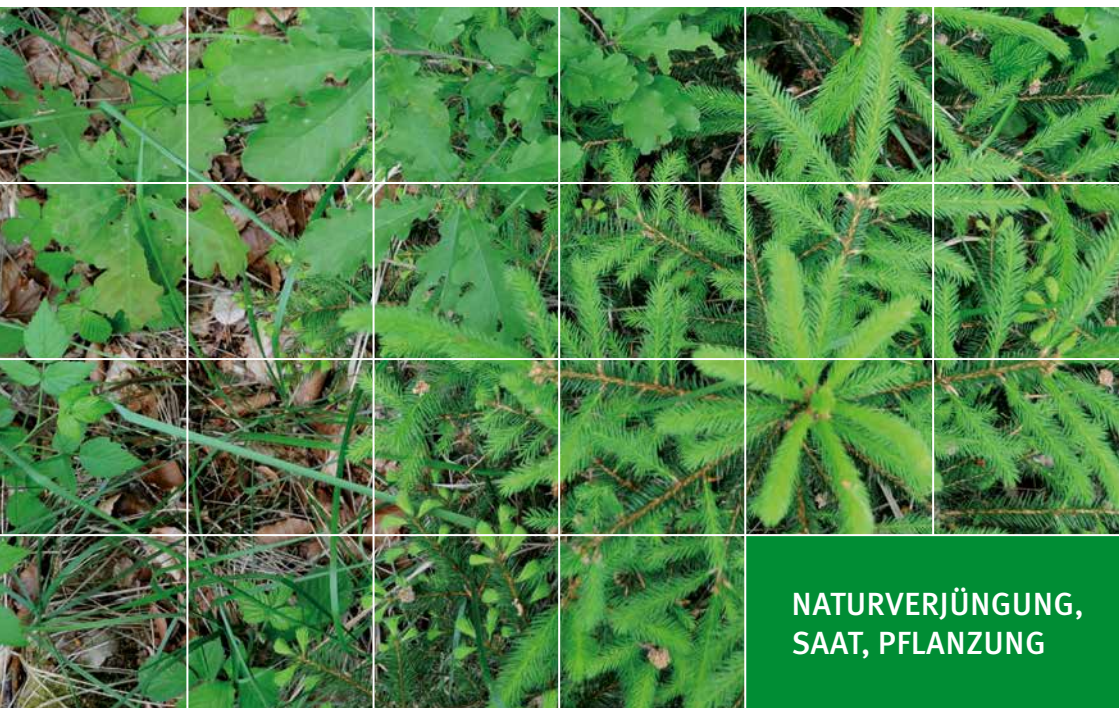




fnr.de

BEGRÜNDUNG VON WALDBESTÄNDEN



**NATURVERJÜNGUNG,
SAAT, PFLANZUNG**

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

FNR
Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.

IMPRESSUM

Herausgeber

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)

OT Gülzow, Hofplatz 1

18276 Gülzow-Prüzen

Tel.: 03843/6930-0

Fax: 03843/6930-102

info@fnr.de

www.fnr.de

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und
Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Text

AD Dr. Bertram Leder, Arnsberg

LFD i. R. Uwe Schölmerich, Bonn

Redaktion

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), Abteilung Öffentlichkeitsarbeit

Bilder

Titel: Uwe Schölmerich

Gestaltung/Realisierung

www.tangram.de, Rostock

Druck

www.mkl-druck.de, Ostbevern

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier mit Farben auf Pflanzenölbasis

Bestell-Nr. 1.177

1. Auflage

FNR 2022

BEGRÜNDUNG VON WALDBESTÄNDEN





© Jacob Lund/Adobe Stock

INHALT

1	Einleitung	4
2	Wald der Zukunft	6
3	Waldverjüngung: natürlich oder künstlich	10
4	Naturverjüngung	15
5	Saat	25
5.1	Eichen-Saaten	26
5.2	Birken-Schneesaat	27
5.3	Bucheckern-Voraussaat	27
5.4	Eichen-Hähersaat	30
6	Pflanzung	31
6.1	Vor der Pflanzung auf der Freifläche	32
6.1.1	Flächenvorbereitung	32
6.1.2	Flächenräumung	33
6.1.3	Bodenvorbereitung	36
6.1.4	Freizuhaltende Bereiche	36
6.1.5	Baumartenwahl	38
6.1.6	Baumartenmischung	40
6.1.7	Pflanzgut	40
6.1.8	Pflanzeneinschlag	51
6.1.9	Pflanzzeitpunkt	53



© candy1812/Adobe Stock

6.2	Pflanzverfahren	53
6.2.1	Wurzelentwicklung, Wurzelschnitt	54
6.2.2	Manuelle Pflanzverfahren	55
6.2.3	Maschinenunterstützte Pflanzlochbohrung	66
6.2.4	Maschinelle Pflanzung	69
6.2.5	Containerpflanzungen	71
6.3	Pflanzverbände	73
6.3.1	Rahmenwerte	73
6.3.2	Einbeziehung vorhandener Naturverjüngung	78
6.3.3	Sukzessionsgestützte baumzahlarme Pflanzverbände	80
6.4	Nachbesserungen	88
6.5	Pflanzung unter Schirm, Voranbau	89
6.6	Vorwald	89
7	Waldränder	92
8	Schutz der Verjüngung vor Wildschäden und Mäusefraß	94
9	Staatliche Förderung	99
10	Anforderungen von Forstertifizierungssystemen an die Waldverjüngung	100
11	Literatur und weitere Informationen	102

1 EINLEITUNG

Vor dem Eingreifen des Menschen in die Natur war Deutschland fast vollständig mit Wald bedeckt. Würde man das Land heute einer natürlichen Entwicklung überlassen, so würden sich nicht bebaute Flächen sehr schnell wieder fast vollständig mit Wald bedecken. Der Wald ist die der unbeeinflussten Natur nächste Vegetationsform Deutschlands.

Der Wald regeneriert und verjüngt sich von Natur aus selbstständig. Dies geschieht über verschiedene, oft sehr lange Zwischenstadien als sukzessionale Entwicklung. So können

sich auf Freiflächen, nachdem sich Moose, Gräser, Kräuter und Sträucher eingefunden haben, zunächst überwiegend Pioniergehölze wie Birken, Weiden, Kiefern, Aspen, Vogelbeeren, Lärchen und andere Gehölze etablieren. Nach und nach – meist erst nach mehreren Jahrzehnten – wandern dann zunehmend schattentolerante Baumarten wie zum Beispiel Buchen oder Tannen ein, die schließlich den Endbestand, die sogenannte Klimaxgesellschaft bilden. Bei besonderen Standorteigenschaften können auch lichtliebende Baumarten wie zum Beispiel die Eiche die Schlusswaldgesellschaft bilden.



Bild 1: Femelartige Tannen-Buchen-Douglasien-Fichten-Naturverjüngung im montanen Bergmischwald

Da der Wald nicht nur wichtige Schutz- und Erholungsfunktionen erfüllt, sondern einen unverzichtbaren volkswirtschaftlichen Wert darstellt und den wichtigen nachwachsenden Rohstoff Holz auf umweltfreundliche Weise produziert, kann die Verjüngung des Waldes nur in wenigen Ausnahmefällen dem Zufall überlassen bleiben.

Denn Qualität und Wertentwicklung des Waldes der Zukunft hängen eng mit der Auswahl von Baumart, Herkunft, Pflanzenqualität und den verwendeten Verjüngungsverfahren zusammen. Wir ernten heute wertvolles Eichenfurnierholz und profitieren damit von den im 18. und 19. Jahrhundert aufwändig begründeten Eichenkulturen – genauso müssen auch wir durch die sorgfältige und überlegte Steuerung der Waldverjüngung unseren Beitrag zur Nachhaltigkeit leisten.

Vor dem Hintergrund der laufenden Klimaveränderung kommt zusätzlich die Aufgabe hinzu, die Stabilität, Vitalität und Reaktionsfähigkeit unserer Wälder zu erhöhen. Die Frage der Baumarten- und Herkunftswahl steht hier ebenso im Vordergrund wie die Entscheidung, welche Rolle eingeführte, fremdländische Baumarten künftig in unseren Waldökosystemen spielen sollen. Das Einbringen neuer Baumarten wird regelmäßig Aufgabe der künstlichen Verjüngung sein.

Nicht zuletzt ist die Biodiversität hinsichtlich Artenvielfalt und genetischer Diversität in Waldökosystemen durch Verjüngungsverfahren stark zu beeinflussen. Dabei ist nicht nur die Artenvielfalt, sondern auch

die genetische Vielfalt innerhalb der Arten entscheidend für die Anpassungsfähigkeit von Ökosystemen an sich ändernde Umweltverhältnisse. Natürliche und künstliche Verjüngungsverfahren müssen daher auch unter diesem Aspekt bewertet werden. Die Vorteile, die langfristig an die herrschenden Standorteigenschaften angepasste Herkünfte bisher besitzen, verlieren zugunsten von mehr Diversität ihre Bedeutung.

ZIEL DER WALDVERJÜNGUNG

Ziel der Waldverjüngung ist die Sicherstellung einer zukunftsfähigen, d.h. anpassungsfähigen Bestockung mit standortgerechten, stabilen, strukturreichen und produktiven Wäldern. Dabei sollen Mischwälder mit einem weiten Baumartenspektrum (Kombination aus Baumarten unterschiedlicher Standortansprüche, Anpassungsfähigkeit und Störanfälligkeit) auch unter Einbeziehung von natürlich verjüngten Pionierbaumarten und bewährten fremdländischen Baumarten entstehen. Durch die damit verbundene Risikoverteilung können sich diese Mischwälder besser an sich ändernde Umweltbedingungen anpassen als Reinbestände oder baumartenarme Bestände.

2 WALD DER ZUKUNFT

Die Verjüngung bestimmt in einem Bestand das biologische und das forstliche Geschehen der nächsten Jahrzehnte, des nächsten Jahrhunderts und auch noch darüber hinaus. Dies sollte man sich deutlich vor Augen führen, wenn es um die Baumartenwahl und um die Verwendung der richtigen Herkünfte geht.

Oft wird die Rolle der Herkünfte unterschätzt. Vergleichende Untersuchungen unterschiedlicher Herkünfte einer Baumart am gleichen Standort zeigen immer wieder den Einfluss der genetischen Eignung auf Vitalität, Wachstum und Zuwachs und Stabilität.

Deshalb sollten bei Pflanzung und Saat die Empfehlungen der Bundesländer zur Verwendung geeigneter Herkünfte unbedingt beachtet werden.

So ist die Verjüngung die einzige Gelegenheit im Leben eines Bestandes, Fehler der Vergangenheit in Hinsicht auf Baumartenwahl oder Anbau falscher Herkünfte zu korrigieren. Dies stellt Waldbesitzende jedoch zukünftig vor eine besondere Herausforderung: Im Klimawandel müssen bezüglich der Baumarten- und Herkunftswahl Entscheidungen getroffen werden. Häufig handelt es sich dabei um Entscheidungen



Bild 2: Wiederbewaldung von Sturmwurffläche mit Laubbäumen

in Unsicherheit, denn verlässliche Vorhersagen zum Klimawandel und den damit verbundenen Standortveränderungen an einem bestimmten Ort können derzeit noch nicht gemacht werden.

Die Wälder wurden schon immer von Extremwetterereignissen beeinflusst. Doch haben Häufigkeit und Ausmaß in jüngster Zeit deutlich zugenommen. Sturm, Dürre und Borkenkäferkalamität haben in den Jahren 2018 bis 2020 zu erheblichen Schadflächen geführt. Dies stellt eine außergewöhnliche und extreme Herausforderung für alle Waldbesitzenden dar.

Viele unserer Hauptbaumarten sind infolge der Witterungsextreme in ihrer Vitalität beeinträchtigt. Der Wald ist vielerorts gestresst und leidet unter den Folgen von Hitze und Trockenheit. Immer häufigere klimatische Extremereignisse sowie ein hoher Schädlingsdruck haben in den letzten Jahren zu Vitalitätsverlusten bei den Haupt- und einigen Nebenbaumarten in historisch bisher unbekannter Dimension geführt. Hinzu kommt das Risiko der Einschleppung fremder Schadorganismen durch die globalen Verkehrs- und Warenströme. Krankheiten wie der Kastanienrindenkrebs haben so die Möglichkeit, sich über weite Teile Europas ungehindert auszubreiten. Diplodia-Triebsterben bei Kiefer, aber auch an Douglasie u. a., komplexe Schäden an Buche, die Rußrinden-Erkrankung an Bergahorn, Schmetterlingsarten an Eiche (Eichen-Prozessionsspinner, Schwammspinner, Frostspanner, Eichenwickler), Fichten-Borkenkäfer, Tan-

nen-Rindennekrose, Eschentriebsterben oder Ulmensterben tragen zum Verlust des Artenreichtums (Baumarten-Diversität) der Wälder bei. Dennoch sind diese Baumarten für den zukünftigen Waldaufbau weiterhin aus Gründen der ökologischen Kontinuität, der Resilienz, ihrer naturschutzfachlichen Bedeutung und auch aufgrund des Leitbilds einer naturnahen Waldbewirtschaftung wichtige Elemente eines klimawandelorientierten Waldmanagements.

Risikoversorge

Waldbauliche Strategien im Klimawandel fördern die Artenvielfalt. Reich strukturierte Mischwälder mit einem breiten Baumartenspektrum können sich als Ökosystem durch die damit verbundene Risikoverteilung besser an sich ändernde Umweltbedingungen anpassen. Waldbesitzende wissen: Die Begründung von Wäldern ist eine langfristige Investition, durch die sie sich für mehrere Jahrzehnte festlegen. Die langen Zeiträume enthalten Risiken, die bei der Planung so weit wie möglich berücksichtigt werden sollten. Unter Beachtung ökologischer, ökonomischer und sozialer Rahmenbedingungen ist es daher auch bei der Baumartenauswahl dringend erforderlich, Risikoversorge zu betreiben. Zurzeit können jedoch weder das zukünftige Klima noch das damit verbundene Störungsregime unserer Wälder verlässlich prognostiziert werden. Daher müssen aktuelle waldbauliche Entscheidungen flexibel und offen für alle möglichen Fälle sein. Diversität in Bezug auf Baumarten, Genetik und Waldstrukturen ist ein wesentlicher Beitrag zur Risikostreuung.

Anpassungsfähigkeit der Baumarten

Klimaänderungen, insbesondere wenn es um Hitze und Trockenheit geht, lösen bei den Baumarten Stress aus. Dieser führt entweder zur Anpassung oder zu Schäden bzw. dem Absterben von Bäumen. Die Anpassung wird durch Variation und Selektion ermöglicht. So entstehen durch Mutation neue Genotypen, die sich umso erfolgreicher fortpflanzen können, je besser sie angepasst sind.

Weil die Umweltveränderungen auf etablierte Waldökosysteme treffen, sind die Auswirkungen des Klimawandels auf den Wald schwierig abzuschätzen. Unsere derzeitigen Kenntnisse über das Wachstum der Bäume beruhen auf der Annahme, dass die klimatischen Verhältnisse konstant sind. Tatsächlich ist dies nicht der Fall. Auch mit

den Klimaänderungen in geschichtlicher Zeit gingen Wandlungen der Baumartenzusammensetzung unserer Wälder einher. In jüngster Zeit zeichnet sich eine weitere Veränderung der Waldverbreitung und Walzzusammensetzung ab, und zwar schneller als je zuvor. Mit diesem Klimawandel ändern sich erneut die Wachstumsgrundlagen für die Waldökosysteme und damit die Produktionsbedingungen für die Forstwirtschaft. Die Annahme langfristig stabiler Standorte entspricht nicht mehr der Realität.

Aufgrund der Auswirkungen des Klimawandels liegt die Schlussfolgerung nahe, dass viele unserer Baumarten an die Grenzen ihrer Anpassungsfähigkeit gestoßen sind. In vielen Waldbeständen erleben wir eine Phase erhöhter Labilität. Durch die sich än-



Bild 3: Buchenverjüngung gedeiht am besten im Halbschatten der Mutterbäume

dernden Wachstums- und Konkurrenzbedingungen haben einige Baumarten Vorteile, andere Baumarten werden zurückgedrängt. Dies führt zu einer Veränderung der Arten-, Alters- und Raumstruktur unserer Wälder. Das Landschaftsbild ändert sich: Dort, wo beispielsweise Fichtenbestände vorherrschen, werden zukünftig besser an den Klimawandel angepasste Baumarten den Weldaufbau dominieren.

Konkrete waldbauliche Strategien müssen flexibel sein, bestehende Unsicherheiten berücksichtigen, marktstrategische Überlegungen einbeziehen und so konzipiert sein, dass die Möglichkeit der raschen Erholung nach Störungen sichergestellt ist. Sie müssen sich ständig an neue Erkenntnisse und Umweltbedingungen anpassen können (klimaadaptives Waldmanagement).

Erfahrungen aus den letzten großen Sturmereignissen und Forschungsergebnisse zeigen: eine Baumart breitet sich umso weiter und intensiver aus,

- je konkurrenzstärker sie ist,
- je breiter ihre genetische Reaktionsnorm ist, also je mehr sie suboptimale Klimaverhältnisse toleriert,
- je anspruchsloser sie bezüglich des pH-Wertes des Bodens ist,
- je fester sie sich im Boden verankern kann,
- je weniger sie durch Feinde gefährdet ist,
- wenn sie sich durch frühe, häufige, ergiebige Fruktifikation, rasche Besiedlung von Freiflächen, ein rasches Jugendwachstum und hohe Regenerationsfähigkeit auszeichnet.

Dagegen tritt eine Baumart umso mehr in den Hintergrund,

- je konkurrenzschwächer sie ist,
- je enger ihre Reaktionsnorm gegenüber Klimafaktoren ist,
- je stärker sie an bestimmte Bodeneigenschaften gebunden ist,
- je mehr konkurrenzstärkere Baumarten im selben Raum vorhanden sind,
- je labiler sie ist und
- je mehr sie durch Feinde (Wild, Insekten etc.) gefährdet ist.

WALDENTWICKLUNGSTYPEN

Aktuelle Waldbaukonzepte beinhalten die Beschreibung von Waldentwicklungstypen und damit auch Vorschläge für die Baumarten- und Herkunftswahl im Klimawandel.

Waldentwicklungstypen sind Kombinationen von Baumarten mit ähnlichen Standortansprüchen bezüglich des Gesamtwasserhaushalts, des Nährstoffgehalts sowie der Länge der Vegetationszeit. Sie beschreiben konkrete Empfehlungen für einen klimangepassten Waldbau. Dabei handelt es sich um idealtypische, standortgerechte Mischbestände, deren Baumartenzusammensetzung als Zielvorstellung für die Bestandesbegründung bzw. -entwicklung dienen kann. Waldentwicklungstypen werden nach standörtlichen, waldökologischen und forstwirtschaftlichen Gesichtspunkten unter Berücksichtigung des Klimawandels hergeleitet.

