuwachs profitierten und sich die Quotienten demgemäß nicht änderten. Sie deuten mithin nur an, daß sich die Stufigkeit der Buchen nicht änderte. Über die stark gestiegene Biomasseproduktion sagen sie allerdings nichts aus.

Im folgenden wird die Reaktion der Buchen bei vorgenommenem Sproßschnitt erläutert.

Konkurrenzwirkung auf die jungen Buchen mit Sproßschnitten

Die **Überlebensraten** wurden durch die Sproßschnitte zusätzlich deutlich beeinflusst:

- Bei **fehlender Konkurrenz** wurden die Überlebensraten durch die Sproßschnitte nicht verändert. Dies gilt gleichermaßen für die mechanisch freigehaltenen Pflanzen wie für die mit einer Schicht aus Rindenmulch geschützten Pflanzen.
- Bei den Wildlingen unter **voller Konkurrenz** kam es dagegen zu drastisch gestiegenen Ausfällen. Die Überlebensrate sank nach einem Sproßschnitt auf

4 %. Das ist leicht erklärbar. Ehe die gestummelten Wildlinge in der Lage waren, einen neuen Sproß zu schieben, waren sie von den Bodenpflanzen überwachsen.

- Die mit Landsberger Gemenge zwischengesäten Wildlinge waren - wie bereits oben ausgeführt - nach Überwachsen völlig ausgefallen.

Auch hinsichtlich der **Höhenentwicklung** zeigten sich folgende Reaktionen auf den Sproßschnitt:

- Am Sproß nicht geschnittene Pflanzen waren - bei Fernhalten der Konkurrenz - am Ende des Beobachtungszeitraums größer als die geschnittenen. Dabei machte es keinen Unterschied, ob die konkurrierende Vegetation durch **Rindenmulch** oder durch **mechanisches Freihalten** ferngehalten wurde.
- Die am Sproß geschnittenen, unter **voller Konkurrenz** stehenden Pflanzen hatten zwar rein rechnerisch eine deutlich größere Endhöhe, doch gelang es offenbar den beiden letzten übriggebliebenen Pflanzen, sich kräftig und damit untypisch zu entwickeln. Dies ist also der nicht repräsentative Mittelwert aus den zwei letzten verbliebenen Pflanzen und kann deshalb nicht herangezogen werden.

Die **Durchmesserentwicklung** wurde ebenfalls durch den Sproßschnitt deutlich beeinflusst:

- Bei Fernhaltung der Konkurrenz - durch mechanisches Freihalten oder durch Rindenmulch - war es durch den Sproßschnitt zu geringeren Enddurchmessern gekommen.
- Unter voller Konkurrenz waren Wildlinge nach einem Sproßschnitt zwar dicker, der berechnete Enddurchmesser ist aber - wie bereits oben erwähnt - der Mittelwert aus zwei Pflanzen und somit für eine Interpretation nicht geeignet

Die **h/d-Quotienten** wurden durch die Schnitte am Sproß beeinflusst:

- Bei Fernhalten der Konkurrenz war durch den Sproßschnitt eine Abnahme des h/d-Quotienten ausgelöst worden. Dabei war es unerheblich, wie die konkurrierende Vegetation ferngehalten wurde.
- Bei voller natürlicher Konkurrenz waren durch einen Sproßschnitt größere h/d-Quotienten aufzufinden, doch kann dies aus oben genanntem Grund (nur zwei überlebende Pflanzen) nicht weiter interpretiert werden.

3.3.4 Diskussion

3.3.4.1 Die wichtigsten Ergebnisse

Ergebnisse der Maßnahmen zur Konkurrenzregelung

- Die **volle Konkurrenz** wirkt hemmend auf die Entwicklung von Wildlingen, insbesondere dann, wenn diese aus so starken Konkurrenten besteht, wie vor

allein die Quecke sie ist. Diese hemmende Wirkung äußert sich in geringeren Überlebensraten sowie in geringerem Höhen- und Durchmesserwachstum.

- Eine **Schicht aus Rindenmulch** hat die gleiche konkurrenzmindernde und für die Buchen damit wachstumsfördernde Wirkung wie **mechanisches Freihalten**. Zwischen dem Wachstum der Pflanzen bei einer eingebrachten Schicht aus Rindenmulch und der damit verglichenen Variante des mechanischen Freihaltens waren deshalb bei keinem der verglichenen Merkmale (Überlebensprozente, Höhen- und Durchmesserwachstum, h/d-Quotienten) Unterschiede festzustellen.
- **Landsberger Gemenge** scheidet als Möglichkeit zur Konkurrenzregelung aus, denn die Konkurrenz der in dieser Mischung enthaltenen Pflanzen war so groß, daß die Buchen völlig überwachsen wurden und abstarben.

Ergebnisse der Sproßschnittbehandlung:

Ein **starker Sproßschnitt** führte insgesamt - trotz sich anschließendem starkem Höhenzuwachs - zu kleineren und dünneren Pflanzen. Geschnittene Wildlinge waren deshalb nach fünf Jahren kleiner und dünner als die am Sproß geschnittenen. Ist die mit dem Sproßschnitt verbundene Formverbesserung der Schaftachse ein wichtiges Ziel der Verschulpflanzenanzucht aus durch Verbiß deformierten Wildlingen, so muß Sorge getragen werden, daß die geschnittenen Wildlinge absolut sicher ohne Konkurrenz aufwachsen können. Das Risiko von Verlusten ist also hoch, wenn die Freistellung in den ersten Jahren einmal versäumt wird.

3.3.4.2 Kritische Beurteilung

Zu dem Versuchsdesign

Trotz fehlender Wiederholungen sind die in diesem Versuch erzielten Ergebnisse verwendbar, da einige Wirkungen - wie in vorstehenden Abschnitten geschildert - deutlich hervorgetreten sind. Dadurch, daß ein Teil der untersuchten Varianten komplett ausgefallen ist und in einem anderen Teil die Überlebensraten auf nur 4 % zurückgingen, konnte die Wirkung der Faktoren nur deskriptiv dargestellt werden.

Zu den Ergebnissen

Es erscheint nicht sinnvoll, zur Regelung der Konkurrenz eine *Mischung* verschiedener Pflanzen (wie z.B. das hier verwendete Landsberger Gemenge) zu verwenden, da eine eventuelle Wirkung der Zwischensaat auf die Buchen dann nur wenig präzise beschrieben werden kann.

Es ist denkbar, daß zu große Mengen an Landsberger Gemenge ausgebracht wurden. Ausgehend von der Überlegung, daß bei fehlender Einarbeitung des Saatguts in den Boden zur Erreichung einer sicheren Bodendeckung eine größere Menge notwendig ist, wurden - nach selbst angestellten Kontrollsaaten - die empfohlenen

Saatgutmengen um den Faktor 1,5-2 erhöht. Eventuell wäre es bei geringeren Mengen - zumindest bei den am Sproß nicht geschnittenen Wildlingen - nicht zu dem geschilderten totalen Ausfall gekommen.

Von größter Bedeutung kann die Erkenntnis sein, daß eine Schicht aus Rindenmulch in ihrer Wirkung auf das Wachstum von jungen Buchen so wirkt wie das herkömmliche mechanische Entfernen der unerwünschten Vegetation. Dieses Ergebnis war zwar - aus oben genannten Gründen nicht durch statistische Tests zu erhärten, doch ist es nach vorliegenden Daten plausibel.

Bei zukünftigen Untersuchungen zu dem Themenkomplex sollte vor allem auf die Wirkung der konkurrierenden Vegetation abgehoben werden, hier scheinen noch interessante Erkenntnisse möglich. Insbesondere die Frage, ob ein solches Verfahren zur Praxisreife weiterentwickelt werden könnte und ob es sich vor betriebswirtschaftlichem Hintergrund lohnen würde, eine Regelung der Konkurrenz durch Rindenmulch vorzunehmen (eventuell in Bestandeslücken oder in Pflanzgärten) scheint von Interesse.

Dabei sollte allerdings untersucht werden, zu welchen Änderungen einer Mulchschicht im Boden führt. Neben möglichen positiven Wirkungen (wie z.B. Düngung, geringere Nährstoffauswaschung, Ansiedlung von nützlichen Lebewesen) ist durchaus denkbar, daß die in den Rindenresten enthaltenen Stoffe zu einer Verschlechterung des Bodens, evtl. durch dessen Versauerung oder Versumpfung, führen könnte.

Die vertiefte Analyse der Wirkung von Sproßschnitten scheint dagegen nach den vorliegenden Ergebnissen nicht nötig.

Die Gegenüberstellung der bei den Verfahren zur Regelung der Konkurrenz angefallenen Kosten findet sich in Kapitel 4.3.2.

3.4 Die Wirkung von weiten Pflanzverbänden und Sproßschnitten auf das Wachstum von Wildlingen

3.4.1 Einführung

In diesem Versuch sollte die Wirkung von **weiten Pflanzverbänden** und von **Sproßschnitten** auf das Wachstum von Wildlingen untersucht werden. Dabei stand insbesondere die Frage im Vordergrund, wie das Höhen- und Durchmesserwachstum der relativ kleinen Pflanzen in weiten Verbänden abläuft, und ob durch einen Sproßschnitt die Entwicklung dieser Wildlinge beeinflusst werden kann.

3.4.2 Material und Methoden

3.4.2.1 Das verwendete Material

Das hier verwendete Material bestand aus unsortierten Wildlingen (wie auch in Kap. 2.3), die genaue Beschreibung des Materials findet sich in der folgenden Tabelle 8.

Tab. 8: Mittlere **Höhen** und mittlere **Sproßbasisdurchmesser** sowie Variationskoeffizienten und **h/d-Quotient** von **unsortierten Wildlingen** im Herbst 1987.

PFLANZENTYP	HÖHE		DURCHMESSER		h/d-Quotient
	\bar{x} cm	VK %	\bar{x} mm	VK %	
Wildling unsortiert	33	42	6,0	30	55

Die mittlere Höhe der hier untersuchten unsortierten Wildlinge lag bei 33 cm, die Pflanzen waren also nicht sehr groß. Der damit verbundene hohe Variationskoeffizient zeigt, daß ausgeprägte Höhenunterschiede zwischen den einzelnen Buchen vorhanden waren. Aus dem mittleren Sproßbasisdurchmesser kann gefolgert werden, daß die Wildlinge auch nicht sehr dick waren; dabei streuen die Durchmesserwerte weniger als die Höhenwerte. Die subjektiv nach dem Aussehen bewerteten Wildlinge entsprachen nicht den praxisüblichen Vorstellungen von brauchbarem forstlichen Pflanzgut.

3.4.2.2 Das Versuchskonzept

Um die in der Einführung genannten Fragen zur Wirkung von verschiedenen weiten Verbänden und zur Wirkung von Sproßschnitten beantworten zu können, wurden zwei Faktoren, nämlich Verbandweite und Sproßschnitte untersucht.

(1) Die verschiedenen Pflanzverbände

- Enger Verband 30 x 20 (Reihenabstand 30 cm, Pflanzenabstand 20 cm). Dies entspricht einem Standraum von 600 cm^2 sowie einer Pflanzdichte von ca. 17 Pflanzen/ m^2 .
- Weiter Verband 40 x 30 (Reihenabstand 40 cm, Pflanzenabstand 30 cm). Dies entspricht einem Standraum von 1200 cm^2 und einer Pflanzdichte von ca. 8 Pflanzen/ m^2 .

(2) Die Sproßschnitte

Der Sproßschnitt wurde in drei Varianten in den Versuch einbezogen:

- ohne Sproßschnitt,
- mittelstarker Sproßschnitt (Kürzen der Sproßlänge um 50 %) und
- starker Sproßschnitt (Kürzen der Sproßlänge auf 7 cm Restlänge).

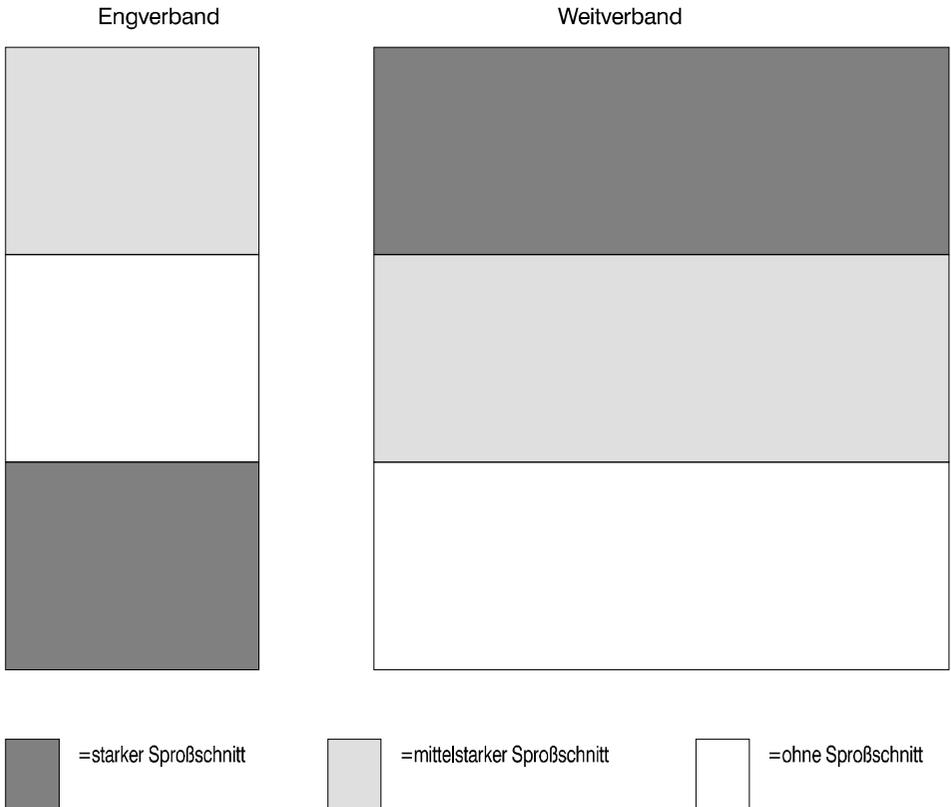
Das Versuchsdesign

Dem orientierenden Charakter des Versuchs entsprechend wurden nur zwei Parzellen mit verschiedenen weiten Verbänden angelegt. Innerhalb der Parzellen wurde dann jeweils ein Drittel (sub-plot) der unsortierten Wildlinge mit einem mittleren bzw. starken Sproßschnitt behandelt, ein Drittel der Pflanzen blieb als Kontrolle unbehandelt.

Die Mittelwerte der einzelnen sub-plots waren als Eingangsgröße für die varianzanalytische Auswertung (2-Wege-Varianzanalyse) vorgesehen. Dabei wird unterstellt, daß die Bodenverhältnisse zu keinen zusätzlichen Streuungen zwischen den einzelnen Varianten führten, daß also die Streuungen ausschließlich durch die untersuchten Faktoren verursacht wurden.

Die folgende Abbildung 3 gibt das Schema der Versuchsanlage wieder:

Abb. 3: Schematische Darstellung des Versuchs zu **Pflanzverband** und **Sproßschnitt** mit **unsortierten Wildlingen**.



Die in den Verbandsvarianten vorgenommene Zuordnung der Sproßschnitte zu den einzelnen sub-plots war zufällig.

Der Sproß wurde nur einmal zu Beginn des Versuchs mit einer Baumschere geschnitten die Schnittwunde wurde nicht behandelt.

Die aufkommende Vegetation wurde in den Engverbänden mit einer Hacke, in den Weitverbänden mit einer Fräse entfernt (aufgrund der geringen Reihenabstände in den Engverbänden war es nicht möglich, die Vegetation dort mit der Fräse zu entfernen).

In diesem Versuch wurden 330 (3x110) Pflanzen im Weitverband, 420 (3x140) Pflanzen im Engverband ausgepflanzt und über fünf Vegetationsperioden hinweg beobachtet.

Der Versuch wurde im Herbst 1987 angelegt er umfaßte fünf Vegetationsperioden.

3.4.3 Ergebnisse

Im folgenden werden zunächst die Ergebnisse, die sich aus der Untersuchung der Verbandsweiten ergeben, danach die Ergebnisse aus den Sproßschnitten dargestellt und erläutert.

3.4.3.1 Die Wirkung der Verbandsweiten

In Tabelle 9 sind die Ergebnisse aus der Untersuchung zu den Verbandsweiten dargestellt.

Tab. 9: **Überlebensraten**, Angaben zu **Höhen-** und **Durchmesserwachstum** und **h/d-Quotienten** von **unsortierten Wildlingen** bei verschiedenen **Pflanzverbänden**.

MERKMAL		PFLANZVERBAND		Sign.
		eng	weit	
Überlebensrate	%	70	55	-
Höhenzuwachs	cm	128	147	-
Endhöhe	cm	147	162	-
Durchmesserzuwachs	mm	13	20	*
Enddurchmesser	mm	19	26	*
h/d-Quotient		77	64	*

Folgende Ergebnisse lassen sich aus den Daten ableiten:

- In den engen Verbänden **überlebten** mehr Wildlinge als in den weiten Verbänden. Allerdings waren die Unterschiede nicht statistisch zu sichern.
- Der **Höhenzuwachs** von Wildlingen aus engen Verbänden war kleiner als der von Wildlingen aus weiten Verbänden, die Differenz zwischen beiden betrug 19 cm, eine statistische Sicherung war allerdings nicht möglich.
- Die **Endhöhe** der Pflanzen aus engen Verbänden lagen nach Ablauf von fünf Vegetationsperioden rund 10 % unter den Werten von Wildlingen aus weiten Verbänden, konnte aber nicht statistisch gesichert werden.
- Der **Durchmesserzuwachs** von Wildlingen aus engen Verbänden lag deutlich (7 mm) unter den erreichten Werten von Wildlingen aus weiten Verbänden, der Unterschied war signifikant. Wildlinge aus engen Verbänden hatten deshalb am Ende des Beobachtungszeitraums signifikant geringere **Sproßbasisdurchmesser** als solche aus weiten Verbänden. Auch hier betrug die Differenz 7 mm.
- Auch der Vergleich der **h/d-Quotienten** ergab signifikante Unterschiede. Wildlinge aus engen Verbänden wiesen deutlich höhere h/d-Quotienten auf als solche aus weiten Verbänden. Sie waren also weniger stufig. Zugleich läßt sich folgern,

daß bei Wildlingen in weiten Verbänden das Durchmesserwachstum als Folge des günstigen Standraums überproportional angeregt worden war.

Insgesamt war die Reaktion der Wildlinge auf die Vergrößerung der Verbände deutlich, was sich in etwas stärkerem Höhenwachstum, aber vor allem in deutlich stärkerem Durchmesserwachstum zeigte.

3.4.3.2 Die Wirkung der Sproßschnitte

In der folgende Tabelle 10 sind die Ergebnisse des Versuchs bezüglich der vorge-nommenen Sproßschnitte dargestellt.

Tab. 10: **Überlebensraten**, Angaben zu **Höhen-** und **Durchmesserwachstum** und **h/d-Quotienten** von **unsortierten Wildlingen** bei **Sproßschnitt**.

MERKMAL		SPROSSCHNITT			Sign.
		ohne	mittel	stark	
Überlebensrate	%	58	67	63	-
Höhenzuwachs	cm	145	135	132	-
Endhöhe	cm	176	b 150	a 138	a *
Durchmesserzuwachs	mm	18	17	15	-
Enddurchmesser	mm	24	22	22	-
h/d-Quotient		77	69	66	-

Folgende Aussagen können nach den in der Tabelle enthaltenen Werten getroffen werden:

- Durch den in verschiedenen Intensitäten angebrachten Sproßschnitt kam es zunächst zu abnehmenden, dann zu zunehmenden **Überlebensraten**. Diese nicht signifikanten Änderungen erscheinen insgesamt aber wenig plausibel.
- Der **Höhenzuwachs** von Wildlingen mit Sproßschnitt war kleiner als der Höhenzuwachs von den ungeschnittenen. Der Unterschied zwischen den beiden Extremwerten betrug rund 13 cm, was angesichts der Stummelung auf 7 cm Restlänge als nicht sehr groß erscheint.
- Die **Endhöhen** der Wildlinge mit Sproßschnitt lagen deutlich unter den Endhöhen der am Sproß geschnittenen Wildlinge. Die Differenz zwischen stark geschnittenen und ungeschnittenen Wildlingen (den beiden Extremwerten) betrug nach fünf Vegetationsperioden ca. 38 cm. Dies ist ein sehr großer, durch die Sproßschnittbehandlung hervorgerufener Unterschied, der klar macht, daß trotz eines stattfindenden kräftigen Höhenzuwachses der am Sproß geschnittenen Pflanzen diese nicht in der Lage sind, die ungeschnittenen wieder einzuholen.
- Der **Durchmesserzuwachs** und die **Enddurchmesser** der Wildlinge wurden durch die Sproßschnitte etwas beeinflusst, dabei führten die Schnitte immer zu einem Rückgang im Wachstum gegenüber den unbehandelten Pflanzen.

- Die **h/d-Quotienten** nahmen durch den Sproßschnitt ab. Je stärker am Sproß geschnitten wurde, um so kleiner waren die h/d-Quotienten.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß durch die Vornahme eines Sproßschnittes vor allem Änderungen im Höhenwachstum und im h/d-Quotienten der hier untersuchten Wildlinge ausgelöst wurden. Ein nur leichter Rückgang im Durchmesserwachstum war dagegen kaum ausgeprägt.

3.4.4 Diskussion

Zunächst werden die wichtigsten Ergebnisse zusammengefaßt, danach werden sie kritisch gewürdigt.

Der Vergleich der Ergebnisse mit der Literatur findet in Kap. 5 statt.

3.4.4.1 Die wichtigsten Ergebnisse

Ergebnisse aus den weiten Verbänden

- Hier ermittelte geringere Überlebensprozente von Wildlingen in weiten Verbänden erscheinen wenig plausibel, vor allem weil die Pflanzen durch die größeren Standräume deutlich positive Wachstumsreaktionen zeigte. Eine gleichzeitige Verschlechterung der Vitalität ist deshalb unwahrscheinlich. Eventuell sind durch die Art der Konkurrenzregelung in den weiten Verbänden (Fräse) unbemerkt gebliebene Verletzungen verursacht worden, die zu den erhöhten Abgängen beigetragen haben.
- Wildlinge, die in weiten Verbände verschult wurden, waren nach Ablauf von fünf Vegetationsperioden vor allem dicker und größer als solche aus engen Verbänden.
- Die h/d-Quotienten von Wildlingen aus weiten Verbänden waren deutlich kleiner als die der Wildlinge aus engen Verbänden.

Insgesamt können die Reaktionen der Wildlinge auf die Vergrößerung der Standräume als sehr lebhaft bezeichnet werden; dabei kam es in keinem Fall zu einem schlechteren Wachstum der Wildlinge.

Ergebnisse aus den Sproßschnitten

- Durch einen Sproßschnitt konnte Einfluß auf die Form der Wildlinge genommen werden. Die damit behandelten Pflanzen waren nach dem einmalig angebrachten Sproßschnitt nach Ablauf von fünf Vegetationsperioden kleiner und dünner als ungeschnittene Pflanzen.
- Die Überlebensraten sind - wie zuvor dargelegt - wenig plausibel, weshalb auf eine Interpretation der Werte verzichtet werden sollte.

- Der Höhenzuwachs und die damit zusammenhängende Endhöhe wurden durch einen Sproßschnitt vermindert; geschnittene Wildlinge waren am Ende des Beobachtungszeitraums kleiner und dünner als ungeschnittene.
- Das Durchmesserwachstum wurde durch den Sproßschnitt etwas reduziert.

3.4.4.2 Kritische Beurteilung

Zu dem Versuchsdesign

Der Versuch weist Mängel auf. Die durch die Kombination der beiden hier untersuchten Faktoren (Verband, Sproßschnitt) angelegten Parzellen wurden nicht wiederholt, so daß weiterführende statistische Auswertungen nicht möglich waren. Sicherlich wären damit genauere Aussagen möglich gewesen.

