

1 Arbeitsverfahren zur Voraussaat von Rotbuchen

1.1 Waldumbau im Wandel forstlicher Zielsysteme

Die Fläche Mitteleuropas wäre heute ohne den menschlichen Einfluss zu 90 % mit Wald bedeckt. Eine steigende Bevölkerungsdichte sorgte jedoch dafür, dass die Waldfläche z. B. durch unregelmäßige, übermäßige Holznutzung, Waldweide und Streunutzung stetig abnahm. Zu Beginn des 19. Jahrhunderts war die durch Rotbuchen und sonstige Hartlaubhölzer akzentuierte Waldfläche Mitteleuropas vielerorts auf nicht pflugfähige Standorte zurückgedrängt worden. An diese Phase der Übernutzung schloss sich eine Periode der Wiederaufforstung an. Charakteristisch für diese Epoche war die Umkehr des Flächenverhältnisses von Laub- und Nadelbäumen in der Bestockung durch die verstärkte Einbringung von Fichte insbesondere zu Lasten der Buche. Durch menschliche Einflussnahme entwickelte sich somit ein stark wirtschaftlich orientiertes Waldökosystem, das durch eine ungünstige Baumarten- und Altersklassenverteilung sowie eine zunehmende Artenmischung gekennzeichnet war (vgl. HASEL, 1985; HATZFELD, 1994; THOMASIU, 1996; SCHOPPA, 1999; JOHANN ET AL., 2004).

KÖBLE UND SEUFERT (2002) geben für die europäische Waldfläche den Anteil der Fichte mit 21 %, der Kiefer mit 31 % und der Buche mit ca. 7 % an. Nach TEUFFEL ET AL. (2004) stocken 86 % der Fichte in Europa (EU-14) außerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebietes, davon sind 4–5 Mio. ha auf dominierten Laubholzstandorten begründet. Allein in Deutschland befinden sich ca. 31 % dieser Fichtenflächen.

Von den sekundären Fichtenreinbeständen geht ein erhöhtes Risiko der Destabilisierung des Waldgefüges durch z. B. Sturm- oder Schneebruchschäden sowie regelmäßig auftretende Insektenkalamitäten aus. Vor allem die Windwurfereignisse 1990 durch die Stürme *Vivian* und *Wibke* sowie durch *Lothar* im Jahr 1999 sorgten für verstärkte Forderungen nach einem zielgerichteten, ökologischen Waldbau durch einen konsequenten Umbau in standortgerechte, stabile und artenreiche Wälder (vgl. KOHLSTOCK, 1993; HOFFMANN, 1994; VONHOFF, 1997; THOMASIU, 1996).

In den heutigen waldbaulichen Zielsystemen aller deutschen Landesforstverwaltungen wird diese Umbaubestrebung durch Mehrung des Laubwaldanteils insbesondere in den Waldbauprogrammen wie z. B. zur „Langfristigen ökologischen Waldentwicklung – LÖWE“ oder „Wald 2000“ festgeschrieben (vgl. PECK, 1980; WEIGER, 1990; LANG, 1991; MINISTERIUM FÜR UMWELT, RAUMORDNUNG UND LANDWIRTSCHAFT DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN, 1991; LANDESFORSTVERWALTUNG NIEDERSACHSEN, 1992; OTTO, 1992; BRAUN, 1995; OTTO, 1995; PAESCHKE, 1995; MRAZEK, 1995; HOLLÄNDER, 1999).

Die langfristige Bestandssicherung durch Einbringung von Laubholzbaumarten in Nadelholzreinbestände vor dem Hintergrund der Verminderung von abiotischen und biotischen Risiken soll dem Leitbild des Dauerwaldes folgen. Diese angestrebten arten- und strukturreichen Wälder sind in der Regel stabiler, zumindest aber elastischer als (sekundäre) Reinbestände. Somit schädigen störende Einwirkungen nicht zwingend die Gesamtbestandsstruktur und der Ausgangszustand kann relativ schnell wieder erreicht werden. Die in diesem Kontext ebenfalls angestrebte Naturnähe von erzeugten Laub-Nadelholzmischbeständen geht als Nebeneffekt mit der fokussierten Stabilitätsverbesserung einher (vgl. BURSCHEL, 1990; OTTO, 1993; THOMASIU, 1996; LÜPKE, 2004b).

In diesem Zusammenhang hat in den vergangenen Jahrzehnten der Begriff „Waldumbau“ einen hohen Stellenwert in der waldbaulichen Forschung und forstbetrieblichen Praxis eingenommen. Eine Vielzahl von Definitionen des Umbaus bzw. der Überführung von reinen Nadelholzbeständen in laubholzangereicherte Mischbestände belebten dabei die Diskussion (vgl. VOLZ, 1991; ARENHÖVEL, 1996; THOMASIU, 1996; BUTTER, 2001; LEDER, 2002).

Im Fokus der Umbaumaßnahmen standen und stehen nachhaltig multifunktionale Zielsetzungen, bei denen die Steigerung der Stabilität und die Erhaltung der natürlichen Biodiversität eine besondere Bedeutung besitzt. Hinzu kommen die Aspekte der langfristigen Speicherung von Kohlenstoff durch Ausweitung der Produktionszeiträume und der einzelstammweisen Nutzung zielstarker Baumdimensionen. Die genannten Gesichtspunkte stellen im Wesentlichen Naturschutzziele dar. Werden sie durch den Waldbesitzer erbracht, sind es Leistungen, für die es derzeit keine geldwerten Entschädigungen gibt. Waldumbau wird daher überwiegend im öffentlichen Wald betrieben, im Privatwald sind in der Regel finanzielle Anreize in Form von Erstattung der Kosten aus Steuermitteln notwendig, um diese gesellschaftspolitische Daueraufgabe zu erfüllen (vgl. PIEPER, 2002; MÖHRING, 2004).