3 WALDVERJÜNGUNG: NATÜRLICH ODER KÜNSTLICH

Die Verjüngung der Waldbestände kann entweder durch künstliche Verjüngung, d. h. Saat oder Pflanzung, oder durch natürliche Verjüngung, d. h. durch Übernahme von natürlich aufgelaufenen Samen von vorhandenen Samenbäumen erfolgen.

Die Entscheidung, in welcher Weise die Verjüngung erfolgen soll, wird dabei entscheidend durch die betrieblichen Zielsetzungen und die waldbaulichen Möglichkeiten und Gegebenheiten im Forstbetrieb bestimmt.

Vorteile der **natürlichen Verjüngung** sind neben der Kostenersparnis bei Pflanzung und Pflanzen die Erhaltung genetisch wertvoller Bestände und deren genetischer Variabilität, kleinflächige Anpassung der Verjüngung an die vorhandenen Standort-

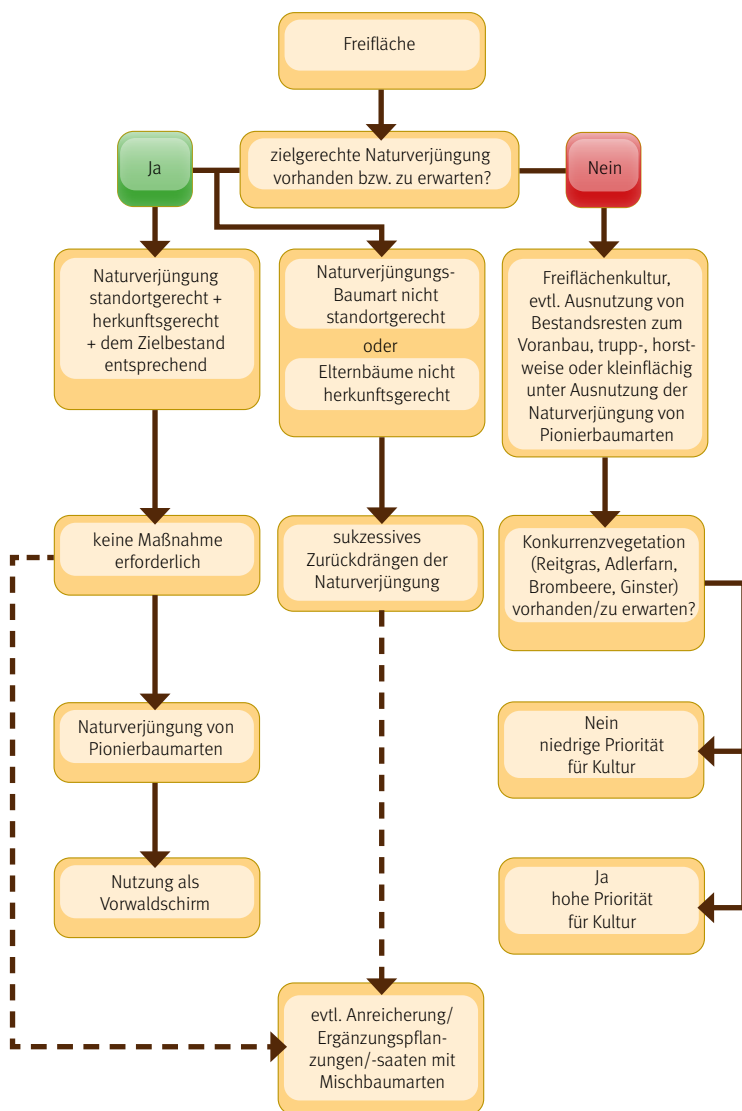
verhältnisse und Differenzierungsprozesse in sehr baumzahlreichen Verjüngungen im Sinne einer biologischen Automation. Um diese Vorteile realisieren zu können, müssen aber für die Naturverjüngung einige Rahmenbedingungen erfüllt sein:

- ein verjüngungsfähiger Altbestand,
- eine auch in Zukunft dem Standort angepasste Baumartenzusammensetzung,
- qualitativ entsprechende Baumindividuen
- angepasster (geringer) Wildbestand.

Bei der Entscheidung sollten auch eventuelle Nachteile der natürlichen Verjüngung für den konkreten Einzelfall beurteilt werden, wie beispielsweise die Abhängigkeit von Samenjahren, eine eventuell ungleichmäßige Verjüngungsdichte oder der Aufwand für Pflege und Mischungsregulierung.



Bild 4: Auf Fichte folgt in der Naturverjüngung in der Regel wieder Fichte



Quelle: Dr. Bertram Leder/Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen

Übersicht 1: Verjüngungsentscheidung in Abhängigkeit von der Ausgangssituation



Bild 5: Das Belassen von potenziellen Samenbäumen (hier Vogelbeere) am Bestandesrand fördert die natürliche Wiederbewaldung auf Freiflächen

Ein entscheidendes Kriterium bei der Wahl des passenden Verjüngungsverfahrens ist der jeweilige Istzustand (z.B. Entwicklung und Vorhandensein von Konkurrenzvegetation) der zu betrachtenden Fläche.

Die ökologischen Bedingungen auf der von Altbäumen **geräumten Fläche** (Freifläche, siehe Übersicht 1) sind durch ein freiland-ähnliches Klima, Humusvorrats-Abbau und eine zu einer Schlagflora führenden Veränderung der Bodenvegetation gekennzeichnet. Dabei beeinflussen angrenzende Bestände in Abhängigkeit von der Exposition einen mehr oder weniger breiten Außensaum der Freifläche. Auf der Freifläche kann Verjün-

gung, die sich bereits unter dem Schirm des Vorbestandes etabliert hat, vorhanden sein (Vorverjüngung) oder sich in Abhängigkeit den verjüngungsökologischen Bedingungen auf der Freifläche (vergleiche Übersicht 3) mit Pionierbaumarten einfinden.

Hier muss eine Einschätzung erfolgen, ob innerhalb der nächsten Jahre mit standortgerechter Naturverjüngung (inkl. Ansamung von Pionierbaumarten) gerechnet werden kann oder ob betriebliche und ökologische Rahmenbedingungen eine rasche künstliche Bestandesbegründung erfordern.

Nicht standortgerechte Naturverjüngung, z.B. Fichten-Naturverjüngung auf vernäs-senden Standorten, wird sukzessive, etwa durch Überpflanzung oder Auspflanzung von Lücken mit standortgerechten Baumarten zurückgedrängt oder durch Vereinzelung auf eine kurze Produktionszeit mit anschließendem Baumartenwechsel vorbereitet. Eine reine Birken- oder Vogelbeeren-Verjüngung kann als Vorwald für die Folge-generation aktiv ausgenutzt werden.

Eine Entscheidungs-Matrix bei **durchbrochenem Kronenschluss** des Oberbestandes ist in der Übersicht 2 dargestellt. Bei stabiler Restbestockung (Bestockungsgrad $>0,6$) sind aktive Maßnahmen nicht notwendig. Ein angestrebter Baumartenwechsel ist durch einen Voranbau mit Schatt- bzw. Halbschattbaumarten (z.B. Buche, Weißtanne, Douglasie) möglich.

Weist die stabile Restbestockung einen Bestockungsgrad von unter 0,6 auf, sind

verschiedene Handlungsoptionen in Abhängigkeit vom Vorhandensein einer standortgerechten Naturverjüngung möglich.

In **Buchenbeständen** kann in der Regel mit Naturverjüngung gerechnet werden. Diese kann entsprechend den Standortbedingungen mit Mischbaumarten angereichert werden. Bei fehlender Vorverjüngung bzw. Ausbleiben von Mastjahren kann es auf einigen Standorten aufgrund der geänderten lichtökologischen Verhältnisse zur Vergrasung der durchbrochenen Buchenbestände kommen. Danach sind Kulturmaßnahmen kaum noch zu umgehen.

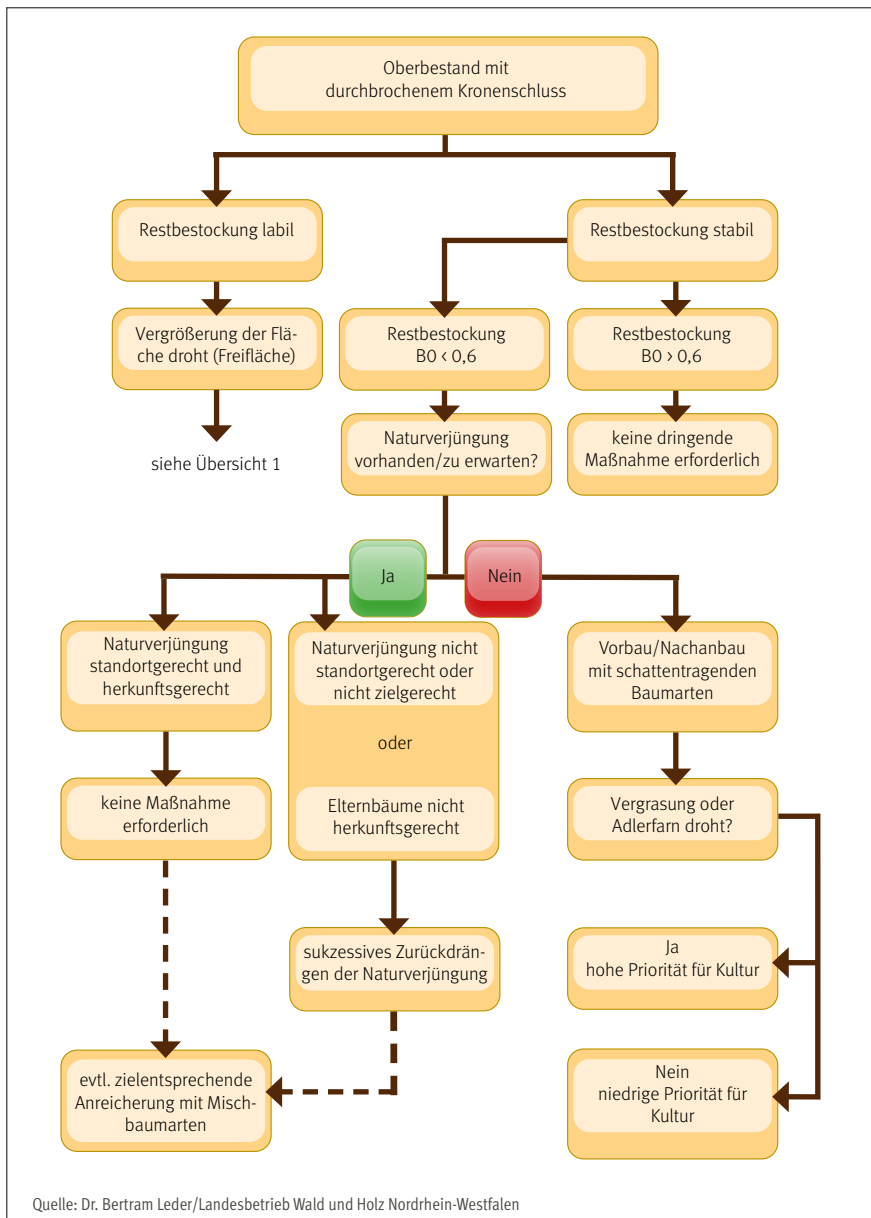
In **Fichtenbeständen** ist zur Vermeidung von typischen Freiflächen-Situationen (Sonneneinstrahlung, Frost etc.) der Restbestand so lange wie möglich zu halten. Die Entwicklung der Verjüngung ist abzuwarten. Bei Ausbleiben oder unerwünschter Fichtennaturverjüngung ist das aktive gruppenweise Einbringen von z.B. Buchen, Douglasien oder in lichtereren Partien auch Eichen (in montanen Lagen auch Bergahorn, Vogelbeere) eine geeignete Vorgehensweise.

Einen Sonderfall stellen flächig abgestorbene Fichtenbestände dar, die aus wirtschaftlichen Gründen nicht genutzt wurden (siehe Bild 6). Hier ist zu berücksichtigen, dass wegen umfallender Bäume und abbrechender Kronen auf längere Zeit keine Kultur- und Pflegemaßnahmen mehr möglich sind. In den ersten ein bis zwei Jahren nach dem Absterben sind Pflanzungen oder Saaten mit Baumarten, die als Halbschatt- oder Schattbaumarten nicht auf Freiflächen

gebracht werden sollten (z.B. Buche oder Weißtanne) noch vertretbar; anschließend aus Sicherheitsgründen und wegen der erschwerten Zugänglichkeit für ein bis zwei Jahrzehnte nicht mehr.



Bild 6: Fichten-Dürrständer



Übersicht 2: Verjüngungsentscheidung in Abhängigkeit von der Ausgangssituation

4 NATURVERJÜNGUNG

Die natürliche Verjüngung und deren Dynamik unterscheidet sich in Abhängigkeit von den verjüngungsökologischen Rahmenbedingungen (vergleiche Übersicht 3) sehr und wird von zahlreichen Faktoren beeinflusst.

Neben den ökologischen Verhältnissen (Standort, Witterungsverlauf, mikrometeorologische Bedingungen), dem Wildeinfluss (Wilddichte, -arten) und der Verbreitungsbiologie der Baumarten (Samenerzeugung, Samenverbreitung, Standort und Entfernung eines potenziellen Samenbaumes) ist die Bestandes- und Vegetationsgeschichte (Flächenräumung, Befahrung, Baumartenzusammensetzung des Vor- und Umgebungsbestandes, vorhandene Vegetation und die Konkurrenzverhältnisse innerhalb der Vegetation) entscheidend für die Zusammensetzung und die weitere Entwicklung der Naturverjüngung (vergleiche Übersicht 3).

Naturverjüngung stellt sich unter günstigen Voraussetzungen meist von selbst ein.

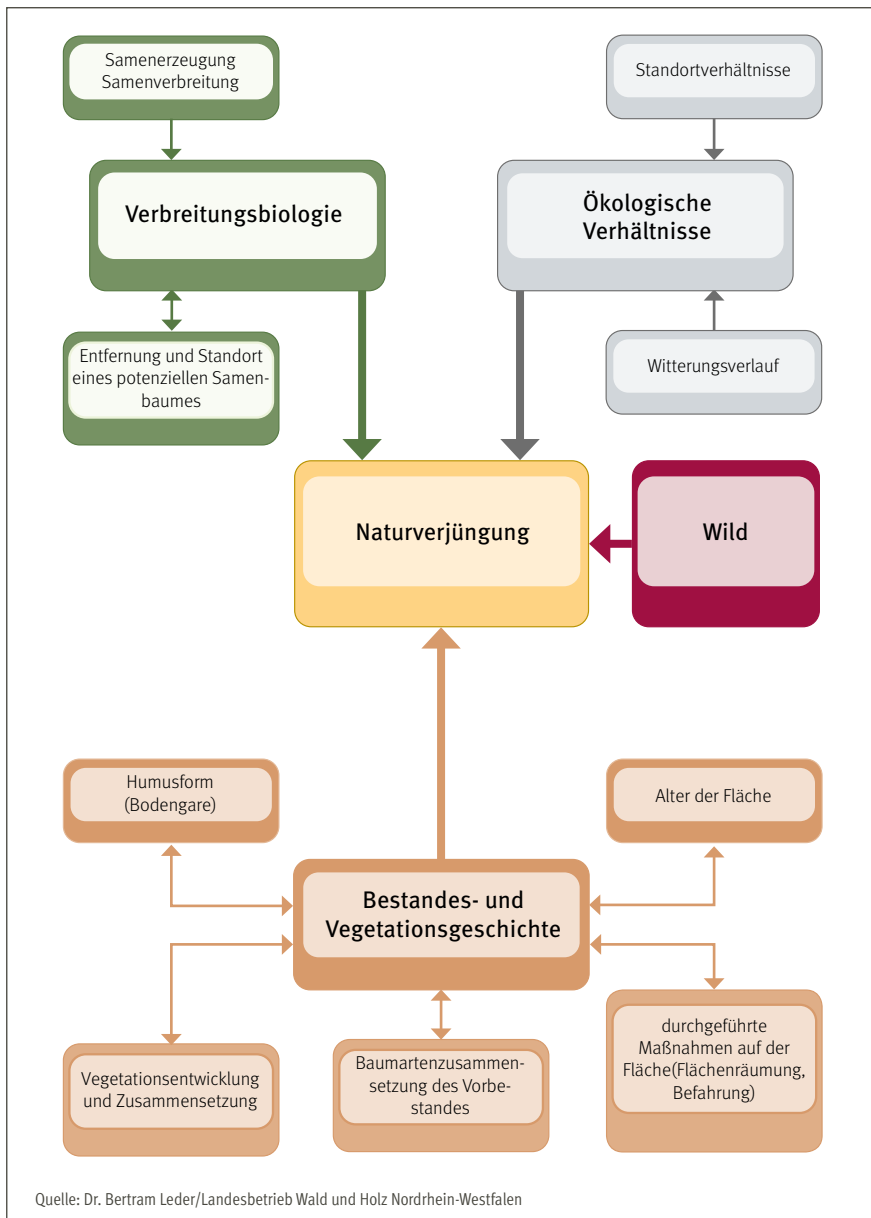
Verjüngungsfreundliche Lichtverhältnisse

Durchforstungsstrategien setzen heute mehr als früher auf eine zumindest partielle frühe und anhaltende Lockerung des Kronendaches.

Dadurch entstehen häufig Lichtverhältnisse, die eine Verjüngung der Schatt- und Halbschattbaumarten in einem frühen Stadium der Bestandesentwicklung möglich werden lassen. Fichte und Buche sind daher heute in gut durchforsteten Beständen schon ab mittlerem Alter oft flächendeckend vorhanden.



Bild 7: Naturverjüngung von Tannen und Buchen



Übersicht 3: Einflussfaktoren für die Entwicklung von Naturverjüngungen

Schwierig stellt sich die Naturverjüngung von lichtliebenden Arten, wie insbesondere der Stieleichen, der Kiefern oder der Lärchen dar. Sie benötigen Belichtungsverhältnisse, die auch mit einem aufgelockerten Kronendach nicht zu erreichen sind. Oft beobachtet man das Auflaufen der Naturverjüngung, die aber in den nächsten zwei Jahren schon durch ungenügenden Lichtgenuss aufgrund der damit fehlenden Nettoproduktion wieder vergeht.

In der Folge gehen diese Baumarten bei Naturverjüngungsverfahren verloren oder sind auf durch Kalamitäten entstandene, größere Lücken im Bestandesgefüge beschränkt.

Grundsätzlich sind zur Förderung der Naturverjüngung ab einem mittleren Alter der Bestände unterschiedliche Beleuchtungsintensitäten anzustreben, wie man sie durch konsequente Begünstigung von wenigen Zukunftsbäumen erreichen kann.

Bestandeslücken sollten zur Erhaltung oder Förderung der Mischung den Lichtbaumarten vorbehalten bleiben.

Verjüngungsfreundlicher Bodenzustand

Der Bodenzustand kann einerseits in Bezug auf die sogenannte Bodengare, andererseits bezüglich der vorhandenen Bodenvegetation beschrieben werden.