Zu den Ergebnissen

Die in dem Versuch ermittelten Ergebnisse waren sehr deutlich. Insbesondere der positive Einfluß des hier untersuchten **weiten Verbandes** macht klar, daß die aus solchen weiten Verbänden stammenden Verschulpflanzen zu großen, geraden und kräftigen Pflanzen heranwachsen. Eine Verbuschung oder eine Neigung zu sperrigem Wuchs war nicht festzustellen.

Auch die Ergebnisse aus den **Schnittversuchen** zeigten auffällig, daß durch einen Sproßschnitt eine Behinderung im Wachstum ausgelöst wurde, die auch innerhalb von fünf Vegetationsperioden noch meßbar war. Allerdings findet trotz dieser Behinderung ein starkes Höhenwachstum statt, das aber letztendlich nicht ausreicht, die Endhöhe der ungeschnittenen Pflanzen zu erreichen.

Nach den Erfahrungen mit Wildlingen in weiten Verbänden kann davon ausgegangen werden, daß auch schlechtformige Wildlinge zur Anzucht größerer Pflanzen geeignet sind. Weiterführende Untersuchungen sollten hier ansetzen, um zu erforschen, ob der Wachstumsvorsprung der in weiten Verbänden verschulten Wildlinge auch noch nach einer Auspflanzung anhält. Außerdem wäre ein Vergleich mit Pflanzen aus Baumschulen sinnvoll, die unter ähnlich weiten Verbänden verschult wurden.

3.5 Ergebnisse und kritische Beurteilung der Versuche mit Wildlingen

In diesem Kapitel werden zunächst die wichtigsten Ergebnisse der Versuche an Wildlingen zusammenfassend genannt und erläutert. Im Anschluß daran erfolgt eine kritische Würdigung. Der Vergleich der hier ermittelten Ergebnisse mit der Literatur findet in Kap. 5 statt.

3.5.1 Die wichtigsten Ergebnisse

Die folgende Übersicht faßt die wichtigsten Ergebnisse der Versuche an Wildlingen, getrennt nach den untersuchten Faktoren, zusammen:

Allgemeine Ergebnisse:

- **Wildlinge** können zur Anzucht von größeren Pflanzen verwendet werden. Sie entwickeln einen ausgeprägten Leittrieb und zeigen deutliches Höhenwachstum. Dabei wuchsen sie in diesen Versuchen auf der Freifläche lebhafter als unter einer leichten Beschattung. Falls möglich, sollten verbissene dicke Wildlinge nicht unbedingt verwendet werden, da bei diesen hohe Ausfallraten und weniger starkes Höhenwachstum festgestellt wurde.

Ergebnisse aus den Schnittversuchen:

- Ein **Sproßschnitt**, angebracht zur Erziehung geradwüchsiger Pflanzen aus verbissenen Wildlingen, kann unterbleiben. Eine Neigung zu sperrigem Wuchs oder eine Verbuschung konnte bei den hier untersuchten Wildlingen nicht beobachtet werden. Eventuell könnte durch einen Sproßschnitt die Stufigkeit der Pflanze gesteuert werden, da so behandelte Pflanzen bei kräftigem Höhenwachstum weniger starke Verzweigungen aufweisen, also eher als schlank zu bezeichnen sind.
- Ein **Wurzelschnitt** hatte zwar nicht in allen Versuchen einen signifikanten Einfluß auf die Überlebensprozente oder das Wachstum der Wildlinge, scheint aber deren Vitalität eher zu schwächen. Deshalb kann aus physiologischen Gründen keine Empfehlung für einen Wurzelschnitt gegeben werden.

Ergebnisse aus den Versuchen zur Regelung der Konkurrenz:

- **Volle natürliche Konkurrenz** wirkt hemmend auf das Wachstum von Wildlingen dies äußert sich in geringeren Endhöhen und in geringeren Sproßbasisdurchmessern.
- **Landsberger Gemenge** führte durch Überwachsen der Wildlinge zu dem Verlust der Pflanzen und kann deshalb nach vorliegenden Ergebnissen nicht zur Konkurrenzregelung empfohlen werden. Eventuell ist bei größeren Pflanzen ein anderes Ergebnis möglich, wenn auch unwahrscheinlich, da die in der Mischung enthaltenen Wicken sicher auch in der Lage sind, größere Pflanzen zu überwachsen und zum Absterben zu bringen.
- Eine Schicht aus **Rindenmulch** hatte die gleiche Wirkung auf das Wachstum wie die mechanische Freihaltung.
- Eine Wirkung der leichten **Beschattung** war nur in wenigen Fällen nachzuweisen. Sie hemmte vor allem das Durchmesserwachstum, nicht aber das Höhenwachstum.

- **Weite Verbände** waren von förderndem Einfluß auf das Höhen- und besonders auf das Durchmesserwachstum. Eine Verbuschung infolge größerer Standräume war nicht vorzufinden.

Zusammenfassend können die Ergebnisse aus den Schnittversuchen als aufschlußreich und die Ergebnisse aus den Versuchen zur Konkurrenzregelung sogar als ausgesprochen vielversprechend und ermutigend bewertet werden.

3.5.2 Kritische Beurteilung

Einige methodische Details und Verfahren der mit Wildlingen angestellten Versuche sollen im folgenden kritisch betrachtet werden.

Zu den Versuchen zur Konkurrenzregelung:

- **Die Höhe und Dichte der Zwischensaat** war kaum vorauszusagen. Die in der Literatur dazu vorhandenen Höhenangaben (s. Tab. 2) orientieren sich meist an landwirtschaftlichen Flächen mit höheren Nährstoffgehalten als Pflanzbeete. Deshalb müssen die erreichbaren Höhen für solche Versuche wahrscheinlich nach unten korrigiert werden. Vor Anwendung einer Zwischensaat sollte immer durch eine Kontrollsaat untersucht werden, ob und wie sich die ausgesäten Pflanzen entwickeln. Die hier mit Landsberger Gemenge gemachten schlechten Erfahrungen lassen sich sicher nicht für alle Böden und für alle Pflanzen verallgemeinern, doch ist Vorsicht angebracht, da eine falsche Zwischensaat durchaus zum Verlust der eigentlich zu schützenden Pflanzen führen kann.

Zu den Schnittbehandlungen:

- Ein **Wurzelschnitt** an Wildlingen sollte unbedingt unterbleiben. Zwar ist die vorhandene (Fein-) Wurzelmenge nicht unbedingt ein Maßstab für die Güte eines Wildlings, doch sind die Wurzeln von Wildlingen oft schlecht entwickelt, so daß es eigentlich widersinnig ist, diese Wurzeln auch noch zu schneiden. Insbesondere nachdem durch die Gewinnung der Wildlinge bereits ein Verlust an Wurzelsubstanz stattgefunden hat.
- Ein **Sproßschnitt** an Wildlingen, zur Erziehung gerader, feinstiger Pflanzen kann grundsätzlich angebracht werden. Aber es sollte beachtet werden, daß damit eine Schwächung der Pflanze einher geht und daß derart behandelte Pflanzen oft noch nach Jahren kleiner sind als am Sproß nicht geschnittene. Schließlich sollte nicht vergessen werden, daß ein Schnitt auch Kosten verursacht. Wird diese Maßnahme also umfassend gewürdigt, erscheint sie wenig sinnvoll.

4. Versuche mit Baumschulpflanzen

Die Versuchsanlage für Baumschulpflanzen bestand aus drei einzelnen Versuchen, die mit verschiedenen Pflanzentypen angelegt wurden. Damit sollte die Wirkung von sproßschnitten, Wurzelschnitten und verschiedenen Maßnahmen zur Regelung der Konkurrenz untersucht werden. Um nicht alle Kombinationen der genannten Behandlungen anlegen zu müssen, wurden Schwerpunkte gesetzt. Die Schnittversuche beschränkten sich auf das verwendete einjährige und zweijährige kleine Material. Die größeren Pflanzen (zweijährige große Sämlinge, dreijährige kleine und große Verschulpflanzen) wurden nur unter dem Aspekt der Konkurrenzregelung einbezogen.

Die in diesen einzelnen Versuchen gewonnenen Ergebnisse werden in getrennten Kapiteln vorgestellt, behandelt und diskutiert. Der Vergleich der Ergebnisse mit der Literatur findet in Kap. 5 statt.

4.1 Versuchsstandort der Versuche mit Baumschulpflanzen

Die Versuche mit Baumschulpflanzen wurden auf dem Gelände einer Baumschule in der Nähe von Freiburg (Kirchzarten) im Frühjahr 1988 angelegt. Der Grund für dessen Wahl war darin zu sehen, daß das Wachstum dieses Pflanzmaterials auf einem für sie typischen Standort untersucht werden sollte. Damit wird die Vergleichbarkeit mit den untersuchten Wildlingen - die, wie oben erwähnt, an einem anderen Ort untersucht wurden - zwar etwas gemindert, doch erscheint das Vorgehen folgerichtig.

Der Standort ist lehmig, steinig und gleichzeitig als feucht zu bezeichnen. Offensichtlich handelt es sich um Flächen, die früher landwirtschaftlich genutzt wurden, die aber aus Gründen mangelnder Rentabilität, einige Jahre vor Versuchsbeginn an die Baumschulfirma verpachtet wurden.

Die Witterung am Standort war - durch das Rheintal beeinflusst, am Fuß des Schwarzwaldes gelegen - insgesamt feucht, gut mit Wasser versorgt und mild, aber etwas trockener als am Ort der Wildlinge, somit also durchaus mit der Witterung am Standort der Wildlinge vergleichbar.

Vor Versuchsbeginn waren auf der Fläche bereits Forstpflanzen angezogen worden. Die Fläche wurde also regelmäßig bodenbearbeitet und die Vegetation beseitigt. Die neben der Versuchsfläche liegenden Felder wurden auch während der Versuchsdauer befahren und mit chemischen Präparaten behandelt, dabei war aber sichergestellt, daß eine Beeinflussung der hier beobachteten Versuchsfläche nicht stattfand.

Um Bodenverdichtungen auszuschließen und um homogene Verhältnisse auf der Versuchsfläche zu schaffen, wurde der Boden vor Versuchsbeginn einmal gepflügt, danach wurde der Boden nicht mehr bearbeitet oder befahren.

4.2 Die Wirkung von Sproß- und Wurzelschnitten und Konkurrenzregelungen auf das Wachstum von einjährigen Baumschulpflanzen

4.2.1 Einführung

Mit diesem Versuch sollte untersucht werden, wie die verschiedenen **Schnitte an Sproß und Wurzel** auf das Wachstum kleiner Baumschulpflanzen wirkten. Insbesondere die größere Homogenität des Baumschulmaterials sollte dazu beitragen, die Wirkung dieser - auch an Wildlingen vorgenommenen Behandlung - genauer abschätzen zu können.

Die als Verfahren zur **Konkurrenzregelung** vorgenommenen Zwischensaatungen sollten Aufschluß über das Wuchsverhalten von Baumschulpflanzen geben. Dies sollte zur Klärung der Frage beitragen, ob solche Zwischensaatungen die herkömmliche mechanische Regelung der Konkurrenz ersetzen können.

4.2.2 Material und Methoden

4.2.2.1 Das verwendete Material

Für diesen Versuch wurden **einjährige Baumschulpflanzen** verwendet. Die Pflanzen waren nicht sortiert.

In der folgenden Tabelle 11 finden sich Angaben zu Höhen- und Durchmessern des verwendeten Materials.

Tab. 11: Mittlere **Höhen-** und **Sproßbasisdurchmesser** sowie Variationskoeffizienten und **h/d-Quotient** von **einjährigen** (1+0 j) Baumschulpflanzen im Frühjahr 1988.

PFLANZENTYP Alter	HÖHE		DURCHMESSER		h/d-Quotient
	\bar{x} cm	VK %	\bar{x} mm	VK %	
1+0 j	20	23	4,5	23	44

Die einjährigen Sämlinge können aufgrund ihrer Höhe von 20 cm und ihres Durchmessers als normales Sämlings-Pflanzmaterial bezeichnet werden. Ihre Formen waren ohne Mängel. Die Qualität der Pflanzen entsprach den in der forstlichen Praxis üblichen Vorstellungen von gutem Pflanzmaterial.

4.2.2.2 Das Versuchskonzept

Die in dem Versuch untersuchten Faktoren (Konkurrenzregelung, Sproß- und Wurzelschnitte) beinhalteten folgende Varianten:

(1) Die einzelnen Verfahren zur Konkurrenzregelung

- Mechanisches Freihalten (völliges Fernhalten der konkurrierenden Vegetation);
- Zwischensaat mit Getreide;
- Zwischensaat mit Phacelia;
- Zwischensaat mit Perserklee.

Eine Variante mit voller natürlicher Konkurrenz war in diesen Versuch nicht einbezogen worden, die Wirksamkeit der Zwischensaat sollte insbesondere im Vergleich zu der Variante "mechanisches Freihalten" untersucht werden, die für Baumschulpflanzen typisch ist.

Die **Auswahl der Zwischensaat** folgte Empfehlungen aus dem biologischen Landbau, die durch eigene Kontrollsaaten vor Beginn der Untersuchung ergänzt wurden. Das Saatgut sollte aufgehen, ohne in den Boden eingearbeitet zu werden (wegen der vorhandenen Buchen war eine Einarbeitung nicht möglich).

Neben der Wirkung von Konkurrenzregelungen sollte zusätzlich die Wirkung von Sproß- und Wurzelschnitten untersucht werden. Es wurden allerdings nur bestimmte Kombinationen von Sproß- und Wurzelschnitten angebracht, weshalb diese im nachfolgenden zusammengefaßt werden.

(2) Die Sproß- und Wurzelschnitte

Sproß- und Wurzelschnitte wurden in diesem Versuch - abweichend von den Versuchen mit Wildlingen - anders getestet. Zum einen wurde die Variante "starker Sproßschnitt", die den Sproß auf eine Restlänge von 7 cm reduzierte hier nicht einbezogen, zum anderen wurde der Wurzelschnitt nur in Kombination mit einem Sproßschnitt (nicht aber alleine) untersucht.

Insgesamt entstanden folgende **Schnittvarianten**, die in ihrer Wirkung auf das Wachstum der einjährigen Sämlinge untersucht wurden:

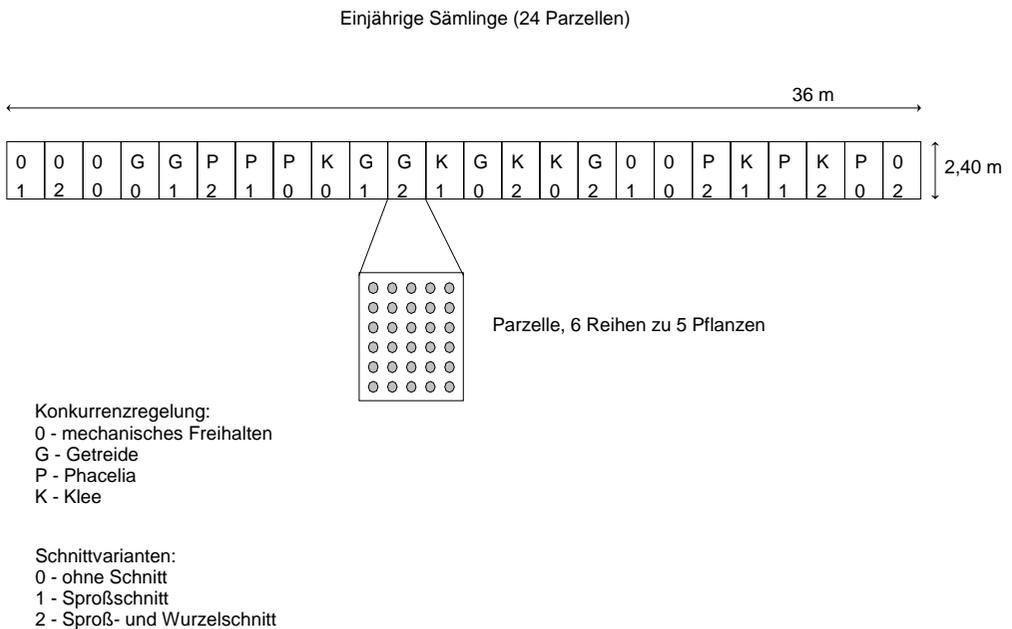
- ohne (jeglichen) Schnitt;
- mittelstarker Sproßschnitt (Kürzen der Sproßlänge um 50 %) ohne Wurzelschnitt, und
- mittelstarker Sproßschnitt mit gleichzeitigem Wurzelschnitt (Wurzel auf halbes Volumen reduziert).

Das Versuchsdesign

Durch die Kombination der genannten Varianten entstanden 12 Varianten (4 Konkurrenzregelungs- und 3 Schnittvarianten) die jeweils zweimal wiederholt wurden. Dies ergibt eine Gesamtzahl von 24 Parzellen - bei 30 Pflanzen je Parzelle - mit insgesamt 720 Pflanzen.

Die folgende Abbildung 4 zeigt den Versuchsplan.

Abb. 4: Schematische Darstellung des Versuchs zu **Sproß- und Wurzelschnitten** und **Konkurrenzregelung** mit **einjährigen Sämlingen**.



In der Abbildung steht der oben angebrachte Buchstaben für die Art der Konkurrenzregelung, die unten angebrachte Ziffer für die Schnittvariante.

Die Versuchsanlage enthält mithin Parzellen mit 12 Varianten und 2 Wiederholungen, die zufällig verteilt sind und damit die Berechnung von Varianzanalysen mit der Auswertung von 2 Faktoren (Schnitt, Konkurrenzregelung) und deren Interaktion erlauben.

Als Eingangsgrößen hierfür wurden einerseits die parzellenbezogenen Überlebensraten, andererseits die Mittelwerte je Parzelle der Höhen- und Durchmesserwerte sowie der h/d-Quotienten herangezogen.

Als Pflanzverband wurde ein Verband von 40 cm (Reihenabstand) x 30 cm (Pflanzabstand) gewählt.

Die Zwischensaaten wurden im Frühjahr jedes Jahres ausgesät. Die Saatgutmenge orientierte sich zunächst an den aus der Landwirtschaft bekannten Mengen, doch wurden sie nach - vor Versuchsbeginn angestellten - Kontrollsaaten um den Faktor 1,5 bis 2 vergrößert, um zu einer sicheren Bodendeckung zu kommen. Dabei entstanden Saatgutdichten von ca. 3 kg/ar bei Getreide und 0,5 kg/ar bei Phacelia und Perserklee.

Die Sproß- bzw. Wurzelschnitte wurden unmittelbar vor der Pflanzung angebracht, die dabei entstandenen Verwundungen wurden nicht behandelt.

4.2.3 Ergebnisse

Zunächst soll dargelegt werden, wie sich die Zwischensaaten entwickelten, danach werden die an den Baumschulpflanzen gemessenen und berechneten Werte erläutert.

4.2.3.1 Die Wirkung der Verfahren zur Konkurrenzregelung auf die Entwicklung der Bodenvegetation

Unter den verschiedenen Verfahren zur Regelung der Konkurrenz entwickelte sich die Bodenvegetation folgendermaßen:

- Durch das **mechanische Freihalten** unter Verwendung einer Hacke wurde die üblicherweise aufkommende Vegetation dauerhaft ferngehalten. Während der Vegetationsperioden mußte im Abstand von 3-5 Wochen die Behandlung wiederholt werden.
- Bei der Zwischensaat-Variante "**Getreide**", mußte der im ersten Jahr verwendete Sommerweizen am Ende der ersten Vegetationsperiode durch Winterroggen ersetzt werden. Obwohl die Saat aufgegangen und eine Bodendeckung gegeben war, erreichte der Sommerweizen nur mittlere Höhen von ca. 20 cm. Er wurde im Herbst des ersten Jahres durch Winterroggen ersetzt, dessen Keimverhalten, Bodendeckung und Endhöhe (bis 50 cm) voll befriedigte.

Insgesamt war die Bodendeckung durch das Getreide nicht absolut dicht, ein Aufkommen oder Durchwachsen anderer Pflanzenarten wurde jedoch zuverlässig verhindert. Der Roggen fruktifizierte zwar, wurde aber - weil nicht sicher war, ob die "Selbstregeneration" ausreichte - jeweils im Herbst der folgenden Jahre erneut ausgesät.

In den Varianten mit einer Zwischensaat aus Getreide siedelten sich in der ersten Vegetationsperiode Mäuse an, die einen Teil der Pflanzen abfraßen. Die Mäuse wurden daraufhin erfolgreich mit Gift bekämpft. Nach der ersten Vegetationsperiode wurde der dann verwendete Winterroggen gebeizt; danach waren weitere Bekämpfungen nicht mehr nötig.

- Die Aussaat von **Phacelia** führte zu einer nahezu vollständigen Bodendeckung. Die Dichte der Bodendeckung lag etwas über der Dichte von Getreide. Phacelia erreichte Höhen von ca. 30 cm. Ein Aufkommen oder Durchwachsen anderer Pflanzen wurde auch damit sicher verhindert.
- Die Aussaat von **Perserklee** führte zu einer vollständigen Bodendeckung. Bei einer Höhe von ca. 15 cm war die Bodendeckung dabei noch dichter als bei Phacelia. Das Aufkommen oder Durchwachsen anderer Pflanzen wurde sicher verhindert.

Insgesamt waren die mit den Zwischensaat gewonnenen Erfahrungen bezüglich Keimverhalten, Aufkommen und Fernhalten der üblichen Bodenvegetation ausgesprochen befriedigend.

4.2.3.2 Die Wirkung der Konkurrenzregelungen auf die Buchen

In der folgenden Tabelle 12 finden sich die Angaben zu Überlebensprozenten, Höhenwachstum, Durchmesserwachstum und h/d-Quotienten von einjährigen Baum- schulpflanzen nach verschiedenen Konkurrenzregelungen.

Tab. 12: **Überlebensraten**, Angaben zu **Höhen-** und **Durchmesserwachstum** und **h/d-Quotienten** von **einjährigen Sämlingen** nach **Konkurrenzregelungen**.

MERKMAL		KONKURRENZREGELUNG				Sign.
		mech. Frei- halten	Getreide	Phacelia	Klee	
Überlebensrate	%	61	53	68	47	-
Höhenzuwachs	cm	50	57	49	45	-
Endhöhe	cm	62	68	60	56	-
Durchmesserzuwachs	mm	8	9	7	6	-
Enddurchmesser	mm	13	14	12	11	-
h/d-Quotient		47	51	50	53	-

Folgende Aussagen lassen sich aus den in der Tabelle enthaltenen Daten ableiten:

- Die **Überlebensraten** veränderten sich durch die Behandlung z.T. erheblich. Während sie nach einer Zwischensaat aus Getreide bzw. Phacelia nur geringfügig kleiner bzw. größer waren (um 7 bzw. 8 %), lag die Überlebensrate bei einer Zwischensaat aus Klee um 14 % unter dem Wert der herkömmlich freigehaltenen Buchen. Dies ließe den Schluß zu, daß die dichtere Zwischensaat aus Klee hierfür verantwortlich war, allerdings waren für die Ausfälle vor allem Mäuse verantwortlich, weshalb die Interpretation der erzielten Überlebensraten nicht sinnvoll erscheint.
- Im **Höhenzuwachs** gab es zwischen den verschiedenen Varianten keine auffallenden Unterschiede. Die leichten Wuchsvorteile bei einer Zwischensaat

aus Getreide und die geringen Nachteile bei der Zwischensaat aus Phacelia und Klee erscheinen zufallsbedingt.

- Die **Endhöhen**, die nach Ablauf von vier Vegetationsperioden erreicht wurden, unterscheiden sich nur wenig. Abgesehen von den größeren Buchen nach einer Zwischensaat aus Getreide waren die Differenzen zwischen den einzelnen Behandlungen relativ gering, so daß davon ausgegangen werden kann, daß die Zwischensaat das Höhenwachstum nicht behinderten.
- Im Vergleich von **Durchmesserzuwachs** und **Enddurchmesser** fanden sich nur minimale Unterschiede. Dabei waren die mit Getreide zwischengesäten Buchen etwas dicker als die anderen. Da die Unterschiede aber relativ klein waren (im Enddurchmesser maximal 2 mm), kann davon ausgegangen werden, daß die Zwischensaat das Durchmesserwachstum - im Vergleich zu dem mechanischen Freihalten - nicht negativ beeinflussten.
- Durch die Zwischensaat kam es zu einer leichten Erhöhung der **h/d-Quotienten**. Allerdings sind die Unterschiede gering und lassen keine deutliche Reaktion im Wachstum der Sämlinge erkennen.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß mit den hier getesteten Zwischensaat im Vergleich zum herkömmlichen mechanischen Freihalten keine deutlichen Reaktionen im Wachstum der untersuchten Buchen feststellbar waren, das heißt, daß zwischen Buchen bei mechanischer Freihaltung und solchen aus Zwischensaat nach Ablauf von vier Vegetationsperioden keine Unterschiede bestanden.