Die angestrebte Multifunktionalität der Waldbewirtschaftung umfasst die Vielfalt der Nutz-, Schutz- und Erholungsleistungen, die ein Forstbetrieb im Interesse des Gemeinwohls erbringt bzw. erbringen soll. Ein entsprechend formuliertes Leitbild als Wirtschaftsziel führt bei Forstbetrieben – vor allem in Bezug auf Einzelbestände – zu Zielkonflikten. Naturnah ausgerichtete Wälder können, bedingt durch eine Überschneidung vielfältiger Ziele auf der Fläche, nicht alle Funktionen optimal erfüllen. So kann z. B. nach MÖHRING (2004) der Umbau von Fichtenbeständen in Fichten-Buchen-Mischbestände keinen Beitrag zur Lösung betriebswirtschaftlicher Probleme der Forstbetriebe darstellen (vgl. SPELLMANN ET AL., 2001; WEBER, 2003; RIPKEN, 2004; WAGNER, 2004).

Wie sich auch in den Ergebnissen der zweiten Bundeswaldinventur (BWI²) widerspiegelt, hat sich Deutschland in den zurückliegenden 15 Jahren durch den Aufbau von stabilen und naturnahen Wäldern schwerpunktmäßig an einer Erhöhung der forstlich-ökologischen Nachhaltigkeit ausgerichtet. Der Anteil der Laubbäume an der Waldfläche hat in den alten Bundesländern im Zeitraum 1987–2002 zu Lasten der Baumartengruppen Fichte und Kiefer um ca. 4,8 Prozentpunkte zugenommen. Der Flächenanteil der Fichte beträgt in Deutschland ca. 29 % (Nadelholz: ca. 59 %), während die Buche auf ca. 15 % (Laubholz: ca. 41 %) der Fläche stockt. Die BWI² weist auf 73 % der deutschen Waldfläche eine Mischbestockung aus. Der in Bezug auf die potenziell natürliche Vegetation ausgewiesene Indikator „Naturnähe“ wurde mit 76 % im Hauptbestand angegeben, in Jungbestockungen sogar mit 83 % (SCHMITZ, 2004).

Der Umbau von Waldbeständen wird auch zukünftig eine große Bedeutung in der Forstwirtschaft besitzen. Im Fokus der waldbaulichen Maßnahmen werden verstärkt die Mischung und Struktur von Beständen stehen, die sich auch den prognostizierten Änderungen des Klimas anpassen und aus Baumarten mit unterschiedlichen ökologischen Eigenschaften und Funktionen zusammensetzen. Die zu schaffenden Baumartenmischungen müssen eine hohe Anpassungsfähigkeit an unterschiedlichste Störungen erfüllen (erweiterte Risikostreuung durch Arten- und Strukturvielfalt), diese Bestände entfernen sich hingegen deutlich von der aktuell ausgewiesenen potenziellen natürlichen Vegetation. Darüber hinaus wird sich auch eine Umbaubestrebung nach forstbetrieblichen Zielen ergeben, die sich aus einer ökologischen oder ökonomischen Ausrichtung der nachhaltigen Sicherung der Waldfunktionen ergeben (vgl. THOMASIU, 1991; GERSTENGABE ET AL., 2003; LÜPKE, 2004a).

1.2 Aktuelle Waldumbau-Praxis

In den naturnah ausgerichteten Waldbaukonzepten ist die strikte Beachtung des Standortpotenzials bei der Baumartenwahl entscheidend. Die standörtlichen Voraussetzungen sind bedeutend, um Mischungen zu erziehen, in denen die gewählten Baumarten ihre speziellen Eigenschaften (z. B. Unterschiede in Lichtansprüchen, Wasser- und Nährstoffbedarf, Fruktifikation, Anfälligkeit bzw. Resistenz gegen Gefährdungen) optimal in die multifunktionalen Ziele einbringen.

Den Schwerpunkt beim Waldumbau von Nadelholzreinbeständen bilden Fichtenwälder, die zumeist auf Standorten stocken, wo die Rotbuche autochthone Baumart ist. Hier werden vor allem Mischbestände mit Buche angestrebt. In der Regel werden labile vor stabilen Fichtenbeständen, aber im Grunde alle nicht standortgerechten Nadelholzbestockungen in die aktuellen Umbauestrebungen mit einbezogen. Für 14 europäische Länder schätzen TEUFFEL ET AL. (2004) die potenzielle Umbaufläche für Fichte, die auf Laubholzstandorten stockt, auf 1,1–1,6 Mio. ha bei einer Einbringung von 30 % Laubholz in den Nadelholzbeständen.

Aufgrund des in einigen Regionen beobachtbaren Fehlens von ausreichend Laub-Samenbäumen (vor allem der Rotbuche) in umzuwandelnden Nadelholzbeständen existiert zumeist keine Möglichkeit, diese durch natürliche Verjüngung umzubauen. Der ökologisch orientierte Waldbau sieht i. d. R. eine kahlschlagsfreie Waldbewirtschaftung vor, so dass eine Überführung in stufige Mischbestände in erster Linie durch künstliche Verjüngung realisierbar ist (vgl. RICHTER UND LEDER, 1990; KESSEL, 1994; GEROLD, 1996).