Unter Bodengare versteht man einen Bodenzustand, der das Ankommen von Naturverjüngung wahrscheinlich werden lässt. Die Bodengare ist dadurch gekennzeichnet,

dass sich der Auflagehumus langsam abbaut und in Humus umsetzt. Die Bodengare lässt sich durch den Belichtungsgrad und – bei entsprechenden Mangelsituationen – durch eine Meliorationskalkung günstig beeinflussen.

Zeichen eines günstigen Bodenzustandes ist die beginnende Begrünung eines vorher vegetationslosen Bereiches mit krautigen Pflanzen.

Ausgeprägte, dichte Pflanzendecken sind hingegen oft lange wirksame Hemmnisse für das Gelingen der Naturverjüngung. Problematisch sind insbesondere Grasdecken wie die von Drahtschmiele oder dem Waldreitgras. Chancenlos ist die Naturverjüngung auch in Zonen mit geschlossener Adlerfarnevegetation (vergleiche Bild 8).

Moosdecken können verjüngungsfördernd sein.

Geeignete Elternbäume

In den wenigsten Fällen wird man nach dem Forstvermehrungsgutgesetz zugelassene Bestände als Ausgangssituation für Naturverjüngung vorfinden. Bei der Bewertung der Eignung der Bäume, die als Ursprung der Naturverjüngung in Betracht kommen, muss man sich daher auf eine eigene Einschätzung des Bestandes beschränken.

Vitalität und Qualität lassen sich in Verbindung mit Kenntnissen über die Bestandesbehandlung zumindest im Verhältnis zum Durchschnitt der Region einschätzen.

Bei einem Bestand, der qualitativ unter dem Durchschnitt liegt, muss geprüft werden, ob eine ausreichende Anzahl qualitativ guter und vitaler Elternbäume vorhanden ist (die dann auch tatsächlich an der Naturverjüngung beteiligt sind).

Ausschließen sollte man Ausgangsbestände, deren Anpassung an den Standort mangelhaft ist, so zum Beispiel wiederholt überdurchschnittlich durch Schneebruch geschädigte Fichten- oder Kiefernbestände oder Buchenbestände, die fast ausschließlich aus tief verzweigten Bäumen bestehen.

In solchen Fällen ist es angebracht, zumindest nachweislich geeignete Herkünfte durch künstliche Maßnahmen einzubringen, da sich die natürliche Verjüngung schlechter Ausgangsbestände oft nicht wirksam verhindern lässt.

Gerade im Hinblick auf die gewünschte Mischung in der Verjüngung ist es sehr wünschenswert, seltener Baumarten auch als Samenquelle durch entsprechende Bestandesbehandlung zu erhalten.

Naturverjüngungen sollten waldbaulich immer dann genutzt werden, wenn der Vorbestand qualitativ geeignet und in vollem Umfang standortgerecht ist, und zwar hinsichtlich Baumarten, Herkünften und genetischer Vielfalt.



Bild 8/9: Auf Adlerfarnflächen hat Naturverjüngung kaum Chancen. Abhilfe schafft hier Pflanzung, gegebenenfalls auch mit Wuchshüllen.

Geeignete Naturverjüngungen bieten grundsätzliche Vorteile, die sowohl waldbaulich als auch wirtschaftlich zum Tragen kommen:

- bei Verjüngung unter Schirm (Vorverjüngung): Produktionsvorteile durch Holzzuwachs im Altbestand, während sich gleichzeitig bereits die neue Waldgeneration unter Schirm etabliert,
- ungestörtes Wurzelwachstum mit natürlicher, standortbezogener Wurzelentwicklung,
- Erhaltung autochthoner, standortangepasster Herkünfte,
- Erhaltung des gesamten genetischen Potenzials des Ausgangsbestandes,
- geringere Verbissgefährdung als bei gepflanzten Pflanzen,
- Möglichkeit der Wildlingsgewinnung durch Ausgraben überzähliger Pflanzen.
- weniger Frostgefährdung bei Überschirmung,
- keine Kosten für Pflanzgut und die Pflanzung,
- großes Auswahlpotenzial für die folgende Pflege,
- längere, kontinuierliche Verjüngung zur Erhöhung der Ungleichaltrigkeit von Beständen (Dauerwald),
- Nutzung natürlicher Selektionsprozesse bei der Bestandesentwicklung.
- Lücken können zur Anreicherung mit anderen Baumarten genutzt werden.

Buchenbestände wurden auch in der Vergangenheit meist natürlich verjüngt. Häufig wurde dabei der Großschirmschlag angewendet. Durch eine flächige Auflichtung in einem Jahr mit erwartetem Samenfall kann

in bis dahin oft schwach durchforsteten Beständen eine vollflächige Verjüngung erzielt werden.

In den Folgejahren erfolgt die langsame Räumung des verbliebenen Schirms und das Auspflanzen verbliebener Lücken. Das Verfahren leistet zwar einen raschen Verjüngungsfortschritt, der bei überalterten Beständen vielleicht wünschenswert sein kann, ist aber risikoreich, da im Falle eines Misslingens durch Frost oder Mäuse eine flächige Vergrasung droht. Außerdem werden im Zuge des Schirmschlages viele Bäume genutzt, die ihre Wertentwicklung noch vor sich haben. Im Ergebnis führt der Großschirmschlag außerdem wiederum zu flächig gleichaltrigen Beständen.

Auch durch Abtrieb von 30 bis 40 m breiten Schmalkahlschlägen (Säume) oder durch ungleichmäßige Auflichtung der Althölzer (Femelhieb) wurde gebietsweise die Naturverjüngung gefördert.

Femelartige Verjüngungsverfahren, hervorgehend aus einer starken Durchforstung mit sehr langsamer Räumung des Altbestandes innerhalb von 30 bis 60 Jahren, haben sich heute neben der dauerwaldartigen Einzelstammwirtschaft immer mehr durchgesetzt (siehe Bild 10). Zur Sicherung der Qualität von Buchennaturverjüngung ist eine mindestens gruppen- bis horstweise Verjüngung vorteilhaft, da die Buche zum wipfelschäftigen Wachstum und zur Förderung der natürlichen Astreinigung selbst im Halbschatten innerartlichen Seitendruck benötigt.



Bild 10: Gut aufgelaufene Buchennaturverjüngung

Bei der schattenverträglichen **Tanne** hat sich die natürliche Verjüngung in der Plenterwirtschaft bewährt. Aufgrund des anfangs geringen Lichtbedürfnisses verjüngt sich die Tanne zeitlich vor den anderen Baumarten. Im Plenterwald stehen alle Altersstufen, vom Sämling bis zum hiebsreifen Baum, nebeneinander (siehe Bilder 11–13).

Klassische Verjüngungsform – gemeinsam mit Buche und Fichte – ist auch die Femelwirtschaft, die sich durch immer wieder erweiterte und schließlich zusammenfließende Verjüngungskegel auszeichnet. Diese Verjüngungsform ist durch sehr lange Verjüngungszeiträume gekennzeichnet und bietet gute Möglichkeiten zum Übergang zur Dauerwaldwirtschaft, speziell als Plenterwald.

Besonders bei der Weißtanne besteht aber eine ausgesprochene Tendenz zur Selbstbestäubung. Sind nur sehr wenige Samen-

bäume vorhanden, sollte daher eine ergänzende Anreicherungspflanzung erfolgen, um einer genetischen Verarmung durch Inzucht vorzubeugen.

Die Naturverjüngung der **Fichte** und insbesondere der Fichten-Tannen-Buchenwälder hat in manchen Gegenden Deutschlands eine lange Tradition. Dort, wo die Fichte erst im 19. Jahrhundert angebaut wurde, findet die Naturverjüngung mit dem Älterwerden der Bestände allmählich Eingang. Im Zuge der heute weithin üblichen stärkeren Durchforstung und der gebietsweise umweltbedingt schlechten Benadelung läuft die Fichtenverjüngung aufgrund der Lichtverhältnisse oft schon flächig auf.

Auch auf kalamitätsbedingten Lücken und Freiflächen in der Nachbarschaft von Fichtenbeständen findet man oft flächige Fichtenaturverjüngung. Das liegt u. a. an dem

bevorzugten Verbiss anderer Baumarten (Selektion) durch zu hohe Wildbestände. Hier ist auf den für die Fichte wenig geeigneten Standorten darauf zu achten, rechtzeitig passende Mischbaumarten einzubringen.

Gezielte flächige oder femelartige Auflichtungen von älteren Fichtenreinbeständen sind risikoreich, wenn es in der Vergangenheit an der rechtzeitigen Stabilisierung der Einzelbäume mit frühen Durchforstungen (Entwicklung tief ansetzender Kronen) gefehlt hat. Dies ist leider bei vielen älteren Beständen der Fall. Daher ist hier eine Beschränkung auf die meistens kalamitätsbedingt entstehenden Lücken zielführend. Saumweises Vorgehen von der windabgewandten Seite her kann eine Alternative mit weniger Risiko sein, kann aber auch zur Nutzung wertmäßig unreifer Bäume führen.

Bei ungeeigneten Herkünften (z.B. breitkronige Fichten in Nassschneelagen) ist darauf zu achten, dass diese nicht durch Naturverjüngung die nächste Bestandesgeneration bilden.

Die Naturverjüngung der **Eiche** ist insbesondere bei Mischbeständen mit Schattbaumarten auf Buchenstandorten sehr problematisch, da sich die Schattbaumarten schnell gegenüber der Eiche durchsetzen (siehe Bild 8). Außerdem unterliegt die Eiche in besonderem Maße dem Verbiss.

Eine erfolgreiche Verjüngung ohne massive, andauernde Pflegeeingriffe ist daher nur in Bestandeslücken zu erreichen, wo noch



Bild 11: Montaner Fichten-Tannen-Buchenbestand mit Naturverjüngung



Bild 12: Stufige Tannenverjüngung gibt waldbaulich viel Handlungsfreiheit

In extremen Trockenjahren wie 2018–2020 ließ sich eine Abschwächung der Konkurrenz der Buche gegenüber der Eiche beobachten.

Zu beachten ist auch die Fähigkeit der Eiche, sich lokal unter günstigen Bedingungen wie liegen gebliebenen Kronen und lichten Brombeerbüschen als Einzelbaum zu verjüngen. Hier ist es Aufgabe der Pflege, darauf zu achten, dass sie in der Folge nicht untergeht (siehe Bild 16).

Die **Kiefer** und die **Lärche** verjüngen sich als Pionierbaumarten auf Freiflächen und Bestandeslücken. Sie fruktifizieren jährlich und sind daher in der Lage, jede Chance zur Etablierung zu nutzen. Gerade auf Kalamitätsflächen, die oft aufgrund standörtlicher Ungunst bzw. mangelnder Anpassung des Bestandes entstehen, können sie schnell eine Grundbestockung aufbauen, die nur



Bild 13: Tannen-, Fichten- und Buchenverjüngung gemeinsam auf Moospolsterbett



Bild 14: Dort, wo Buchen- und Eichenverjüngung in direkter Konkurrenz zueinander wachsen, kann sich die Eiche nach der Jugendphase meist nur auf sehr armen, stark grundwasserbeeinflussten oder tonigen Standorten durchsetzen



Bild 15: Kiefernbestand mit Eichen-„Unterbau“ durch Häfersaat

noch der Beimischung mit wertsteigernden Baumarten bedarf (siehe Bild 11).

Aufgrund ihrer auf das Bestandesleben gesehen geringen Durchsetzungskraft gegenüber den Schatten ertragenden Klimaxbaumarten sind sie in Mischbeständen auf den allermeisten Standorten auf dauerhafte Pflege angewiesen. Im Sinne der Risikovor-sorge sollte man auf ihre Erhaltung achten, um immer das nötige Samenpotenzial für die Wiederbesiedlung von Freiflächen zur Verfügung zu haben.

Die gewünschte natürliche Verjüngung von Waldbeständen muss durch waldbauliche Steuerung gezielt angeregt und unterstützt werden. Naturverjüngungsverfahren verlangen bei allen Baumarten eine Vorbereitung

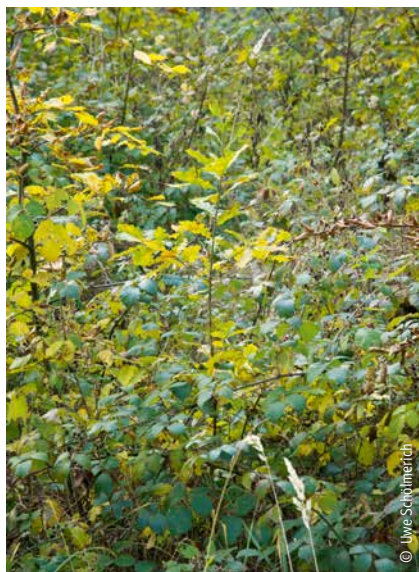


Bild 16: Eiche im Brombeerbusch



Bild 17: Lärchen-/Fichtenverjüngung mit einzeln nachgepflanzter Eiche in Einzelschutzhülle. Die Lärche kann auf Dauer nur gegen die Fichte bestehen, wenn bei der Pflege reine Lärchengruppen herausgearbeitet werden. Auch die Eiche muss kompromisslos gefördert werden, wenn sie gegenüber der Fichte dauerhaft bestehen soll.

der Waldbestände mittels stetiger Durchforstungen (Pflege) und viel Geduld und Zeit bei der Entwicklung der Verjüngung. Das hierzu nötige Wissen muss man sich durch Fachinformationen und eigene Arbeit und Beobachtung im Walde erwerben. Hierdurch lernt man den Verlauf der Naturverjüngung zu beeinflussen. Dies ist die eigentliche „hohe Schule des Waldbaus“.

Naturverjüngung darf kein Selbstzweck sein. Immer stehen die waldbaulichen, wirtschaftlichen oder sonstige Eigentümer-Ziele im

Vordergrund, die mit Methoden der natürlichen Verjüngung erreicht werden sollen.

Risikoarme, stabile, gemischte und zukunfts-sichere Bestände müssen das Ziel der Verjüngung sein. Der Besuch von Exkursionen und Fortbildungsveranstaltungen der einschlägigen Institutionen in diesem Feld ist besonders anzuraten.

5 SAAT

Ökologisch gesehen unterscheiden sich Naturverjüngung und Saat nur darin, dass im ersten Fall die Samen ohne, im zweiten Fall dagegen mit menschlicher Hilfe – häufig nach entsprechender Bodenbearbeitung – auf bzw. in den Boden gebracht werden. So haben die traditionelle Saat von Traubeneichen, die Schneesaaten der Birke und in den letzten 20 Jahren die Saat von Laubbaumarten, wie z. B. von Buche in Fichtenbeständen zum Zwecke des Waldumbaus, zunehmende Bedeutung.

Neben vollflächigen Saaten (z.B. bei Begründung von Vorwäldern) werden überwiegend Streifensaaten durchgeführt (siehe Bild 19). Gute Erfahrungen liegen mit Plätzesaaten bei Voranbauten oder zur Ergänzung von Naturverjüngungen vor. Punktisaaten (Einstufen einzelner Samen) werden heute selten durchgeführt und sind auch ohne Bodenbearbeitung möglich.

Detaillierte Informationen zur „Bestandesbegründung durch Saat – Verfahren – Technik – Kosten“ sind im KWF-Merkblatt Nr. 24 (2020) veröffentlicht.

BEI DER BEGRÜNDUNG VON WÄLDERN DURCH SAAT SIND DEREN VOR- UND NACHTEILE GEGENEINANDER ABZUWÄGEN.

Vorteile der Saat:

- in der Regel geringere Kosten als für Pflanzungen,
- ungestörte Wurzelentwicklung,
- rationelle Verjüngung von großen Flächen (Saatmaschinen),
- Herkunftssicherheit bei eigener Saatguternte,
- optimale Anpassung an örtliche Gegebenheiten,
- Auslese- und Entnahmemöglichkeit von Wildlingen.



Bild 18: 3-jährige Weißtannen aus manueller Plätzesaat

Nachteile der Saat:

- höheres Risiko des Mislingens, was sich aus der Witterungsabhängigkeit, dem Wildeinfluss, Konkurrenzvegetation und einer im Vergleich zur Pflanzung längeren Etablierungszeit ergibt,
- höherer Aufwand für Schutz und Pflege,
- Abhängigkeit von Mastjahren,
- höherer Saatgutbedarf als bei Pflanzenanzucht in Baumschulen,
- besondere Kenntnisse zur Gewinnung, Lagerung und Vorbereitung des Saatgutes sind notwendig.

Die auszubringenden Samenmengen sind u.a. von der Keimfähigkeit des Saatgutes abhängig. Bei Keimprozenten von 50–70% werden zum Beispiel Streifensaaten je 1.000 laufender Meter (lfm) für Esche und Bergahorn 2–3 kg, Hainbuche 3 kg und Schwarznuss 300–500 Stück empfohlen.

5.1 Eichen-Saaten

Eichensaaten werden im Herbst durchgeführt, wenn eine Einlagerung des Saatgutes über den Winter nicht möglich ist. Nach einer relativ gründlichen Flächenräumung werden 6 bis 8 cm tiefe Rillen in den Boden gezogen. Durch Saatmaschinen (z. B. mit Pferdezug), mit Handhacke oder mit dem Bagger-Ausleger gezogene Rillen im Abstand von 2–3 m werden besät (300–500 kg/ha) und anschließend bzw. gleichzeitig geschlossen. Unter lichtem Schirm (z. B. Kiefer) kann das Saatgut auch in handgezogenen oder mit Pflug angelegten Furchen eingebracht werden (siehe Bilder 20 und 21).



Bild 19: Streifensaart mit pferdegezogener Saatmaschine



Bild 20: Eichen-Rillen(Furchen)sart von Hand

5.2 Birken-Schneesaat

Zur künstlichen Begründung von Vorwäldern kann die Birken-Schneesaat im Spätwinter durchgeführt werden, wenn Naturverjüngung aufgrund fehlender Samenbäume ausbleibt. Birken sind Überlebens- und Anpassungsspezialisten. Nach Schneefall werden 5–10 kg/ha Birkensamen (je nach Keimfähigkeit des Saatgutes) ausgebracht. Eine Alternative ist die Verwendung von Birkenzweigen mit reichlich Behang an Kätzchen, die im September abgeschnitten werden. Nach Schneefall werden die Zweige über der betreffenden Fläche ausgeschlagen oder einfach verstreut in den Boden gesteckt. Mit der Schneeschmelze wird das Birkensaatgut in die Bodenschicht eingeschwemmt.

5.3 Bucheckern-Vorausfaat

Über die Saat von Bucheckern mit dem Ziel der Umwandlung von Fichtenreinbeständen in Mischbestände oder reine Buchenbestände (siehe Bild 22) gibt es mittlerweile praxisorientierte Hinweise und Empfehlungen*. Diese beziehen sich auf die Auswahl geeigneter Flächen, auf die zu verwendende Saatgutqualität und -menge, den Saatzeitpunkt, die Technik der Saat-Ausbringung und schließlich auf die Aussaatdichte.