4.2.3.3 Die Wirkung der Schnitte auf die Buchen

In der folgenden Tabelle 13 finden sich die Angaben zu Überlebensprozenten, Höhenwachstum, Durchmesserwachstum und h/d-Quotienten der einjährigen Baum- schulpflanzen nach verschiedenen Schnitten.

Tab. 13: **Überlebensraten**, Angaben zu **Höhen-** und **Durchmesserwachstum** und **h/d-Quotienten** von **einjährigen Sämlingen** nach **Schnitten**.

MERKMAL	SCHNITT				Sign.	WECHSEL- WIRKUNG Konk x Schnitt
	ohne	oben	oben und unten			
Überlebensrate	%	51	69	52	-	-
Höhenzuwachs	cm	49	54	48	-	-
Endhöhe	cm	69	61	55	-	-
Durchmesserzuwachs	mm	0,8	0,8	0,6	-	-
Enddurchmesser	mm	1,3	1,3	1,2	-	-
h/d-Quotient		57	47	47	*	-

Die Schnitte führten zu Reaktionen im Wachstum der jungen Buchen:

- Die **Überlebensraten** waren nach dem Sproßschnitt um 18 % angestiegen, nach einem kombinierten Schnitt an Sproß und Wurzel dagegen wieder zurückgegangen. Wie bereits oben erwähnt, sind die berechneten Überlebensraten aber nicht aussagekräftig, da sie durch die Mäuse bestimmt wurden.
- Der **Höhenzuwachs** unterschied sich durch die Sproßschnitt-Behandlung nur geringfügig.
- Der Vergleich der **Endhöhen** hier untersuchter Buchen zeigt, daß die Schnitte gegenüber den unbehandelten Pflanzen zu eher kleineren Buchen führten. Der - nicht signifikante - Unterschied war dabei bis zu 14 cm groß.
- Die Mittelwerte der **Durchmesserzuwächse** und **Enddurchmesser** deuten daraufhin, daß der mittelstarke Sproßschnitt allein keinen wuchsmindernden Einfluß hatte. Dieser trat aber offenbar ein, wenn zusätzlich die Wurzeln eingekürzt worden waren. Statistisch ließen sich diese Reaktionen jedoch nicht absichern.
- Die **h/d-Quotienten** von ungeschnittenen Pflanzen waren deutlich größer als die von am Sproß oder an Sproß und Wurzel geschnittenen Pflanzen. Das heißt, daß der Schnitt demnach vor allem zu Reduktionen in der Endhöhe, weniger aber im Enddurchmesser, führte.
- Zwischen den beiden Faktoren (Konkurrenzregelung und Sproßschnitt) konnten keine **Wechselwirkungen** festgestellt werden.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß durch die vorgenommenen **Schnitte** an Sproß bzw. an Sproß und Wurzel zum Teil recht deutliche Reaktionen im Wachstum ausgelöst wurden. So konnten zwischen unbehandelten und behandelten Pflanzen auffällige Unterschiede im Vergleich der Endhöhen und signifikante Unterschiede im Vergleich der h/d-Quotienten nachgewiesen werden. Nach diesen vorliegenden Ergebnissen scheint ein positiver Einfluß von einem Schnitt an Sproß oder Wurzel auf das Wachstum von einjährigen Sämlingen nicht auszugehen.

4.2.4 Diskussion

4.2.4.1 Die wichtigsten Ergebnisse

Nachfolgend sind die wichtigsten Ergebnisse dieses Versuchs genannt:

- Die hier untersuchten **Zwischensaat**en (Getreide, Perserklee, Phacelia) zur Regelung der Konkurrenz verhinderten die sonst aufkommende Vegetation vollständig. Ein Einfluß dieser Zwischensaat auf die Entwicklung der einjährigen Sämlinge war gegenüber herkömmlichem mechanischen Freihalten nicht nachzuweisen, das heißt, die Wirkung einer Zwischensaat entsprach der Wirkung des in der Praxis üblichen mechanischen Freihaltens.

- **Sproßschnitte** und eine Kombination aus **Sproß- und Wurzelschnitten** führten eher zu geringeren Höhen und tendenziell zu einer nachteiligen Entwicklung der Sämlinge.

Die Ergebnisse sind bezüglich der Zwischensaat außerordentlich deutlich. Machen sie doch klar, daß sich junge Buchen bei einer nicht zu starken Konkurrenz zu guten Verschulppflanzen entwickelten. Es ist somit nicht nötig, eine intensive mechanische Konkurrenzregelung vorzunehmen, eine Zwischensaat führt - bei viel geringerem Aufwand - zu den gleichen Buchen. Die Schnitte an Sproß und Wurzeln scheinen die Entwicklung der Sämlinge eher zu hemmen und sind deshalb wohl kaum sinnvoll anwendbar.

Eine Kalkulation der bei der Konkurrenzregelung anfallenden Kosten findet sich in Kap. 5.3.2.

4.2.4.2 Kritische Beurteilung

Zu dem Versuchsdesign

Der Wurzelschnitt, der in Verbindung mit einem Sproßschnitt zu tendenziell schlechter entwickelten Pflanzen führte, kann in seiner Wirkung nicht exakt beschrieben werden. Aus dieser Sicht wäre es besser gewesen, ihn auch ohne Sproßschnitt anzubringen, auch wenn das bei einjährigen Sämlingen in der Praxis der Baumschulen ungewöhnlich ist.

Die ausgebrachten Mengen an Saatgut, die deutlich über den Empfehlungen aus der Literatur lagen, waren sicher zu hoch. Deshalb sollten umfangreichere Vorversuche angestellt werden, die es erlauben, eine bessere Vorhersage über die Entwicklung der Höhe und Dichte von Zwischensaat zu treffen.

Zu den Ergebnissen

Die aus den **Versuchen mit Zwischensaat** gewonnenen Ergebnisse sind sehr plausibel. Allerdings müssen einige Punkte noch geklärt werden:

- Die Höhe der aus Zwischensaat hervorgegangenen Pflanzendecken lag immer deutlich unter den in der Literatur genannten Werten. Das war in diesen Versuchen, die auf ungedüngten, zuvor gepflügten Böden angelegt wurden, zwar nicht von Nachteil, doch sollte geprüft werden, wie sich die Zwischensaat auf besser mit Nährstoffen versorgten Standorten entwickeln, bzw. ob und wann es zu einer Behinderung der Forstpflanzen kommt.
- Die hier gewonnenen Erkenntnisse wurden auf Böden einer Baumschule gewonnen. Diese Böden wurden vor der Aussaat gepflügt und waren bei der ersten Aussaat frei von Vegetation. Deshalb erscheint es kaum möglich, die hier gewonnenen Erkenntnisse auf andere Böden zu übertragen. Gerade die vor Versuchsbeginn angestellten Aussaat bei vorhandener Vegetation zeigten, daß Zwischensaat gründlich mißlingen können. Eventuell gibt es aber Zwischensaat, die trotz vorhandener Vegetation in ausreichender Menge keimen und so

für eine geschlossene, künstlich hergestellte Vegetationsdecke sorgen. Um dies zu erforschen, müßten weitere Versuche angestellt werden.

4.3 Die Wirkung von Sproß- und Wurzelschnitten und Konkurrenzregelungen auf das Wachstum von zweijährigen Sämlingen

4.3.1 Einführung

In diesem Versuch sollten die Auswirkungen von **Sproß-** und **Wurzelschnitten** sowie **Konkurrenzregelungen** an größeren Baumschulpflanzen untersucht werden.

4.3.2 Material und Methoden

4.3.2.1 Das verwendete Material

Für diesen Versuch wurden zweijährige *kleine* Sämlinge von einer Baumschule beschafft (in einem anderen Versuch wurden zweijährige *große* Baumschulpflanzen untersucht). Die folgende Tabelle 14 faßt die wachstumskundlichen Kennwerte des Materials zusammen.

Tab. 14: Mittlere **Höhen-** und **Sproßbasisdurchmesser** sowie Variationskoeffizienten und **h/d-Quotient** von **zweijährigen kleinen** (2+0 j) Baumschulpflanzen im Frühjahr 1988.

PFLANZENTYP		HÖHE		DURCHMESSER		h/d-Quotient
Alter	Größen-sor-tierung	\bar{x} cm	VK %	\bar{x} mm	VK %	
2+0 j	klein	31	26	5,1	19	61

Die zweijährigen kleinen Baumschulpflanzen hatten eine mittlere Höhe von rund 30 cm und können nach Höhe wie nach Durchmesser und Form als normales zweijähriges Sämlingsmaterial bezeichnet werden. Sie waren um die Hälfte größer als die im vorangegangenen Kapitel beschriebenen einjährigen Sämlinge und geringfügig dicker als diese, aber weniger stufig.

4.3.2.2 Das Versuchskonzept

Durch den Versuch sollten Informationen zur Wirkung von **Sproß- und Wurzelschnitten** und von **Konkurrenzregelungen** auf das Wachstum der jungen Buchen erhalten werden.

(1) Die einzelnen Verfahren zur Konkurrenzregelung

Zwei Verfahren zur Konkurrenzregelung wurden in ihrer Wirkung untersucht:

- mechanisches Freihalten (von Hand) und
- Zwischensaat mit Getreide.

(2) Die Sproß- und Wurzelschnitte

Die in diesem Versuch angebrachten Schnitte an Sproß und Wurzel wurden in den drei folgenden Kombinationen an den Pflanzen angebracht:

- ohne Schnitt,
- mittelstarker Sproßschnitt (Kürzen der Sproßlänge auf die Hälfte), und
- mittelstarker Sproß- und Wurzelschnitt (Wurzel auf halbes Volumen reduziert).

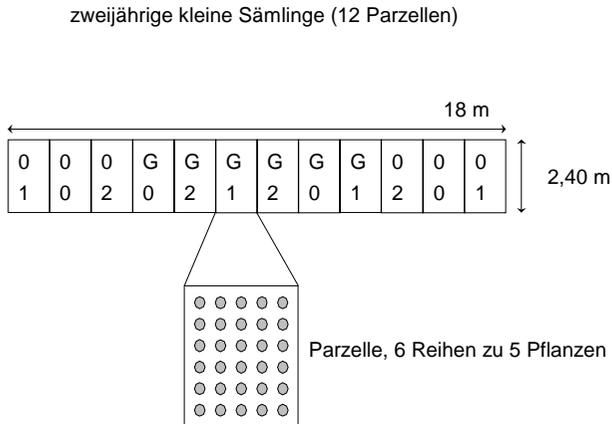
Das Versuchsdesign

In dem Versuchsdesign wurde die Kombination von zwei Varianten der Konkurrenzregelung und drei Sproßschnittvarianten bei zweimaliger Wiederholung berücksichtigt. Insgesamt entstanden 12 Parzellen.

Somit war die Möglichkeit der Auswertung dieser Parzellen mit einer 2-Wege-Varianzanalyse gegeben, die mit den Mittelwerten jeder Parzelle als Eingangsgröße zu rechnen ist.

Die folgende Abbildung 5 zeigt den Versuchsplan.

Abb. 5: Schematische Darstellung des Versuchs zu **Sproß- und Wurzelschnitten** und **Konkurrenzregelung** mit **zweijährigen kleinen Sämlingen**.



Konkurrenzregelung:
 0 - mechanisches Freihalten
 G - Getreide

Schnittvarianten:
 0 - ohne Schnitt
 1 - Sproßschnitt
 2 - Sproß- und Wurzelschnitt

In dem Versuchsplan steht der obere Buchstabe in den Parzellen für die Art der Konkurrenzregelung, die untere Ziffer für die Schnittvariante.

Die Pflanzen wurden in einem Verband von 40 (Reihenabstand) x 30 (Pflanzenabstand) ausgepflanzt. Jede Parzelle beinhaltete 30 Pflanzen, bei 12 Parzellen ergibt sich somit eine Gesamtzahl von 360 Pflanzen.

Die ausgebrachte Saatgutmenge des Getreides lag auch in diesem Versuch bei umgerechnet 3 kg/ar.

4.3.3 Ergebnisse

Die Ergebnisse werden getrennt nach der Wirkung der Zwischensaat auf die Entwicklung der Bodenvegetation und nach der Wirkung der Schnitte an Sproß und Wurzel auf das Wachstum der jungen Buchen dargestellt.

4.3.3.1 Die Wirkung der Verfahren zur Konkurrenzregelung auf die Entwicklung der Bodenvegetation

Unter den beiden Verfahren zur Regelung der Konkurrenz entwickelte sich die Vegetation folgendermaßen:

- Durch **mechanisches Freihalten** der Parzellen wurde jegliche konkurrierende Vegetation wirkungsvoll verhindert. Um eine dauerhafte Ausschaltung der Konkurrenz zu erreichen, wurde die Behandlung in der Vegetationsperiode im Abstand von 3-4 Wochen wiederholt. Die anfallenden Vegetationsreste wurden jeweils entfernt.
- Die **Zwischensaat** aus Getreide führte zu einer Bodendeckung, die nahezu vollständig war und das Aufkommen einer anderen Vegetation sicher verhinderte. Allerdings war das Höhenwachstum des im ersten Jahr verwendeten Sommerweizens - wie auch in den anderen damit angestellten Versuchen - nicht befriedigend, weshalb ab dem Herbst des ersten Versuchsjahres auf gebeizten Winterroggen umgestellt wurde, der wie bereits bei den anderen Versuchen erwähnt - Höhen bis ca. 50 cm erreichte.

Die bei den anderen Versuchen mit Baumschulpflanzen aufgetretenen **Schäden durch Mäuse** sind auch hier eingetreten. Deshalb wurde im ersten Jahr eine Bekämpfung der Mäuse vorgenommen. Nach dieser Bekämpfung und der Verwendung von gebeiztem Winterroggen waren keine weiteren Schädigungen durch Mäuse zu verzeichnen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß beide Verfahren zur Regelung der Konkurrenz (mechanisches Freihalten von Hand sowie die Zwischensaat aus Getreide) zu einer Verdrängung der üblicherweise aufkommenden Vegetation führten.

4.3.3.2 Die Wirkung der Konkurrenzregelungen auf die Buchen

Die Ergebnisse der Maßnahmen zur Konkurrenzregelungen werden zunächst für Pflanzen ohne Schnittbehandlung, danach für Pflanzen mit Schnittbehandlung vorgestellt.

Wirkungen der Konkurrenzregelungen ohne Schnittbehandlung

In der folgenden Tabelle 15 finden sich die Angaben zu Überlebensraten, Höhen- und Durchmesserwachstum sowie h/d-Quotienten von zweijährigen kleinen Sämlingen.

Tab. 15: **Überlebensraten**, Angaben zu **Höhen-** und **Durchmesserwachstum** und **h/d-Quotienten** von **zweijährigen (kleinen) Sämlingen** nach **Konkurrenzregelungen**.

MERKMAL	KONKURRENZREGELUNG			Sign.
	mech. Freihalten	Getreide		
Überlebensrate	%	40	44	-
Höhenzuwachs	cm	45	60	-
Endhöhe	cm	63	79	-
Durchmesserzuwachs	mm	8	8	-
Enddurchmesser	mm	13	14	-
h/d-Quotient		47	56	-

Durch die Zwischensaat traten zum Teil Reaktionen im Wachstum der Buchen ein:

- Die - relativ kleinen - **Überlebensraten** von zweijährigen kleinen Sämlingen blieben durch die Zwischensaat unbeeinflusst. Die leichte Erhöhung erscheint zufallsbedingt und nicht sinnvoll interpretierbar, zumal die Überlebensraten vor allem durch Mäuse beeinflusst wurden.
- Der **Höhenzuwachs** von Baumschulpflanzen war bei einer Zwischensaat aus Getreide größer als bei mechanischer Freihaltung. Die Zunahme betrug dabei rund ein Drittel, war aber nicht signifikant.
- Auch die **Endhöhe** der zwischengesäten Baumschulpflanzen war größer als bei mechanischer Freihaltung, die Differenz betrug hier rund ein Viertel.
- Der **Durchmesserzuwachs** und der damit zusammenhängende **Enddurchmesser** blieb durch die Zwischensaat nahezu unbeeinflusst.
- Der **h/d-Quotient** von zwischengesäten Pflanzen war größer als von mechanisch freigehaltenen, diese Pflanzen waren also weniger stufig.

Insgesamt waren die Wirkungen einer Zwischensaat auf das Wachstum der jungen Buchen ähnlich dem mechanischen Freihalten. Dabei wurde das Wachstum der jungen Buchen durch die Zwischensaat in keinem Fall behindert.

Wirkungen der Schnittbehandlung

Die folgende Tabelle 16 beinhaltet Angaben zu Überlebensraten, Höhen- und Durchmesserwachstum sowie h/d-Quotienten von zweijährigen kleinen Sämlingen nach Schnitten an Sproß bzw. Wurzel.

Tab. 16: **Überlebensraten**, Angaben zu **Höhen-** und **Durchmesserwachstum** und **h/d-Quotienten** von **zweijährigen (kleinen) Sämlingen** nach **Schnitten** und **Konkurrenzregelungen** (die Abkürzungen bei Schnitt bedeuten: - ohne Schnitt, S Sproßschnitt, S+W Sproß- und Wurzelschnitt).

MERKMAL	KONKURRENZREGELUNG								
	mech. Freihalten				Getreide				
		SCHNITT				SCHNITT			
	-	S	S+W	Sign.	-	S	S+W	Sign.	
Überlebensrate	%	46	33	42	-	33	58	42	-
Höhenzuwachs	cm	39	58	38	-	61	63	56	-
Endhöhe	cm	70	72	46	-	97	76	66	-
Durchmesserzuwachs	mm	8	7	9	-	10	8	7	-
Enddurchmesser	mm	13	13	13	-	15	13	13	-
h/d-Quotient		53	55	34	-	64	54	50	-

Aus den Zahlen in der Tabelle lassen sich folgende Aussagen ableiten:

Die **Überlebensraten** zeigten kein eindeutiges Verhalten:

- Bei mechanischer Freihaltung gingen die Überlebensprozente durch die Sproß- und durch die Sproß- und Wurzelschnitte zurück. Bei zwischengesäten Pflanzen waren durch die Schnitte höhere Überlebensraten verursacht worden. Vor dem Hintergrund der gleichartigen Wirkung von mechanischem Freihalten und einer Zwischensaat muß die gegenläufige Tendenz als nicht plausibel betrachtet werden. Hinzu kommt der schädigende Einfluß der Mäuse, was es insgesamt nicht sinnvoll erscheinen läßt, diese Werte weiter zu interpretieren.

Durch die Schnitte kam es im **Höhenzuwachs** zu Reaktionen:

- Bei mechanischer Freihaltung führte ein Sproßschnitt zunächst zu einer deutlichen Zunahme (gegenüber den ungeschnittenen Pflanzen um nahezu 50 %), bei einem kombinierten Sproß- und Wurzelschnitt dagegen fiel der Wert wieder zurück und lag etwas unter dem Niveau der unbehandelten Pflanzen.
- Grundsätzlich ähnlich reagierte der Höhenzuwachs auf die Schnitte bei einer vorhandenen Zwischensaat, wo ein Sproßschnitt zu einer Zunahme, ein kombinierter Sproß- und Wurzelschnitt dagegen zu einem Rückgang unter das Niveau der ungeschnittenen Pflanzen führte. Allerdings sind die Unterschiede nur gering und sicher zufallsbedingt.

In den **Endhöhen** zeigten sich deutliche Reaktionen auf die Schnittbehandlungen:

- Geschnittene Pflanzen waren - bei mechanischer Freihaltung - nach Ablauf des Beobachtungszeitraums kleiner als die ungeschnittenen. Während die leichte Zunahme nach einem Sproßschnitt wahrscheinlich zufällig entstand, fiel die Endhöhe bei einem kombinierten Sproß- und Wurzelschnitt um 24 cm unter den Wert der ungeschnittenen Pflanzen.
- Auch bei einer Zwischensaat aus Getreide führte der Sproßschnitt und der kombinierte Sproß- und Wurzelschnitt zu einem Rückgang der Endhöhen. Hier

betrug die Differenz zwischen am Sproß- und an der Wurzel geschnittenen Pflanzen bzw. ungeschnittenen Pflanzen sogar 29 cm (der Höhenvorsprung der ungeschnittenen gegenüber den nur am Sproß geschnittenen Pflanzen lag bei ca. 20 cm).

Der **Durchmesserzuwachs** und der damit zusammenhängende **Enddurchmesser** reagierten folgendermaßen:

- Die Unterschiede im Durchmesserzuwachs waren, dort wo sie auftraten, mit einer Differenz von maximal 3 mm sehr gering und erlauben die Aussage, daß die Schnitte das Durchmesserwachstum nicht beeinflussen.

Die **h/d-Quotienten** reagierten auf die Schnitte nicht einheitlich:

- Während ein Schnitt am Sproß bei mechanischem Freihalten zu keiner Reaktion führte, kam es bei zwischengesäten Buchen zu einem deutlichen Rückgang des h/d-Quotienten. Demgegenüber führte der *kombinierte* Sproß- und Wurzelschnitt gegenüber ungeschnittenen Pflanzen bei beiden Konkurrenzregelungsvarianten zu deutlich geringeren h/d-Quotienten.

Wechselwirkungen zwischen den Faktoren Konkurrenzregelung und Schnitt - hier nicht dargestellt - konnten nicht festgestellt werden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die Reaktionen der Pflanzen auf die **Schnitte** weitgehend plausibel erscheinen. Zurückgehende Endhöhen, Enddurchmesser und h/d-Quotienten bei **zwischenengesäten Pflanzen** zeigten einen negativen Einfluß der Schnitte auf das Wachstum an.

Als Reaktion auf die Schnitte einmal mit zunehmenden, dann mit abnehmendem Höhenzuwachs zu reagieren (so wie dies bei den **mechanisch freigehaltenen Pflanzen** zu beobachten war), ist dagegen schwer vorstellbar und scheint zufallsbedingt zu sein.

4.3.4 Diskussion

4.3.4.1 Die wichtigsten Ergebnisse

Ergebnisse aus den Versuchen zur Konkurrenzregelung

- Die Zwischensaat aus Getreide als Maßnahme zur Konkurrenzregelung verhinderte das Aufkommen und Durchwachsen der sonst üblichen Vegetation.
- Die mit Getreide zwischengesäten zweijährigen kleinen Sämlinge wurden durch die Zwischensaat bei keinem der gemessenen Merkmale im Wachstum behindert. Im Gegenteil scheint eine leichte Förderung des Höhenwachstums eingetreten zu sein, die zwar zu größeren Buchen führte, aber nicht statistisch nicht zu sichern war.

Die hier erzielten Ergebnisse mit Zwischensaat sind außergewöhnlich. Nicht nur das Ziel, die natürlich aufkommende Konkurrenz mit einer Zwischensaat fernzuhalten, wurde erreicht, darüber hinaus wurde durch die Zwischensaat eine - wenn auch leichte, nicht signifikante - Förderung im Wachstum der Buchen ausgelöst, die im Ergebnis zu größeren Pflanzen führte.

Ergebnisse aus den Schnittversuchen:

- Die **Überlebensraten** zeigten uneinheitliche Reaktionen auf die vorgenommenen Schnitte; sie sind deshalb und wegen der durch Mäuse verursachten Schäden nicht verlässlich.
- Das **Höhenwachstum** wurde durch einen kombinierten Sproß- und Wurzelschnitt gehemmt. Ein allein angebrachter Sproßschnitt führte zu keinen klaren Wachstumsreaktionen.
- Die **Endhöhen** von ungeschnittenen Pflanzen lagen stets über den Endhöhen der geschnittenen, die Differenz betrug bis zu 31 cm.
- Der **Durchmesserzuwachs** und der Enddurchmesser von ungeschnittenen Pflanzen war immer gleich groß oder größer wie der bei den geschnittenen Pflanzen ermittelte Wert.
- Die **h/d-Quotienten** wurden durch die Schnitte an Sproß bzw. an Sproß und Wurzel z.T. drastisch gesenkt.