Der Waldumbau von Fichtenreinbeständen in Fichten-Buchen-Mischbestände wird vielfach unter dem Schirm des Altholzes auf einer Fläche von 30–70 % durchgeführt. Die Schirmstellung und die somit zu regulierende relative Beleuchtungsstärke ermöglicht die Steuerung bzw. zeitliche Entzerrung der Konkurrenz zwischen der sich natürlich verjüngenden Fichte und der künstlich eingebrachten Buche. Der Altholzschirm bietet darüber hinaus Schutz gegen z. B. Spätfröste, Konkurrenzvegetationen oder indirekt auch Mäusefraß. Mit den angestrebten Buchen-Fichten- oder Fichten-Buchen-Mischbeständen werden die positiven Effekte eines strukturreichen und stufigen Dauerwaldes erreicht. So erzielen diese Maßnahmen z. B. eine Risikominimierung der Schäden, eine höhere Sortimentsstruktur des Einschlags und eine bodenpfllegliche Wirkung der Laubstreu (vgl. FLEDER, 1991; PAMPE, 2000; KRÜGER, 2002; OTT, 2002; REDDE, 2002; KÜHNE UND BARTSCH, 2003; AMMER UND WILNHAMMER, 2004).

Die Überführung der in Frage kommenden Fichtenreinbestände erfolgt in der Regel nach verschiedenen Behandlungskonzepten des Altbestandes. In Abhängigkeit von der jeweiligen Strategie unterscheidet PALMER (1985) den Voranbau vor dem Hintergrund des Waldumbaus und der Beimischung sowie ein aktives und passives Vorgehen bei der Umsetzung. Bedeutend ist hierbei das räumlich sowie zeitlich geordnete Vorgehen der Maßnahmen (Vor- und Endnutzungen) im Nadelaltholzschirm. Die Bestandsstabilität kann durch die Entwicklung kleinflächiger Mosaikstrukturen erhöht werden, wobei in diesem Zusammenhang der einzelstammweisen Zielstärkennutzung und einer entsprechenden Begründung auf den entstehenden Kleinflächen der Vorrang eingeräumt wird (vgl. PECK, 1980; PALMER, 1985; OTTO, 1993; LEDER, 2004).

Soll der Waldumbau dem Ziel einer vorausschauenden Anpassung der Bestände auf eine mögliche Klimaänderung in Mitteleuropa dienen, bedarf eine erfolgreiche Mischwaldmehrung auch einer höheren Vielfalt in den waldbaulichen Verfahren (Hiebseingriffe wie z. B. Loch-, Saumhiebe, lichte Schirmschläge oder Kahlschläge). Diese Forderung richtet sich nach den entsprechenden Eigenschaften der jeweiligen Mischbaumarten und wird mit Vertretern des naturnahen Waldbaus teilweise kontrovers diskutiert (LÜPKE, 2004a).

In erster Linie geschieht die Einbringung der Laubgehölze durch Pflanzung verschiedener Pflanzensortimente mit unterschiedlichen Arbeitsverfahren. Als klassisches Pflanzmaterial ist der Buchenwildling zu nennen, der nicht nur kostengünstig in Selbstwerbung gesicherter Herkunft, sondern auch bzgl. des Anwuchserfolgs im Vergleich zu Sämlingen und verschulten Pflanzen positiv abschneidet. Das Pflanzenmaterial aus den Baumschulen weist jedoch vielfach den deutlichen Vorteil auf, rascher das gesicherte Jungwuchsstadium als der Wildling zu erreichen. Laubholzgroßpflanzen finden ebenfalls beim Voranbau unter Nadelholzreinbeständen Anwendung, vor allem bei stark vergrasteten, verwilderten Flächen sowie nach Kalamitäten. Die Vorteile dieses Pflanzensortiments bestehen darin, dass die Terminalknospe bereits aus der bodennahen Frostzone sowie dem Äser vom z. B. Rehwild herausgewachsen ist, eine geringere Pflanzenzahl je Hektar sowie eine geringe (bis gar keine) Jungwuchspflege erforderlich

wird. Daraus ergeben sich im Vergleich zu zweijährigen Pflanzen geringere Gesamtkosten (vgl. PALMER, 1985; DAHMER, 1998; MÜLLER, 1999).

Den angeführten Vorteilen der Pflanzungen stehen jedoch bedeutende Kritikpunkte gegenüber. So werden oftmals zu hohe Kosten des Pflanzenmaterials, die zeit- und übungsintensiven, manuellen Handpflanzverfahren und die initiale Wuchshemmung (Pflanzschock) benannt. Darüber hinaus führen Standardarbeitsverfahren wie z. B. die Winkelpflanzung vor allem bei heute üblichen und somit nicht an diese Verfahren angepassten Laubholzpflanzsortimenten vielfach zu einer Wurzeldeformation und geringer Erschließung des Wurzelraums, was zu einer Gefährdung der Bestandsstabilität führen kann (vgl. DAHMER, 1998; REDDE, 2002; NÖRR, 2003; NÖRR, 2004).