Bild 21: Aufgelaufene Roteichen-Rillensaart im Jahr nach der Saat

Es werden 50–80 kg Saatgut je Hektar reine Saatfläche unter stabilem Altholzschirm empfohlen (5–8 kg je Buchenhorst mit 0,1 ha). Voraussetzung für den Saaterfolg ist einerseits die Verwendung von hochwertigem, richtig vorbehandeltem (stratifiziertem) Buchensaatzgut und andererseits

* Siehe Literaturverzeichnis: Leder (1997); Leder et. al. (2003); Leder, B.; Bodelschwingh, v. H. (2008); Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten (1997); Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft NRW (1998); Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (2004)

die richtige Behandlung des Saatgutes während des Transportes zum Saatort (kühl lagern und transportieren: Erhitzung auf jeden Fall vermeiden zur Verhinderung einer sekundären Keimhemmung).

Zur Sicherung des genetischen Potenzials und um Schäden durch Tierfraß etc. zu vermeiden, wird die Saat in Vollmastjahren und im Frühjahr durchgeführt. Das angewendete Saatverfahren soll optimale Keimbedingungen schaffen, indem der Kontakt der Buchecker zum Mineralboden sowie eine Übererndung (= Höhe der Buchecker) sichergestellt wird. Wird die Produktion von Buchenwertholz angestrebt, sollten die durch schlepper-gestützte Verfahren oder durch Pferdeeinsatz (siehe Bild 23) hergestellten Saatrillen oder händische Plätzeaaten (siehe Bild 24

a/b) auf ca. 0,1 ha Größe konzentriert werden. Innerhalb dieser Horste sollten die Abstände zwischen den Plätzen oder Saatrillen nicht über 2 m liegen.

Damit sind mindestens 500 lfm Saatrillen je Buchen-Horst (entspricht 5.000 lfm/ha reine Saatfläche) bzw. 330 Saatplätze à 0,5 m² (entspricht 3.300 Plätze/ha reine Saatfläche) erforderlich (mit ca. 65 Bucheckern je Platz bzw. je lfm Rillensaart).

Eine interessante Variante ist die Buchecker-Streu-Saat. Dazu wird nach einer reichen Buchenmast mittels einer umgebauten Kehrmaschine ein Gemisch von Blattstreu und Bucheckern gesammelt (auf geeigneten Forstwegen oder Rückegassen) und auf vorbereiteten Plätzen ausgebracht.



Bild 22: Buchen-Plätzeaat unter Fichtenschirm



Bild 23: Maschinelle Bucheckernsaat mit Pferdezug



Bild 24a/b: Durchführung der manuellen Plätzeaat durch Herstellung eines Saatplatzes und anschließende Einsaat und Übererdung von Bucheckern

5.4 Eichen-Hähersaat

Um Nahrungsvorräte anzulegen, transportieren unterschiedliche Tiere (Mäuse, Eichelhäher, Kleiber, Eichhörnchen) als „Pflanzhelfer“ Samen. Eichelhäher sind sehr aktiv und erfolgreich bei der Auswahl und dem Verstecken der Eicheln unter vorhandenem Schirmbestand (siehe Bild 25). Das natürliche Potenzial der aktiven Samenverbreitung erlaubt eine gezielte waldbauliche Nutzung. Transportentfernungen von Eicheln können bis 600 m betragen. Auch Ferntransporte bis 1,5 km wurden nachgewiesen.

Findet der Eichelhäher in seinem Revier nicht genügend fruchttragende Bäume, sollte zugefüttert werden, indem im Oktober an bzw. in der Fläche Raufen (Holzkisten mit einer Grundfläche von 50 x 50 cm und einem ca. 10 cm hohen Rand auf ca. 1 m hohen Pfählen) mit Eicheln aufgestellt werden. So kann auch die genetische Va-

rianz mit geeigneten Herkünften erhöht werden. Für einen Hektar zu besäende Fläche werden 4–5 Raufen benötigt, die gegebenenfalls mehrjährig mit ca. 65 kg Eicheln (ca. 20.000 Stück) zu beschicken sind.

Das Saatgut sollte aus zugelassenen Beständen gemäß Forstvermehrungsgutgesetz stammen. Alle 3–5 Tage werden die mit Eicheln beschickten Raufen kontrolliert, nachgefüllt und die vom Häher verschmähten Eicheln (hohle, von Insekten und Pilzen befallene Eicheln) entnommen.

Hohe Stammzahlen sind nicht unbedingt notwendig, da auch in der Jugend weniger gut geformte Eichen im Laufe der Produktionszeit noch eine ausreichende Qualität erlangen können. Da Hähersaaten nicht immer „aus einem Guss“ entstehen, können Fehlstellen künstlich mit Schattbaumarten wie Hainbuche, Winterlinde oder Weißtanne ergänzt werden.



Bild 25: Eichen-Hähersaat

6 PFLANZUNG

Obwohl die Naturverjüngung bei der Erneuerung des Waldes in den letzten Jahren einen immer größeren Anteil einnimmt und dieser Anteil voraussichtlich noch größer werden wird, muss auf vielen Flächen die neue Waldgeneration durch Pflanzung begründet werden.

Pflanzung ist erforderlich, wenn eine standortgerechte Naturverjüngung innerhalb eines vom Waldbesitzer oder Waldgesetz festgelegten Zeitraumes nicht zu erwarten bzw. die Qualität des Vorbestandes nicht ausreichend ist, eine Saat auch aufgrund starker Konkurrenz durch Bodenvegetation nicht möglich ist, ein Baum-

artenwechsel angestrebt oder die Anlage eines Vorwaldes in frostgefährdeten Lagen Ziel ist. Aufgrund des Klimawandels ist das Einbringen weiterer Baumarten in vielen Fällen zur Anreicherung des Baumartenspektrums nötig.

Vorteile der Pflanzung sind neben der Unabhängigkeit von Vorbestand und Verjüngungsbereitschaft des Bodens, dass der Anteil der einzelnen geeigneten Baumarten gezielt wählbar ist. Nachteile sind die hohen Kosten für Pflanzung und Schutz der Kulturen sowie die Gefahr von Ausfällen durch z. B. Vertrocknen, Verunkrautung oder/und Kulturschädlinge.



Bild 26: Verjüngung des Waldbestandes durch Pflanzung von Nadelbäumen

6.1 Vor der Pflanzung auf der Freifläche

6.1.1 Flächenvorbereitung

Hinweis: Einige unter diesem Kapitel beschriebene Maßnahmen sind nach den gängigen Forstzertifizierungskriterien nicht oder nur im Ausnahmefall erlaubt. Näheres siehe Kapitel 10.

Bevor mit der Planung der Aufforstung einer Fläche begonnen wird, sind einige Fragen abzuklären.

Zunächst muss nochmals eingehend geprüft werden, ob sich auf der Freifläche nicht bereits schon eine zielführende Baumverjüngung angesiedelt hat. Eine Entscheidungsmatrix findet man in der Übersicht 1 auf Seite 11.

Sind die in der Naturverjüngung vorkommenden Baumarten weder als künftiger Hauptbestand noch als Vorwald geeignet, können sie oft als Zeitmischung für einen frühen Schluss der Kultur dienen. Dadurch kann man die Zahl der zu pflanzenden Bäume vermindern und Kosten sparen – gleichzeitig erhöht sich die Biodiversität durch das Einbeziehen zum Beispiel der Pionierbaumarten in die ersten Jahrzehnte der Bestandesentwicklung. Ein Beispiel für solche Beimischungen sind Birken und Kiefern in Eichenkulturen oder auch Fichten in Freiflächenaufforstungen verschiedener Baumarten.

Letztlich muss die in Kultur zu bringende Fläche vor dem Hintergrund des oben Gesagten nochmals kritisch überprüft und abgegrenzt werden. Die Grenzen der Aufforstungsfläche und die Flächengröße sollte man möglichst genau ermitteln, um gut planen zu können.

Die weitere Flächenvorbereitung richtet sich im Wesentlichen nach dem Typ der Aufforstung und der Art der Durchführung. Man kann vollflächig, horst-, gruppen- und truppweise oder gar nur mit wenigen Einzelbäumen aufforsten, je nach Zielsetzung und vorhandener Verjüngung. Die Aufforstung sollte aber aufgrund der Risikovorsorge stets einen Mischwald mit mehreren Baumarten umfassen. Als Pflanzverfahren stehen die manuelle oder die maschinelle Pflanzung zur Auswahl. Die verschiedenen Möglichkeiten einer auf Teilflächen konzentrierten Pflanzung werden ab Seite 80 ausführlich vorgestellt. Entscheidenden Einfluss auf das weitere Vorgehen hat auch die Zugehörigkeit zu einem der verbreiteten Forstzertifizierungssysteme (vergleiche Kapitel 10).

Je nach Standortverhältnissen und der zu erwartenden oder bereits vorhandenen Begleitvegetation ist zu überlegen, ob eine Fläche nach der Räumung des Altbestandes unverzüglich aufgeforstet wird, um der Anpflanzung einen möglichst großen Vorsprung vor der Konkurrenzvegetation (Gräser, Kräuter, Buschwerk usw.) zu geben, oder ob man die weitere Entwicklung hinsichtlich der natürlichen Verjüngung zunächst noch abwarten will. Sind zum Beispiel dichte Waldreitgrasdecken, starker

Brombeerbewuchs oder gar flächige Adlerfarnvegetation zu erwarten, sollte man die Aufforstung möglichst rasch durchführen.

Eine Herbizidbehandlung scheidet selbst bei besonders hartnäckigen und die Verjüngung stark behindernden Vegetationsdecken aufgrund der Zertifizierung, der Förderrichtlinien oder den Bestimmungen des Naturschutzes bzw. Landschaftsrechtes in der Regel aus. Zudem dürfte die Anwendung chemischer Mittel in der Regel unzweckmäßig sein, da häufig die Folgevegetation nach einer solchen Maßnahme oft größere Probleme bereitet als der ursprüngliche Bodenbewuchs.

Sollten dennoch im Ausnahmefall chemische Mittel zur Anwendung kommen, sind das Pflanzenschutzgesetz und die vom Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit für den Bereich Forst zugelassenen Pflanzenschutzmittel zu beachten.

Bodenwasserhaushalt

Wald benötigt für das Wachstum eine ausreichende Wasserversorgung, daher ist die künstliche Verringerung des Wasserangebotes für ihn eher schädlich. Trotzdem muss vor Anlage einer Kultur überprüft werden, ob eine Regulierung des Wasserhaushaltes für den Zeitraum der Kultur notwendig ist. Das Vorhandensein von Grabensystemen kann dafür ein Indiz sein, selbst wenn unter den Bedingungen des Vorbestandes kein Wasserüberschuss bemerkt worden ist.

Mit der Entstehung von Kahlflächen ändert sich die Situation oft merklich. Ein Grund mehr, auf die Anlage von Kahlflächen

grundsätzlich zu verzichten. Auf manchen Standorten muss für die Phase der Kultur eine vorübergehende Oberflächenentwässerung mit offenen Gräben durchgeführt werden, bis der Wald wieder in der Lage ist, das Überschusswasser des Standortes selbst zu verbrauchen. Besonders anfällig vor allem für den winterlichen Wasserüberschuss sind Stauwasserböden in ebener Lage. Wenn alte Grabensysteme vorhanden sind, die erhalten werden müssen, sollte man die Zeit der Freilage nutzen, um sie im notwendigen Umfang instandzusetzen.

Generell sollte man einem Eingriff in den Bodenwasserhaushalt kritisch gegenüberstehen. Gerade Bruch-, Sumpf- und Auenwälder oder Quellbereiche sind durch § 30 Abs. 2 des Bundesnaturschutzgesetzes als Biotope auch ohne ausdrückliche Ausweisung besonders geschützt. Jeder Eingriff, der eine Entwässerung und damit eine Gefährdung des Biotops bedeutet, ist verboten.

6.1.2 Flächenräumung

Je nach Flächenzustand sind vor Beginn von Pflanzarbeiten oder Saaten Maßnahmen notwendig, um die Arbeiten überhaupt durchführen zu können. Neben Schlagabraum – Äste und Zapfstücke der Bäume des Vorbestandes – kann dies auch eine starke Brombeerdecke sein. Aufgeklappte Wurzelteller, wie sie häufig nach Windwurf vorkommen, können einen Beitrag zur Windruhe oder für besondere Mikrostandorte auf der Fläche sein (siehe Bild 27). Generell gilt: Je intensiver und höher mechanisiert gepflanzt werden soll, desto intensiver muss die Fläche auch vorbereitet werden.



Bild 27: Auf Sturmwurfflächen kann eine Flächenräumung aus organisatorischen und waldbaulichen Überlegungen heraus erforderlich sein, um die Entwicklung und Pflege eines qualitativ guten und geschlossenen Jungbestandes zu ermöglichen

Die Flächenräumung sollte auf das unbedingt zur Pflanzung und späteren Pflege Notwendige beschränkt bleiben, da sie immer Aufwand bedeutet und auch ökologische Nachteile hat. Nicht zuletzt wird durch eine Flächenräumung auch bereits vorhandene Naturverjüngung zumindest teilweise in Mitleidenschaft gezogen.

Schlagabraum behindert zwar die Arbeit auf der Fläche, ist sonst aber als ausgesprochen vorteilhaft anzusehen, da er als Biomasse in Humus umgewandelt wird, für Windruhe sorgt und die Verbissaktivität des Wildes hemmen kann.

Daher sollte die Flächenräumung auf das Freiräumen von Pflanzreihen oder Pflanzplätzen beschränkt bleiben. Diese Maßnahmen sind auch ohne Maschineneinsatz

möglich. Die in der Zukunft nötigen Pflegeeingriffe wie Mischwuchsregulierung oder Freischneiden müssen dabei in die Überlegungen einbezogen werden. Nachdem sich auf der Kulturfläche Begleitvegetation eingestellt hat, sind gänzlich ungeräumte Flächen oft über Jahre kaum noch zu betreten.

Die intensivste Maßnahme ist die komplette Räumung der ganzen Fläche (flächige Räumung), die in der Regel nur mit Maschinen durchzuführen ist. Das häufig praktizierte Mulchen des Schlagabraumes durch Forstmulcher ist zwar biologisch eher günstig, weil die Biomasse auf der Fläche verbleibt, aber wegen des ganzflächigen Befahrens mit schweren vibrierenden Maschinen und der damit verbundenen Verdichtungsgefahr auf den meisten Böden sehr problematisch. Soll trotzdem gemulcht werden, soll-



Bild 28: Freiräumen von Pflanzplätzen mit dem Bagger von der Rückegasse aus

te dies während anhaltenden Frostes oder nach längerer Trockenheit durchgeführt werden, um Bodenschäden zu vermeiden. Schonend für den Boden ist dagegen das Räumen mittels einer leichteren Raupen mit Moorlaufwerk (Bänder) und einem Räumrechen oder mit einem Bagger von der Rückegasse aus (siehe Bild 28).

Den Schlagabraum schiebt man zweckmäßigerweise auf die künftigen Rückegassen oder an den Rand der Fläche. Nach Windwurf ist der Bagger besonders geeignet, da bei den Räumungsarbeiten die aufgeklappten Wurzelteller gleich wieder in ihre ursprüngliche Lage zurückgebracht werden können, wenn das Pflanzverfahren dies erfordert. Nicht zurückgeklappte (stabile!) Wurzelteller tragen allerdings auch zur Windruhe bei und sind durch kleinörtlich

freigelegten Mineralboden besonders fängisch für Baumsamen. Forstschlepper mit Reisigrechen sind wegen des mehrfachen ganzflächigen Befahrens kritisch zu beurteilen. Insbesondere auf lehmigen, feuchten und zur Verdichtung neigenden Böden sollte darauf verzichtet werden.

Das Verbrennen des Schlagabraumes ist aus ökologischen Gründen unerwünscht. Es ist nur in Ausnahmefällen sinnvoll, z.B. wenn das Reisig noch für Borkenkäferarten bruttauglich und ein Befall durch den Kupferstecher zu befürchten ist. Beim Verbrennen sind die entsprechenden Bestimmungen zur Minimierung der Gefahren und Umweltbeeinträchtigung zu beachten. Einige Länderforstgesetze verlangen spezielle Genehmigungen zum Verbrennen von Schlagabraum.



Bild 29: Mit jungen Laubbäumen bepflanzte Freifläche

6.1.3 Bodenvorbereitung

Grundsätzlich sollte der gewachsene Waldboden nicht gestört werden. Die in früheren Jahrzehnten üblichen Verfahren streifenweiser oder oberflächlicher Bodenbearbeitung mit Rollegge oder Waldstreifenpflug sind heute sehr selten geworden, nicht

zuletzt, weil die Zertifizierungssysteme solche Eingriffe allenfalls im begründeten Ausnahmefall erlauben. Gelegentlich werden solche Verfahren oberflächlicher Bodenbearbeitung auch zur Förderung der Naturverjüngung praktiziert.

Beim Vorhandensein starker Humusauflagen kann man den Mineralboden plätze- oder streifenweise freilegen und damit die Wuchsmöglichkeiten gerade der Mineralbodenkeimer verbessern. Dabei wird sichergestellt, dass die Wurzeln der Jungpflanzen in den Mineralboden kommen und die Niederschläge versickern und damit den Wurzeln zugutekommen. Dies wirkt sich besonders in niederschlagsarmen Gebieten positiv aus. Die streifenweise Bearbeitung – besonders bei Verbänden mit weiten Reihenabständen – ist ökologisch eher unbedenklich.

Die Stockrodung soll generell unterlassen werden, da damit die Bodenstruktur sowie Luft- und Wasserhaushalt negativ verändert werden. Solche Maßnahmen können dauernde negative Beeinflussungen der Bodenfruchtbarkeit hervorrufen.

6.1.4 Freizuhaltende Bereiche

Ränder, Erschließungslinien, Lagerplätze

Vor der Pflanzung ist zu überprüfen, ob die gesamte Fläche bepflanzt werden kann und soll (vergleiche Kapitel Pflanzenzahlen – Abschnitt 6.3.1. Nettofläche). Von Wegen sollte ein Abstand von 5–10 m eingehalten werden, damit sich Saumbiotope und bestandesstabilisierende Wald-Innenräume herausbilden können. Zukünftige Holz-

lagermöglichkeiten (Polterplätze) sind zu berücksichtigen und die entsprechenden Flächen dafür freizuhalten.

Bei Voranbaumaßnahmen (Voranbau = künstliche Vorausverjüngung eines Bestandes, siehe Kapitel 6.5) oder sonstigen Kulturen unter Schirm des Altbestandes ist es oftmals erforderlich, Rückegassen für weitere Nutzungsmaßnahmen im Oberstand freizuhalten. Die Breite sollte 5 m nicht unterschreiten, der Abstand von Gassenmitte zu Gassenmitte mindestens 40 m betragen.

Die Einplanung von Rückegassen bei Kulturen auf der freien Fläche ist wenig sinnvoll, weil sich die am Rande stehenden Bäume später stark beasten und damit die Gasse meistens fast schließen. Meist muss später die Randreihe beiderseits mit entnommen werden, um die Gasse befahrbar zu machen. Alternativ kann man die künftigen Rückegassen mit schnellwachsenden Baumarten wie Pappeln bestocken, die man nach drei Jahrzehnten vor dem ersten Durchforstungseingriff dann entnehmen kann (vergleiche Kapitel 6.3.3.4). Damit wird auch die unerwünschte Astbildung der Randbäume vermindert und eine sichtbare Flächengliederung erreicht.