Insgesamt scheinen die Schnitte am Sproß eher zu einer Verschlechterung der Lebensbedingungen der hier untersuchten zweijährigen Baumschulpflanzen geführt zu haben. Die teilweise anders interpretierbaren Ergebnisse, z.B. zuerst zu- und wieder abnehmende Überlebensraten nach Schnitten, erscheinen wenig plausibel.

4.3.4.2 Kritische Beurteilung

Zu dem Versuchsdesign

In Verbindung mit zweijährigen kleinen Sämlingen wurde als Zwischensaat nur Getreide untersucht. Das ist im Vergleich zu den Zwischensaatarten, die bei den einjährigen Sämlingen untersucht wurden, und allgemein betrachtet relativ wenig. Sinnvoller wäre gewesen, auch bei diesen größeren Pflanzen die Wirkungen von anderen Zwischensaatarten, z.B. von Phacelia oder Klee, mit in die Untersuchung einzubeziehen, um so herauszufinden, wie weniger hochgewachsene Zwischensaatarten auf die größeren Buchen wirken.

Interessant wären außerdem Erkenntnisse zu der Entwicklung einer Zwischensaat nach einer einmaligen Aussaat gewesen.

4.4 Die Wirkung von Konkurrenzregelungen auf das Wachstum von zwei- und dreijährigen Verschulpflanzen

4.4.1 Einführung

Die in diesem Versuch verwendeten Pflanzen wurden nur unter dem Gesichtspunkt der Konkurrenzregelung untersucht. Sie waren die größten der in dieser Arbeit untersuchten Pflanzen und wurden deshalb und weil ihre Formen makellos waren, nicht an Sproß oder Wurzel geschnitten.

4.4.2 Material und Methoden

4.4.2.1 Das verwendete Material

Für diesen Versuch wurden drei verschiedene Pflanzentypen von einer Baumschule besorgt:

- zweijährige große Sämlinge,
- dreijährige kleine Verschulpflanzen und
- dreijährige große Verschulpflanzen.

Die Sortierung war bereits durch die Baumschule erfolgt.

Die folgende Tabelle 17 faßt die Kennwerte des hier verwendeten Materials zusammen.

Tab. 17: Mittlere **Höhen-** und **Sproßbasisdurchmesser** sowie Variationskoeffizienten und **h/d-Quotienten** von **zweijährigen großen (2+0 j)**, **dreijährigen kleinen und großen (1+2 j) Baumschulpflanzen** im Frühjahr 1988.

PFLANZENTYP		HÖHE		DURCHMESSER		h/d-Quotient
Alter	Größen-sortierung	\bar{x} cm	VK %	\bar{x} mm	VK %	
2+0 j	groß	86	9	12,9	21	67
1+2 j	klein	55	20	10,2	28	54
1+2 j	groß	59	17	11,5	24	51

Die zweijährigen großen Sämlinge waren die größten Pflanzen des Versuchs. Gegenüber den dreijährigen kleinen und großen Verschulpflanzen, die sich in ihrer

Höhe nur unwesentlich unterschieden, betrug ihr Höhenvorsprung mehr als 25 cm. Auch ihr Sproßbasisdurchmesser lag deutlich über den Werten der dreijährigen. Bemerkenswert ist der geringe Variationskoeffizient bei der Höhe von zweijährigen großen Pflanzen, der sonst bei keinem der verwendeten Pflanzentypen aufgetreten ist. Die großen Unterschiede zwischen zwei- und dreijährigem Material lassen unterschiedliche Reaktionen auf die Behandlungen erwarten, wohingegen der nur minimale Höhen- und Durchmesserunterschied der dreijährigen großen gegenüber den dreijährigen kleinen Verschulpflanzen vermutlich nicht zu andersartigen Reaktionen führen wird.

4.4.2.2 Das Versuchskonzept

Die hier angestellten Versuche umfaßten ausschließlich Untersuchungen zur Regelung der Konkurrenz.

Die einzelnen Verfahren zur Konkurrenzregelung

- Mechanisches Freihalten (von Hand) und
- Zwischensaat mit Getreide

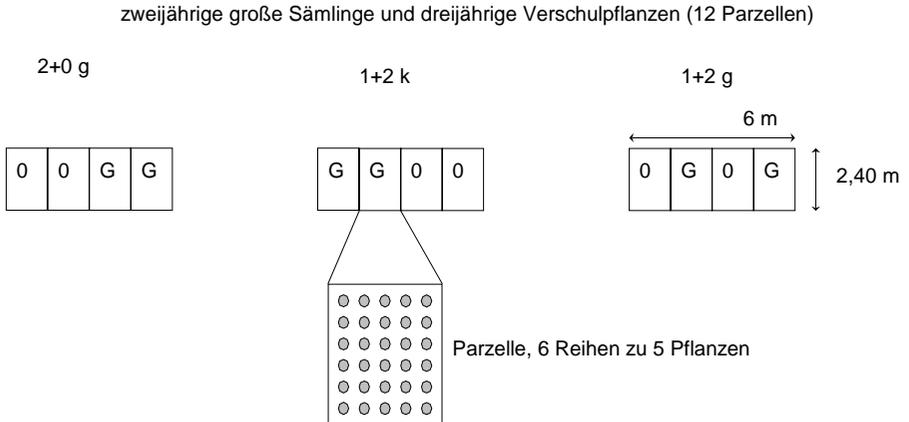
Das Versuchsdesign

Der Versuch sollte - neben den in den anderen Versuchen untersuchten relativ kleinen Baumschulpflanzen - zusätzliche Erfahrungen über die Verwendbarkeit von Zwischensaat bei größeren Baumschulpflanzen liefern. Deshalb wurden diese großen Pflanzen ausschließlich unter diesem Gesichtspunkt untersucht, nicht aber, so wie das in den anderen Versuchen geschehen war, mit Sproßschnitten.

Insgesamt wurde ein einfacher Versuch angelegt, der varianzanalytisch ausgewertet werden sollte, obwohl Pflanzentyp und Block identisch waren. Vorgesehen war, die Mittelwerte der einzelnen Parzellen als Eingangsgröße zu verwenden.

Die folgende Abbildung 6 zeigt den Versuchsplan.

Abb. 6: Schematische Darstellung des Versuchs zu **Konkurrenzregelungen mit zweijährigen großen Sämlingen und dreijährigen (kleinen und großen) Verschulpflanzen.**



Konkurrenzregelung:
 0 - mechanisches Freihalten
 G - Getreide

Die Buchstaben in den Parzellen bezeichnen die Art der Konkurrenzregelung.

Als Pflanzverband war auch hier ein Reihenabstand von 40 cm und ein Pflanzenabstand von 30 cm vorgesehen. Jede der 12 Parzellen beinhaltete 30 Pflanzen. Je Pflanzentyp wurden 120 Pflanzen (4 Parzellen mit 30 Pflanzen), insgesamt also 360 Pflanzen untersucht. Die Behandlungen wurden den Parzellen (innerhalb der Blöcke) zufällig zugeordnet. Jede Behandlungsvariante wurde zweimal wiederholt.

4.4.3 Ergebnisse

Die Ergebnisse werden getrennt nach der Wirkung der Konkurrenzregelungen auf die Entwicklung der Bodenvegetation und nach der Wirkung der Konkurrenzregelungen auf die Entwicklung der Buchen dargestellt.

4.4.3.1 Die Wirkung der Verfahren zur Konkurrenzregelung auf die Entwicklung der Bodenvegetation

Die Verfahren zur Konkurrenzregelung wirkten folgendermaßen auf die Entwicklung der Bodenvegetation:

- Durch das **mechanische Freihalten** (von Hand mittels Hacke) wurde das Aufkommen konkurrierender Vegetation wirkungsvoll verhindert; die Behandlung wurde hierzu im Abstand von 3-4 Wochen wiederholt. Somit war sichergestellt, daß keine Vegetation zwischen den Buchen aufkam.
- Die **Zwischensaat** aus Getreide führte bereits im ersten Jahr zur Bodendeckung. Bedingt durch das schlechte Wachstum des hierzu verwendeten Sommerweizens und durch die (in den anderen Parzellen) aufgetretenen Schäden durch Mäuse wurde aber auch hier ab dem Herbst des ersten Jahres gebeizter Winterroggen verwendet, dessen Aufkommen und Wachstum voll befriedigte.

Mit beiden Verfahren konnte das Aufkommen der üblichen Vegetation zuverlässig verhindert werden.

4.4.3.2 Die Wirkung der Konkurrenzregelungen auf die Buchen

In der folgenden Tabelle 18 finden sich die nach vier Vegetationsperioden ermittelten Daten der untersuchten zwei- und dreijährigen Buchen.

Tab. 18: **Überlebensraten, Höhenwachstum, Durchmesserwachstum und h/d-Quotienten von zweijährigen großen Sämlingen und dreijährigen Versuchspflanzen** (kleine und große) nach **Konkurrenzregelungen**.

MERKMAL		PFLANZENTYP								
		2+0 groß			1+2 klein			1+2 groß		
		KONKURRENZREGELUNG								
		mech Frei	Getr.	Sign.	mech. Frei	Getr.	Sign.	mech. Frei	Getr.	Sign.
Überlebensrate	%	46	75	-	100	92	-	96	100	-
Höhenzuwachs	cm	58	93	*	93	87	-	80	100	-
Endhöhe	cm	144	187	-	148	146	-	140	157	-
Durchmesser- zuwachs	mm	10	12	-	11	10	-	10	10	-
Enddurch- messer	mm	23	24	-	21	21	-	21	20	-
h/d-Quotient		64	80	-	73	72	-	67	78	*

Beide Verfahren zur Regelung der Konkurrenz hatten Einfluß auf das Wachstum der untersuchten Buchen.

Die **Überlebensraten** änderten sich folgendermaßen:

- Bei zweijährigen großen Sämlingen führte die Zwischensaat aus Getreide zu einer um fast 30 % höheren Überlebensrate, demgegenüber blieben bei mechanischer Freihaltung nur die Hälfte der Buchen am Leben.
- Von den dreijährigen kleinen und großen Verschulpflanzen waren auch noch nach vier Vegetationsperioden fast alle Pflanzen am Leben. Durch die Zwischensaat kam es bei den dreijährigen kleinen zu etwas geringeren Überlebensraten, bei den dreijährigen großen zu etwas größeren. Allerdings sind die Unterschiede so gering, daß sie kaum auf die Behandlung zurückgeführt werden können.

Im **Höhenzuwachs** kam es z.T. zu deutlichen Wachstumsänderungen:

- Zweijährige große Sämlinge hatten bei einer Zwischensaat aus Getreide einen deutlichen Mehrzuwachs gegenüber dem mechanischen Freihalten, der nach Ablauf des Beobachtungszeitraums 35 cm betrug.

Ähnlich verhielten sich auch die dreijährigen großen, auch bei ihnen war durch die Zwischensaat ein vermehrtes Wachstum von 20 cm bewirkt worden.

Demgegenüber war der Höhenzuwachs der dreijährigen kleinen Verschulpflanze bei einer Zwischensaat aus Getreide kleiner als bei mechanischer Freihaltung, der Unterschied betrug aber nur 6 cm.

Bei dem Vergleich der **Endhöhen** ergaben sich Unterschiede, die zwar relativ groß, aber nicht signifikant waren:

- Zwischengesäte zweijährige Sämlinge waren nach 4 Jahren rund 40 cm größer als mechanisch freigehaltene Pflanzen.

Dreijährige kleine Verschulpflanzen zeigten am Ende des Beobachtungszeitraums nur geringe Unterschiede in den Endhöhen (2 cm), allerdings waren hier die mechanisch freigehaltenen Pflanzen größer.

- Dreijährige große Verschulpflanzen waren - wie die zweijährigen Sämlinge - bei einer Zwischensaat im Mittel 17 cm größer als die herkömmlich freigehaltenen Pflanzen.

Das **Durchmesserwachstum** und der damit zusammenhängende **Enddurchmesser** der untersuchten Baumschulpflanzen zeigte keine spezifischen Reaktionen auf die Art der Konkurrenzregelung.

Der **h/d-Quotient** hingegen reagierte auf die Art der Konkurrenzregelung:

- Zweijährige Sämlinge hatten bei Zwischensaat deutlich größere h/d-Quotienten als bei mechanischer Freihaltung.
- Dreijährige kleine Verschulpflanzen reagierten nicht auf die Zwischensaat.
- Bei dreijährigen großen Verschulpflanzen war der h/d-Quotient bei Zwischensaat - wie auch bei den zweijährigen Sämlingen - deutlich größer als bei mechanischem Freihalten.

Die Prüfung auf **Wechselwirkungen** erwies sich für die Faktoren Pflanzentyp und Konkurrenzregelung als signifikant. Das lag daran, daß die Endhöhe von dreijährigen kleinen Baumschulpflanzen - anders als die anderen zwei Pflanzentypen - bei einer Zwischensaat unter der Endhöhe von mechanisch freigehalten Pflanzen lag.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß zweijährige Sämlinge ähnlich reagierten wie dreijährige große Verschulpflanzen. Bei beiden kam es durch die Zwischensaat zu Wachstumsverbesserungen, die sich vor allem im Höhenzuwachs und in größeren h/d-Quotienten niederschlugen. Hingegen fand bei den dreijährigen kleinen Verschulpflanzen keine auffällige Reaktion statt.

Durch die Zwischensaat aus Getreide war für das Wachstum der hier untersuchten zweijährigen großen und dreijährigen (kleinen und großen) Pflanzen in keinem Fall ein Nachteil entstanden.

4.4.4 Diskussion

4.4.4.1 Die wichtigsten Ergebnisse

Nachfolgend sind die in diesem Versuch ermittelten Ergebnisse aufgelistet:

- Die hier untersuchten dreijährigen (kleinen und großen) Baumschulpflanzen hatten Überlebensraten von bis zu 100 % und heben sich damit deutlich von allen anderen hier untersuchten Pflanzentypen ab.
- Eine Zwischensaat aus Getreide war in seiner konkurrenzhemmenden Wirkung dem mechanischen Freihalten ähnlich.
- Durch die Zwischensaat wurde das Höhenwachstum beeinflusst. Diese Beeinflussung führte bei zweijährigen und dreijährigen großen Pflanzen zu Mehrzuwächsen von bis zu 43 cm nach Ablauf von vier Vegetationsperioden.

4.4.4.2 Kritische Beurteilung

Zu dem Versuchsdesign

Insgesamt waren mit diesen großen Baumschulpflanzen nur wenige Varianten getestet worden. Eine umfangreichere Untersuchung der Wirkung von anderen Zwischensaatarten wäre sinnvoll gewesen, um - so wie das bereits erwähnt wurde - Erfahrungen mit Pflanzendecken zu erhalten, die weniger hoch als das Getreide waren.

Zu den Ergebnissen

Weshalb die dreijährigen kleinen Verschulpflanzen anders reagierten als die dreijährigen großen Baumschulpflanzen, obwohl sich beide zu Beginn des Versuchs kaum unterschieden, ist nicht zu erklären.

4.5 Ergebnisse und kritische Beurteilung der Versuche mit Baumschulpflanzen

In diesem Kapitel werden zunächst die wichtigsten Ergebnisse der Versuche mit Baumschulpflanzen genannt und erläutert. Danach erfolgt eine kritische Würdigung. Der Vergleich der Ergebnisse mit der Literatur erfolgt in Kapitel 5.

4.5.1 Die wichtigsten Ergebnisse

In der folgenden Übersicht werden die wichtigsten Ergebnisse der Versuche an Baumschulpflanzen zusammengefaßt:

- Die als Maßnahme zur Konkurrenzregelung einbezogenen **Zwischensaat**en von Getreide, Perserklee und Phacelia verhinderten die sonst aufkommende Vegetation außerordentlich wirksam. Dabei störten sie das Wachstum der Buchen in keinem Teil der Versuche; bei einem Teil der größeren Pflanzen führten die Zwischensaat en aus Getreide zu erhöhtem Zuwachs.
- **Sproßschnitte** und **Wurzelschnitte** an ein- und zweijährigen Sämlingen wirkten sich insgesamt eher wachstumshemmend aus. Zwar war nach dem Sproßschnitt häufig ein verstärktes Höhenwachstum zu verzeichnen, doch waren am Sproß geschnittene Pflanzen nach einigen Jahren eher kleiner (und dünner) als ungeschnittene Pflanzen.

Insgesamt können die Ergebnisse der Versuche mit Zwischensaat en als sehr vielversprechend gewertet werden, die Sproß- und Wurzelschnitte erscheinen dagegen für die Entwicklung der Pflanzen eher von Nachteil.

4.5.2 Kritische Beurteilung

Einige Punkte zu den Versuchen an Baumschulpflanzen sollen kritisch angemerkt werden:

- Wie schon bei den Versuchen zu Wildlingen angemerkt wurde, war die **Höhe und Dichte** der aus einer Zwischensaat hervorgegangenen **Pflanzendecke** kaum vorhersehbar. Daß bei den hier angestellten Versuchen die Zwischensaat en so gut abschnitten, bedeutet nicht, daß die untersuchten Verfahren auf andere Verhältnisse übertragbar wären. Kontrollaussaat en und Dichtebestimmungen der aufkommenden Vegetation sollten vor Zwischensaat en grundsätzlich angestellt werden, so daß keine zufälligen Ergebnisse eintreten.
- Nicht untersucht wurde außerdem, wie sich die Zwischensaat en bei nur **einmaliger Aussaat** entwickeln. Dies könnte aber dazu beitragen, den Aufwand für Konkurrenzregelungen noch weiter zu senken.

-
- Der **Wurzelschnitt an einjährigen Sämlingen** muß grundsätzlich in Frage gestellt werden. Bei den hier untersuchten einjährigen Sämlingen waren die Wurzeln eher schwach entwickelt, so daß es eigentlich unlogisch erscheint, daran zu schneiden. Insgesamt haben Sproß- und Wurzelschnitt an den ein- und zweijährigen Sämlingen wohl eher zu einer Verschlechterung der Vitalität als zu einer Verbesserung geführt.

5. Diskussion der Ergebnisse und Schlußfolgerungen

Diese Diskussion besteht aus folgenden Teilen:

- Darstellung der wichtigsten Ergebnisse;
- Vergleich der gewonnenen Ergebnissen mit Aussagen in der Literatur;
- Beispiele für wirtschaftliche Kalkulationen;
- Schlußfolgerungen und Ausblicke.

5.1 Die wichtigsten Ergebnisse

Die wichtigsten Ergebnisse wurden bereits für Wildlinge und Baumschulpflanzen getrennt zusammengefaßt. Sie werden deshalb hier nur kurz rekapituliert:

- Die hier untersuchte leichte **Beschattung** durch einen lockeren Schirm von mittelhohen Ahornbäumen wirkte auf das Höhen- und Durchmesserwachstum von Wildlingen hinderlich. Pflanzen auf der Freifläche entwickelten sich besser als die unter ihnen, was sich in größeren Höhen und Sproßbasisdurchmessern äußerte.
- **Sproßschnitte** sind geeignet, die Form von Wildlingen und Baumschulpflanzen vorteilhaft zu verändern. Sie können kurzfristig ein überraschend starkes Höhenwachstum auslösen, das jedoch niemals zu größeren Endhöhen führte, wenn man zum Vergleich die nicht beschnittenen Pflanzen heranzieht. Sie wachsen jedoch auch nicht erheblich weniger zu, sind also nicht doppelt benachteiligt einmal durch den Schnitt und dann durch den folgenden Höhenzuwachs.
- **Wurzelschnitte** bewirkten bei Wildlingen wie Baumschulpflanzen gleichermaßen Wachstumsänderungen und verringerten auch die Überlebensraten von Buchen.
- Maßnahmen zur **Konkurrenzregelung** mittels Zwischensaaten oder Rindenmulch erzielten gleich gute Wirkungen wie das mechanische Freihalten. Allerdings stellte sich heraus, daß nicht alle durch Zwischensaaten erzeugten Pflanzendecken zum Schutz der Buchen geeignet sind. Eine der Zwischensaaten (Landsberger Gemeinde) führte zum völligen Ausfall aller Buchen.
- **Weite Pflanzverbände** förderten das Höhen- und Durchmesserwachstum deutlich. Eine Verbuschung infolge des weiten Verbandes war nicht festzustellen.

5.2 Vergleich der Ergebnisse mit in der Literatur mitgeteilten Aussagen

Nachfolgend werden die eigenen Ergebnisse mit denen anderer Autoren entsprechend den in der Arbeit untersuchten Faktoren (Sproßschnitt, Wurzelschnitt, Konkurrenzregelung, Beschattung und weiter Pflanzverband) verglichen.

5.2.1 Die Bedeutung des Sproßschnitts

In der Literatur waren als Folgen von Sproßschnittbehandlungen (1) besserer Anwuchs, (2) Anregung zu stärkerem Wachstum sowie (3) verbesserte Formeigenschaften herausgestellt worden.

(1) Besserer Anwuchs

KLEINSCHMIT (1974) hatte als Folge von Sproßschnitten die Reduktion der transpirierenden sowie der assimilierenden Oberfläche erwähnt, was durchaus positiv gewürdigt werden kann. Allerdings darf nicht unterschätzt werden, daß der **Streß** der Pflanzen, der bereits durch das Auspflanzen entsteht, durch die zusätzliche Verletzung noch erhöht wird. Dieser Aspekt fand in der vorliegenden Literatur allerdings keine Erwähnung. Die Pflanzen müssen die an Sproß und Wurzel beigebrachten Verletzungen ausheilen und gleichzeitig für die weitergehende Versorgung mit Nährstoffen und Wasser sorgen. Dieser durch Auspflanzung und Wundheilung entstehende Streß kann sich in höheren Ausfällen bemerkbar machen, so wie KRAPFENBAUER u. GLATZEL, (1972) dies festgestellt hatten. Tatsächlich waren in den eigenen Untersuchungen veränderte **Ausfallraten** nach den Sproßschnitten aufgetreten, doch war der Effekt **nicht einheitlich**: Bei einem Teil der Pflanzen gab es höhere Ausfälle nach den Sproßschnitten, bei einem anderen Teil der Pflanzen nahmen sie ab. Deshalb ist eine klare und eindeutige Stellungnahme zu der Behauptung, daß Sproßschnitte zu größeren Überlebensprozenten führten, nicht möglich.

(2) Anregung zu stärkerem Wachstum

Eine **Anregung zu stärkerem Wachstum** - üblicherweise ist damit das Höhenwachstum gemeint - müßte zu einer größeren Endhöhe, in jedem Fall aber zu einem größeren Zuwachs führen. Tatsächlich fand bei den am Sproß geschnittenen Pflanzen ein starkes Höhenwachstum statt, das allerdings nicht in der ersten Vegetationsperiode - in der zunächst ein neuer Terminaltrieb aufgebaut werden mußte - sondern erst ab der zweiten Vegetationsperiode auftrat, der aber *nicht* zu größeren Buchen führte. Offensichtlich handelte es sich bei dem beobachteten starken Höhenwachstum um **kurzfristige Zuwachsreaktionen**, die sich nach einigen Jahren wieder verlieren und die nicht stark genug sind, auch zu größeren Endhöhen gegenüber den ungeschnittenen Pflanzen zu führen.

Die in der Literatur von KRAPFENBAUER u. GLATZEL (1972) geschilderten Mehrzuwächse in der ersten Hälfte der ersten Vegetationsperiode und deren starker Rückgang in der zweiten Hälfte konnten hier nicht nachgewiesen werden, da erst nach dem Abschluß der Vegetationsperiode jeweils nur eine Höhenmessung vorgenommen wurde. Ebenso kann die von PAPP (1968) gemachte Beobachtung, daß Pappeln auf die Reduktion der Krone mit vergrößerten Blattflächen reagierten, nicht

bestätigt werden, da die Größe der Blätter nicht gemessen wurde. Bei seinen Versuchen war in der ersten Vegetationsperiode zunächst ein Mehrzuwachs, danach aber ein deutlich reduziertes Höhenwachstum der Pappeln nach Reduktion der Krone festzustellen.