Unter anderem die aufgeführten waldbaulichen Nachteile der Pflanzung haben in den zurückliegenden Jahren dazu geführt, dass die entsprechenden Konzepte verstärkt auf Naturverjüngung und – insbesondere beim Fehlen von ausreichend Samenbäumen – Saat setzten. Im Vergleich zum Voranbau durch Pflanzung wurzelnackter Buchensortimente hat die Saat den Vorteil, dass die Wurzelentwicklung und das Wachstum der Jungpflanzen physiologisch ungestört und natürlich ablaufen können. Darüber hinaus ergibt sich bei erfolgreichen Saaten und somit hohen Pflanzenzahlen durch innerartliche Konkurrenz eine frühzeitige Qualifizierung der Individuen und eine größere natürliche Selektionsmöglichkeit im Laufe des Bestandslebens (vgl. GOMMEL, 1994; ROSENHAUER, 1994; BAUMHAUER, 1996; MOSANDL UND FELBERMEIER, 1999 sowie NÖRR, 2004).

Unabhängig von den dargestellten Verfahren führen der hohe Kapitalbedarf, die lange Kapitalbindung und die hohen Zinskosten dazu, dass Investitionen für Bestandsbegründungen in den Forstbetrieben heute so gering wie möglich gehalten werden. Hinzu kommt der derzeit enorme Rationalisierungsdruck der deutschen Forstwirtschaft, der sich unter anderem auch in den Reformbestrebungen sowie der stärkeren erwerbswirtschaftlichen Ausrichtung der öffentlichen Forstbetriebe widerspiegelt. Entsprechende organisationspolitische und somit finanzpolitische Restriktionen haben zur Folge, dass waldbauliche Aktivitäten mit Investitionscharakter (hier vor allem die Bestandsbegründung sowie der Umbau) eingeschränkt werden. Dies zeigt sich in den abnehmenden Flächenanteilen der künstlichen Bestandsbegründung, die auch zukünftig einen stagnierenden, wenn nicht weiter rückläufigen Trend aufweisen wird. Die Hälfte der deutschen Landesforstverwaltungen wird die Kulturkosten senken, zum einen durch Ausweitung von Naturverjüngungen und zum anderen durch Anwendung von direkten Saaten im Rahmen der künstlichen Begründung (vgl. SCHRÖDER, 1999; ZULAUF, 2002). Den Rückgang von Pflanzungen sowie die gesenkten Pflanzenzahlen je Maßnahme belegt auch der zurückgehende Absatz unterschiedlicher Pflanzensortimente deutscher Forstbaumschulen. Des Weiteren hat sich das Baumartenspektrum der nachgefragten Forstpflanzen in den zurückliegenden Jahrzehnten stark zu Lasten homogener Nadelholzmassensortimente verändert, so dass Buchen- und Eichenpflanzen heute verstärkt vermarktet werden, was mit der vom Waldumbau betonten forstpolitischen Zielsetzung einhergeht (vgl. DÖRFLINGER, 1992; OTTO, 1994; SCHÜTE, 1994; RATHE, 1995; SCHLEGEL, 1997 sowie STATISTISCHES BUNDESAMT, 1978–2004).

Bei der zunehmenden Finanzknappheit der (öffentlichen) Waldbesitzer und der verstärkt erwerbswirtschaftlichen Ausrichtung der öffentlichen Forstbetriebe sind Rationalisierungspotenziale unter Wahrung der Nachhaltigkeit aller Waldfunktionen weiterhin zu erschließen. Dies gilt insbesondere für die kostenintensive Begründung und Erneuerung von Waldbeständen – eine Investition, die sich hinsichtlich von Einzelbeständen erst nach Jahrzehnten amortisieren kann (vgl. SCHRÖDER 1999; BUTTER, 2001). Lösungsmöglichkeiten werden in der Extensivierung entsprechender Maßnahmen sowie in der Anwendung von kostengünstigen und waldbaulich Erfolg versprechenden Alternativ-Arbeitsverfahren gesehen. So wird die direkte Saat von z. B. Bucheckern als das vielversprechendste waldbauliche Verfahren zur Lösung aktueller Problemstränge im Waldumbau angeführt.

1.3 Bucheckern-Voraussaat

Die künstliche Bestandsbegründung über direkte Saaten gehörte in den zurückliegenden Jahrzehnten nicht mehr zu häufig angewendeten Begründungstechniken. In den Anfängen der modernen Forstwirtschaft, zu Beginn des 19. Jahrhunderts, war dies jedoch anders, die „Restaurierung“ devastierter Wälder fußte auf der breiten Verwendung unterschiedlicher Saatechniken, im Wesentlichen durch die Einbringung von Nadelhölzern. Die Saat von Laubhölzern besaß in der jüngeren Vergangenheit eine vergleichbar geringere Bedeutung in der Kulturbegründung, so wurden schwerpunktmäßig Eichen oder in Einzelfällen Buchen gesät. Die Buchensaat – speziell die Voraussaat unter Fichtenschirm – kam jedoch im zurückliegenden Jahrzehnt wieder verstärkt zur Anwendung, so z. B. in den Bundesländern Nordrhein-Westfalen, Bayern und Sachsen, in denen vor allem die waldbaulichen Aspekte entsprechender Maßnahmen wissenschaftlich begleitet wurden. Im Fokus dieser Untersuchungen stand unter anderem die nähere Eingrenzung des Anwendungsbereiches, vornehmlich die erforderliche Ausgangssituation des Fichtenbestandes, die eine Saat gegenüber der Pflanzung rechtfertigt. So sind Wasser- und Nährstoffansprüche für die Etablierung der Sämlinge bedeutender als für mehrjährige Baumschulpflanzen. Darüber hinaus untersuchten die Studien schwerpunktmäßig die Intensität der Bodenbearbeitung sowie die Kombination mit Kalkungsmaßnahmen. Insbesondere die Schirmstellung, deren Einfluss auf die Niederschlagsmenge auf den Waldboden, die Wasserkonkurrenz der Altbäume sowie die Beleuchtungssituation in den ersten 5–10 Jahren spielen eine bedeutende Rolle für die Konkurrenz zur Begleitflora oder der Fichtennaturverjüngung (vgl. GOMMEL, 1994; BAUMHAUER, 1996; LEDER UND WAGNER, 1996; KÜßNER UND WICKEL, 1998; MOSANDL UND FELBERMEIER, 1999; AMMER, 2000; AMMER UND EL KATEB, 2001; LEDER ET AL., 2003; AMMER UND WILNHAMMER, 2004).