Bei der Anlage der Gassen im Zuge der Anlage der Kultur muss die Geländeoberfläche und der Einmündungswinkel zum Weg berücksichtigt werden. Rückegassen können nur in der Falllinie, d.h. senkrecht zur Neigung des Geländes verlaufen. Müssen sie z.B. aus Gründen starken Gefälles schräg zur Neigung des Geländes verlaufen,

kommt man um das Schieben von Rückewegen (Maschinenwegen) mittels Raupe oder Bagger nicht herum. Diese werden natürlich nicht bepflanzt. Ein rechtwinkliges Einmünden erschwert das spätere Rücken von Langholz. Alternativ können die Gassen in der Einmündung in den Weg leicht eingebogen werden. Dies hat auch ästhetische Vorteile, da die Gasse vom Weg aus nicht mehr als künstliche gerade Linie empfunden wird.

Auch bei der Erschließungsplanung ist auf die Schonung vorhandener geschützter Biotope, wie z. B. Quellbereiche zu achten.

Von Nachbargrundstücken ist der Abstand einzuhalten, den die entsprechenden Landesvorschriften vorschreiben. Man sollte den Abstand eher etwas weiter als zu eng wählen, um in der Bewirtschaftung unabhängig zu bleiben. Bäume strecken ihre Äste in wenigen Jahrzehnten über 10 m weit aus, was man bereits bei der Anlage der Kultur berücksichtigen muss.

Zu landwirtschaftlich genutzten Grundstücken muss bei der Begründung mit Baumarten für die Nutzholzproduktion ein Mindestabstand entsprechend dem jeweiligen Landesrecht eingehalten werden. Auf diesem Streifen kann sich ein natürlicher Waldrand aus Sträuchern entwickeln. Auch ist es möglich, auf diesem Streifen seltene Baumarten zu pflanzen, die sich wegen ihrer geringen Größe sonst im Wald schlecht

halten können, wie z.B. Speierling, Mehlbeere, Feldahorn oder Wildobst, soweit sie standortgerecht sind. Man sollte nur einige Exemplare dieser Bäume pflanzen und den Rest der Fläche der natürlichen Entwicklung (natürliche Sukzession) überlassen. Das spart Geld, dient dem Frieden mit den Nachbarn und kommt den Anforderungen des Naturschutzes entgegen.

6.1.5 Baumartenwahl

Aktuelle Ziele bei der Baumartenwahl sind die Begründung von Mischbeständen, die Erhöhung der Biodiversität, Stabilität und Anpassungsfähigkeit (Klimawandel!) sowie die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit (vergleiche Kapitel 3).

Grundlage Standortkartierung

Für eine zielgerichtete Baumartenwahl sind Kenntnisse der abiotischen Einflussfaktoren (Klima, physikalische und chemische Bodeneigenschaften, Vegetation) auf das Baumwachstum zwingend notwendig.

In vielen Bundesländern stehen inzwischen digitale Standortkarten zur Verfügung. Klimamodellierungen ermöglichen auch einen Blick in die Zukunft. Zwar bleibt die lokale Veränderung des Standortes immer unsicher, doch können solche Modelle interessante Hinweise auf künftig klimastabilere Baumarten (Waldentwicklungstypen) bzw. Herkünfte geben.

Bei der Verwendung nicht standortgerechter Baumarten und ungeeigneter Herkünfte steigt neben Ertragseinbußen und finanziellen Verlusten das Risiko für abiotische

(Windwurf, Trockenis, Schneebruch) und biotische Schäden (Pilze und Insekten).

Die standortgerechte Baumartenwahl stellt sicher, dass die ökologischen Ansprüche einer Baumart mit den heutigen und vermuteten zukünftigen Standorteigenschaften (Umweltbedingungen) möglichst vollständig übereinstimmen, die Baumart vital und stabil erwächst und keine negativen Einflüsse auf den Standort hat.

HERAUSFORDERUNG: ZUKÜNFTIGE BAUMARTENWAHL

Grundsätzlich liegt der Schwerpunkt der Anpassung unserer Wälder an den Klimawandel beim Einsatz heimischer Baumarten unterschiedlicher Herkünfte. Zur Erhöhung der Flexibilität von Waldbeständen und damit zur Anpassung an die veränderten Produktionsgrundlagen durch Klimawandel und Stoffeinträge dient die Erweiterung des Baumarten-Portfolios als eine Anpassungsstrategie im Klimawandel. Sie trägt damit zur Risikoverteilung und zur Sicherung von Ökosystemleistungen bei. Die Förderung von stresstoleranten heimischen einschließlich bisher seltenen heimischen Baumarten, die Verwendung von Baumartenherkünften aus Regionen mit anderen Klimabedingungen sowie der Anbau von nachweislich gut angepassten, bereits etablierten Baumarten aus anderen Klimaten (nichtheimische, eingeführte Baumarten) sind Bausteine in der zukünftigen Waldanpassung. Ziel ist die Wahl von Baumarten, deren physiologische Amplitude so breit bzw. deren ökologische Potenz so hoch ist,

dass sie nicht nur zu Beginn, sondern auch über das gesamte Bestandesleben hinweg noch standortgerecht und durchsetzungsfähig sind.

Für die Wahl der passenden Baumarten bieten sich die in vielen Bundesländern angebotenen, auf den jeweiligen Standort bezogenen Waldentwicklungstypen an. Zusätzlich sollten auch experimentell Baumarten einbezogen werden, die bisher in unserem Klima-raum nicht vorhanden waren und nicht als invasiv angesehen werden (siehe Kapitel 3).

Ziel ist es, zukunftsfähige, klimaresiliente Wälder für nachfolgende Generationen zu begründen. Das Vermeiden risikobehafteter

Reinbestände ist sowohl ökonomisch als auch ökologisch geboten. Gerade in Mischbeständen können z.B. Baumarten mit geringeren Produktionszeiträumen und frühen Erträgen mit langfristig stabilen Mischbaumarten kombiniert werden.

Neben der zu erwartenden, aber über die langen Produktionszeiträume kaum vorhersehbaren Wertleistung sind für den Waldbesitzer bei der Baumartenauswahl folgende Faktoren entscheidend:

- die Betriebssicherheit der Bestände,
- der Zeitpunkt der ersten Nutzung mit positivem Betriebsergebnis,
- eine unproblematische Kulturbegründung mit mäßigem finanziellen Einsatz,

WELCHE BAUMARTEN EIGNEN SICH FÜR DEN ZUKÜNFTIGEN ANBAU?

- Unsere Hauptbaumarten kommen unterschiedlich gut mit Trockenheit zurecht: die Kiefer und Eiche besser als Fichte und Buche.
- Pionierbaumarten (z. B. Birke, Aspe, Vogelbeere, Erle, Kiefer, Lärche) werden auch in Zukunft aufgrund ihrer breiten Standortamplitude weniger Probleme bereiten.
- Auch beim Anbau wärmeliebender Arten (Eiche, Hainbuche, Winterlinde, Robinie, Roteiche, Walnuss, Ahorn) sind in Zukunft weniger Schwierigkeiten zu erwarten.
- Arten und Herkünfte aus südlichen Regionen (z. B. slawonische Stieleiche) haben sich z. B. in Nordrhein-Westfalen schon bewährt.
- Heimische, seltene Baumarten gewinnen aufgrund des Klimawandels an Konkurrenz-kraft (z. B. Elsbeere, Speierling, Mehlbeere, Wildobst, Weißtanne).
- Bereits etablierte eingeführte Baumarten (Douglasie, Küstentanne, Japanische Lärche, Roteiche) zeichnen sich durch bessere Eignung und Anpassungsfähigkeit auf bestimmten Standorten aus.
- Auch die Möglichkeit, neue, eingeführte Baumarten als Mischbaumarten einzubringen, können unter Beachtung länderspezifischer Rahmenbedingungen zum Erfolg einer zukunftsorientierten Wiederbewaldung beitragen. Mit optimistischer Prognose bezüglich ihrer Klimaresilienz werden Baumhasel, Edelkastanie, Lindenblättrige Birke, Schwarznuss, Riesenlebensbaum oder Zedern beschrieben.

- ein geringer Arbeitsaufwand für Pflanzung und Pflegemaßnahmen.

Hinweise für die Standortansprüche der wichtigsten Waldbaumarten gibt die FNR-Broschüre „Standortansprüche der wichtigsten Waldbaumarten“.

6.1.6 Baumartenmischung

Aus waldökologischer und betriebswirtschaftlicher Sicht sollten zur Risikominde- rung grundsätzlich Mischbestände durch die Mischung unterschiedlicher, aber zu- einander passender Baumarten begründet werden.

Mischwälder sind betriebssicherer, nutzen den Standort besser aus und weisen häufig bessere Leistungen von Masse und Wert auf. Die durch die Mischung entstandene Waldstruktur ist unter anderem entschei- dend für die Auswirkung von starken Stür- men oder Hitze- und Trockenheitsperioden, die nach aktuellen Klimaprognosen immer häufiger auftreten werden.

Reinbestände (Fichte, Kiefer, Buche) sind oft gefährdeter als Mischbestände. Im All- gemeinen sind Laubbaumarten weniger stark sturm- oder trockenisgefährdet als Na- delbaumarten. Eiche, Buche und Ulme gel- ten als sturmsicherer als Linde, Bergahorn oder Birke; Lärche, Tanne, Kiefer und Doug- lasie als weniger gefährdet als Fichte.

Baumartenvielfalt ist eine Versicherung für die Zukunft. Baumartenvielfalt kann aber auf Dauer nur hergestellt beziehungs- weise gesichert werden, wenn **geeignete**

Mischungsformen das Wachstum und das Überleben in bestimmten Stresssitua- tionen sicherstellen. So mindern grup- pen- bis horstweise Mischungsformen die Konkurrenzspannungen zwischen den sich unterschiedlich entwickelnden Baumarten. Mischbestände vergrößern die Reaktions- breite der Ökosysteme und damit deren Stabilität beziehungsweise deren Fähigkeit zum Abfedern von Umweltbedingungen.

Die Mischungsformen der bestandesbil- denden Baumarten werden wie folgt be- schrieben:

Trupp = Fläche mit einem Durchmesser von bis zu 15 m = 175 m²;

Gruppe = Fläche mit einem Durchmesser von 15–30 m = 175–700 m²;

Horst = Flächen mit einem Durchmesser von 30–60 m = 700–3.000 m²

Die Größe der Mischbestandsteilflächen muss mindestens dem Standraum eines Baumes im Erntealter entsprechen. Dieser beträgt bei Eiche zum Beispiel ca. 150 m² bei einem Zieldurchmesser von 75 cm (Kro- nenradius ca. 7 m).

Derartige Mischungen garantieren die Er- haltung der Mischung bis in den Endbe- stand bei vergleichsweise geringem Pfl- egeaufwand. Reihenweise oder einzelne Mischungen sind nur dann sinnvoll, wenn es sich um schattenertragende oder um im Wuchsverhalten gleichwertige Baumarten handelt.

6.1.7 Pflanzgut

Aus ökologischen und ökonomischen Gründen wird ein zügiges und erfolgreiches Anwachsen der Pflanzen verlangt. Dadurch steigen die Anforderungen an die morphologischen und genetischen Eigenschaften des Pflanzgutes. Unterstrichen wird diese Forderung durch die Tatsache, dass heute wesentlich weniger Pflanzen je Flächeneinheit gepflanzt werden und diese möglichst vollständig ohne Nachbesserungen und Pflegemaßnahmen wachsen sollten. Angeboten werden neben wurzelnackten Pflanzen (Sämlinge, Verschulpflanzen, Wildlingspflanzen) auch Pflanzen mit Ballen (Topfballen = Containerpflanzen; Wildlingsballen = Pflanzen aus Naturverjüngung ausgehoben; Kampballen = Pflanzen aus Forstpflanzgärten ausgehoben).

6.1.7.1 Qualitätsmerkmale von Pflanzen

Für das Gelingen der Kultur ist die Qualität der Pflanzen ein entscheidender Faktor. Daher müssen Forstpflanzen

- frisch, gesund, vital, ohne Verletzung sein,
- gerade und wipfelschäftig sein und einen eindeutigen Haupttrieb besitzen,
- einen Wurzelhalsdurchmesser von möglichst 1,5 % der Höhe besitzen,
- genügend Wurzeln, insbesondere Feinwurzeln, aufweisen.

Für die Reserven der Pflanze, ihre mechanische Stabilität und damit für das Anwachsen ist das Verhältnis von Sprosslänge zu Wurzelhalsdurchmesser ein wichtiger Weiser. Die Pflanzen dürfen nicht zu schlank sein. Eine Besichtigung vor dem Kauf wird emp-



Bild 30: Schlecht bewurzelte Pflanze

fohlen. Als Faustregel gilt für Laubbaumarten, dass der Wurzelhalsdurchmesser in mm mindestens so stark sein soll wie die Länge der Pflanze in dm zuzüglich 3 bis 4 mm. (Beispiel: Bei einer Pflanzenlänge von 80 cm = 8 dm sind demnach $8 + 4 \text{ mm} = 12 \text{ mm}$ Durchmesser notwendig.)

Beurteilt werden muss auch die Größe und Ausbildung der Wurzel. Die Pflanze muss eine gewisse Menge an Feinwurzeln haben, um gut anzuwachsen. Maßgeblich für die Ausstattung mit Feinwurzeln ist u.a. das fachgerechte Unterschneiden und Verschulen in der Baumschule. Der Mindestwert für das Spross/Wurzel-Verhältnis sollte zwischen 3:1 bei kleinen Pflanzen (30–50 cm) bis 5:1 bei Großpflanzen (125 cm +) liegen. Das Wurzelsystem soll deutlich dreidimensional verzweigt sein, um der Pflanze einen festen Sitz zu ermöglichen und ein rasches Anwachsen zu erleichtern.

Pflanzen mit starken Wurzeldeformationen, wie z. B. umgebogenen Hauptwurzeln oder Wurzelverletzungen, sind für die Pflanzung nicht geeignet.

6.1.7.2 Herkunft

Die Verwendung qualitativ hochwertiger Pflanzen einer geeigneten Herkunft ist Voraussetzung für die Entwicklung wertvoller, stabiler und zukunftssicherer Wälder.

Die Herkunftsempfehlungen der jeweiligen Forstverwaltungen bieten bei der Her-

kunftswahl eine Orientierungshilfe. Vor dem Hintergrund der Klimaveränderung sollten auch Herkünfte berücksichtigt werden, die dem zu erwartenden künftigen Klima in der Region entsprechen (Anpassungsfähigkeit). Es ist anzuraten, Herkünfte in diesem Sinne zu mischen.

Aufgrund der unregelmäßigen Fruktifikation der Waldbäume sind nicht alle Herkünfte in jedem Fall verfügbar. Die Planung der Kultur sollte nur Herkünfte beinhalten, die auch verfügbar sein können. Alle in den Handel gelangten, nicht aus dem eigenen Forstbetrieb stammenden Forstpflanzen müssen von Beständen geerntet sein, die aufgrund des Forstvermehrungsgutgesetzes zur Beerntung zugelassen wurden. Nähere Hinweise über das Forstvermehrungsgutgesetz vermittelt das Heft des Bundesinformationszentrums Landwirtschaft „Forstliches Vermehrungsgut – Informationen für die Praxis“.

6.1.7.3 Pflanzensortimente

Die Pflanzen werden nach Baumart, Alter und Größe sortiert. Das Pflanzensortiment beschreibt zusätzlich, wie oft die Pflanze in der Baumschule umgesetzt wurde. Beispielsweise bedeutet 1+2 oder 1/2, dass es sich um eine dreijährige Pflanze handelt, die ein Jahr im Saatbeet und zwei Jahre im Verschulbeet war. Ein # zeigt an, dass ein Sämling im Beet mit einem Unterschneidmesser unterschritten, aber nicht in ein Verschulbeet umgesetzt wurde.

Verkauft werden die Pflanzen entweder als Sämlinge oder als verschulte Pflanzen.

Ob Sämlinge oder verschulte Pflanzen verwendet werden, hängt vor allem von den Anforderungen an die Wurzel der Pflanzen ab: Verschulpflanzen besitzen anzuchttechnisch bedingt häufig ein kompakteres, feinwurzelreicheres Wurzelwerk als gleich große Sämlinge.

Für den normalen Bedarf reichen beim Laubholz im Allgemeinen zweijährige unterschnittene Sämlinge aus, wenn sie in weitem Abstand aufgewachsen und dementsprechend kräftig sind. Aus fachlicher und betriebswirtschaftlicher Sicht sollten junge, kleine, unverschulte Pflanzensortimente (=Sämlinge) genutzt werden, soweit die Konkurrenzvegetation dies zulässt. Generell sollte man die für das jeweilige Alter eher größeren Pflanzen kaufen, sonst erhält man die wegen mangelnder Größe aus dem Beet aussortierten. Soweit die Verwendung es zulässt, kann man auch Pflanzen unsortiert aus dem Beet kaufen. Damit sichert man die genetische Vielfalt, muss sich aber beim Pflanzverfahren auf unterschiedliche Größen einstellen.

Großpflanzen

Die Größe der Pflanze spielt dann eine Rolle, wenn ein Vorsprung gegenüber starker Konkurrenzvegetation erreicht werden muss oder eine verbissgefährdete Baumart dem Äser des Rehwildes bereits entwachsen sein muss. In den letzten Jahren wurden zunehmend sogenannte Großpflanzen verwendet. Geringere Pflanzenzahlen bei Großpflanzen erfordern angepasste Pflanzverfahren und Pflanzverbände. Pflanzen, die länger als 1,25 m sind, werden in der

Regel nicht mehr vom Rehwild an der Wipfelknospe verbissen. Auch werden Pflanzen mit einem Wurzelhalsdurchmesser über 15 mm von Kaninchen und Hase kaum noch verbissen. Dies ist besonders wichtig bei Eichen, Eschen und Kirschen. Kulturen mit derartigen Großpflanzen müssen oft weniger freigeschnitten werden.

Großpflanzen müssen speziell in weitem Verschulabstand (Standraum $>600\text{ cm}^2$) in der Baumschule als 1/2- oder 2/2-Sortiment aus bereits nach Länge sortierten Sämlingen angezogen werden. Ihr Spross/Wurzel-Verhältnis beträgt 4:1 bis 5:1, das Verhältnis von Wurzellänge zu -breite ca. 2:1.

Die einfachen Entnahmen von großen Pflanzen aus Baumschul-Quartieren mit normal weiten Verschulabständen oder gar aus Saatbeeten bringen meist Pflanzen mit einem sehr unausgewogenen Spross/Wurzel-Verhältnis, die nicht die Qualitätsmerkmale einer Großpflanze besitzen. Die Wurzelmasse ist für die Pflanze zu klein.