Das **Durchmesserwachstum** zeigte auf Sproßschnitte nicht immer deutliche Reaktionen, wo Reaktionen aber augenfällig wurden, führten sie zu Depressionen, also eher zu geringeren Sproßbasisdurchmessern.

(3) Verbesserte Formeigenschaften

Ein wichtiges Ziel der Forstpflanzenanzucht ist es, junge Bäume mit guter Form zu produzieren, das heißt solche mit durchgehendem geradem Leittrieb. Nach mehrfachem Verbiß sind Wildlinge meist verbuscht, ein Leittrieb ist oft nicht zu erkennen. Deshalb werden sie oft für die Anzucht von Verschulpflanzen, die dem Standard von üblichen Baumschulsortimenten oder gar von Heistern entsprechen sollen, als ungeeignet angesehen. Tatsächlich konnten aber in der vorliegenden Untersuchung aus verbuschten Wildlingen gut geformte Pflanzen mit ausgeprägten Leittrieben erzogen werden. Verbuschungen waren in keinem Fall festzustellen, ein Ergebnis, das mit den Beobachtungen von GRABENSTEDT (1965) übereinstimmt. Für diese **Formverbesserung** war aber ein **Sproßschnitt** genaugenommen gar nicht nötig, denn auch die am Sproß nicht geschnittenen Wildlinge entwickelten einen ausgeprägten Leittrieb. Diese Wildlinge hatten dabei mehr Seitenzweige als die am Sproß stark geschnittenen Pflanzen. Hinsichtlich der Formverbesserung sind also beide Varianten (mit oder ohne Sproßschnitt) für die Anzucht größerer Buchen verwendbar. Eine gewisse Ausnahme bildeten nur die verbissenen dicken Wildlinge, von denen so wenige den Versuchszeitraum überlebten, daß ihre Verwendung nicht empfohlen werden kann.

5.2.2 Bedeutung des Wurzelschnitts

Betrachtet man die sorgfältigen und länger andauernden Versuche zu Wurzelschnitten an jungen Buchen aus Baumschulen von DUSEK (1965, 1967), so erscheint es grundsätzlich sinnvoll, das Wurzelwerk von Buchen aus Baumschulen zu beschneiden. Dort wird vor allem die **bessere Qualität** des Wurzelsystems als Folge des Schnittes genannt, die sich in einer dichteren Bewurzelung der verbleibenden Wurzelteile äußert. Aber auch die Möglichkeit, die Pflanzen länger als üblich im Beet der Baumschule zu belassen und eine spätere Auspflanzung durch die reduzierte Wurzelmenge zu vereinfachen, dürfte für die Baumschulen von großer Wichtigkeit sein, da durch die damit ausgelöste Wuchsstockung eine langsamere Vermarktung der Pflanzen möglich wird.

Demgegenüber steht die Feststellung einiger Autoren, die bemerken, daß nach einem Wurzelschnitt keine "bessere" Bewurzelung vorzufinden war, sondern lediglich eine vermehrte Bildung von Feinwurzeln, vor allem an der Seite der Wurzeln

(RÖHRIG, 1977). Ob sich dadurch aber die Gesamtmenge der Wurzeln erhöht oder die Ernährungssituation bzw. die Vitalität der Pflanze verbessert, scheint fragwürdig. Von großer Bedeutung in diesem Zusammenhang ist auch, daß die Zahl der Feinwurzeln als Weiser für die **Vitalität der Pflanze** nur bedingt zu gebrauchen ist, wie bereits im Literaturteil ausgeführt wurde (MEYER, 1987).

Betrachtet man die hier dargestellten Ergebnisse, so ist festzustellen, daß es zu deutlichen Reaktionen im Höhen- oder Durchmesserwachstum nach Wurzelschnitt gekommen ist, was zu dünneren und kleineren Pflanzen führte. Daneben kam es in den hier angestellten Versuchen durch den Wurzelschnitt zu vermehrten Ausfällen, hierzu sind aber in der vorliegenden Literatur kaum Aussagen gemacht worden.

Vor diesem Hintergrund ist es interessant zu lesen, daß DUSEK (1965, 1967) genau beschreibt, in welchem zeitlichen Abstand eine Wurzelschnittbehandlung stattfinden soll, und wie im Gegensatz dazu GUTSCHICK (1975) oder AID (1982), zwei Veröffentlichungen, die in der forstlichen Praxis viel Beachtung finden, die einfache Aussage "Wurzelschnitt ist sinnvoll" treffen. Es scheint so, als ob die positiven Aspekte eines Wurzelschnitts so oft genannt wurden, daß sie nicht mehr genauer hinterfragt werden.

Prinzipiell ist mithin eine **Reduktion der Wurzel** von **Wildlingen**, aber auch von **Baumschulpflanzen nicht sinnvoll**. Bedingt durch den Standort sind die Wurzeln der Wildlinge im Vergleich zu gleichaltrigen Baumschulpflanzen weniger gut ausgebildet. Bei jeder Entnahme von Pflanzen (bei der Gewinnung von Wildlingen oder Maßnahmen zur Verschulung von Baumschulpflanzen) werden ohnehin einige Wurzeln abgerissen. Deshalb bedeutet ein zusätzlich angebrachter Wurzelschnitt zusätzlichen Streß für die Pflanze und senkt deren **Vitalität**. Somit sollte auf Wurzelschnitte grundsätzlich verzichtet werden.

5.2.3 Die Bedeutung der Konkurrenzregelung

Obwohl üblicherweise davon ausgegangen wird, daß die völlige Beseitigung der konkurrierenden Vegetation als wuchsfördernde Maßnahme sinnvoll ist, scheint ein **Niederhalten der Vegetation** in manchen Fällen **genauso wirkungsvoll** und vor allem **wirtschaftlicher** und zudem **ökologisch verträglicher** zu sein.

So wurde z.B. festgestellt, daß Buchen mit einer Höhe von 20 - 30 cm nicht durch Unkrautdecken gefährdet waren (BURSCHEL u. SCHMALTZ, 1965 a, b; HUSS, 1978), außerdem stellten sich nach einer Bekämpfung von Unkraut oft Folgearten ein, die noch schwieriger zu bekämpfen waren.

Bei künstlich zwischengesäten Vegetationsdecken (**Getreide, Perserklee, Phacelia**) oder einer Schicht aus Rindenmulch konnten **keine Beeinträchtigungen im Wachstum** von Wildlingen oder Baumschulpflanzen festgestellt werden. Dies ist sehr befriedigend, heißt es doch, daß mit den genannten Zwischensaat alternative Verfahren zur Regelung der Konkurrenz möglich sind.

Die von LÖSING (1990) geschilderte hohe Wirksamkeit von Zwischensaat, welche in Baumschulen ausgebracht wurden, um die natürlich aufkommende Vegetation durch eine künstlich eingebrachte Vegetationsdecke zu ersetzen, wurde zum Teil sogar übertroffen. Nicht nur die **Verdrängung** sonst aufkommender Vegetation war in den hier angestellten Versuchen gelungen, zusätzlich zeigten sich **wachstumsfördernde Wirkungen** der Zwischensaat aus Getreide auf die dazwischen stehenden größeren Verschulpflanzen. Die von ihm als "außerordentlich ermutigenden Ergebnisse" beschriebenen Erfahrungen können in vollem Umfang bestätigt werden.

Bei Konkurrenz durch die ungehindert aufwachsende Bodenvegetation kam es bei Wildlingen zu einem deutlich geringeren Durchmesserzuwachs; wie auch in den Versuchen von BURSCHEL u. SCHMALTZ (1965 a) oder (für Fichten) von OLBERG-KALLFASS, (1979); allerdings wurde in den hier angestellten Versuchen auch das Höhenwachstum deutlich reduziert.

Nur die Zwischensaat aus Landsberger Gemeinde zeigte einen - allerdings drastischen - negativen Einfluß auf die dazwischen stehenden Buchen, da keine der überwachsenen Buchen dies überlebte.

Die aus Zwischensaat hervorgegangenen Pflanzendecken dürften noch zusätzlichen vorteilhaften Einfluß auf die Entwicklung der Buchen haben, allerdings kann hierüber nur spekuliert werden. Sicher entsteht zunächst durch die Pflanzendecken für die Buchen eine zusätzliche Konkurrenz, nicht nur im Sproßbereich, sondern auch im Wurzelraum. Denkbar ist, daß die zwischengesäten Pflanzendecken einen positiven Einfluß auf das Kleinklima haben und die Buchen so vor Frost oder zu starker Sonneneinstrahlung schützen. Wahrscheinlich ist auch, daß durch die zwischengesäten Pflanzendecken nach deren Absterben und Mineralisierung zusätzliche Nährstoffe im Boden verfügbar sind, so wie GEISLER (1988) dies für zur Gründung verwendete Leguminosen aussagte.

5.2.4 Die Bedeutung der Überschirmung

Häufig wurde bezweifelt, daß Wildlinge, die aus Altbeständen gewonnen wurden, sich zur Auspflanzung auf Freiflächen verwenden lassen (LE TACON, 1985). Diese Zweifel können nach den vorliegenden Ergebnissen nicht bestätigt werden. Die hier untersuchten Wildlinge entwickelten sich auf der Freifläche sogar besser als unter leichtem Schirm. Dort, wo es zu signifikanten Reaktionen im Wachstum kam, war es so, daß die Überlebensraten auf der Freifläche höher und daß die Pflanzen der Freifläche größer und dicker waren als die unter Schirm.

Die von BÖCKER u. LOCHMANN (1978) geäußerte Vermutung, daß Buchen unter Schirm eintrieblich aufwachsen, auf der **Freifläche** dagegen zu **Vieltriebigkeit** neigen, kann zwar nicht mit Meßwerten widerlegt werden, doch war dies in keinem Fall beobachtet worden. Insgesamt scheinen die Pflanzen der Freifläche mehr Zweige zu bilden. Daraus läßt sich aber nicht der Schluß ziehen, es hätte eine Verbuschung stattgefunden.

Das stärkere Wachstum der Pflanzen auf der Freifläche führte sicher auch zu größeren Biomassen, die allerdings nicht analysiert wurden. Da aber gleichzeitig mit dem stärkeren Wachstum auf der Freifläche auch höhere Überlebensraten festgestellt wurden, spricht nichts dagegen, die aus den Altbeständen gewonnenen Wildlinge auf einer unbeschränkten Freifläche zu verschulen.

5.2.5 Die Bedeutung des Pflanzverbandes

Die Buchen reagierten hinsichtlich ihres **Höhen- und Durchmesserwachstums** deutlich auf die unterschiedlich großen Standräume. Beides, vermehrter Höhen- und Durchmesserzuwachs ist in der forstlichen Literatur dokumentiert worden, so z.B. von WILHELMI (1959), SCHMIDT-VOGT (1970), KLEINSCHMIT (1974) und PALMER (1985). Erstaunlich ist aber, daß sich die herrschende Meinung deutlich von diesen Ergebnissen unterscheidet, da üblicherweise unterstellt wird, der Engverband sorge dafür, daß junge Forstpflanzen kräftig in die Höhe wachsen.

Weite Verbände sind mit einem **größeren Lichtangebot** verbunden. Dieses Mehrangebot sorgt auch für höhere Lufttemperaturen, höhere Verdunstungsraten und einen höheren Verbrauch an Nährstoffen. Deshalb erscheint es logisch, daß die Pflanze mit **allgemein stärkerem Wachstum** reagiert, so wie das von ROHMEDER (1961) für Sproßdurchmesser, Wurzellänge, Zahl der Seitentriebe je Längeneinheit und Pflanzengewicht je cm Sproßlänge nachgewiesen werden konnte.

Nach einer Entnahme von Wildlingen aus einer Naturverjüngung, was bei den verbleibenden Pflanzen einer **Standraumerweiterung** gleichkommt, stellte WISMÜLLER (1954) bei den verbleibenden jungen Buchen einen deutlich erhöhten Höhenzuwachs fest. Auch HUNDT (1917) sowie DITTMAR et al. (1985) fanden einen das Höhenwachstum fördernden Einfluß von weiten Verbänden. HESMER (1960) konnte bei seinen Unterbauversuchen mit Buchen eine Zunahme des Höhenwachstums bei Vergrößerung der Pflanzabstände auch unter Schirm nachweisen, **verringertes Wachstum** war **nur infolge von Wildverbiß** auszumachen.

Der in der Literatur häufig zu findende Hinweis auf eine innere Anlage zur Verzweigung, manchmal auch eine "genetisch bedingte Neigung zur Schaftauflösung" genannt, die besonders in weiten Verbänden für sperrigen Wuchs sorgen soll, kann nach den eigenen Beobachtungen nicht bestätigt werden. Nach DUPRÉ et al. (1985) sind mehrfache Verzweigungen im Kronenbereich junger Buchen entweder spontan oder traumatisch bedingt, das heißt als Folge von veränderten Umweltbedingungen oder als Reaktion auf Verletzungen (Frost, Verbiß). So erforschen nach einer Verpflanzung junge Pflanzen zunächst ihren Lebensraum, indem sie relativ kurze, unverzweigte Triebe bilden. Nach einiger Zeit aber werden lange, verzweigte Triebe gebildet, um den Lebensraum zu erobern. Wird der Beobachtungszeitraum nach einer Auspflanzung zu kurz gewählt, kann es sein, daß die spätere, zweite Phase der Eroberung des Lebensraumes überhaupt nicht bemerkt wird. Andererseits kann eine Störung in der ersten Phase der Erforschung des Lebensraumes, z. B. Rehwildverbiß, sogar dazu führen, daß diese erste Phase überhaupt nicht verlassen wird, dauerndes Kümmern wäre dann die Folge.

5.3 Beispiele für wirtschaftliche Kalkulationen

5.3.1 Heisteranzucht im Forstbetrieb

Zur Beantwortung der Frage, ob es unter betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten sinnvoll ist, aus Wildlingen Heister zu erziehen, sollen im folgenden zwei Möglichkeiten der Beschaffung größerer Buchen einander gegenübergestellt werden.

Ähnliche Gegenüberstellungen, jedoch unter anderen Gesichtspunkten, finden sich auch bei RIEMENSCHNEIDER (1987) und ABETZ (1969).

Es handelt sich dabei um die folgenden zwei Möglichkeiten:

- Ankauf von Heistern aus Baumschulen;
- Gewinnung von Wildlingen, anschließendes 3 - 5 jähriges Verschulen.

(1) Ankauf von Heistern aus der Baumschule

In Tab. 19 finden sich die Nettopreise von Baumschulpflanzen einer süddeutschen Forstbaumschule.

Tab. 19: **Nettopreise** von **Baumschulpflanzen** einer Süddeutschen Forstbaumschule (C. APPEL, Darmstadt, Stand 1994, Beträge in DM).

Alter/Sortiment	Höhenrahmen cm	Preise DM je		
		100 Stück	1000 Stück	1 Stück
1+0 j Sämlinge	30-50	86	690	0,69
2+0 j Sämlinge	30-50	115	920	0,92
2+0 j Sämlinge	50-80	156	1250	1,25
1+2 j Verschulpflanzen	50-80	210	1610	1,61
1+2 j Verschulpflanzen	80-120	243	1940	1,94
Heister (ohne Ballen)	125-150	-	-	29,50
Heister (mit Ballen)	125-150	-	-	46,00

Es ist festzustellen, daß nur einjährige Pflanzen relativ preiswert sind. Zweijährige Sämlinge kosten bereits doppelt so viel wie die einjährigen, ebenso kosten dreijährige Verschulpflanzen nahezu doppelt so viel wie die zweijährigen. Heister sind extrem teuer: Stückkosten von bis zu 46,- DM je Pflanze werden auch in Zukunft von Forstbetrieben wohl kaum bezahlbar sein.

(2) Gewinnung von Wildlingen, anschließendes Verschulen

In Tab. 20 sind Daten wiedergegeben, die RIEMENSCHNEIDER (1987) zur Heisteranzucht im Forstbetrieb veröffentlicht hat.

Tab. 20: Angaben zur **Heisteranzucht im Forstbetrieb** (verändert nach RIEMENSCHNEIDER, 1987, Kosten in DM). Bei der hier zusätzlich angestellten Umrechnung in DM-Beträge wurde ein Stundenlohn von 40,- DM zugrunde gelegt (aufgerundet aus den von ANONYMUS (1992) in den Kalkulationsgrundlagen vorgeschlagenen Wert von 17,- DM zzgl. Lohnnebenkosten von 130 %).

Art der Tätigkeit	Aufwand je 1000 Pflanzen in Stunden DM	Kosten DM
Wildlingsgewinnung	7-8	280 - 320
Transport zu fliegenden Verschulbeeten	30	30
Pflanzung ins Verschulbeet (mit Pflegeschnitt)	16-18	640 - 720
Bereitstellung (Ausstechen mit Hohlspaten)	47-56	1.880 - 2.240
Gesamt		2.830 - 3.310
Kosten je Pflanze		2,83 - 3,31

Die Verweildauer in den fliegenden Verschulbeeten kann 3-5 Jahre betragen. In dieser Zeit fallen - abgesehen von den Kosten für die Entnahme der Pflanzen am Ende der Verweildauer - keine weiteren Kosten an (für den Boden, auf dem die Pflanzen stehen, wurden keine Kosten einkalkuliert). Gegebenenfalls müßten aber noch Kosten für einen Zaun berücksichtigt werden, der die Pflanzen vor Rehwildverbiß schützt.

Aus den in der Tabelle aufgezeigten Daten ergibt sich, daß bei einer Anzucht von Heistern aus Wildlingen, die durch den Forstbetrieb selbst gewonnen und verschult werden, für relativ große Pflanzen deutlich geringere Pflanzenkosten erreichbar sind als bei Bezug durch eine Baumschule.

Neben den geringeren Kosten liegt ein zusätzlicher Vorteil dieser Anzucht durch den Forstbetrieb darin, daß die Pflanzen, bedingt durch die kurzen Wege zwischen dem Ort der Anzucht und dem Ort der Pflanzung sehr "frisch" sein können, weshalb bei Verwendung dieses Materials für Pflanzungen - bei entsprechender Sorgfalt - sicher hohe Anwuchsprozente zu erwarten sind.

Im folgenden soll vergleichend dargestellt werden, welche Kosten bei der Begründung mit den oben genannten Varianten entstehen.

Vergleich der Kosten bei Begründung

Bei einer vom Waldbau-Institut durchgeführten Pflanzaktion wurden die Kosten für den folgenden Vergleich ermittelt. Es werden dabei die oben geschilderten zwei Verfahren miteinander verglichen, zum einen die Verwendung von ein- oder zweijährigem **Baumschulpflanzen**, zum anderen die Verwendung von im Forstbetrieb **aus Wildlingen erzeugten Heistern**.

Die Kosten für selbst erzeugene Heister (in Anlehnung an die Kalkulation von RIEMENSCHNEIDER, 1987) wurden dabei mit 6,- DM/Stück ermittelt. Der höhere Betrag ergab sich durch die im Vergleich längere Verweildauer und der Einbeziehung von Kosten für den Boden, auf dem die Pflanzen standen.

Tab. 21: Vergleich der **Kosten je Hektar bei Begründung mit herkömmlichem Pflanzgut bzw. selbst erzeugenen Heistern** (nach Waldbau-Institut Freiburg, unveröffentlichte Kalkulationsdaten zum Mathislewald 1992, Beträge in DM).

Art der Tätigkeit	Kosten bei Verwendung von:		
	1+0 j	2+0 j	Heistern
Räumung der Fläche	1.500	1.500	
Zäunung (Aufbau, Unterhalt, Abbau)	3.500	3.500	
Pflanzenkosten (10.000 Sämlinge bzw. 1100 Heister)	6.900	12.500	6.600
Pflanzung	6.900	6.900	1.400
Kultursicherung (Freischneiden)	2.600	2.600	
Jungbestandspflege	600	-	
Summe der Kosten für gesicherte Kultur	22.000	27.000	8.000

Es wird unterstellt, daß auf Flächen, auf denen Heister zu pflanzen sind, keine Räumung und Zäunung nötig ist. Ebenso wird davon ausgegangen, daß Kultursicherung und Jungbestandspflege nicht nötig sind.

Aus diesen Daten wird ersichtlich, daß bei Verwendung von im Forstbetrieb erzeugten Heistern zur Begründung von Aufforstungen deutlich geringere Kosten entstehen als bei der Verwendung von Pflanzen aus Baumschulen. Falls die genannte Pflanzdichte (1.100 Heister je ha) zu gering erscheint, kann diese Zahl durchaus verdoppelt werden, was angesichts geringer Endbaumzahlen und den - in diesen Versuchen ermittelten - sehr hohen Überlebensraten von großen Pflanzen für genügend Sicherheit sorgen dürfte, dabei aber immer noch wirtschaftlich ist.

Schlußfolgerung und Ausblick

Aus betriebswirtschaftlicher Sicht bieten die geschilderten alternativen Methoden zur Anzucht von größeren Buchenpflanzen erhebliche Kostenvorteile. Die zu Beginn der Arbeit geschilderte Knappheit an Buchenpflanzen könnte damit überwunden und die

ungünstige betriebswirtschaftliche Situation von Forstbetrieben durch Verwendung von hier untersuchten Verfahren sicher verbessert werden. Hinzu kommt, daß der Forstbetrieb durch die eigene Anzucht heimisches (autochthones) Pflanzmaterial erhält, was bei einem Ankauf von Baumschulmaterial nicht immer der Fall ist.

5.3.2 Zur Regelung der Konkurrenz

In der vorliegenden Arbeit wurde die Wirksamkeit alternativer Verfahren zur Regelung der Konkurrenz untersucht. Nachdem sich gezeigt hat, daß ein Teil dieser Verfahren verwendet werden kann, um eine üblicherweise aufkommende Vegetation auf Böden, die denen von Baumschulen ähnlich sind, fernzuhalten, soll hier geprüft werden, welche Kosten diese Verfahren verursachen.

Zur Regelung der Konkurrenz wurden die folgenden Verfahren untersucht:

- Rindenmulch sowie

Zwischensaat aus

- Getreide;
- Phacelia und
- Perserklee.

Die durch die Anwendung dieser Verfahren angefallenen Kosten werden im folgenden verglichen mit den Kosten, die bei herkömmlichem mechanischen Freihalten entstehen. Dabei wurde zum einen das Freihalten von Hand (mit einer Hacke) und zum anderen das Freihalten unter Verwendung einer Fräse kalkuliert.

Die Kosten der einzelnen Verfahren wurden - ebenso wie die Saatgutdichten - zur besseren Übertragbarkeit von der in den Versuchen relativ kleinen Parzellen auf 1 ar hochgerechnet.

(1) Mechanisches Freihalten im Vergleich zu Rindenmulch

Kosten bei mechanischem Freihalten

Folgende Kalkulationsdaten werden in Anlehnung an ANONYMUS (1992) zugrundegelegt:

- Lohnkosten: 40,- DM/Stunde (inklusive 130% Lohnnebenkosten);
- Kosten für einfache Handgeräte: 0,50 DM/Stunde.

Die folgende Übersicht zeigt die bei einmaligem Entfernen anfallenden Kosten sowie die Kosten, die bei einer jährlichen 7-fachen Wiederholung anfallen.

Art		Hacke	Fräse
• einmaliges Entfernen der konkurrierenden Vegetation	h DM	2 80	1 40,50
• Kosten pro Jahr bei 7-facher Wiederholung	DM	560	283,50

Demgegenüber fallen bei der Konkurrenzregelung mit **Rindenmulch** die folgenden Kosten an:

In der nachstehenden Übersicht sind die Kosten aufgeführt, die bei einer **Konkurrenzregelung mit Rindenmulch in einem Zeitraum von 5 Jahren** anfallen, so wie das in den hier angelegten Versuchen der Fall war.

Kosten bei Mulchen mit Rinde 40,- DM/m³ ; bei einer Höhe der Rindenmulchschicht von 10 cm ergibt sich bei 1 ar Grundfläche ein Volumenbedarf von 10 m³ .