Direkte Buchensaat bedürfen großer Mengen an Eckern, da der Keim- und somit Anwuchserfolg im Wald auch bei einer vorherigen Bodenbearbeitung und eventuellen Kalkung wesentlich geringer ausfällt als in Kulturbeeten der Forstbaumschulen, wo es zusätzlich möglich ist, die Bodenfeuchte und Nährstoffzugabe zu kontrollieren. Als ein Kompromiss zwischen Ausfallrisiko und Kosten werden 50–100 kg Saatgut für eine Ausbringung auf einer Verjüngungsfläche von einem Hektar empfohlen, hingegen wurden auch mit deutlich geringeren Mengen (z. B. 20 kg/ha) positive Ergebnisse dokumentiert (vgl. BAUMHAUER, 1994; NÖRR, 2004).

Neben der Menge entscheidet vor allem eine hohe Qualität der Bucheckern aus autochthonen Herkünften, deren professionelle Vorbereitung (Stratifikation) sowie eine fachgerechte Behandlung während der Maßnahmen über den Erfolg einer Voraussaat. In der Literatur sind die Berentung von Buchenbeständen, Einlagerung und Stratifikation der Bucheckern sowie deren Behandlung und Transport zum Aussaattermin detailliert beschrieben (vgl. MINISTERIUM FÜR UMWELT, RAUMORDNUNG UND LANDWIRTSCHAFT DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN, 1998; LEPPER ET AL., 1996; SCHUBERT, 1999; GILLE, 2000 und LUDWIG, 2004).

Als Aussaatzeitpunkt wird je nach standort-klimatischen Voraussetzungen vielfach das Frühjahr von Ende April bis Anfang Mai empfohlen, zu dieser Jahreszeit ist der Einfluss abiotischer (Trockenheit und Frost) sowie biotischer Schäden (Mäuse, Schalenwild, Vögel etc.) an Eckern sowie Keimlingen deutlich geringer als im Herbst. Demgegenüber muss eine teurere Einlagerung und Aufbereitung des Saatgutes berücksichtigt werden (vgl. BAUMHAUER, 1994; LEDER UND WAGNER, 1996; AMMER, 2000; GILLE, 2000).

Bedeutend für den Keimerfolg der ausgebrachten Eckern sind die im Rahmen des Arbeitsverfahrens geschaffenen Keimbedingungen, vor allem die Freilegung des Mineralbodens und die Abdeckung des Saatgutes.

Direkte Saaten eignen sich vor allem nach Vollmastjahren, da der Preis für das Saatgut deutlich niedriger, die Qualität zudem hochwertiger und Fraßverluste durch z. B. Mäuse geringer ausfallen (vgl. BAUMHAUER, 1994; LEDER UND WAGNER, 1996; LEDER, 2004).

Als häufiges Argument für die Anwendung der direkten Saat gegenüber der Pflanzung werden die niedrigeren Gesamtkosten angeführt, die sich u. a. aus der geringeren Anzahl an Prozessschritten zur Etablierung eines Jungwuchses ergeben (vgl. GOMMEL, 1994; OTTO, 1994; LEDER UND WAGNER, 1996; BAUMHAUER, 1996; KÜßNER UND WICKEL, 1998; MOSANDL UND FELBERMEIER, 1999; STÄDTLER UND MELLES, 1999).

In der Literatur wird eine Vielzahl von unterschiedlichen Kostensätzen genannt, die unter Berücksichtigung der Ausbringungsqualität und Aussaatdichte sowie des Anwuchserfolgs ein stark heterogenes Bild ergeben. In Abhängigkeit von angewandten Verfahren und der Technisierungsstufe kann gemäß abnehmender Systemkosten folgende Reihenfolge angegeben werden: Manuelle Saaten (Handsaaten unter Zuhilfenahme von einfachen Werkzeugen, z. B. Wiedehopfhäue) lassen die höchsten Kosten, aber bei sorgfältiger Ausführung auch die besten Ergebnisse erwarten. Schleppergestützte Verfahren sind für große Flächenleistung konzipiert und kostengünstig, sie schneiden allerdings bei Ausbringungsqualität, Aussaatdichte und Bodenschonung schlechter ab. Saatverfahren mit pferdegezogenen (einfach mechanisierten) Betriebsmitteln sind in der Regel bei guter Flächenleistung und kontinuierlichem Saatvorgang, der zudem ständig vom Gespannführer kontrolliert werden kann, teurer als schleppergestützte Verfahren (NÖRR, 2004).