Hier gibt es Anwuchsprobleme, die sogar zum Absterben der Großpflanzen führen können. Eine richtig gezogene Großpflanze hat mehr Reservestoffe als eine kleine Pflanze und wächst deshalb bei richtiger, angemessener Pflanztechnik problemlos an und weiter. In Einzelfällen (bei schwierigen Wildverhältnissen und stark vergrasten Flächen) können auch beim Nadelholz Großpflanzen mit Teilballen aus dem eigenen Verschulkamp eine kostengünstige und sichere Alternative bieten.

TAB. 1: GÄNGIGE FORSTPFLANZENSORTIMENTE

Beispiel	Jahre alt # = unterschritten, gestochen	v. = verschult S. = Sämlinge	Höhe in cm
<i>Fagus silvatica</i> Rotbuche	1 + 0	1 j. S.	15–30
			30–50
	2 + 0 #	2 j. S.	30–50
			50–80
			80–120
	1 + 2	3 j. v.	50–80
			80–120
			120+
	1 + 3	4 j. v.	80–120
			120+

In den Forstpflanzenkatalogen werden folgende Kürzel verwendet:

unterschritten

G während der letzten Vegetationsperiode im Gewächshaus angezogen

C im Container angezogen

K nach dem Ausheben über mehr als 3 Wochen im Kühlhaus gelagert

M in vitro (im Glas) kultivierte Pflanzenteile (= aus Gewebekultur)

P Pflanzen mit Topfballen

v. verpflanzt, verschult

1 j. S. 1/0 1-jährige Sämlinge

4 j. v. S. 2/2 oder 1/3 4-jährig verschulte Sämlinge

Containerpflanzen

Containerpflanzen ermöglichen den Forstpflanzen einen optimalen Start. Sie sind gekennzeichnet durch eine hervorragende Wurzelqualität mit hohem Anteil aktiver Feinwurzelspitzen, einem geringeren Pflanzschock und einer verlängerten Pflanzzeit, da die Gefahr der Austrocknung des Pflanzmaterials geringer ist. Damit werden die Vitalität und das Wachstum der Pflanzen in der Kultur gefördert und Ausfälle bzw. Nachbesserungskosten minimiert.

Frühere Probleme mit Wurzeldeformationen und dem sogenannten „Blumentopf-Effekt“ werden heute durch entsprechende Veränderungen der Containerformen und des Materials weitgehend vermieden. Probleme mit unzureichenden Wurzelhalsdurchmessern sind bei korrekter Anzucht ebenfalls überwunden. Die Anzucht findet überwiegend in Hartplastikcontainern bzw. Quelltöpfen (Jiffy) statt.



Bild 31: Quickpot-Container mit offenem Boden, Längsrippen ohne Sideslits

Hartplastikcontainer werden in runder oder eckiger Form eingesetzt (siehe Bild 31 und 32). Der Bodengrund ist geöffnet, damit es einerseits zu keinem Wasserstau und andererseits zum sogenannten Luftwurzelschnitt (Air-pruning) kommt. Hierbei stehen die Container mit etwas Abstand zum Boden, die Wurzeln sterben jeweils an der Grenzfläche von Containerboden und Luftschicht ab und bilden hier zahlreiche, aktive Wurzelspitzen, die nach der Pflanzung in den Mineralboden wachsen. Zur Verhinderung des Drehwuchses führen Längsrippen die Wurzeln nach unten; vorhandene Längsschlitz (Sideslits) verhindern durch den Luftwurzelschnitt zusätzlich eine Wurzeldrehung und erhöhen den Feinwurzelanteil.

Quelltöpfe (Jiffy) bestehen aus einem kleinen Erdballen aus Torf in einem feinen Netzgewebe ohne Plastikcontainer (siehe Bild 33). An der gesamten Oberfläche dieser Ballen erfolgt somit das Prinzip des Air-prunings mit dem Ergebnis einer hohen Anzahl aktiver Wurzelspitzen. Die Wurzeln durchdringen das Gewebe und wachsen bei Bodenkontakt umgehend weiter.



Bild 32: LIECO-Container mit offenem Boden, Längsrippen und Sideslits



Bild 33: Quelltöpfe (Jiffy) mit Netzgewebe

Zurzeit werden aus verschiedenen Gründen Containerpflanzen für den Forst überwiegend in kleinen bis mittleren Größensortimenten (bis rund 80 cm) angeboten. Daraus resultiert indirekt eine Grenze für den Einsatz von Containerpflanzen auf Standorten, die z. B. wegen ihrer Konkurrenzvegetation zwingend den Einsatz von großen Pflanzensortimenten erfordern.

6.1.7.4 Wildlinge

Als Alternative insbesondere zu kleineren Baumschulsortimenten werden zunehmend Wildlinge genutzt. Beim sogenannten Wildling handelt es sich um eine aus natürlicher Ansamung im Wald entstandene Pflanze. Argumente für die Verwendung von Wildlingen sind

- die Sicherung einer unter gegebenen Standortbedingungen bewährten Herkunft,
- die gute Anpassung an Überschirmung,
- die Einsparung von Pflanzenankaufskosten unter Ausnutzung vorhandener Arbeitskapazitäten,

- die ständige Verfügbarkeit von Pflanzen,
- beste Pflanzenfrische,
- geringe Verbissanfälligkeit (im Vergleich zu Baumschulpflanzen) und
- die natürliche Mykorrhizierung.

Wildlinge sollten nur in Beständen gewonnen werden, die die Anforderungen für zugelassene Saatgutbestände erfüllen. Wildlinge, die nicht im Ursprungsbetrieb verwendet und damit in Verkehr gebracht werden, unterliegen den Bestimmungen des Forstvermehrungsgutgesetzes.

Bei der Gewinnung der Wildlinge sollte das genetische Potenzial des Ausgangsbestandes so gut wie möglich genutzt werden. Dies geschieht durch

- Verteilung der Wildlingsgewinnung über die gesamte Verjüngungsfläche (Vermeidung konzentrierter Gewinnung in einem Bestandesteil oder gar nur unter einem Baum),
- Berücksichtigung der Verjüngung von möglichst vielen Elternbäumen.

Der Kulturerfolg hängt neben der Wahl des geeigneten Pflanzortes entscheidend von der Sortierung und Arbeitsqualität bei Gewinnung und Pflanzung der Wildlinge ab. Da Wildlinge meist unter Schirm oder aus dem Seitenschutz des Mutterbestandes entnommen werden, sollten sie auch nur an entsprechend geschützten Stellen wieder ausgebracht werden. Die Lichtsituation des Pflanzortes sollte in etwa der des Entnahmeortes entsprechen. In konkurrenzstarker Bodenvegetation, bei mächtiger Humusauflage (Vertrocknungsgefahr) oder sich rasch auflösenden Schirmbeständen sind Baumschulpflanzen die bessere Wahl.

An die Qualität der Wildlinge sind ähnliche Anforderungen wie an Baumschulpflanzen zu stellen: Es sind gesunde, vitale, an Spross und Wurzel unverletzte Pflanzen zu werben, die wipfelschäftig, gerade und nicht verbissen sind.

Das Verhältnis von Sprosshöhe zu Wurzelhalsdurchmesser sollte unter 80 liegen. Das bedeutet bei einer Buche von 30 bis 50 cm einen Mindest-Wurzelhalsdurchmesser von 4 bis 6 mm.

Für ein gutes Anwachsen sowie kräftiges Wachstum benötigen Wildlinge zahlreiche Feinwurzeln und für die Stabilität gut ausgebildete Hauptwurzeln. Das Spross/Wurzel-Verhältnis sollte maximal 3:1 betragen.

Zur Vermeidung von zu großen Wurzelverlusten muss bei der Wildlingswerbung größte Sorgfalt aufgewendet werden. Bei großen Pflanzen ist das Ausspaten von Teilballen (z. B. mit dem Hohlspaten) zweckmäßig. Die Entnahme bei kleineren Pflanzen erfolgt am besten mit einer Grabegabel, indem man den Boden um den Wildling lockert und ihn dann mit möglichst viel Wurzelmasse vorsichtig herausnimmt.

Skelettarme, lockere, tiefgründige, sandig bis lehmige Böden (geringe Wurzelverluste) eignen sich besonders für die Wildlings-Gewinnung, wobei Verjüngungen mit mindestens 4 bis 5 verwertbaren Pflanzen pro m² (rationelle Gewinnung) vorhanden sein sollten. Ein feuchter Bodenzustand ist für die Wildlingswerbung vorteilhaft. Damit die Wurzeln nicht so schnell austrocknen, wird anhaftende Erde nicht abgeschüttelt.

Wildlinge sollten nach dem Ausheben unverzüglich wieder ausgepflanzt werden. Um die Frische zu erhalten, erfolgt der Transport zum Pflanzplatz mit abgedeckter Wurzel. Weiterhin ist es zur Wahrung der Pflanzenfrische sinnvoll, dass maximal der Tagesbedarf ausgegraben und rasch verpflanzt wird.

Bei hohem Pflanzenbedarf ist eine günstige Witterung für die Gewinnung auszunutzen und die Pflanzen sind kurzzeitig im Boden (nicht im Pflanzsack!) einzuschlagen. Eine Wurzeltauchung, z. B. mit Agricol, hat sich insbesondere im Frühjahr bewährt.

Wildlinge können auch als kleine Sämlinge im Pflanzgarten verschult und so an den Freiland gewöhnt werden, um sie später in der gewünschten Größe auf die Fläche zu bringen.

6.1.7.5 Beschaffung

Die Anlage einer Kultur oder einer Saat ist ein Schritt, der die Entwicklung des Waldes meist für mehr als hundert Jahre bestimmt. Daher ist die Beschaffung geeigneter Pflanzen ein Schritt, dem große Aufmerksamkeit zukommen muss. Die Qualitätskriterien, Herkünfte und Sortimente sind oben bereits beschrieben. Nun stellt sich die Frage: Wie und wo kann man die richtigen Pflanzen kaufen?

Der Ankauf von Pflanzen ist Vertrauenssache. Zwar unterliegen die in Forstbaumschulen angebotenen Forstpflanzen dem Forstvermehrungsgutgesetz (FoVG) und müssen daher von zugelassenen Beständen abstammen. Häufig werden Pflanzen aber auch von Handelsbaumschulen angeboten, die sie nicht selbst angezogen haben. Hier können sich natürlich eher Fehler einschleichen, so dass die Lieferung dann unter Umständen nicht der Herkunft entspricht, die man bestellt hat.

Mehr Sicherheit verspricht der Kauf bei Baumschulen, die selbst anziehen und verschulen. Noch besser ist es, wenn man durch langjährige Kontakte einen eigenen Einblick in die Quartiere der Baumschulen hat und die Entwicklung verschiedener Pflanzenbestände über die Jahre beobachten kann. Dies ist allerdings meist nur

Forstämtern möglich, die jährlich größere Mengen an Pflanzen kaufen und daher entsprechende Kontakte unterhalten. Es bietet sich daher an, sich an gemeinsamen Pflanzenbestellungen zu beteiligen.

Fragwürdig ist die Ausschreibung von Forstpflanzen ohne vorherige Besichtigung – nach Katalog.

Zwar gibt es Qualitätskriterien, die man beschreiben kann, doch entscheidet letztlich der Gesamteindruck eines Quartiers. Man kann daher die begründete Auffassung vertreten, dass sich Forstpflanzen nicht hinreichend genau beschreiben lassen, um sie durch Ausschreibungsverfahren kaufen zu können.

Der Preis einer Pflanze ist ein Kriterium, das in Anbetracht der zeitlichen Tragweite der Entscheidung erst am Schluss einer Abwägung zum Tragen kommen sollte. Die Erfahrung zeigt, dass Baumschulen sich auf die Bedürfnisse der Abnehmer einstellen, wenn es sich um langjährige Kunden handelt.

So ist zum Beispiel der Verschulabstand wichtig für die Stabilität der Pflanzen. Ein Produzent wird den Abstand nur dann größer wählen, wenn er weiß, dass die Kunden dies auch nachfragen.

Inzwischen gibt es zusätzlich zu den gesetzlichen Regelungen Zertifizierungssysteme für Forstpflanzen (Zertifizierungsring für überprüfbare Forstliche Herkunft Süddeutschland e.V. (ZüF), Verein Forum forstliches Vermehrungsgut e.V. (FV)). Diese stellen

insbesondere den Nachweis der Herkunft – bezogen auf den Erntebestand – durch Rückstellproben und genetische Nachweise sicher. Sowohl FSC (Forest Stewardship Council) als auch PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes) fordern zertifizierte Pflanzen, soweit sie für die gewünschte Herkunft am Markt verfügbar sind.

Näheres findet sich unter:
www.zuef-forstpflanzen.de
und www.isogen.de

Baumschulen bieten Forstpflanzen mit den entsprechenden Herkunftsnachweisen an.

Verschiedene Baumschulen bieten Vermehrungsgut von Herkunftsnachweisen an, die von der Gütegemeinschaft für forstliches Vermehrungsgut e.V. (DKV) als besonders hochwertig anerkannt wurden. Dieses Vermehrungsgut unterliegt außerdem zusätzlichen Kontrollen.

Die meisten Landesforstverwaltungen haben Herkunftsempfehlungen herausgegeben.

6.1.7.6 Lieferung und Abnahme

Pflanzen werden meist vorbestellt und später zwischen Herbst und Frühjahr geliefert. Frühzeitige Absprachen mit der Baumschule erleichtern die Bereitstellung der Pflanzen zum gewünschten Zeitpunkt nach Abruf. Die Pflanzen müssen bei Lieferung sorgfältig geprüft und abgenommen werden. Es bietet sich an, eine Reihe von Kriterien zu beurtei-

len und dann zu entscheiden, ob die Pflanzen abgenommen werden. Beispielsweise müssen Sortiment, Größe, Wurzelzustand, Wurzelhalsdurchmesser, Frische oder die Freiheit von Schadsymptomen geprüft werden. Tabelle 2 zeigt ein gebräuchliches Formular mit den wichtigsten Kriterien.

Wenn alle übrigen Kriterien erfüllt sind, so ist die Pflanzenfrische der entscheidende Faktor für den Kulturerfolg:

Wie kann ich die Frische von Pflanzgut beurteilen?

Einige Ansatzpunkte für eine kritische Beurteilung:

- Fühlen sich die Pflanzen insgesamt trocken an?
- Fühlen sich die Wurzeln trocken an?
- Rieselt trockene Erde aus den Wurzeln im Innern der Pflanzenbündel?
- Grauschimmelbildung im Innern der Pflanzenbündel? (Hinweis auf unsachgemäße Kühlhauslagerung)

Ein Übernahme-Protokoll sollte in jedem Fall erstellt werden (siehe Tabelle 2).

Gestattung von Ersatzlieferungen

Ersatzlieferungen sollten vertraglich ausgeschlossen werden. Der Besteller muss sich vorher vergewissern, ob die erforderlichen Herkunftsnachweise auch lieferbar sind. Will der Lieferant von der bestellten Herkunft trotzdem abweichen, muss geprüft werden, ob die Ersatzherkunft fachlich vertretbar und mit den aktuellen Förderrichtlinien vereinbar ist.

TAB. 2: BEISPIEL EINES ÜBERNAHME-PROTOKOLLS FÜR PFLANZGUT

170-11: Prüfprotokoll Pflanzenlieferung RFA RSE			
FBB:			
Waldbesitzer:		Lieferung am:	
durch Baumschule:		Lieferschein Nr.:	
Baumart:			
Herkunft:			
Alter:			
Größe:			
Stück:			
Gesund?	☐ Ja ☐ Nein	☐ Ja ☐ Nein	☐ Ja ☐ Nein
Form (Wipfelschäftig?)	☐ gut ☐ akzeptabel ☐ nicht akzeptabel	☐ gut ☐ akzeptabel ☐ nicht akzeptabel	☐ gut ☐ akzeptabel ☐ nicht akzeptabel
Beschädigungen?	☐ Ja ☐ Nein	☐ Ja ☐ Nein	☐ Ja ☐ Nein
Wurzelhals- durchmesser:	☐ gut ☐ akzeptabel ☐ nicht akzeptabel	☐ gut ☐ akzeptabel ☐ nicht akzeptabel	☐ gut ☐ akzeptabel ☐ nicht akzeptabel
Bewurzelung:	☐ gut ☐ akzeptabel ☐ nicht akzeptabel	☐ gut ☐ akzeptabel ☐ nicht akzeptabel	☐ gut ☐ akzeptabel ☐ nicht akzeptabel
Frische:	☐ gut ☐ akzeptabel ☐ nicht akzeptabel	☐ gut ☐ akzeptabel ☐ nicht akzeptabel	☐ gut ☐ akzeptabel ☐ nicht akzeptabel
Lieferung angenommen	☐ wie geliefert ☐ unter Vorbehalt ☐ zurückgewiesen	☐ wie geliefert ☐ unter Vorbehalt ☐ zurückgewiesen	☐ wie geliefert ☐ unter Vorbehalt ☐ zurückgewiesen
Unterschriften	1. Forstbetriebsbezirk:		
	2. Lieferant:		

Bei größeren Mengen sollte man eine repräsentative Stichprobe ziehen und dazu z. B. jeden zehnten Bund öffnen und die einzelnen Pflanzen prüfen. Es genügt nicht, nur die geschlossenen Bunde anzuschauen. Hat die Lieferung keine oder unbedeutende Mängel, kann man sie abnehmen.

Liegen relevante Mängel vor, wie beispielsweise zu geringe Größen oder zu schwache Wurzelhalsdurchmesser, mangelnde Reife oder unzureichende Wurzelmasse, so sollte man sich keinesfalls auf eine oft angebotene Preisreduktion einigen, sondern die Lieferung zurückweisen.



Bild 34: Werden die Bäumchen nicht unmittelbar nach Bereitstellung verpflanzt, müssen sie sachgerecht eingeschlagen und bis über den Wurzelhals mit Erde bedeckt werden

Leider wird zu oft versucht, mangelhafte Pflanzen mit Preiszugeständnissen an den Kunden zu bringen. Eine Kultur wird aber nur gelingen, wenn die Pflanzen gute Qualität aufweisen. Wenige Cent Nachlass können die Probleme mit schlecht wachsenden Pflanzen bei weitem nicht ausgleichen. Selbst wenn Nachbesserungen versprochen werden – die Kultur sollte mit guten Pflanzen in einem Guss gelingen.

6.1.8 Pflanzeneinschlag

Am besten ist die unmittelbare Verwendung der Pflanzen nach der Lieferung, so dass sie nicht länger als zwei oder drei Tage gelagert werden müssen. Verhindert man durch Lagerung im geschlossenen Anhänger mit feuchten Jutesäcken das Austrocknen und Überhitzen, kann man sich das Einschlagen sparen. Eine Alternative ist die Lieferung der Pflanzen in Wechselcontainern, wo sie einige Tage bis zur Pflanzung lagern können. Die Pflanzen müssen in jedem Fall sicher vor Frost geschützt werden. Gefrorene Wurzeln bedeuten Ausfall der Pflanze. Entscheidend für den Erfolg ist auch der Schutz der Pflanzen beim Pflanzvorgang selbst – auch hier ist bei Sonne und Wind ein Austrocknen sicher zu vermeiden.