Art	Kosten DM
Erste Ausbringung	
Materialkosten für Mulchschicht	400
Lohnkosten für Ausbringung (1,5 Stunden)	60
Erneuerung (nach 2 Jahren)	
Kosten für Mulchschicht	200
Lohnkosten (2 Stunden)	80
Gesamt (in 5 Jahren)	740

Bei der ersten Ausbringung kann schneller gearbeitet werden als bei der Erneuerung, da dann Rücksicht auf die Buchen genommen werden muß.

Umgerechnet entspricht dies **jährlichen Kosten von 148,- DM** bei Verwendung einer Schicht aus Rindenmulch.

Schlußfolgerung

Der Vergleich der anfallenden jährlichen Kosten (**Hacke: 560,- DM, Fräse: 284,- DM Rindenmulch: 148,- DM**) zeigt, daß die Verwendung von Rindenmulch gegenüber herkömmlichen Verfahren zur Konkurrenzregelung deutlich weniger Kosten verursacht. Diese lassen sich evtl. dann außerdem sogar noch senken, wenn es gelingt, den Rindenmulch günstiger als hier berechnet zu beschaffen.

Abschließend muß darauf hingewiesen werden, daß Rindenmulch nicht überall sinnvoll verwendet werden kann. Dafür ist vor allem das Befahren der Flächen mit LKW verantwortlich, was zur Anlieferung der benötigten großen Mengen erforderlich ist. Aber auch bei schwierigen Böden kann es angeraten sein, auf Rindenmulch zu ver-

zichten, dann nämlich, wenn eine Versauerung oder Versumpfung des Bodens zu befürchten ist.

(2) Mechanisches Freihalten im Vergleich zu Zwischensaat

Hier sollen die Kosten von mechanischem Freihalten mit den Kosten bei Zwischensaat verglichen werden.

Mechanisches Freihalten

In der Zeit von April bis Oktober wurden die Parzellen einmal pro Monat gehackt, dafür wurden bereits oben **jährliche Kosten** von **560,- DM** hergeleitet.

Zwischensaat

Kosten entstehen bei Zwischensaat durch die Vorbereitung der Flächen (Pflügen und gegebenenfalls Eggen), den Ankauf und die Ausbringung des Saatgutes.

Die folgende Übersicht faßt die anfallenden Kosten getrennt nach den verwendeten Zwischensaat für die Dauer von fünf Jahren zusammen (dabei soll hier nochmals erwähnt werden, daß in den Versuchen die aus der Literatur bekannten Saatgutmengen um den Faktor 1,5 bis 2 erhöht wurden, um damit für sicheres Aufkommen der zwischengesäten Pflanzen zu sorgen; zur leichteren Berechnung wird in der Übersicht von einer Verdoppelung der Saatgutmengen ausgegangen):

		Getreide	Phacelia	Per-ser- klee
• Vorbereitung der Fläche (Pflügen, Eggen)	DM	100	100	100
• Kosten Saatgut (jährlich)	DM/kg	1	12	7
empfohlene Menge	kg/ar	15	2	2
verdoppelte Menge	kg/ar	30	4	4
Kosten für 1 ar (jährlich)	DM/ar	30	48	28
Umrechnung auf 5 Jahre	DM/ar	150	240	140
• Kosten für die Ausbringung (Zeitbedarf 15 min. für 1 ar)	DM	10	10	10
Umrechnung auf 5 Jahre	DM	50	50	50
Summe (für 5 Jahre)	DM/ar	300	390	290
Kosten pro Jahr	DM/ar	60	78	58

Die jährlichen Kosten für die Zwischensaat einer Fläche mit der Größe von 1 ar liegen nach den vorgestellten Zahlen im Kostenrahmen von rund **60,- DM bis 80,- DM je ar und Jahr**.

Gegenüber dem mechanischen Freihalten, das mit **560,- DM** für den gleichen Zeitraum kalkuliert wurde, verursacht die Verwendung von Zwischensaaten mithin deutlich geringere Kosten.

Sicherlich läßt sich diese Art der Konkurrenzregelung nicht auf allen Standorten realisieren, doch wäre es durchaus sinnvoll und wünschenswert, die Anwendbarkeit von Zwischensaaten jeweils durch kleine, vom Forstbetrieb anzustellende Versuche herauszufinden.

5.4 Schlußfolgerungen und Ausblick

Die zu Beginn der Arbeit gestellten Fragen nach der Verwendungsfähigkeit von Wildlingen für die Anzucht größerer Buchen und nach alternativen Verfahren zur Konkurrenzregelung lassen sich nach den angestellten Versuchen beantworten.

Wildlinge können verwendet werden, um daraus größere Buchen zu erziehen. Dabei wäre es sinnvoll, auf die Verwendung von verbissenen dicken Wildlingen zu verzichten, da diese in den hier angestellten Versuchen nur geringe Überlebensraten und nur mäßiges Wachstum zeigten. Die Wurzel sollte auf keinen Fall und der Sproß nicht unbedingt geschnitten werden. Auch ohne solche Eingriffe entwickeln sich die Wildlinge innerhalb weniger Jahre zu gutförmigen und kräftigen Pflanzen.

Die untersuchten **alternativen Verfahren zur Regelung der Konkurrenz** (Zwischensaaten, Rindenmulch), machen große Hoffnung auf einfachere und weniger aufwendige Verfahren zum Schutz der jungen Forstpflanzen vor konkurrierender Vegetation. Dies gilt gleichermaßen für Wildlinge und für Baumschulpflanzen bei der Anzucht größerer Verschulpflanzen.

Denkbar wäre, aus dem Bestand gewonnene Wildlinge in Forstpflanzgärten zu größeren Verschulpflanzen oder Heistern zu erziehen und dabei die Konkurrenz entweder mit Rindenmulch oder mit Zwischensaaten zu regulieren. Nach Erreichen einer bestimmten Pflanzengröße, die nach Bedarf zu wählen wäre, könnten die verschulten Pflanzen dann entnommen und ausgepflanzt werden, so wie dies in manchen Forstbetrieben bereits geschieht.

6. Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, einen **Beitrag zur wirtschaftlichen Anzucht von großen Buchen** zu leisten. Hierzu wurden Sproßschnitte, Wurzelschnitte, Maßnahmen zur Konkurrenzregelung und Beschattung in ihrer Wirkung auf das Wachstum junger Buchen untersucht. Das dafür verwendete Material bestand aus Wildlingen und Baumschulpflanzen. Die Versuchsdauer umfaßte fünf Jahre bei den Wildlingen bzw. vier Jahre bei den Baumschulpflanzen.

Das Material

Die **Wildlinge** wurden nach dem Verbißgrad in die Gruppen unverbissene und verbissene sortiert, ein Teil der Wildlinge blieb unsortiert. Die unverbissenen wurden dann nach ihrer Höhe in kleine, mittelgroße und große, die verbissenen nach ihrem Sproßbasisdurchmesser in dünne und dicke sortiert.

Bei den **Baumschulpflanzen** handelte es sich um ein- (1+0 j), zwei- (2+0 j) und dreijährige (1+2 j) Pflanzen. Die einjährigen waren nicht sortiert, die zwei- und dreijährigen waren bereits von der Baumschule nach der Größe sortiert angeliefert worden.

Die Behandlungen

Die Wirkung von **Sproßschnitten** wurde untersucht, um vor allem bei verbissenen Wildlingen herauszufinden, ob sich damit die schlechten Formen der Wildlinge beseitigen lassen und ob von den Wildlingen danach ein eindeutiger Leittrieb entwickelt wird.

Wurzelschnitte wurden in die Untersuchung einbezogen, um herauszufinden, welchen Einfluß sie auf das Wachstum der jungen Buchen haben.

Die Wirkung von **Maßnahmen zur Konkurrenzregelung** sollte Antwort auf die Frage nach alternativen Verfahren zur Unterdrückung von störender Vegetation liefern, um die traditionelle "Unkrautbekämpfung" durch wirtschaftlichere und ökologisch verträglichere Verfahren zu ersetzen.

Der Wirkung einer **Beschattung** auf das Wachstum junger Buchen sollte Informationen darüber liefern, ob aus dem Bestand entnommene Wildlinge auch auf unbeschirmten Flächen in vollem Licht verwendbar sind.

Die Untersuchungsergebnisse

Nach den vorliegenden Daten können die Untersuchungsergebnisse wie folgt zusammengefaßt werden:

- Der **Sproßschnitt** führte zu geringeren Überlebensraten und zu Änderungen im Höhen- und Durchmesserwachstum. Dabei bildeten am Sproß geschnittene Pflanzen lange Jahrestriebe, die aber insgesamt nicht ausreichten, die Höhe von ungeschnittenen Pflanzen zu erreichen. Das heißt, geschnittene Pflanzen waren immer kleiner, bestenfalls gleichgroß wie die ungeschnittenen. Das Durchmesserwachstum wurde durch den Sproßschnitt reduziert.

Die Frage, ob es durch den Sproßschnitt zu einer Formveränderung kam, läßt sich aufgrund der verwendeten Methoden in der Weise beantworten, daß es zu Änderungen im h/d-Quotienten der Pflanzen kommt, der vor allem durch den Rückgang des Durchmesserwachstums bestimmt wird. Zu Änderungen in der Form kam es auch dadurch, daß am Sproß geschnittene Pflanzen im Vergleich zu den ungeschnittenen Pflanzen weniger und dünnere Seitentriebe hatten.

- Der **Wurzelschnitt** führte durch zusätzlichen Streß für die Pflanzen zu höheren Ausfällen und zu schlechterem Wachstum der so behandelten Buchen. Vor allem in Kombination mit einem Sproßschnitt traten deutliche Zuwachsverluste auf.
- Bei den Versuchen zur **Konkurrenzregelung** konnte herausgefunden werden, daß eine auf dem Boden aufgetragene Schicht aus Rindenmulch zuverlässig das Aufkommen der üblichen Vegetation unterband. Sie kann in ihrer Wirkung mit dem üblichen mechanischen oder chemischen Freihalten der Fläche verglichen werden.

Eine Zwischensaat aus Getreide führte bei zwei- und dreijährigen Baumschulpflanzen z.T. zu einer deutlichen Steigerung im Höhenzuwachs; dabei wurden Unterschiede in der Endhöhe von bis zu 40 cm nach fünf Vegetationsperioden erreicht. Die Durchmesserentwicklung blieb dabei von der Zwischensaat unbeeinflusst. Auch mit Getreide war also das Aufkommen der sonstigen Vegetation sicher verhindert worden.

Eine Zwischensaat aus Perserklee oder Phacelia (beide waren in ihrer Wirkung gleich) behinderte das Wachstum der jungen Buchen nicht und unterband ebenso zuverlässig das Aufkommen einer sonstigen Vegetation.

Bei Zwischensaat mit Landsberger Gemenge wurden die Buchen überwachsen und starben sämtlich ab.

- Leichte **Beschattung** führte neben verringerten Überlebensraten von Wildlingen auch zu einer Hemmung im Wachstum gegenüber den im vollen Licht stehenden Pflanzen. Wildlinge unter dem leichten Schirm waren kleiner und dünner als diejenigen ohne Schirm.
- Der **weite Pflanzverband** führte zu deutlichen Wachstumsreaktionen der Wildlinge. Die solchermaßen mit größeren Standräumen ausgestatteten Wildlinge

waren am Ende des Beobachtungszeitraums deutlich dicker, aber auch größer als die Wildlinge aus engen Verbänden.

- Die zu einem Teil der Verfahren angestellten **Kalkulationen** zeigen zum einen, daß es sinnvoll sein kann, aus Wildlingen größere Verschulpflanzen zu erziehen, zum anderen zeigen sie, daß die Verwendung alternativer Verfahren zur Regelung der Konkurrenz geringere Kosten verursacht als das herkömmliche mechanische Freihalten.

7. Literaturverzeichnis

Im folgenden ersten Teil finden sich die in dieser Arbeit zitierten Werke, in dem danach stehenden zweiten Teil ist die Literatur genannt, die zwar nicht zitiert wurde, die aber weitere Hinweise zu den in der Arbeit behandelten Fragestellungen liefern kann.

7.1 Zitierte Literatur

- ABETZ, P. (1969): Waldbauliche Versuche mit verschiedenen Pflanzensortimenten bei der Fichtenbestandsbegründung in Oberschwaben. Allg. Forst- u. Jagdztg. 140 (4): 65-75.
- AID (Auswertungs- und Informationsdienst für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten e.V. Bonn) (1982): Begründung von Forstkulturen (93).
- AID (Auswertungs- und Informationsdienst für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten e.V. Bonn) (1983): Pflege von forstlichen Jungbeständen (64).
- AMMER, U., UTSCHICK, H., ANTON, H. (1988): Die Auswirkungen von biologischem und konventionellem Landbau auf Flora und Fauna. Forstwiss. Centralbl. 107: 274-291.
- ANONYMUS (1992): Kalkulationsgrundlagen. Allg. Forstztzshr. 47 (9): 432-433.
- ASCHE, N., FLÜCKIGER, W. (1987): Erste Ergebnisse der Wurzeluntersuchungen in zwei Buchen-Beständen in der Nordwest-Schweiz. Allg. Forstztzshr. 42 (27/28/29): 758-761.
- BACHL, W. (1992): Pflanzenanzucht in Eigenregie. Allg. Forstztzshr. 47 (20): 1094-1095.
- BACKHAUS, R., ERICHSON, B., PLINKE, W., WEIBER, R. (1990): Multivariate Analysemethoden. Berlin: Springer Verlag, 416 S.
- BAUER, F. (1990): Um die Zukunft der Forstsaamen- und Forstpflanzbetriebe. Allg. Forstztzshr. 45 (12/13): 316-317.
- BERNBECK, D. (1933): Laubholzheisterpflanzung auf physiologisch schwachgründigen Böden. Forstwiss. Centralbl. 52 (9, 1): 297-302.
- BÖCKER, L., LOCHMANN, E. (1977): Ergebnisse ökologischer und technologischer Untersuchungen zur Buchen-Naturverjüngung im Harz und Thüringer Becken. Sozialistische Forstwirtschaft 27 (5): 145-149.
- BOLLE, W., FUSS, S., MELZER, E. W., RÜTHNICK, I., SCHREIER, H. und I. (1985): Verschulung von Buchenwildlingen im unterjährigen Alter. Sozialistische Forstwirtschaft 35 (6): 171-172.
- BORN, M. (1992): Unkrautbekämpfung in der Forstwirtschaft. Allg. Forstztzshr. 47 (5): 248-249.
- BORRMANN, K. (1993): Zur Fruktifikation sehr alter Rotbuchen im Naturwaldreservat Heilige Hallen. Forst- u. Holzwirt 48 (24): 700-701.

- BOSEL, H. (1967): Einsatz von Herbiziden zur Förderung und Sicherung der Buchennaturverjüngung. Forst- u. Holzwirt 22 (16): 332-335.
- BURGER, H. (1926): Untersuchungen über das Höhenwachstum verschiedener Holzarten. Mitt. d. Schweiz. Centralanstalt für das forstliche Versuchswesen 14: 29-157.
- BURSCHEL, P. (1974): Die Durchforstung aus heutiger Sicht. Forstarchiv 45 (2/3): 21-29.
- BURSCHEL, P. (1993): Fuchs Du sollst die Mäuse fressen! Forst- u. Holzwirt 48 (2): 45-46.
- BURSCHEL, P., SCHMALTZ, J. (1965 a): Die Bedeutung des Lichtes für die Entwicklung junger Buchen. Allg. Forst- u. Jagdztg. 136 (9): 193-210.
- BURSCHEL, P., SCHMALTZ, J. (1965 b): Untersuchungen über die Bedeutung von Unkraut- und Altholzkonkurrenz für junge Buchen. Forstwiss. Centralbl. 84: 230-243.
- BURSCHEL, P., STIMM, B. (1993): Der Wurzelschnitt. Forst und Holz 48 (18): 520-524.
- BUSCHBECK, T. (1991): Mulchplatten gegen Unkrautkonkurrenz in Laubholzkulturen. Allg. Forstztzshr. 46 (19): 974-975.
- COTTA, H. (1822): Die Verbindung des Feldbaus mit dem Waldbau oder die Baumfeldwirtschaft. Bd. 1, Dresden 1822. 56 S.
- DENECKE, F. (1988): Jungwuchspflege und Standortsanierung durch Nutzpflanzendecken. Allg. Forstztzshr. 43 (9/10): 221-222.
- DENGLER, A., GUSSONE, H. A. (1982): Waldbau. (5. Auflage). Band 2. Hamburg: Parey-Verlag, 280 S.
- DITTMAR, O., KNAPP, E., LEMBCKE, G. (1985): Die Zuwachsleistung des in Verjüngung stehenden Buchen-Altholzes. Sozialistische Forstwirtschaft 35 (4): 101-104.
- DÖRFLINGER, H. (1992): Struktur und Entwicklung des Marktes für forstliches Saat- und Pflanzgut. Allg. Forstztzshr. 47 (5): 210-213.
- DUPRÉ, S., TEISSIER DU CROS, E., THIEBAUT, B. (1985): Improvement and silviculture of beech (Verbesserung und Waldbau der Buche. Morphologie et architecture des jeunes hêtres: Influence du milieu et variabilité génétique). Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft Hamburg (150): 143-171.
- DUSEK, V. (1965): Erfahrungen mit der Dunemann-Methode bei der Sämlingsanzucht und Forschungsergebnisse beim Wurzelschnitt von Sämlingen in der CSSR. Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Universität Dresden 14 (6): 1553-1561.
- DUSEK, V. (1967): Ausnützung der Methode des Wurzelschnittes bei verschulten Pflanzen von Buche (*Fagus silvatica* L.). XIV IUFRO-Kongreß München Band IV: 146-159.

- EBERHARDT, E. (1988): Rationelle natürliche Verjüngung von Buchenbeständen als Möglichkeit zur Intensivierung ihrer Bewirtschaftung. *Sozialistische Forstwirtschaft* 38 (1): 17-18.
- ENGLER, A. (1911): Untersuchungen über den Blattausbruch und das sonstige Verhalten von Schatten- und Lichtpflanzen der Buche und einiger anderer Laubhölzer. *Mitt. d. Schweiz. Centralanstalt für das forstliche Versuchswesen* 1 (14): 105-188.
- ERTELD, W. (1953): Die Einwirkung des Buchenunterbaus auf die Ertragsleistung von Kiefernbeständen. *Archiv für Forstwesen* 2 (2/3): 97-141.
- FABRICIUS, L. (1956): Bodendeckung mit Pflanzenstoffen. *Forstwiss. Centralbl.* 75: 2-8.
- FINK, S. (1980 a): Anatomische Untersuchungen über das Vorkommen von Sproß- und Wurzelanlagen im Stammbereich von Laub- und Nadelbäumen. *Allg. Forst- u. Jagdztg.* 151 (9): 160-197.
- FINK, S. (1980 b): Anatomische Untersuchungen über das Vorkommen von Sproß- und Wurzelanlagen im Stammbereich von Laub- und Nadelbäumen. *Allg. Forst- u. Jagdztg.* 151 (10): 181-197.
- FLL (1987): Gütebestimmungen für Baumschulpflanzen. *Schriftenreihe der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung-Landschaftsbau e.V., Bonn*, 38 S.
- FLÖHR, W. (1988): Weiterentwicklung von Unterbauverfahren mit Buche unter Kiefer oder Lärche. *Sozialistische Forstwirtschaft* 38 (1): 15-16.
- FORSTDIREKTION FREIBURG (1987): Forstliches Saat- und Pflanzgut. Rundschreiben an die staatlichen und städtischen Forstämter vom 2.11.1987, 2 S.
- FRANKE, A. (1987): Prognose zur Pflanzenversorgung 1987/88 für die Forstbetriebe in Baden-Württemberg. *Allg. Forstztzshr.* 42 (39): 1007-1008.
- FRANKE, A. (1988): Prognose zur Pflanzgutversorgung der Forstbetriebe in Baden-Württemberg 1988/89. *Allg. Forstztzshr.* 43 (39): 1062-1063.
- FRANKE, A. (1989): Prognose zur Pflanzgutversorgung der Forstbetriebe in Baden-Württemberg 1989/90. *Allg. Forstztzshr.* 44 (32): 839-840.
- FRANKE, A. (1990): Prognose zur Pflanzgutversorgung der Forstbetriebe in Baden-Württemberg 1990/91. *Allg. Forstztzshr.* 45 (32): 815-816.
- FRANKE, A. (1991): Pflanzgutversorgung 1991/92. *Allg. Forstztzshr.* 46 (17): 862-864.
- FRANKE, A. (1992): Prognose zur Pflanzgutversorgung der Forstbetriebe in Baden-Württemberg. *Allg. Forstztzshr.* 47 (17): 888-890.
- FRENZEL, G., HERMANN, D. (1989): *Statistik mit SPSS*. Stuttgart: Fischer Verlag, 259 S.
- FÜLLGRABE, H. H. (1983): Erfahrungen mit der Buchen-Naturverjüngung bei der Pflanzung von Buchen-Wildlingen im Harz. *Allg. Forstztzshr.* 38 (37): 937-939.
- FUSS, S., BOLLE, W., MELZER, E. W. (1987): Werben und Verschulen von Buchenkeimlingen. *Sozialistische Forstwirtschaft* 37 (8): 234-236.

- GEISLER, G. (1988): Pflanzenbau. Berlin: Verlag Paul Parey, 530 S.
- GERWECK, H. (1950): Die Wiedereinbringung der Buche. Allg. Forstztschr. 5 (23): 275-276.
- GRABENSTEDT (1965): Erneuerung unbefriedigender Eichenkulturen. Forst- u. Holzwirt 20 (1): 11.
- GRÜNEBAUM, M., TEUTENBERG-RAUPACH, A., PAUL, C. (1993): Ein Weitverband bei Traubeneiche - Auswirkungen auf Wachstum, Schnittholzqualität und Furniereignung. Forst- u. Holzwirt 48 (1): 3-7.
- GÜRTH, P. (1970): Forstpflanzen und Kulturerfolg - eine Literaturübersicht. Allg. Forst- u. Jagdztg. 141 (5): 97-104.
- GUTSCHICK, V. (1975): Der Forstbetriebsdienst, Band 1. München: BLV Verlag, 439 S.
- HASENMAIER, E. (1975): Die Bedeutung von Tannen-Großpflanzen im Rahmen standortbezogenen und funktionsgerechten Waldbaus. Allg. Forstztschr. 30 (46): 1014-1016.
- HELBIG, F., KLUGE, H. (1988): Ballenpflanzung - Notwendigkeit, Erfolge und Einsatzgrenzen bei der Bestandesbegründung. Sozialistische Forstwirtschaft 38 (3): 70-87.
- HENEKA, L. (1987): Tannengroßpflanzen für den Umbau von Fichtenreinbeständen im mittleren Schwarzwald. Allg. Forstztschr. 42 (9/10): 203-205.
- HESMER, H. (1960): Unterbauversuche mit Winterlinde, Buche und Hainbuche in verschiedenen Verbänden unter Stieleichenstangenholz. Forstarchiv 31 (11/12): 185-192.
- HESSISCHE LANDESFORSTVERWALTUNG (1991): Merkblatt 28 Kalkulationshilfen für die Finanz- und Arbeitskräfteplanung in der mittelfristigen Planung. Hessische Forstliche Versuchsanstalt Hann. Münden, 31 S.
- HEUKAMP, B. (1989): Der Markt für Forstpflanzen. Allg. Forstztschr. 44 (7): 167.
- HOFFMANN, F. (1965): Kompostierung und Gründüngung in Forstbaumschulen. Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Universität Dresden 14 (6): 1587-1591.
- HUNDT (1917): Über Buchenvorbau in Nadelholz-Angriffsbeständen. Forstwiss. Centralbl. 26 (12): 465-470.
- HUSS, J. (1972): Die Entwicklung von Buchenjüngwüchsen auf einer Naturverjüngungsfläche. Forst- u. Holzwirt 27 (3): 56-58.
- HUSS, J. (1978): Die Wirkung von Unkrautbekämpfungen auf die Entwicklung von Waldverjüngungen. Allgemeine Forstzeitung 89:120-125.
- HUSS, J. (1987): Jungwuchspflege ohne Chemie. Allg. Forstztschr. 42 (44): 1134-1135.
- HUSS, J., KÜTHE, K. (1974): Zur Pflege von Eichenkulturen. Forst- u. Holzwirt 29 (4): 69-76.