Die aufgeführten, aktuellen Erkenntnisse aus verschiedenen Bucheckern-Voraussaaten zeigen, dass diese unter entsprechenden Voraussetzungen heute einen festen Bestandteil im Waldumbau einnehmen und voraussichtlich bei den gegebenen Restriktionen im Vergleich zur Pflanzung zukünftig verstärkt Anwendung finden werden.

1.4 Verfahrenstechnologische Aspekte der Bestandsbegründung

Das mit Arbeitsverfahren der Bestandsbegründung herzustellende „Produkt“ bildet nach ERLER (2000) die verjüngte Bestandsfläche. Das räumliche Muster (selektiv, schematisch oder flächig), d. h. die bestandsörtliche Festlegung einer entsprechenden Arbeitsaufgabe, bestimmt vielfach über die Wahl des Betriebsmittels im jeweiligen Arbeitsverfahren. Auf die direkte Saat bezogen findet sich in der Literatur eine Fülle von unterschiedlichen, z. T. historischen Arbeitsverfahren, die sich nach dem gesäten Flächenanteil und vielfach auch durch die eingesetzten Betriebsmittel bzw. Werkzeuge unterscheiden. Zu nennen sind hier v. a. die Voll- oder Breitsaat auf der ganzen Verjüngungsfläche, die Streifenbreitsaat auf freigelegten Streifen mit einer Breite von 40–60 cm, die Rillensaat in mit einfachem Pflug erzeugten 10 cm breiten Furchen sowie die Plätzesaat auf einer Vielzahl von Kleinflächen mit einer Größe von jeweils 20–100 cm² (vgl. LOYCKE, 1963). Die Verfahren zum Umbau von Fichtenreinbeständen sollten je nach betrieblicher Zielsetzung auf 30–70 % der Fläche zum Einsatz kommen. Für die Erzielung von Buchenwertholz werden Horste mit einer Größe von 0,1 ha empfohlen, die mit ca. 500 lfd. M. Saatrillen (Rillensaat) oder ca. 330 Saatplätzen (plätzeweise Handsaat) begründet werden sollten (vgl. NÖRR, 2004).

Darüber hinaus werden die Arbeitsverfahren der Waldverjüngung auch nach der Intensität des Eingriffs in die Bodenstruktur unterschieden. Hierbei differenziert ERLER (2000) Verjüngungsmaßnahmen, die auf unbearbeitetem, freigelegtem und intensiver bearbeitetem Mineralboden stattfinden. Des Weiteren unterscheidet LOYCKE (1963) nach zunehmendem Eingriffsgrad das Aufreißen des Waldbodens mit Hilfe von Rechen, Eggen und Grubber, das Hacken der oberen Bodenzone mit manuellen Hacken oder Fräsen sowie das Wenden oder Umbrechen in verschiedenen Tiefen der Bodenzone vor allem durch unterschiedliche Pflüge. Hieraus resultieren

i. d. R. höhere Mechanisierungsgrade bei entsprechenden Saatverfahren im Vergleich zur Pflanzung, die vor dem Hintergrund der geringen Systemkosten teilweise positiv bewertet werden. Saatverfahren werden in nicht mechanisiert (reine Handarbeit inkl. tierisch gestützter Arbeit), teilmechanisiert (einfache Maschinenarbeit) und höhermechanisiert (bei der Verwendung von schleppergezogenen, kombinierten Saataggregaten) unterteilt (vgl. ERLER, 2000).

Berücksichtigt man die dargestellten „modernen“ waldbaulichen Konzeptionen – mehr Naturverjüngung, Mischbestände, kleinflächiger Wechsel der Bestockung –, die zwangsläufig zu auf kleinem Raum wechselnden Arbeitsaufgaben führen, dann lassen sich heute im Bereich der biologischen Produktion nur schwerlich großflächige Anwendungsmöglichkeiten hochmechanisierter Techniken erkennen, die zudem noch tief greifende Bodenbearbeitungen auf großer Fläche vollziehen. LÖFFLER (1988) spricht beim geschilderten kleinflächigen Aufgabenbereich der manuellen Arbeit mit ggf. motorgetriebenen, technisch einfachen Geräten (z. B. dem Einmann-Lochbohrgerät) eine große Bedeutung zu.

Für die Vorbereitung von Pflanz- und Saatplätzen (bzw. Reihen) wurden in den zurückliegenden Jahren verschiedene, z. T. regional verbreitete Betriebsmittel wiederentdeckt und entsprechende Konzepte entwickelt, so z. B. der *Sögeler Forststreifenpflug*, der *Waldmeister-Forstpflug*, der *Eberswalder Streifenpflug*, der *Meinberg Wundstreifenpflug* (zzgl. dem Saat-Anhängeaggregat *EggeSaat*), die *Sämagrub*, der *Kobold*, die *ÖkoSat/U* und der *Weilmünster Waldgrubber* (vgl. LEDER, 1996, LEDER, 2000; KOCH, 1999; RIPKEN, 2003). Eine detailliertere Übersicht von historischen, aktuellen sowie lokal adaptierten Betriebsmitteln und daran ausgerichteten Arbeitsverfahren zu Bodenbearbeitung und Saat sind LOYCKE (1963) und KWF (1999) zu entnehmen.