Liegen zwischen Lieferung und Pflanzung mehrere Tage oder gar Wochen, ist ein sachgerechtes Einschlagen der Pflanzen notwendig (siehe Bild 34). Dazu wählt man am besten eine Fläche aus, die einen möglichst lockeren, feinkrümigen Bodenzustand hat. Ungeeignet sind schwere Lehm- oder Tonböden. Notfalls lässt sich ein Einschlagplatz auch durch zugeführten

Sand und Humus speziell vorbereiten. Reine Hackschnitzel oder Kompost sind ungeeignet. Die Wurzeln vieler Pflanzen wachsen auch im Winter und müssen deshalb in Kontakt mit einem fruchtbaren Boden gehalten werden.

Das Einschlagen selbst wird mit dem Spaten durch Ausheben eines hinreichend tiefen Grabens, Einlegen der Pflanzen und Bedecken mit Erdschicht über den Wurzelhals vorgenommen. Bei größeren Mengen geht es rationeller mit einem einscharigen Pflug, indem man in die gezogene Furche die Pflanzenbündel einlegt und sie mit Erde durch das Ziehen der nächsten Furche zudeckt. Der Einsatz eines Kleinbaggers kann eine gute Alternative sein (siehe Bild 35).

Wichtig ist, dass die Wurzeln allseitig von krümeliger Erde umfüttert sind. Ob die Bündel

aufgemacht werden müssen, hängt von der Stärke der Bündel und von der Konsistenz des Bodens ab. Ist der Boden gut geeignet und entsprechen die Bündel den Anforderungen (Wurzelhals auf gleicher Höhe, nicht zu große oder lockere Bündel), so kommen im Allgemeinen bei diesem Verfahren alle Wurzeln mit dem Boden in ausreichenden Kontakt, so dass ein Öffnen der Bündel nicht notwendig ist.

Nadelholzbünde sind wegen der größeren Empfindlichkeit (Verdunstung über die Nadeln) im Zweifelsfalle immer aufzumachen und etwas zu vereinzeln.

Beim Einschlagen über den Winter sollten die Wurzeln nach Süden zeigen, da sie so im Frühjahr besser auftauen und die dahinterliegenden Pflanzen besser geschützt werden. Der Pflanzeneinschlag ist gegen Wild zu sichern!

Wenn der Forstbetrieb das Einschlagen gut beherrscht, kann man die Pflanzen bereits im Herbst beziehen, da die Pflanzarbeiten dann bei günstigen Witterungsbedingungen ohne Rücksicht auf Schwierigkeiten durch mögliche Lieferengpässe wegen hohen Arbeitsaufkommens in den Baumschulen durchgeführt werden können. Zum Pflanzen selber darf nie eine größere Menge aus dem Einschlag entnommen werden, als an einem Tag gepflanzt werden kann. Auf die Pflanzfläche werden die Pflanzen mit einem Tuch abgedeckt in einer Kiste verbracht oder in einem geschlossenen Anhänger.



Bild 35: Pflanzeneinschlag mit dem Kleinbagger

6.1.9 Pflanzzeitpunkt

Die Wahl des optimalen Pflanzzeitpunktes ist von den örtlichen Klimabedingungen, dem Wilddruck, der Wasserhaltekraft des Bodens und der Baumart abhängig.

Generell hat sich die Pflanzung wurzelnackter Setzlinge im späteren Herbst ab November bewährt, weil die Wurzeln durch die Winterniederschläge intensiven Kontakt mit dem Boden bekommen. Das früh im Jahr einsetzende Wachstum der Wurzeln kann bereits im neuen Standort genutzt werden. Gegen eine Spätherbstpflanzung spricht allenfalls ein hoher Wilddruck, da besonders die Pflanzen aus der Baumschule gerne bestäubt werden.

Kritisch sind Pflanzungen im Spätwinter und im Frühjahr, wo Phasen mit kalttrockenem Wetter und austrocknenden Winden nicht selten sind. Im späten Frühjahr kommen zunehmend auftretende Hitzephasen mit heftiger Sonneneinstrahlung als Risiko hinzu.

Das früher oft befürchtete Auffrieren der Pflanzen durch starken Winterfrost ist bei heute verwendeten Forstpflanzengrößen und Pflanzverfahren keine wesentliche Gefahr mehr.

Bei der Douglasie wird die frühe Frühjahrspflanzung empfohlen. Containerpflanzen eignen sich für einen weitaus längeren Pflanzzeitraum im Jahresverlauf als wurzelnackte Pflanzen.

6.2 Pflanzverfahren

Waldbesitzenden stehen eine Reihe von Pflanzverfahren zur Verfügung. Diese müssen zum Flächenzustand und zu den verwendeten Pflanz-Sortimenten passen. Die Pflanzverfahren haben sich aufgrund der sich verändernden Pflanzensortimente, dem größeren Wurzelvolumen der Baumschulpflanzen und der ergonomischen Betrachtung der Arbeit in den letzten Jahrzehnten stets verändert. Moderne Pflanzverfahren sind durch eine günstige ergonomische Arbeitsweise, eine hohe Qualität des Pflanzungsergebnisses, ein akzeptables Leistungsergebnis sowie durch eine schnelle Erlernbarkeit des Arbeitsverfahrens gekennzeichnet.

Von der Pflanzungsqualität ist zu verlangen, dass die Wurzeln der Pflanze vollständig, gerade und dreidimensional in den Boden kommen und mindestens genauso tief in den Mineralboden gebracht werden, wie sie in der Baumschule gestanden haben. Wegen der Senkvorgänge im Boden nach der Pflanzung sollte die Pflanze besser 1 bis 2 cm tiefer stehen als in der Baumschule. Auf keinen Fall darf die Wurzel umgeknickt werden oder nur in die Humusschicht gelangen.

Das Pflanzverfahren muss der Pflanzen- und Wurzelgröße angepasst sein. Durch Andrücken (aber nicht brachiales Festtreten = Wurzelstauchungen) wird die Pflanze möglichst fest mit dem Mineralboden verbunden. Dadurch bleibt der Kapillaraufstieg des Wassers erhalten und die Pflanze kann durch Windeinfluss nicht gelockert werden.

6.2.1 Wurzelentwicklung, Wurzelschnitt

Die Wurzeln der Waldbäume sorgen für sicheren Stand, nehmen Wasser und Nährstoffe auf und leiten sie in die Leitungsbahnen des Stammes weiter. Da besonders über die Feinwurzeln die Wasseraufnahme und damit das Pflanzenwachstum der Sprossachse beeinflusst wird, ist ein hoher Anteil von Feinwurzeln der Pflanze entscheidend für den Anwuchserfolg. Bei vielen Baumarten ist eine Symbiose mit Pilzen im Wurzelbereich (*Mykorrhiza*) entstanden und verbessert für den Baum die Aufnahmemöglichkeit von Wasser und Nährstoffen. Die Form der Wurzel, z.B. die Pfahlwurzel der Eichen oder die Herzwurzel der Buche, ist bei den verschiedenen Arten sehr unterschiedlich.

Untersuchungen belegen, dass Naturverjüngungen und Saaten hinsichtlich der Wurzelentwicklung den gepflanzten Bäumen deutlich überlegen sind. Darüber hinaus zeigen sie geringere Wurzeldeformationen, die insbesondere bei Winkelpflanzungen, Spatenpflanzungen und bei verschiedenen Lochbohrpflanzverfahren an einem Großteil der Pflanzen festgestellt werden. In der Regel sind diese Deformationen irreversibel (siehe Bild 36 und 37 a/b).

Bei der Pflanzung sollen kleine Sortimente bevorzugt werden, weil sie grundsätzlich eine bessere Wurzelentwicklung zeigen und geringere Deformationen aufweisen als Großpflanzen.



Bild 36: Der „Entenfuß“ entsteht bei langer Wurzel und einem Pflanzspalt unzureichender Tiefe durch ein zu kurzes Blatt. Er bleibt dauerhaft und hat negative Auswirkungen auf die Wurzelfunktionen sowie die Stabilität des Baumes.

Wurzelschnitt

Ein Wurzelschnitt ist grundsätzlich zu unterlassen. Mit einer scharfen Handschere – Quetschungen sind unbedingt zu vermeiden – wird gegebenenfalls ein Wurzelschnitt dann ausgeführt, wenn überlange dünne Seitenwurzeln eingekürzt werden müssen, damit sie im Pflanzloch nicht gestaucht oder gedreht werden. Er wird an jeder Pflanze einzeln und erst unmittelbar am Pflanzplatz (oder beim Befüllen des Pflanzenbehältnisses) ausgeführt. Pfahl-

wurzel und starke Hauptwurzeln dürfen auf keinen Fall gekürzt werden. Eine Pfahlwurzel, die zu stark eingekürzt wurde, entwickelt sich nicht mehr richtig. Alle Schnittstellen sind potentielle Eintrittspforten für Krankheitserreger.

Pflanzen mit einem für das Pflanzverfahren zu großem Wurzelwerk sollten nicht einfach beschnitten, sondern aussortiert und mit einem geeigneten Pflanzverfahren gesetzt werden. Das Pflanzverfahren ergibt sich aus der Größe der Wurzeln.



Bild 37a/b: Wurzelentwicklung bei unterschiedlichen Pflanzverfahren
 Links: starke Deformation bei Eiche 4 Jahre nach der Pflanzung (Winkelpflanzung)
 Rechts: gute Wurzelentwicklung 5 Jahre nach der Pflanzung (Rhodener Pflanzverfahren)
 (aus: Pflanzgut und Pflanzung. ForstBW Praxis)

6.2.2 Manuelle Pflanzverfahren

Einige wichtige Grundsätze vorab:

Wenn die Wurzeln in das Pflanzloch eingeführt werden, ist auf eine möglichst natürliche Ausrichtung und Verteilung zu achten:

- Durch ein Anheben oder leichtes Herausziehen der Bäumchen während des Schließens des Pflanzloches werden die Wurzeln nach unten gerichtet.
- Es ist wichtig, dass die Wurzeln, vor allem die Pfahlwurzel, nicht unten im Pflanzloch aufgesetzt werden. Sonst wächst die Pfahlwurzel nicht mehr nach unten, sondern waagrecht weiter.
- Das Aufsetzen der Wurzeln ist der Hauptfehler bei der Pflanzung mit dem Pflanzlochbohrer.

Neheimer Pflanzverfahren

Die Grundidee des Pflanzgerätes (Bild 38a) liegt darin, dass die Erstellung des Pflanzloches nicht mittels Kraft und Schlagtechnik, sondern durch das Körpergewicht des Pflanzers erfolgt. In der Übersicht 4 ist das Pflanzverfahren dargestellt. Durch den für den Neheimer Spaten typischen Winkel von 11 Grad wird der Stiel näher am Körper geführt, so dass der Pflanzers seinen Oberkörper zum Öffnen des Pflanzraumes nur geringfügig bewegen muss. Das Pflanzen mit dem Neheimer Pflanzspaten erfolgt zu ca. 80 Prozent in einer geraden, Rücken schonenden Haltung (siehe Bild 38b).



Bild 38a: Pflanzspaten Neheim (FBZ); Blattlänge: 415 mm; Blattbreite: 98 mm; Länge (mit Blatt): 1.225 mm; Gewicht: 3.080 g; Winkelstellung Blatt zum Stiel: 11 Grad

Das Neheimer Pflanzverfahren kann für Laub- und Nadelgehölze mit Wurzellängen bis 25 cm angewendet werden. Bevorzugte Sortimente sind 30/50 und 60/80 cm. Das Verfahren eignet sich für alle Pflanzungsplätze einschließlich der Freiflächen mit geringem Räumungsgrad, leichte bis mittelschwere Böden mit Kraut- und Grasbewuchs und für ebene bis mäßig geneigte Lagen. Die Pflanzleistung ist abhängig von den standörtlichen Verhältnissen und vom Sortiment: 75–100 Pflanzen/Stunde.



Bild 38b: Einsatz des Neheimer Pflanzspatens

Vorlockern des Pflanzlochs

- Das Blatt wird senkrecht bis zur Hälfte mit dem Fuß in den Boden gedrückt. Bei Hindernissen kann sofort reagiert und ausgewichen werden. (aufrechte Haltung)
- leichtes Vordrücken der Haue mit einer Hand, dadurch wird der Boden bereits gelockert (aufrechte Haltung)
- kein Freiräumen der Humusauflage



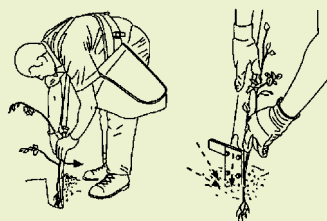
Öffnung für den Wurzelraum

Den Pflanzspaten senkrecht ca. 10 cm vor dem ersten Einstich mit dem Eigengewicht vollständig in den Boden treten. Den Stiel anschließend mit leichter Oberkörperbewegung deutlich nach vorn drücken. In dieser Position die Spatenblattspitze deutlich am Bodengrund aufsetzen und den Stiel zurückziehen. (aufrechte Haltung)



Einführen der Pflanze und evtl. ausrichten der Wurzel

Pflanzwurzel vor dem Spatenblatt in den quadratisch geöffneten Wurzelraum einführen, auf senkrechte Ausrichtung der Wurzel achten. Anschließend mit leichten „Blattstichen“ das Erdmaterial um die Wurzel herum krümelnd.



Mineralbodenkontakt

Das Erdreich an der Pflanze leicht antreten. (aufrechte Haltung, Abstützung auf dem Pflanzspaten)



Quelle: Forstliches Bildungszentrum für Waldarbeit und Forsttechnik (FBZ)/Margareta Nolte

Göttinger Fahrradlenker

Zum Öffnen des Pflanzloches mit dem Göttinger Fahrradlenker wird das Körpergewicht des Pflanzers eingesetzt (siehe Bild 39a/b). Das Verfahren wird in der Übersicht 5 dargestellt.

Das Pflanzblatt senkrecht bis leicht schräg (zum Pflanzer) vollständig in den Boden eintreten.	
Danach mit gestrecktem Arm und geradem Rücken den Fahrradlenker weit nach vorn drücken. Dabei ein Bein zum Abfangen des Körpergewichtes nach vorn stellen. Fahrradlenker nach hinten ziehen und eine Pflanze aus der Pflanzentasche entnehmen.	
Kleine Drehbewegung am Lenker und Setzen der Pflanze vor dem Blatt. Beim Herausziehen des Blattes gegenläufig die Pflanze weiter nach unten schieben. Auf senkrechten Sitz der Wurzel achten.	
Ca. 10 cm etwas schräg hinter der Pflanze das Pflanzblatt einstecken und zum Schließen des Pflanzraums den Lenker nach vorn drücken.	

Quelle: Forstliches Bildungszentrum für Walдарbeit und Forsttechnik (FBZ)/Margareta Nolte

Übersicht 5: Verfahrensbeschreibung Pflanzung mit dem Göttinger Fahrradlenker



Bild 39a/b: Göttinger Fahrradlenker
 Blattlänge: 400 mm; Blattbreite: 120 mm; Stiellänge: 1.000 mm; Gewicht: 4.880 g



Bild 40a/b: Buchenbühler Schrägpflanzhaue mit Pflanzen-Doppeltragetasche
 Blattlänge: 425 mm; Blattbreite: 90 mm; Stiellänge: 1.000 mm; Gewicht: 3.250 g; Winkelstellung
 Blatt zum Stiel: 100 Grad

Der Göttinger Fahrradlenker kann für Laub- und Nadelgehölze mit Wurzellängen bis 25 cm angewendet werden. Bevorzugt sind 60/80-Sortimente. Bei größeren Sortimenten kann das Verfahren auf eine 2-Mann-Variante erweitert werden, indem eine Person das Pflanzloch herstellt und der Pflanzvorgang durch eine weitere Person vorgenommen wird. Das Verfahren eignet sich für alle Pflanzungsplätze einschließlich der Freiflächen mit geringem Räumungsgrad besonders auf mittelgründigen, leicht-mittelschweren Böden ohne hohen Skelettanteil und für ebene bis mäßig geneigte Lagen. Je nach Beschaffenheit der Pflanzfläche und in Abhängigkeit des Sortiments bzw. der Wurzelausformung beträgt die Leistung ca. 55–70 Pflanzen/Stunde.

Buchenbühler Schrägpflanzung

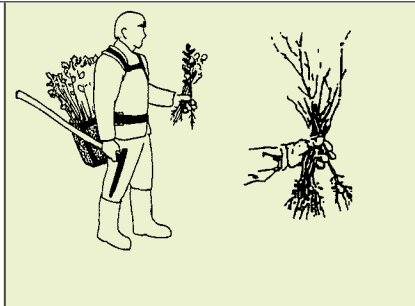
Der Arbeitsgang mit der Buchenbühler Schrägpflanzhaue (Bild 40a) erfolgt in einer fließenden, dynamischen Abfolge, wobei die Energie zum Aufrichten des Körpers nach dem Pflanzvorgang kombiniert wird mit dem Aufschwingen der Pflanzhaue (siehe Bild 40b). Die anschließende Fallenergie mindert den Kraftaufwand für das Eindringen des relativ schmalen Blattes in den Boden. Das Verfahren ist in der Übersicht 6 dargestellt. Das Verfahren ist geeignet für Sämlingssortimente, z. B. Buche/Eiche (Kiefer) 1+0 (2+0) mit noch eindimensionaler Wurzel Ausbildung.

Optimal einsetzbar ist das Verfahren bei Laubholz mit Pfahl- und Herzwurzel ausprägung, Sortiment 15–30 (30–50) mit max. Wurzellänge von ca. 20 cm und ca. 11 cm Breite. Das Verfahren eignet sich auf mittelgründigen, leicht bis mittelschweren Böden ohne hohen Skelettanteil und für ebene bis mäßig geneigte Lagen. Die Pflanzleistung liegt aufgrund des kleinen Sortiments und des Verfahrens bei ca. 90–110 Pflanzen/Stunde.

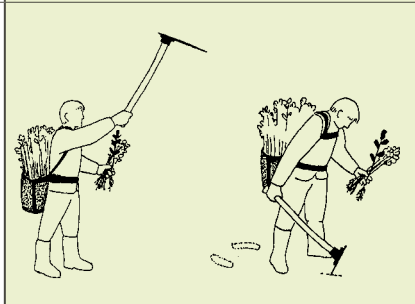
Rhodener Verfahren

Die Rhodener Pflanzung ist aus dem Buchenbühler Verfahren weiterentwickelt worden, durch die beidhändige Führung jedoch leichter zu erlernen. Die Rhodener Pflanzhaue wird in aufrechter Haltung beidhändig geführt. Mit Kraft wird die Haue in Höhe des vorgestellten Fußes gebracht. Je nach Bodenbeschaffenheit sind evtl. mehrere Schläge in denselben Spalt erforderlich. In der Übersicht 7a/b ist das Verfahren beschrieben.