- HUSS, J., STEPHANIE, A. (1978): Lassen sich angekommene Buchennaturverjüngungen durch frühzeitige Auflichtung, durch Düngung oder Unkrautbekämpfung rascher aus der Gefahrenzone bringen? Allg. Forst- u. Jagdztg. 149 (8): 133-144.
- KÄHLER, W.-M. (1990): Statistische Datenanalyse mit SPSS/PC+. Braunschweig: Vieweg Verlag, 291 S.
- KAPP, G. (1984): Agroforstwirtschaft in Deutschland. Allg. Forst- u. Jagdztg. 155 (12): 266-270.
- KLEIN, E. (1983): Rationelle Pflanzverbände bei der künstlichen Begründung von Buchen-Vorausverjüngungen. Allg. Forstztzshr. 38 (9/10): 231-233.
- KLEINSCHMIT, J. (1974): Fragen der Pflanzenqualität für die Kulturbegründung. Forst- u. Holzwirt 29 (8): 161-169.
- KLEINSCHMIT, J. (1977): Forstpflanzenzüchtung und Saatgutbereitstellung beim Laubholz. Forst- u. Holzwirt 32 (21): 427-433.
- KOCH, H. (1992): Pflanzenzahlen und Pflanzverbände am Beispiel von Kiefer, Eiche und Buche. Allg. Forstztzshr. 47 (5): 245-247.
- KOHNLE, U. (1991): Waldschutz gegen biotische Schaderreger heute. Allg. Forstztzshr. 46 (22): 1115-1116.
- KOSS, H. (1989): Zur Vitalitätsentwicklung natürlicher Buchenverjüngung. Allg. Forstztzshr. 44 (29/30): 798-801.
- KOZLOWSKI, T. T. (1971): Growth and Development of Trees. Academic Press New York and London, 2 Bände 443 bzw. 514 S.
- KRAMER, P.J., KOZLOWSKI, T.T. (1979): Physiology of Woody Plants. Academic Press, Inc., 811 S.
- KRAPFENBAUER, A., GLATZEL, G. (1972): Auswirkung einer starken Einkürzung benadelter Zweige auf Wachstum und Mineralstoffernährung frischverpflanzter Fichten. Cbl. ges. Forstwesen 89 (2): 88-106.
- KREYSZIG, E. (1982): Statistische Methoden und ihre Anwendungen. Göttingen: Verlag Vandenhoeck & Ruprecht, 451 S.
- KUPKE, J. (1988): Die Mulchplatte, eine umweltfreundliche und kostengünstige Anwachshilfe. Allg. Forstztzshr. 43 (9/10): 225-226.
- KURTH, A. (1946): Untersuchung über Aufbau und Qualität von Buchendickungen. Mitt. d. Schweiz. Anstalt für das forst. Versuchswesen 22: 581-658.
- LEOPOLD, H. J., HÖFNER, W. (1991): Ertrags- und Qualitätssteigerung bei Klee durch Beimpfung mit VAM-Pilzen und Rhizobium-Bakterien. Angewandte Botanik 65: 23-33.
- LE TACON, F. (1985): Die Pflanzung auf der Freifläche: Einer der Gründe für die schlechte Form der Buche im Nordosten von Frankreich. Forst- u. Holzwirt 40 (12): 339-342.
- LÖFFLER, J. (1986): Mögliche Pflanzenmengen aus einheimischem Saatgut und tatsächlicher Pflanzenbedarf im Vergleich. Allg. Forstztzshr. 41 (40): 1000-1002.

- LÖSING, H. (1990): Gründüngung in Baumschulen. Talacher allgemeine Samen- und Pflanzen-Offerte, TASPO (4): 38-39.
- LYR, H., POLSTER, H., FIEDLER, H.-J. (1967): Gehölzphysiologie. Jena: Fischer Verlag, 443 S.
- MEYER, F. H. (1987): Der Verzweigungsindex, ein Indikator für Schäden am Feinwurzelsystem. Forstwiss. Centralbl. 106 (2): 84-92.
- MLINSEK, D., BAKKER, A. (1990): Jugendwachstum und Holzqualität bei der Buche. Forstwiss. Centralbl. 109: 242-248.
- MÖLLERING, J. (1991): Untersaaten als Bodendecker in Weihnachtsbaum-Kulturen. Allg. Forstztschr. 46 (25): 1293.
- MOSANDL, R., BURSCHEL, P. (1986): Waldbauliche Untersuchungen zur Wiederaufforstung in Waldschadensgebieten. Forstarchiv 57 (5): 183-188.
- MUHLE, O., HUSS, J. (1972): Die Wirkung von Freischneidemaßnahmen bei verschiedenen Terminen auf das Wachstum junger Fichten. Allg. Forst- u. Jagdztg. 143 (12): 253-260.
- NEMEC, A. (1942): Meliorationsversuche bei kümmernden Kulturen durch Düngung und Mitbanbau der Dauerlupine. Forstarchiv 13 (7/8): 95-101.
- OLBERG-KALLFASS, R. (1979): Zur Reaktion von Fichten auf Unkrautbekämpfung in der Kultur. Allg. Forst- u. Jagdztg. 150 (10): 191-195.
- OTTO, H.-J. (1985): Ausnutzung von Fichtenrestbestockungen zum Voranbau im Harz. Allg. Forstztschr. 40 (20): 498-499.
- PALMER, S. (1985): Der Buchen-Vorbau. Seine Bedeutung, Planung und Technik. Allg. Forstztschr. 40 (45): 1217-1220.
- PALMER, S. (1989): Quadratur des Kreises oder reizvolle Aufgabe? Waldbauplanung im Rotwildgatter des Forstamtes Bebenhausen. Allg. Forstztschr. 44 (51): 1367-1370.
- PAPP, L. (1968): Über das Beschneiden von Pappelheistern. Ungarische Forstwissenschaftliche Rundschau: 122-130.
- PECK, H. (1980): Zur Mischung und Stabilisierung. Intensivierung des Vorbaus in baden-württembergischen Wäldern. Allg. Forstztschr. 35 (49): 1380-1382.
- PETRI, G. (1985): Wie wirkt sich das Waldsterben auf Vorbau- und Pflegemaßnahmen im Nordschwarzwald aus? Allg. Forstztschr. 40 (14): 317-318.
- POLACSEK, K. (1954): Die Entwicklung der Buchenverjüngung im Wienerwald nach dem Mastjahr 1946. Zentralblatt für das gesamte Forstwesen 73: 35-72.
- REGANOLD, J. P., PAPENDIEL, R. J., PARR, J. F. (1990): Nachhaltige Landwirtschaft - Das Beispiel USA. Spektrum der Wissenschaft, August 1990: 122-129.
- REINECKE, H. (1988): Entwicklungen zur integrierten Jungwuchspflege in Niedersachsen. Allg. Forstztschr. 43 (9/10): 215-217.
- REINECKE, H. (1990): Müssen Kahlschläge verwildern? Aufforstungen von Windwurfflächen unter Nutzpflanzen möglich. Allg. Forstztschr. 45 (37/38): 950-955.

- REINECKE, H., DOHRENBUSCH, A. (1980): Pflege von Laubholzverjüngungen in den nordwestdeutschen Mittelgebirgen. Forst- u. Holzwirt 35 (24): 497-499.
- REISSINGER, G. (1971): Erfahrungen mit Großpflanzen. Forstarchiv 42 (3): 59-60.
- REISSINGER, R. (1931): Die Einbringung der Buche in Nadelholzreviere mittels Heisterpflanzung. Forstwiss. Centralbl. 53: 201-217.
- REITZ, J. (1969): Unkrautbekämpfung durch Auslegen von Papierscheiben. Allg. Forstztzshr. 24 (32): 646.
- REITZ, J. (1970): Neue Wege der Unkrautbekämpfung in der Forstwirtschaft. Forst- u. Holzwirt 25 (5): 88-89.
- RENNER, E. (1981): Mathematisch-statistische Methoden in der praktischen Anwendung. Berlin: Verlag Paul Parey, 112 S.
- RIEMENSCHNEIDER, K. (1987): Buchen-Heisterpflanzung ersetzt Rehwildzäune. Allg. Forstztzshr. 42 (19): 492.
- RIESS, H. W. (1979): Obstbaumschnitt in Bildern. Arbeitshefte für die Gartenpraxis. München: Obst- und Gartenbauverlag, 64 S.
- ROHMEDER, E. (1961): Die Qualitätsbeurteilung forstlicher Jungpflanzen. Allg. Forstztzshr. 16 (49): 697-699.
- RÖHRIG, E. (1964): Über die gegenseitige Beeinflussung der höheren Pflanzen. Forstarchiv 35 (2): 25-39.
- RÖHRIG, E. (1977): Wurzelschnitt an Eichensämlingen. Forstarchiv 48 (2): 25-28.
- ROLOFF, A. (1984): Nur zwei trockene Sommer oder mehr? Forst- u. Holzwirt 39 (14/15): 364-366.
- RUHR-STICKSTOFF AG (1957): Faustzahlen für die Landwirtschaft. 4. Aufl. Hiltrup: Landwirtschaftsverlag, 399 S.
- RUPF, H., SCHÖNHAR, S., ZEYHER, M. (1961): Der Forstpflanzgarten. München: BLV, 242 S.
- SACHS, L. (1984): Angewandte Statistik. Berlin: Springer Verlag, 552 S.
- SCHÄTZLER, H. (1988): Die Meliorationswirkung der Lupine in Nadelholzkulturen. Allg. Forstztzshr. 43 (9/10): 223.
- SCHMIDT-VOGT, H. (1970): Rationalisierung der Forstkultur durch Verwendung von Großpflanzen. Allg. Forstztzshr. 25 (10): 195-200.
- SCHMIDT-VOGT, H. (1982): Morphologische und physiologische Beurteilung von Forstpflanzen. Forst- u. Holzwirt 37 (10): 264-268.
- SCHUBÖ, W. UEHLINGER, H.-M. (1986): SPSS^X Handbuch der Programmversion 2.2. Stuttgart: Fischer Verlag, 659 S.
- SCHWARZ, M., MUSSONG, M. (1991): Zeitbedarfswerte für die Ausbringung von Mulchkartons. Allg. Forstztzshr. 46 (19): 970-972.
- SPSS INC., (1986): SPSS/PC+ For the IBM PC/XT/AT, Chicago.
- STRASBURGER, E. (1978): Lehrbuch der Botanik, 31. Auflage. Stuttgart: Fischer Verlag, 1080 S.

- STROTHMANN, S. (1988): Mulchverfahren als Alternative zur heutigen Forstpraxis. Allg. Forstztschr. 43 (9/10): 218-220.
- THOMASIUS, H., HELBIG, K. (1976): Die rationelle Pflege von Jungwüchsen und Jungbeständen der Baumarten Rotbuche und Eiche. Sozialistische Forstwirtschaft 26 (2): 58-61.
- TRAUBOTH, V. (1984): Erfahrungen aus Buchenanbau auf der Freifläche im Staatlichen Forstwirtschaftsbetrieb Bad Salzungen. Sozialistische Forstwirtschaft 34 (10): 302-306.
- VAN LAAR, A. (1979): Biometrische Methoden in der Forstwissenschaft, Teil I und II. Institut für Waldwachstumskunde der Forstlichen Forschungsanstalt München, 701 S.
- VOLKERT, E. (1953): Untersuchungen über das Verhalten von Astwunden nach Grünastung und natürlichem Astabfall bei Rotbuche. Forstwiss. Centralbl. 72: 110-124.
- VON DER SCHULENBURG (1925): Von Erfahrungen mit mechanischer Bodenabdeckung und ihrer Nutzbarmachung im Forstbetriebe. Der Deutsche Forstwirt 7 (113): 1123-1125.
- VON FÜRST, H. (1907): Die Pflanzenzucht im Walde. Berlin: Verlag Julius Springer, 383 S.
- VON LÜPKE, B. (1987): Einflüsse von Altholzüberschirmung und Bodenvegetation auf das Wachstum junger Buchen und Traubeneichen. Forstarchiv 58 (1): 18-24.
- VON LÜPKE, B. (1991): Einfluß der Konkurrenz von Weichlaubhölzern auf das Wachstum junger Traubeneichen. Forst- u. Holzwirt 46 (7): 166-171.
- VON ROTHKIRCH, F., LOOSE, M. (1983): Erfahrungen mit der Gewinnung und Verwendung von Buchenwildlingen. Allg. Forstztschr. 38 (37): 940.
- WAGENKNECHT, E. (1965): Wechselbeziehungen zwischen Pflanzenmaterial und Kulturbegründungsverfahren. Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Universität Dresden 14 (6): 1619-1622.
- WEIDELT, H. J. (1992): Agroforstliche Landnutzungssysteme in den Tropen - neue Entwicklungen und Erkenntnisse. Forstarchiv 63 (1): 15-21.
- WEISGERBER, H. (1987): Erkenntnisse und Einflußmöglichkeiten der Forstpflanzenzüchtung. Allg. Forstztschr. 42 (31): 801-805.
- WEISHEIT, A., STAUDT, H. (1985): Hinweise zur Vorbereitung und Durchführung der Buchenwildlingsgewinnung. Sozialistische Forstwirtschaft 35 (3): 89-91.
- WIDMAIER, T. (1986): Prognose zur Pflanzenversorgung 1986/87 für die Forstbetriebe in Baden-Württemberg. Allg. Forstztschr. 41 (36): 897-898.
- ZWICK, F. (1979): Mulchfolie zur Pflege von Eichen-Kulturen. Allg. Forstztschr. 34 (16): 408-410.

7.2 Nicht zitierte Literatur

- AHUJA, M. R. (1985): Improvement and silviculture of beech. Tissue culture studies towards clonal propagation of beech. Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft Hamburg (150): 172-176.
- ANONYMUS (1979): Untersuchungsergebnisse über Buchenpflanzung auf der Freifläche. Allg. Forstztschr. 34 (9/10): 205-206.
- ATHARI, S., KRAMER, H. (1989): Problematik der Zuwachsuntersuchungen in Buchenbeständen mit neuartigen Schadsymptomen. Allg. Forst- u. Jagdztg. 160: 1-8.
- BABEL, U. (1981): Humusprofiländerung bei Buchen-Naturverjüngung. Allg. Forst- u. Jagdztg. 152 (11): 211-216.
- BABEL, U. (1990): Verteilung von Buchen- und Fichtenfeinwurzeln in Bezug zu Bodenhohlräumen und dichter Bodensubstanz. Allg. Forst- u. Jagdztg. 161 (6/7): 109-112.
- BARNER, J. (1948): Die Verwendung von Schattenpflanzen auf Freilandkulturen. Unveröffentlichte Arbeit. Freiburg, 123 S.
- BECKER, A. (1983): Untersuchungen zur Verjüngungsfähigkeit der Buche in bodensauren Buchenwald-Ökosystemen. Forst- u. Holzwirt 38 (6): 154-161.
- BEISEL, G. (1980): Gewinnung von Eichenwildlingen und maschinelle Pflanzung. Allg. Forstztschr. 35 (24): 626.
- BENNETT, F. A. (1955): The effect of pruning on the height and diameter growth of planted slash pine. Journal of Forestry 53 (9): 636-638.
- BENTZ, F. (1977): Der Kulturschutzzaun gegen Rehwild. Allgemeine Forstzeitung 88 (2): 31-34.
- BONNEMANN, A., BURSCHEL, P. (1967): Die Bedeutung der Bodenbearbeitung für das Ankommen der Buchennaturverjüngung. Forstarchiv 38 (2): 37-44.
- BORCHERS (1963): Die waldbaulichen und wirtschaftlichen Grenzen der Buchenwirtschaft. Forst- u. Holzwirt 18 (15): 294-298.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (1993): Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten der Bundesrepublik Deutschland 1993, 37 Jg. Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag, 509 S.
- BURGER, H. (1949/1950): Holz, Blattmenge und Zuwachs, Die Buche. Mitt. d. Schweiz. Centralanstalt für das forstliche Versuchswesen 26: 419-468.
- CLARK, F. B. (1955): Black walnut responds to pruning. Journal of Forestry 53 (5): 362-365.
- CONRAD, J. (1986): Das Göttinger amöboide Femelschlagverfahren in Buchen-Edellaubholzbeständen. Allg. Forstztschr. 41 (3): 36-37.
- DANCKELMANN (1881): Kiefern-Unterbaubetrieb. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 13 (1): 1-7.

- DITTMAR, O. (1964): Der Buchenunterbau in ertragskundlicher Sicht. Sozialistische Forstwirtschaft 14 (12): 357-362.
- DITTMAR, O., KNAPP, E. (1986): Zur Zuwachsleistung ehemaligen Buchenunterbaus nach Räumung des Kiefernoberbestandes. Sozialistische Forstwirtschaft 36 (7): 210-215.
- EBELING, K., HANSTEIN, U. (1988): Eichenkulturen unter Kiefernaltholzschirm. Forst- u. Holzwirt 43 (18): 463-467.
- EBERHARDT, E. (1984): Nach dem Mastjahr der Buche 1983 - Ergebnisse, Erfahrungen und Hinweise. Sozialistische Forstwirtschaft 34 (9): 282-284.
- EBERL, C., TEEPE, R. (1993): Auswirkungen einer früheren Bodenmelioration durch Waldfeldbau auf den heutigen Waldbodenzustand. Forst- u. Holzwirt 48 (7): 187-191.
- EBERMAYER (1882): Untersuchungen über die Zahl und Größe der Blätter in Eichen- und Buchenbeständen. Forstwiss. Centralbl. 2 (1): 160-170.
- EIBERLE, K. (1966): Höhenzuwachs und Qualität verbissener Rottannen. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 117: 200-213.
- EIBERLE, K. (1975): Ergebnisse einer Simulation des Wildverbisses durch den Tribschnitt. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 126: 821-839.
- EIBERLE, K. (1978): Folgewirkungen eines simulierten Wildverbisses auf die Entwicklung junger Waldbäume. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 129: 757-768.
- ENGLER, J. M., LOUARN, H. LE, TACON, F. LE (1979): Influence des oiseaux et des rongeurs sur la régénération naturelle du hêtre. Revue forestière française 31 (1): 41-49.
- FABRICIUS, L. (1929): Forstliche Versuche. Forstwiss. Centralbl. 38: 14-20.
- FÄHSER, L. (1991): Der Forstbetrieb - ein umweltbewußtes Unternehmen? Forstarchiv 62 (2): 73-76.
- FRANKE, A. (1993): Prognose zur Pflanzgutversorgung der Forstbetriebe in Baden-Württemberg. Allg. Forstztschr. 48 (18): 914-915.
- FRITZSCH, R. (1984): Erfahrungsaustausch über Unterbau und Voranbau. Sozialistische Forstwirtschaft 34 (11): 327-330.
- GARBAYE, J., LAINEZ, J., TACON, F. le (1983): Survie, croissance et mycorhization après plantation de plants de hêtre produits sur tourbe fertilisée. Revue forestière française 35 (1): 27-34.
- GEHRMANN, J. (1983): Zur Entwicklung von Buchenjungepflanzen auf immissionsbelasteten Standorten. Forst- u. Holzwirt 38 (6): 150-154.
- GRAMMEL, R. H. (1994): Der aussetzende Betrieb. Allg. Forstztschr. 49 (2): 76-79.
- GRUBER, F. (1987): Über die sylleptische Verzweigung der Johannistriebe von Rotbuche und Stieleiche. Allg. Forstztschr. 42 (49): 1283-1285.
- GÜRTH, P. (1976): Forstpflanzen und Kulturerfolg - eine Literaturübersicht. Allg. Forst- u. Jagdztg. 147 (12): 240-246.

- GÜRTH, P. (1981): Entscheidungshilfen zur Optimierung der Naturverjüngung. Allg. Forst- u. Jagdztg. 152 (1): 1-8.
- HAACK, H. (1991): Weniger pflanzen ist mehr! Allg. Forstztzshr. 46 (13): 642.
- HENGST, E. (1966): Phänologische Untersuchungen und Zuwachsuntersuchungen an Laubbäumen. Archiv für Forstwesen (15): 293-304.
- HERGET, J. (1979): Erfahrungen mit dem Herbizid Roundup im Pflanzgartenbetrieb. Allg. Forstztzshr. 34 (27): 735.
- HERR, C. (1987): Einfluß einer Kalkung auf Buchennaturverjüngung. Allg. Forstztzshr. 42 (9/10): 210-211.
- HERRMANN, S., RITTER, T., KOTTKE, I., OBERWINKLER, F. (1992): Steigerung der Leistungsfähigkeit von Forstpflanzen (*Fagus silvatica* L. und *Quercus robur* L.) durch kontrollierte Mykorrhizierung. Allg. Forst- u. Jagdztg. 163 (4): 72-79.
- HESSE, S. (1990): Bodenverdichtung verhindert Kulturerfolg. Allg. Forstztzshr. 45 (20): 484.
- HILLENBRAND, V. (1986): Wirkung unterschiedlicher Überschirmung auf Einzelbaumparameter im Bergmischwald unter besonderer Berücksichtigung der Biomasseproduktion. Diplom-Arbeit, Institut für Waldbau und Forsteinrichtung, Universität München, 198 S.
- HILLGARTER, F. W. (1976): Besser - billiger - rascher aufforsten. Allgemeine Forstzeitung 87 (9): 288-289.
- HOFFMANN, J. (1961): Ergebnisse eines Anbauversuchs mit Buchen verschiedener Herkünfte im Tharandter Wald. Forstwiss. Centralbl. 80: 240-252.
- HORNDASCH, M. (1976): Die Notwendigkeit biologischer Rationalisierung im Waldbau. Allg. Forstztzshr. 31 (10): 146-149.
- HORNDASCH, M. (1984): Waldbauliche Behandlung geschädigter Fichtenbestände. Allg. Forstztzshr. 39 (9/10): 205-206.
- HÖVELMANN, H. (1989): Qualitätsanforderungen und Normen für Forstpflanzen. Allg. Forstztzshr. 44 (7): 173-175.
- HUSS, J. (1991): Konzeption zur Wiederbewaldung von Sturmschäden. Allg. Forstztzshr. 46 (1): 25-30.
- HUSS, J. (1992): Was ist Waldbau auf ökologischer Grundlage? Allg. Forstztzshr. 47 (2): 56-64.
- IMMEL, R. (1980): Zur Buchenwirtschaft. Allg. Forstztzshr. 35 (19): 495-496.
- KLEINSCHMIT, J., SVOLBA, J., STEINGASS, P. (1978): Entwicklung von Eichenheisterkulturen im Forstamt Braunschweig. Forst- u. Holzwirt 33 (8): 172-174.
- KÖHL, M. (1990): Sind "statistisch signifikante" Ergebnisse wirklich signifikant? oder: Gedanken zur Anwendung statistischer Methoden in der forstlichen Forschung. Allg. Forst- u. Jagdztg. 161 (12): 226-231.
- KÖNIG, E. (1971): Der Einfluß des Verbisses durch Gamswild auf das Höhenwachstum der Fichte. Allg. Forstztzshr. 26 (21/22): 467-468.