Entsprechende Bodenverwundungs- und kombinierte Saatgeräte werden vielfach für den Schlepper- und/oder Pferdezug angeboten. Am Einsatz von Schleppern als Zugmittel für die Geräte (i. d. R. für die Landwirtschaft konzipiert und mit forstlicher Zusatzausstattung aufgerüstet) wird die flächige Befahrung der Standorte und eine damit einhergehende Veränderung der Bodenstruktur sowie Beschädigungen des verbleibenden Bestandes kritisiert. Dem stehen höhere Flächenleistungen als mit tierisch gestützten Verfahren gegenüber, die jedoch als bestands- und bodenpfleglicher eingeschätzt werden. Insbesondere die Aggregate für den Pferdezug sind oft Einzelanfertigungen und durch einen geringen Absatz, eine daher eingeschränkte Verbreitung und ständige, z. T. individuelle Weiterentwicklungen durch die Betreiber gekennzeichnet (vgl. Kapitel 3.3).

1.5 Einsatz von Zugpferden in der Waldarbeit

Der Einsatz von Pferden in der Waldarbeit gewinnt heute vor allem dann an Bedeutung, wenn alternative, meist höher mechanisierte Verfahren ökologisch kritisiert werden. Dies trifft vorwiegend im Zusammenhang mit dem flächigen Befahren von Waldstandorten sowie der Beschädigung des verbleibenden Bestandes durch schwere Forstmaschinen zu. Der Boden gilt in der Forstwirtschaft als grundlegender Produktionsfaktor und wird als volkswirtschaftlich bedeutendes Kulturgut angesehen, was auch durch die verstärkte Zunahme von entsprechenden gesetzlichen Regelungen sowie den von Forstbetrieben selbst auferlegten Zertifizierungskonzepten in den zurückliegenden zwei Jahrzehnten zum Ausdruck kommt (vgl. Kapitel 5.3.4).

Noch bis zur Mitte der 40er Jahre des vergangenen Jahrhunderts stellte das Pferd – abgesehen von einigen wenigen Zugochsen – das alleinige Hilfsmittel bei der manuellen Arbeit im Wald dar. Dabei handelte es sich überwiegend um schwere Kaltblüter mit phlegmatischem Temperament, die entweder aus den Ställen Wald besitzender Bauern oder aus forsteigenen Stallungen stammten. Auch Pferde mit geringerem Körpergewicht wie Haflinger, Fjordpferde oder Warmblüter eines schwereren Schlags kamen zum Einsatz, erbrachten aber

nicht die Zugkräfte der Kaltblutpferderassen. Das Pferd als Zugmittel in der Holzbringung und beim Transport sowie bei der Bodenvorbereitung für Verjüngungsmaßnahmen war fester Bestandteil im damaligen Forstbetrieb (vgl. RINGELMANN, 2002; SCHARNHÖLZ, 2002).

Bereits zwischen dem Ersten und Zweiten Weltkrieg, insbesondere in den Jahren der Weltwirtschaftskrise, wurde der Grundstein für die Mitte der 1950er Jahre voranschreitende Mechanisierung und Rationalisierung gelegt. Moderne Techniken in der Waldarbeit, zunächst in Form von einfachen Schleppern, substituierten verstärkt die tierische Zugkraft. Von 1960 bis 1965 halbierte sich die Zahl der Pferde in Deutschland von 1.000.000 auf 417.000, während sich im gleichen Zeitraum die Zahl der Schlepper von 520.000 auf 1.100.000 mehr als verdoppelte (vgl. ROGALL, 1968).

Ein weiterer Mechanisierungsschub von schweren, selbstfahrenden Forstmaschinen ergab sich aus den Sturm- und Brandkatastrophen in den 1970er Jahren. Diese Ereignisse machten eine effiziente Aufarbeitung des liegenden Rohholzes erforderlich. Die Arbeit mit dem Zugpferd im windgeworfenen Holz deklassierte sich vielerorts durch die geringe Leistung, hohe Beanspruchung von Pferdeführer und Tier sowie die Unfallgefahr. Der Pferdeeinsatz nahm in den ausklingenden 70er Jahren des vergangenen Jahrhunderts nur noch eine Randposition in der deutschen Waldarbeit ein, bzw. war bereits ganz aus dem breiten Arbeitsfeld verschwunden (vgl. CERNY, 1987).

Eine eingeschränkte Renaissance erfuhr der Einsatz von Zugpferden in der Waldarbeit in den 1980er Jahren. Ein durch akute Umweltschäden für die Natur geschärftes Bewusstsein der deutschen Bevölkerung förderte ein Umdenken in der bis dato auf Mechanisierung ausgerichteten Forstwirtschaft. Mit der Hinwendung zur naturgemäßen Waldbewirtschaftung verstärkten sich die Forderungen der Boden- und Bestandspfleglichkeit von Arbeitsverfahren in der Bewirtschaftung der Wälder, womit die Alternative der Holzbringung mit dem Pferd wieder eine höhere Bedeutung gewann. Im Zuge dieser Entwicklungen wurden im Haupteinsatzgebiet der Rückepferde in der Bringung von Rohholz verschiedene Arbeitsverfahren konzipiert und erprobt, die vielfach einen kombinierten Einsatz von Pferd (zum Vorrücken) und Forstschlepper (aufgerüstete landwirtschaftliche Schlepper und Forstspezial-Seilschlepper zum Endrücken) vorsahen. Auch im Rahmen der Bodenvorbereitung zur Förderung der Naturverjüngung und der Saat wurden wieder verstärkt Pferde eingesetzt (s. o.).