- KRAHL-URBAN, J. (1952): Erbanlagen und Züchtungsmöglichkeiten bei Rotbuche, Stiel- und Traubeneiche. Zeitschrift für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung (1): 114-120.
- KRAHL-URBAN, J. (1953): Baumtypen bei Eichen und Buchen. Allg. Forstztschr. 8 (20): 245-248.
- KRAHL-URBAN, J. (1962): Buchen-Nachkommenschaften. Allg. Forst- u. Jagdztg. 133 (2): 29-38.
- KRAHL-URBAN, J. (1963): Untersuchungen über Verbandsweiten bei Buchenpflanzungen. Forstarchiv 34 (6): 157-164.
- KRAMER, H. (1982): Kurzfristige Zuwachsreaktionen bei Buche in Abhängigkeit von Witterung und verschiedenen Baummerkmalen. Allg. Forst- u. Jagdztg. 153 (4): 57-67.
- KRAUT, K. (1983): Beiträge zur Qualitätssicherung in der Walderneuerung. Untersuchungen zur Qualität der Pflanzung, der Pflanzreaktion auf definierte Streßbedingungen und zur Einführung eines Qualitätssicherungssystems. Fak. für Bau-, Wasser- und Forstw. der TU Dresden. 193 S.
- KRÜSSMANN, G. (1964): Die Baumschule. Berlin: Verlag Paul Parey (3. Auflage), 680 S.
- KULENKAMPF-POST, H. (1992): Zu: Preisfindung in privaten Forstbaumschulen Westdeutschlands. Allg. Forstztschr. 47 (10): 556.
- LANG, E. (1982): Pflege der Buchenjungbestände im Hessischen Forstamt Heppenheim. Allg. Forstztschr. 37 (12): 336-342.
- LANG, H.-P. (1974): Alternativen zur Anwendung chemischer Mittel bei der Bestandesbegründung und in der Waldpflege. Allgemeine Forstzeitung 85 (8): 206-209.
- LANG, H.-P. (1975): Zeitgemäßer Maschineneinsatz im Forstgartenbetrieb. Allgemeine Forstzeitung 86 (1): 15-17.
- LANG, H.-P. (1979): Neue Wege bei der Begründung von Eichenbeständen. Allgemeine Forstzeitung 90 (6): 143-146.
- LANG, H.-P. (1988): Anzuchttechnik und Probleme heutiger Forstpflanzenanzucht. Allg. Forstztschr. 43 (9/10): 198-199.
- LANG, P. (1987): Zu: Das Bayerische Forstamt Burgebrach. Ein Naturverjüngungsbetrieb trotz Rehwild. Stellungnahme von Paul Lang Blindlach. Allg. Forstztschr. 42 (43): 1112-1113.
- LANZ, W., ROTHWEILER, H. (1976): Probleme und Erfahrungen bei der Pflege von Eichenkulturen. Forst- u. Holzwirt 31 (8): 140-147.
- LECHNER, W. (1987): 30 Jahre Versuchsreviere Schwenow-Tschinka. Sozialistische Forstwirtschaft 37 (1): 21-23.
- LEIBUNDGUT, H. (1974): Erhebungen über den Rehwildverbiss im Albisriedberg. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 125 (5): 311-316.

- LEIBUNDGUT, H. (1984): Untersuchungen zur Wahl des Verjüngungszeitpunktes und Verjüngungszeitraumes beim Femelschlagbetrieb. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 135 (2): 99-112.
- LE TACON, F., OSWALD, H., PERRIN, R., PICARD, J. F., VINCENT, J. P. (1976): Les causes de l'échec du hêtre à la suite de la fainée de 1974. Revue forestière française 28 (6): 427-447.
- LOYCKE, H. J. (1966): Zur Jugendpflege der Rotbuche. Aus dem Walde, Mitteilungen aus der Niedersächsischen Landesforstverwaltung (12): 172-195.
- LÜDEMANN, C. (1983): Buchen-Wildlinge. Eine Möglichkeit zur Kulturbegründung? Allg. Forstztschr. 38 (37): 942.
- MAYER, H. (1978): Waldbauliche Vorbeugemaßnahmen zur Vermeidung und Einschränkung des Herbizideinsatzes. Allgemeine Forstzeitung 89 (4): 126-128.
- MEJSTRIK, V., CUDLIN, P. (1987): Experiences with Mycorrhizal Seedlings Inoculation Used for Reforestation in Immission Stress Areas. Angewandte Botanik 61: 47-52.
- MELZER, E. W. (1962): Die stochastischen Beziehungen zwischen Sproß- und Wurzelsystem des Baumes. Archiv für Forstwesen 11 (7): 822-838.
- MILLAHN, G. (1985): Erhaltung und Rückgewinnung von Buchenflächen im StFb Schwerin. Sozialistische Forstwirtschaft 35 (6): 173-174.
- MORTZFELDT, (1896): Ueber den horstweisen Vorverjüngungsbetrieb. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 28 (1): 2-31.
- MÜLLER-STARCK, G., HATTEMER, H. H. (1989): Genetische Auswirkungen von Umweltstreß auf Altbestände und Jungwuchs der Buche (*Fagus sylvatica* L.). Forstarchiv 60 (1): 17-22.
- PAWLOWSKI, L., BACHTHALER, G. (1989): Allelopathische Wechselbeziehungen und Möglichkeiten ihrer Nutzung zur Unkrautkontrolle auf dem Ackerland. Angewandte Botanik 63: 293-305.
- PETSCHKE, K. (1962): Untersuchungen über die Grünastung der Rotbuche. Archiv für Forstwesen 11 (7): 839-849.
- REISSINGER, R. (1960): Die Begründung von Mischwald mittels Heisterpflanzung. Allg. Forstztschr. 15 (10): 153-156.
- RIPKEN, H. (1977): Betriebswirtschaftliche Fragen der Laubholzwirtschaft. Forst- u. Holzwirt 32 (21): 416-427.
- RÖHRIG, E. (1967): Wachstum junger Laubholzpflanzen bei verschiedenen Lichtverhältnissen. Allg. Forst- u. Jagdztg. 138: 224-239.
- RÖHRIG, E., BARTELS, H., GUSSONE, H.-A., ULRICH, B. (1978): Untersuchungen zur natürlichen Verjüngung der Buche (*Fagus silvatica*). Forstwiss. Centralbl. 97: 121-131.
- ROLOFF, A. (1985 a): Ein schleichendes Absterben: Auswirkungen von Immissionschäden in Buchenbeständen. Allg. Forstztschr. 40 (35): 905-908.
- ROLOFF, A. (1985 b): Schadstufen bei der Buche. Forst- u. Holzwirt 40 (5): 131-134.

- ROLOFF, A. (1985 c): Untersuchungen zum vorzeitigen Laubfall und zur Diagnose von Trockenschäden in Buchenbeständen. *Allg. Forstztschr.* 40 (8): 157-160.
- ROLOFF, A. (1986): Morphologie der Kronenentwicklung von *Fagus sylvatica* L. (Rotbuche) unter besonderer Berücksichtigung neuartiger Veränderungen. *Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme/Waldsterben*, Bd. 18, 177 S.
- ROSENSTOCK, A. (1991): Forstökologische Überlegungen können zugleich die Kosten senken. *Allg. Forstztschr.* 46 (19): 962-963.
- ROSENSTOCK, A., FRITZSCH, R., NIMZ, R. (1991): Pflanzung mit dem Bagger. *Forsttechnische Information* 43 (7/8): 49-51.
- SCHÄFER, H., KRIEGER, H., TROST, N., BOSSEL, H. (1990): Szenariosimulation zur Wachstumsdynamik von Buchenbeständen unter Immissionsbelastung. *Forstwiss. Centralbl.* 109: 287-295.
- SCHMIDT, K. (1991): Synökologie von Wild- und Waldvegetation. *Allg. Forstztschr.* 46 (4): 162-165.
- SCHMIDT-VOGT, H. (1966): Wachstum und Qualität von Forstpflanzen. München: BLV, 209 S.
- SCHMIDT-VOGT, H. (1973): Anforderungen an die Waldpflanze. *Allgemeine Forstzeitung* 84 (10): 235-236.
- SCHRÖDER, K., WÖLLNER, F., ROLOFF, A. (1990): Die Bedeutung der Wurzelentwicklung von Waldbodenpflanzen für ihren Zeigerwert. *Forstarchiv* 61 (4): 133-136.
- SCHULZ, H. (1961): Die Beurteilung der Qualitätsentwicklung junger Bäume. *Forstarchiv* 32 (5): 89-99.
- SIEDER, P. (1967): Möglichkeiten des Einsatzes von Großpflanzen zur Kulturbe-
gründung im Nordostdeutschen Flachland. *Archiv für Forstwesen* 16 (6/9): 769-773.
- SINNER, K. (1974): Buchen-Naturverjüngung - ihre Notwendigkeit und Möglichkeit auf Buntsandstein im Spessart. *Allg. Forstztschr.* 29 (36): 771-774.
- SLOBODA, B. (1971): Zur Darstellung von Wachstumsprozessen mit Hilfe von Differentialgleichungen erster Ordnung. *Mitteilungen der Baden-Württembergischen Forstlichen Versuchsanstalt* (32), 109 S.
- SPIESS, R. (1989): Überlebens- und Reproduktionsstrategien höherer Pflanzen - Ergebnisse einer Literaturanalyse (Teil I). *Archiv für Naturschutz und Landschaftsforschung* 29 (2): 105-116.
- STAHL, D. (1972): Zur Frage der Wildschäden und deren Verminderung bei der Buche. *Forst- u. Holzwirt* 27 (3): 62-64.
- STAUFFENBERG, F. L. Graf (1992): Staatliche Forstwirtschaft muß sich dem Wettbewerb stellen. *Frankfurter Allgemeine Zeitung* vom 28.9.92 (226): 21.
- STRUCKMANN, E. (1979): Neue Erkenntnisse über Wuchsregulatoren in Eichen- und Buchen-Naturverjüngungen. *Allg. Forstztschr.* 34 (12): 337-342.

- THIEME, M. (1984): Wie kann im Rahmen der Verbesserung des Waldzustandes die Umwandlung minderproduzierender Bestände beschleunigt werden? *Sozialistische Forstwirtschaft* 34 (10): 307-308.
- THOMASIUS, H. (1962): Über methodische Fragen bei der Anlage forstlicher Versuchsflächen. *Archiv für Forstwesen* 11 (4): 436-453.
- TRANQUILLINI, W., HAVRANEK, W. (1970): Untersuchungen über den Versetzschock bei der Lärche. *Cbl. ges. Forstwesen* 87(4): 238-250.
- TRAUBOTH, V. (1978): Künstliche Buchenverjüngung durch Pflanzung auf der Freifläche. *Beiträge für die Forstwirtschaft* 12 (2): 89-91.
- VON LÜPKE, B., RÖHRIG, E. (1978): Versuche mit Fichten-Großpflanzen. *Forst- u. Holzwirt* 33 (8): 165-170.
- WALDENSPUHL, T. (1990): Naturschutz durch naturnahe Waldwirtschaft? *Forst- u. Holzwirt* 45 (13): 371-378.
- WEIDENBACH, P. (1985): Vorbau von Tanne und Buche - ein Weg zu besseren waldbaulichen Ergebnissen. *Allg. Forstztschr.* 40 (45): 1212-1216.
- WIEDEMANN, E. (1927): Über den künstlichen gruppenweisen Voranbau von Tanne und Buche. *Allg. Forst- u. Jagdztg.* 103 (11): 433-452.
- WISMÜLLER, H. (1954): Buchenheisterpflanzung. *Allg. Forstztschr.* 9 (17): 187-189.
- WOBST, B. (1989): Neues von der Buchenzielaus. *Deutsche Baumschule* (9): 432-433.
- YOUNG, H. E., KRAMER, P. J. (1952): The effect of pruning on the height and diameter growth of loblolly pine. *Journal of Forestry* 50 (6): 474-479.
- ZIMMERMANN, H. (1985 a): Zum Unterbau in den öffentlichen Waldungen Hessens. *Allg. Forstztschr.* 40 (11): 225-230.
- ZIMMERMANN, H. (1985 b): Zur Begründung von Mischbeständen mit Fichte und Buche auf Sturmwurfflächen im öffentlichen Wald Hessens. *Allg. Forstztschr.* 40 (49): 1326-1330.

8. Anhang

8.1 Abbildung eines Wildlings

In der Untersuchung war darauf hingewiesen worden, daß die Form einer Pflanze nur mit dem Angaben von Höhe, Durchmesser und daraus errechneten h/d -Quotienten nur ungenau zu bestimmen ist. Neben diesen traditionellen Methoden, könnte ein relativ preiswertes und nicht aufwendiges Verfahren für die Beschreibung der Form von Pflanzen verwendet werden, das mit Bildern arbeitet, die vom Computer gelesen (gescannt) werden.

Die folgende Abbildung 7 zeigt das durch Scannen einer Photographie entstandene Bild eines Wildlings.

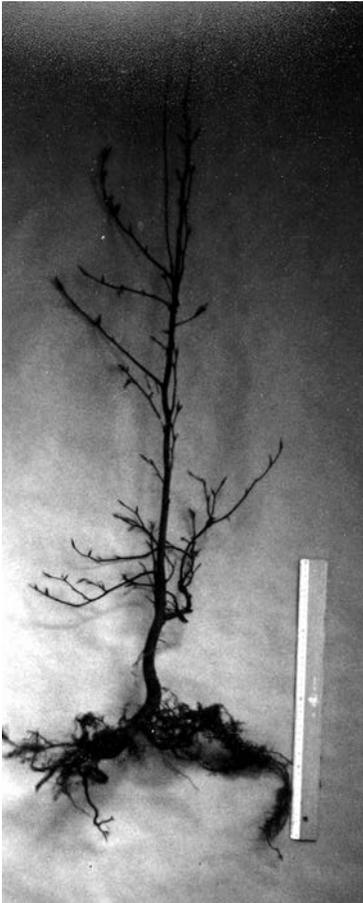


Abb. 7:
Gescannte Photographie
eines Wildlings.

Der Wildling wurde nach Ablauf des Versuchszeitraums aus der Versuchsfäche entnommen und mit einem Farb-Diafilm fotografiert. Aus dem Dia wurde dann ein farbiges Papierbild entwickelt. Anschließend wurde das Papierbild mit einem DIN A4 Flachbettscanner eingescannt und in einem verbreiteten Grafikformat (TIF, Tagged Image File) abgespeichert. Um die bei der Übersetzung der Farbwerte entstandenen Grauwerte soweit zu entfernen, daß vor allem die Buche vortritt und nicht der (farbige) Hintergrund, wurde ein handelsübliches Bildverarbeitungsprogramm (DoDot für Windows, Firma Halcyon Software) benutzt. Das fertige Bild wurde anschließend unter Verwendung einer Einfügetechnik (Zwischenablage von Windows) in die vorliegende Arbeit papierlos eingefügt.

Obwohl die Qualität des Bildes nicht gut ist, läßt sich doch die **Form der Pflanze** erkennen. Die **Größe der Pflanze** (113 cm) läßt sich allerdings wegen des nicht mehr sichtbaren Größenvergleichs nicht mehr nachträglich bestimmen, auch eine nachträgliche Bestimmung des **Sproßbasisdurchmessers** (16,8 mm) erscheint bei vorliegendem Bild nicht möglich.

Bei Verwendung eines Schwarz-Weiß-Films oder einer anderen (elektronischen) Kamera könnte das Verfahren eventuell soweit verfeinert werden, daß neben einer besseren Formbeschreibung auch eine Bestimmung der **Biomasse** möglich wäre. Solche Bilder könnten die Entwicklung von Pflanzen besser beschreiben helfen als die üblicherweise benutzten Angaben zu Höhe, Durchmesser und h/d -Quotienten.

Da der üblicherweise kritisierte Speicherbedarf für eine solche Datei nicht groß ist (das vorstehende Bild benötigt zur Speicherung 2913 Bytes, d.h. auf einer handelsüblichen Diskette im Format 3,5" wäre ausreichend Platz für ca. 480 solcher Bilder), könnte der Einsatz eines solchen Verfahrens durchaus interessant sein.

9. Stichwortverzeichnis

A

Absterben 60, 96, 122
 Adlerfarn 13, 14
 alternative Verfahren 2, 22, 41, 45, 95
 Anforderungen 2, 3, 4, 122
 Anwachsen 6, 8
 Anwuchsprozente 99
 Anwuchsraten 20
 Anwuchsverhalten 2, 22
 Apikaldominanz 5
 Assimilation 5
 Ausfälle 3, 6, 7, 8, 10, 20, 39, 69, 92
 Ausspflanzung 1, 5, 9, 10, 21, 59, 92,
 94, 96, 97

B

Bastard-Weidelgras 42
 Baumschule 25, 26, 29, 43, 62, 72,
 73, 82, 94, 98, 99, 106, 120, 123
 Beet 94
 befahren 62, 63
 Beschattung 2, 3, 18, 23, 25, 29, 30,
 31, 32, 33, 35, 36, 37, 38, 59, 60,
 91, 92, 106, 108
 bewurzelt 3
 Biomasse 124
 Bitterlupine 17
 Bodendeckung 12, 17, 42, 43, 45, 50,
 67, 68, 76, 85, 111
 Bodenfrost 17
 Brombeere 14
 Buschwuchs 3, 4

C

C
 N-Verhältnis 16
 chemische Unkrautbekämpfung 14
 chemische Verfahren 2, 13

D

Depression 9
 Deschampsia 45
 Dosierfehler 13

Dürre 20

E

Eiche 113, 116
 Einschlag 47
 Elymus 45
 Enddurchmesser 7, 38, 46, 47, 49,
 55, 56, 57, 68, 69, 70, 77, 78, 79,
 81, 86, 87
 Endhöhe 35, 37, 46, 47, 48, 55, 56,
 58, 59, 67, 68, 70, 77, 78, 79, 86,
 87, 92, 107
 Erdklee 17
 Erfahrungen 2, 4, 5, 6, 9, 10, 41, 59,
 61, 68, 83, 88, 95, 110, 111, 115,
 116, 118, 119, 121

F

Fichte 6, 12, 14, 120, 123
 Folgearten 95
 Form 2, 7, 8, 20, 21, 23, 39, 41, 43,
 45, 58, 73, 91, 93, 107, 113, 124
 Formveränderung 39, 107
 Formverbesserung 2, 5, 7, 50, 93
 Fräse 29, 54, 58, 101, 102, 103
 Frische 47
 Frost 20, 21, 96, 97
 Fruktifikation 1, 109

G

Gartenbau 16, 42
 gebeizt 68
 Getreide 64, 67, 68, 69, 71, 74, 76,
 77, 78, 79, 80, 81, 83, 85, 86, 87,
 88, 89, 95, 101, 104, 107
 Gift 67
 Gras 14, 15
 Gründung 16, 18, 42, 96, 112,
 114

H

h/d-Quotient 31, 35, 38, 39, 41, 46,
 48, 49, 52, 55, 56, 57, 58, 64, 66,

68, 69, 70, 71, 73, 76, 77, 78, 79,
81, 82, 86, 87, 88, 107, 124
Hacke 42, 54, 67, 85, 101, 102, 103
Hafer 18
Heister 1, 4, 6, 7, 14, 20, 97, 98, 100
Hitze 20
Höhenwachstum 6, 9, 11, 20, 36, 37,
39, 47, 56, 57, 59, 60, 68, 69, 76,
80, 86, 88, 89, 91, 92, 93, 95, 97,
110, 120
Holcus 45
Homogenität 63
Honiggras 45
Hormonhaushalt 5

I

Infektion 7
Inkarnatklees 42

J

Jungbestandspflege 100

K

Kalkulation 14, 71, 100
Kleinlebewesen 15
Konkurrenz 3, 11, 12, 13, 14, 17, 41,
42, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 60,
62, 63, 64, 67, 71, 76, 80, 83, 86,
95, 101, 104, 105, 108, 116
Konkurrenzregelung 2, 11, 14, 15, 16,
18, 23, 26, 41, 42, 44, 45, 49, 58,
60, 62, 63, 64, 66, 67, 71, 74, 75,
76, 79, 80, 81, 83, 84, 85, 87, 89,
91, 92, 95, 102, 103, 104, 106, 107
konkurrierende Vegetation 11, 13, 48,
49, 76
Kontrollsaaten 43, 50, 64, 66
Kosten 3, 6, 13, 14, 17, 21, 51, 61,
71, 99, 100, 101, 102, 103, 104,
108, 122
Krone 5, 93

L

Landbau 42, 43, 64, 109

Landsberger Gemenge 41, 42, 43,
45, 46, 47, 48, 49, 50, 60, 61, 91,
95, 107
Lärche 16, 111, 123
Leguminosen 18, 96
Leittrieb 6, 40, 59, 93, 106
Licht 11, 17, 18, 19, 39, 106, 108
Lichthabitus 18
Lochpflanzung 8
Lohden 6
Lolium hybridum 42

M

Mäuse 16, 67, 69, 70, 76, 77, 78, 80,
85, 110
Mehrzuwachs 5, 86, 93
Melioration 18
Mikroklima 21
Mineralisierung 96
Mulch 18

N

normalverteilt 27

O

Obstbau 5
ökologisch 95, 106
Ölrettich 17

P

Perserklee 64, 67, 68, 71, 89, 95,
101, 104, 107
Pfahlwurzel 10
Pflanzabstand 2, 3, 44, 66
Pflanzendecken 16, 18, 72, 88, 91, 95
Pflanzschock 3, 18
Pflanzung 6, 8, 14, 19, 21, 22, 33, 67,
99, 100, 111, 113, 117, 120, 122,
123
Pflanzverband 20, 25, 44, 54, 66, 84,
92, 108
Pflugeschnitt 99
Phacelia 17, 64, 67, 68, 69, 71, 81,
89, 95, 101, 104, 107

Q

Qualität 2, 3, 4, 64, 94, 113, 118, 120,
122, 124
Quecke 49

R

Raps 17
Räumung 100, 118
Regulierung 14
Reihenabstand 44, 53, 66, 75, 84
Reservestoffe 21
root-shoot-ratio 9
Rotklee 17

S

Saatgutdichte 43
Saatgutmenge 66, 75
Sämlinge 25, 62, 64, 65, 69, 71, 73,
80, 82, 86, 87, 98, 100
Schaftauflösung 97
Schatthabitus 18
Schere 8
Schnitt 3, 7, 10, 61, 65, 66, 70, 71,
74, 78, 79, 91
Schwarzwald 42, 112
Sekundärvegetation 13
Senf 17
Sommerweizen 18, 67
Sortierung 2, 3, 30, 31, 37, 82
Spätfrost 1
Sproßachse 5, 19, 40
Sproßschnitt 3, 5, 6, 7, 22, 32, 35, 36,
37, 38, 39, 42, 43, 46, 48, 49, 50,
52, 53, 54, 56, 57, 58, 59, 61, 65,
70, 71, 72, 74, 78, 79, 80, 89, 92,
93, 107
Standraum 20, 53
Stickstoff 18
Streß 7, 8, 92, 94, 107
Stroh 16
stufig 3, 56, 73, 77
Stufigkeit 4, 48, 60

T

Terminalknospe 5, 26
Triebchnitt 6, 118

Trifolium incarnatum 42

U

Überlebensrate 36, 46, 48, 55, 56, 68,
69, 70, 77, 78, 86
Unkraut 12, 15, 20, 95, 110
Unterschneiden 7, 9

V

Varianzhomogenität 27
Variationskoeffizient 42, 52, 82
Vegetationsdecke 12, 16, 43, 72, 95
Verband 20, 32, 53, 58, 66, 75
Verbiß 1, 30, 31, 50, 93, 97
Verbuschung 59, 60, 91, 96
Verdrängung 76, 95
Vermarktung 94
Versauerung 51, 103
Verschulung 3, 9, 94, 109
Versorgung 1, 18, 20, 21, 92
Versuchsanlage 24, 25, 26, 29, 54,
62, 66
Versumpfung 51, 103
Verweildauer 20, 99, 100
Vicia villosa 42
Vieltriebigkeit 96
Vitalität 9, 12, 19, 58, 60, 90, 94

W

Wachstumsfaktoren 11
Waldfeldbau 18, 118
Weidelgras 17
Weißklee 17
weite Pflanzverbände 2
Wilddruck 1
Wildling 41, 52, 124
Wildverbiß 97
Winterroggen 18, 67, 68, 76, 85
Wirkungsspektrum 13
Wuchsstockung 94
Wundheilung 10, 92
Wurzelschnitt 7, 8, 9, 10, 22, 32, 35,
36, 37, 38, 39, 60, 61, 65, 72, 74,
78, 79, 80, 90, 92, 94, 107, 110,
115
Wurzelsystem 8, 121
Wurzelwachstum 6, 11

Z

Zäunung 100
Zuwachs 89, 92, 117

Zwischensaat 16, 17, 18, 23, 42, 45,
50, 61, 64, 67, 69, 71, 74, 75, 76,
77, 78, 79, 80, 81, 83, 85, 86, 87,
88, 89, 95, 104, 107