Die Ausweitung des Einsatzes von Pferden in der Waldarbeit in den 80er Jahren des 20. Jahrhunderts wurde zudem durch staatliche Fördermaßnahmen einzelner Bundesländer begünstigt. Für z. B. die Holzernte ergab sich so ein föderalistisch heterogenes Bild, weil sich die staatliche Unterstützung von der Nullförderung in Niedersachsen und dem Saarland über die Gewährleistung zinsloser Darlehen in Hessen, der direkten Subvention von (pferde-) gerücktem Holz in Nordrhein-Westfalen und Schleswig-Holstein bis hin zur Gewährung direkter Beihilfen in unterschiedlicher Höhe für Investitionen in Baden-Württemberg, Bayern und Rheinland-Pfalz erstreckte. Neben der direkten finanziellen Unterstützung stellt eine konstante jährliche Auslastung der Pferde sicher, dass die Pferdeführer ihre Haltungs- und Einsatzkosten abdecken können. Eine entsprechende Auslastung wird mit ca. 1.500 - 2.000 m³(f)/a/Pferd angegeben (vgl. SCHWILL, 1987; RINGELMANN, 2002).

Sowohl die politischen Veränderungen im Zuge der deutsch-deutschen Wiedervereinigung als auch die Windwürfe der Orkane *Wiebke* und *Vivian* Anfang der 1990er Jahre sorgten für einen erneuten Rückgang des Pferdeeinsatzes. Nach BONIN (1999) schufen vor allem die geringen Rohholzpreise und der inzwischen vorhandene höher mechanisierte Maschinenbestand ungünstige Einsatzbedingungen von Zugpferden (s. o.). SCHROLL (2000) führt ebenfalls an, dass auch die Ende 1999 vom Orkan *Lothar* verursachten Schäden für weitere rückläufige Tendenzen v. a. im für den Pferdeeinsatz bedeutenden Bundesland Baden-Württemberg gesorgt haben.

Einen Hinweis auf die meist geringe Anzahl von Pferden in der Waldarbeit kann die Entwicklung des Kaltblutzuchtpferdebestands bieten. 1950 belief sich die Zahl der Zuchtstuten auf 99.329 und sank bis zum Jahre 1977 auf 1.181 ab. Im Jahr 1980 stieg sie wieder leicht auf 1.810 Stuten und konnte nach der deutsch-deutschen Wiedervereinigung eine erneute Erhöhung auf 2.777 Stuten im Jahre 1990 und zehn Jahre später auf 4.454 Kaltblutzuchtstuten verzeichnen. Betrachtet man für das Jahr 2002 deren Anteil von 4.446 registrierten Tieren am Gesamtzuchtstutenbestand, so fällt dieser mit ca. 5 % eher gering aus. Hier zeigt sich, dass Pferde heute verstärkt für Sport- und Freizeitaktivitäten genutzt werden (vgl. FRÖBA, 1992; NEUBERGER, 1993; SCHARNHÖLZ, 2002 sowie FN, 2002).

Die Anzahl der im Forst eingesetzten Zugpferde ist heute aufgrund der heterogenen Struktur der meist im Nebenerwerb arbeitenden Pferdeführer schwer zu ergründen. Verschiedene Untersuchungen auf der Basis von Befragungen zeigen diese Schwierigkeit selbst bei der Festlegung auf einzelne Bundesländer auf. Nach GEILE UND SCHULZE (1993) belief sich in Unternehmen, die Pferde einsetzen, der Bestand Anfang der 1990er Jahre auf ca. 2,5 Pferde pro Betrieb. Bei durchschnittlich 1.128 Pferdearbeitsstunden pro Jahr wurde kalkuliert, dass in Deutschland ca. 8 % des Rückevolumens durch den Einsatz von Pferden erbracht werden konnten. RINGELMANN (2002) ermittelte für das Erhebungsjahr 2001 einen Bestand von 1.061 Pferden, die regelmäßig in der Holzernte eingesetzt wurden. Hierunter zählten auch ca. 64 Zugpferde, die in Eigenregie von staatlichen Forstbetrieben zum Einsatz kamen. Nach NICK UND FORBRIG (2002) belief sich die Zahl der in der Waldarbeit eingesetzten Pferde Anfang des 21. Jahrhunderts in Deutschland auf insgesamt 359.

Eine ernsthafte ökonomische und auch volkswirtschaftliche Bewertung des Pferdeeinsatzes in der Waldarbeit fällt schwer, da vor allem in der (Betriebs-) Struktur eine Trennung zwischen Hobby, Neben- und Haupterwerb schwer vorzunehmen ist. Ein ökonomisch sinnvoller Einsatz von Zugpferden wird heute nur noch für Dienstleistungsunternehmen mit angeschlossener Landwirtschaft gesehen, in denen der Einsatz von Forstschleppern und Pferdekraft Kosten sparend verbunden werden kann und individuell organisatorische Rahmenbedingungen gegeben sind (vgl. RINGELMANN, 2002; SCHRÖDER, 1999). So ergeben sich heutige Einsatzbereiche von Kaltblutpferden neben der Waldarbeit schwerpunktmäßig in der Landwirtschaft, im Gartenbau, bei Kommunalarbeiten, im Rahmen von Planwagen- und Kutschfahrten sowie zur Beförderung unterschiedlicher Lasten.