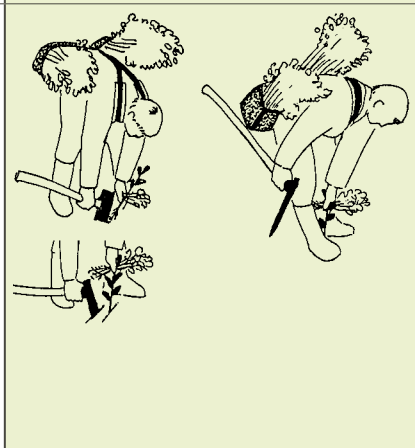
Die Haue wird mit einer Hand geführt und kann von Rechts- und Linkshändern gleichermaßen genutzt werden. In der Startposition greift die Hauen-Hand am langen Arm am Schwerpunkt der Haue (kurz hinter dem Flansch). Die andere Hand hält ca. 5–10 Pflanzen, wobei sich eine Pflanze bereits in der „Pflanzungsposition“ befindet, dem sog. Federhaltergriff. Hierbei wird eine Pflanze zwischen Daumen und Zeigefinger stark abgewinkelt zum Pflanzenbündel gehalten.



Die Haue wird mit einer Schwing-Bewegung nach vorn geführt (die Hand befindet sich zum Schluss ca. in Kopfhöhe), gleichzeitig gleitet der Stiel bei leicht geöffneter Hand bis zum Stielende. Die Hand greift zu und zieht die Haue in Richtung Pflanzpunkt. Das Gewicht unterstützt den Vorgang fallenergetisch. Das Blatt landet neben dem vorgestellten Fuß, vor dem Auftreffen wird die Führungshand zur Minderung einer Prellung leicht geöffnet. Der Stiel wird im Boden leicht angehoben.



Niederdrücken des Stiels (Hand liegt in der Stielmitte) und seitliches Ausdrehen (vor allem bei etwas größerer Wurzel) zum Öffnen des Pflanzraums.



Einführen der Pflanze vor dem Blatt. Einschieben der Pflanze und Herausziehen der Haue ist eine zeitgleiche, gegenläufige Bewegung. Die Führungshand liegt wieder am Schwerpunkt. Schließstich hinter der Pflanze und leichtes Antreten.

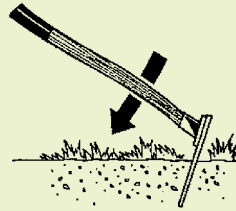
Aus der gebeugten Position folgt mit der sich anschließend aufrichtenden Körperbewegung wieder das Vorgehen der Haue zum nächsten Pflanzzyklus.

Quelle: Bayerische Forstverwaltung

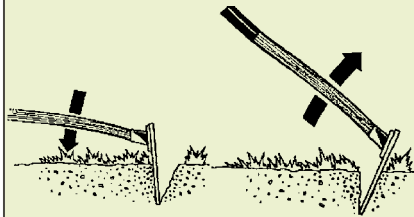
Übersicht 6: Verfahrensbeschreibung Buchenbühler Schrägpflanzung

a) Schlagvariante I

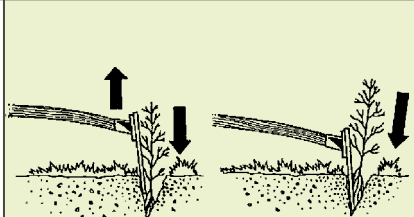
Die Haue wird in aufrechter Haltung beidhändig geführt, beim Rechtshänder rechts vom Körper, der linke Fuß ist vorgestellt (Linkshänder arbeiten linksseitig, rechter Fuß vorgestellt). Mit Kraft wird die Haue in Höhe des vorgestellten Fußes gebracht. Beim Auftreffen des Blattes in den Boden wird der Griff leicht zur Prellminderung in der Handfläche geöffnet. Je nach Bodenbeschaffenheit sind evtl. mehrere Schläge in denselben Spalt erforderlich.



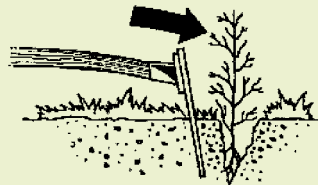
Der Pflanzler macht einen Schritt nach vorn und zieht dabei mit geradem Rücken und langem Arm die Haue nach vorn, das Pflanzloch („der Keller“) wird somit geöffnet. Eine Pflanze wird aus den Tragetaschen genommen, anschließend gleitet in einer Abwärtsbewegung die rechte (Führungs-) Hand zur Mitte des Stiels, dieser wird vollständig zum Boden gebracht und der Pflanzspalt öffnet sich.



Die etwas mit der Pflanzhand zusammenge-drückte Wurzel wird entlang des Pflanzblattes in den Pflanzspalt geschoben. Durch leichtes Anheben des Blattes am Hauenflansch und gleichzeitiges Nachschieben der Pflanze in den freigewordenen Pflanzspalt kommt die Wurzel nochmals etwas tiefer in den Mineralboden. Danach die Pflanze wieder etwas zur Ausrichtung der Wurzeln nach oben ziehen.



Die führende Hand befindet sich anschließend direkt hinter dem Flansch und drückt das Blatt mit dem leicht verlagerten Körpergewicht schräg ca. 10 cm hinter der Wurzel in das lockere Erdreich (Schließstich), gleitet dann etwa zur Mitte des Stiels und hebt den Stiel gegen die Pflanze an. Der Pflanzspalt wird somit geschlossen.

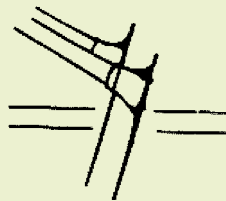


Quelle: Landesbetrieb Hessen-Forst

Übersicht 7a: Verfahrensbeschreibung Rhodener Verfahren Variante I

b) Schlagvariante II

Bei verdichteten Böden können zwei leicht versetzte Hauenschläge das Erdreich besser auflockern, um somit die gewünschte Eindringtiefe zu erreichen.



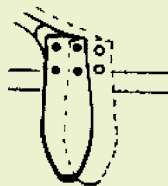
c) Schlagvariante III

Hierbei wird das Blatt für den Schließvorgang seitlich neben dem Pflanzspalt angesetzt und beim Anhebeln neben der Pflanze vorbeigeführt, um einen Schiefstand zu vermeiden. Die Pflanzhand greift unmittelbar kurz über dem Wurzelhals zur geraden Fixierung der Sprossachse. Alternativ kann bei leichten Böden auch vor der Wurzel das Blatt in den Boden gebracht werden und der Schließstich von vorn erfolgen.



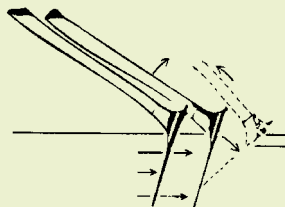
d) Schlagvariante IV

Bei breiten Fahnwurzeln wird durch zwei versetzte und etwas überlappende Hauenschläge ein breiter Pflanzspalt erstellt.



e) Schlagvariante V

Die Schlagrichtung erfolgt voreinander, in zwei ca. 15 cm entfernten Hauenschlägen. Durch den ersten Hauenschlag (linke Hauen der Skizze) können evtl. vorhandene Graswurzeln durchtrennt werden. Der zweite, nach vorn versetzte Schlag und anschließende Pflanzvorgang (ähnlich Variante I oder III) ermöglicht einen lockeren Bodenbereich zwischen den Hauenschlägen.



Quelle: Landesbetrieb Hessen-Forst

Je nach Bodenzustand (verdichtete oder leichte Böden), Bodenbewuchs (Gras) bzw. der Ausstattung der Pflanze mit Wurzeln (Fahnenwurzeln) können die Schlagvarianten angepasst werden.

Das Rhodener Pflanzverfahren kann für Laub- und Nadelgehölze eingesetzt werden. Bei geeigneten Böden können Wurzeln von 25 cm (max. 30 cm) gerade in den Mineralboden gebracht werden. Das bevorzugte Sortiment liegt bei bis 80 cm Sprosslänge, je nach WurzelAusformung auch bis 100 cm. Das Verfahren eignet sich für alle Pflanzungsplätze einschließlich der Freiflächen mit geringem Räumungsgrad. Leichte bis mittelschwere Böden mit Kraut und nicht zu starkem Grasbewuchs und für ebene bis mäßig geneigte Lagen. Die Pflanzleistung liegt bei nicht stark beeinträchtigenden standörtlichen Verhältnissen und abhängig vom Sortiment bei ca. 75 Pflanzen/Stunde.

Hohlspaten

Pflanzungen mit dem Hohlspaten (Bild 41a, Übersicht 8) eignen sich für mittlere Pflanzen mit Wurzellängen von ca. 25–35 cm (je nach Ausführung des Spatens).

Zwar ist ein größerer Räumungsgrad z.B. auf Freiflächen nicht notwendig, jedoch begrenzen ein hoher Anteil von Wurzeln sowie flachgründige und skelettreiche Böden den Einsatzbereich. Auch kann ein hoher Tonanteil zu Verdichtungen an den Pflanzlochwänden führen. Optimal sind mittelgründige Böden mit einem hohen Schluffanteil. Mit dem Hohlspaten können auch Wildlinge mit Erdballen gewonnen und verpflanzt

werden. Das Verfahren ist einfach und kann schnell erlernt werden. Die Leistung liegt bei ca. 30–50 Pflanzen/Stunde.



*Bild 41a/b: Hohlspaten
Blattlänge: 260 mm, 300 mm, 360 mm, 380 mm
Blattbreite: 150–200 mm; Länge: 1.000–1.170 mm
Gewicht: 1.500–2.400 g*

Der erste Stich erfolgt senkrecht mit dem Körpergewicht in den Boden. Die Öffnung des Spatens zeigt dabei zum Pflanzler. Beim Herausziehen des Spatens steht eine Fußspitze in der Öffnung nah am Blatt, um ein Mitnehmen bzw. Herausbrechen des Erdmaterials zu verhindern.	
Der zweite Stich erfolgt von der Gegenseite schräg zum ersten Einstich, bis beide Linien sich überschneiden.	
Der Erdpfropf wird aus dem Loch gehoben. Eine Hand greift dabei ergonomisch günstig relativ weit unten am Stiel. Die Wurzel der Pflanze wird an der senkrechten Wandung des Pflanzlochs ausgerichtet.	
Anschließend den Erdpfropf zurück ins Loch geben und die Erde mit der Spatenspitze krümelnd. Darauf achten, dass sich keine Hohlräume bilden. Zum Schluss die Pflanze zur letzten Ausrichtung der Wurzeln leicht hochziehen (Wurzelhals muss noch im Mineralboden sein) und vorsichtig das Erdmaterial antreten. Bei größeren Wurzeln bietet es sich an, den Erdpfropf auf dem Boden neben dem Pflanzloch zu zerkleinern, mit dem Spaten das Pflanzloch zu vergrößern, die Pflanze dort mittig zu platzieren und das Erdmaterial um die Wurzeln allumfassend zu verteilen. Anschließend leicht antreten.	

Quelle: Forstliches Bildungszentrum für Waldarbeit und Forsttechnik (FBZ)/Margareta Nolte

Übersicht 8: Verfahrensbeschreibung Hohlspaten

Lochpflanzung mit dem Spaten

Für das Setzen von Großpflanzen, stärkeren Heistern, vor allem aber von Pappeln ist ein großes Pflanzloch erforderlich. Bei der Pappel-Großpflanze sollte das Pflanzloch einen Durchmesser von 0,5 m und eine Tiefe von 0,8 m aufweisen. Hier wird mit dem Spaten möglichst im Zweimannverfahren gearbeitet. Auf stark vernässten Böden muss die Hybridpappel auf Hügel oder Dämme gesetzt werden, damit sie nicht im Wasser steht. Die Leistung je Stunde liegt bei 8 bis 10 Stück pro Arbeitskraft.

Winkelpflanzung

Durch Pflanzungen mit der Wiedehopphaue können aufgrund der Blattlänge Wurzeln bis lediglich 15 cm in den Mineralboden gebracht werden. Die von den Baumschulen angebotenen Pflanzen weisen jedoch überwiegend längere Wurzeln auf und selbst Wildlingspflanzen können bei Sprosslängen um 50 cm schon Wurzellängen über 15 cm aufweisen. Aus ergonomischer und ökonomischer Sicht sollte die Winkelpflanzung nicht mehr angewendet werden.

Für Steillagen wurde in Tirol eine kleinere Variante der Wiedehopphaue mit kürzerem Stiel und kürzerem Blatt entwickelt, die für die Pflanzung von kleinen Wurzeln entsprechend der Blattlänge eingesetzt wird.

6.2.3 Maschinenunterstützte Pflanzlochbohrung

Die Entscheidung zum Einsatz von Lochbohrgeräten ist in der Regel abhängig von der Größe der zu setzenden Pflanzen. So werden Pflanzen >120 cm Sprossachsen-

länge bei extensiven Pflanzverbänden (siehe unten), intensiverer Begleitvegetation oder zur Reduktion der Forstschutzaufwendungen gegen Wildverbiss verwendet. Da ein flächiges Befahren der Waldflächen vermieden werden muss, kommt den tragbaren Ein- und Zweimann-Erdbohrgeräten sowie den vom Gassensystem aus arbeitenden, maschinengetragenen Bohrgeräten eine gewisse Bedeutung zu.

Pflanzung mit Einmann-Erdbohrgerät

Auf dem Markt stehen von verschiedenen Herstellern unterschiedliche Erdbohrgeräte zur Verfügung, die je nach Leistung mit unterschiedlichen Bohrerdurchmessern (das Mindestmaß sollte bei 20 cm liegen) und Bohrertypen (Zylinder-Kegelbohrer) bestückt werden können.

Bohr- und Pflanzarbeiten werden getrennt durchgeführt. Bei der Verwendung größerer Bohrerdurchmesser ist der Pflanzlochbohrer für die Pflanzung von größeren Pflanzen mit umfangreicherem Wurzelwerk geeignet. Das Erdmaterial wird in mehreren Schritten eingefüllt und leicht angedrückt. Es ist darauf zu achten, dass keine Hohlräume entstehen und weder Humus, Gras noch Äste mit eingearbeitet werden.

Bei lehmigen und tonigen Böden neigen die Bohrwände und der Boden des Pflanzlochs zum „Verschmieren“ und verschließen die für eine gute Durchwurzelung nötigen Poren. Da die Wurzeln nur schwer die Wände durchdringen können, entsteht der sogenannte Blumentopfeffekt, d. h. die Wurzeln drehen im Pflanzloch und breiten sich nicht

aus. Die Verwendung von Spezialmessern am Bohrer führt zum Aufräumen der Wände und verbessert den Wasser- und Bodenaustausch. Dieser Effekt ist jedoch nicht allzu hoch einzuschätzen, auf sehr tonhaltigen Böden sollten daher Erdbohrgeräte nicht eingesetzt werden.

Vergraste und brombeerintensive Flächen führen zu einem Umwickeln des Materials um den Bohrer. Dies kann die Pflanzleistung stark reduzieren. Unterstützung bietet hier der Kegelbohrer, der durch seine Form eine geringere Angriffsfläche bietet und die vegetativen Umschlingungen durchtrennt. Steinige Böden stellen bei geringer Skelettgröße (zumindest für den Bohrvorgang) kein unüberwindbares Hindernis dar. Jedoch wird es beim Pflanzvorgang selbst an ausreichendem Erdmaterial fehlen. Steinige Böden scheiden bei großen Skelettgrößen für den Einsatz des Bohrgeräts aus.

Schlagabraum stellt vorwiegend ein Hindernis für das Gehen auf der Fläche dar. Mit dem Pflanzfuchs kann zwar mit einer speziellen „Hebel-Pendel-Technik“ ein Hindernis (z.B. Wurzelstöcke) überwunden werden, jedoch ist der Kraftaufwand und Zeitverlust relativ hoch. Vor dem Pflanzvorgang sind Äste und Reisig am Pflanzplatz zu beseitigen. An geneigten Hängen ist aufgrund des Kraftaufwands nicht in Falllinie zu arbeiten, sondern hangparallel. An steilen Hanglagen ist der Einsatz des Gerätes nicht mehr sinnvoll.

Pflanzlochbohrung mit Harvester

Bei Nutzung eines Trägerarms, wie z. B. an einem Forwarder oder Harvester, ist der



Bild 42: Erdbohrgerät

Pflanzer nicht mehr den Vibrationen eines manuell geführten Pflanzlochbohrers ausgeliefert. Das Hydrauliksystem ermöglicht beim Festsetzen des Bohrers einen Wechsel der Drehrichtung, so dass der Bohrer schonend wieder gelöst werden kann.

Die Greifzange des Forwarders wird gegen einen Hydraulikmotor mit Erdbohrer ausgetauscht. Der Forwarder arbeitet in Kranreichweite von der Rückelinie aus auf beiden Seiten der Fahrlinie. Je nach Arbeitsfortschritt der Maschine werden bis zu vier Pflanzer benötigt.

Das maschinengestützte Bohrverfahren kann für Laub- und Nadelgehölze in Sortimentsgrößen bis 180 cm angewendet werden. Die Kranreichweite des Trägerfahrzeugs gibt die flächenbezogene Pflanzplatzbearbeitung vor. Bei einer Kranweite von 7–8 m können beidseitig der Fahrlinien bis ca. 6,5 m bepflanzt werden. Bei vorhandenen Zertifizierungssystemen nach FSC bzw. PEFC sind die entsprechenden Vorgaben zu beachten. Je nach Sortimentsgröße und Standortbedingungen (Steine, Gras, Tongehalt, Hangneigung) und Flächengröße bzw. Pflanzabständen kann der Zeitbedarf (einschließlich allgemeiner Zeiten von 20 %) zwischen 215 bis 335 Min./Tsd. Pflanzen liegen.

Pflanzung mit dem Bagger

Bei Flächen mit hoher Humusauflage, starker Begleitvegetation oder nicht geräumten Flächen nach Kalamitäten ist die Pflanzplatzvorbereitung oftmals nicht zu umgehen. Durch die Kombination von Flächenräumrechen und Bohraggregat wird die Wiederbewaldung mit großen Pflanzensortimenten möglich. Das Aggregat wird am Kran eines Kleinbaggers mit breiter Kettenauflage montiert (siehe Bild 43).

Zum Pflanzen von großen Forstpflanzen (Heistern) auf ungeräumten Flächen kann ein kombiniertes Verfahren eingesetzt werden, wobei mit einem am Ausleger des Baggers montierten Pflanzkeil das Pflanzloch hergestellt wird. Danach wird von einem Waldarbeiter die Pflanze eingeschwengt und schließlich mit dem Bagger das Loch wieder geschlossen und die Pflanze ange-

drückt. Statt eines speziellen Hakens kann auch mit einer schmalen Baggerschaufel in den Boden gestochen werden, so dass ein Loch entsteht. Der Pflanzler schwingt die Pflanze mit ganzer Wurzel ein. Dann wird das Loch mit der Baggerschaufel vorsichtig zugedrückt, aber nicht verdichtet!

Zum Pflanzen können alle möglichen Baggertypen genommen werden. Besonders geeignet ist dieses Verfahren zum Bepflanzen kleiner Flächen mit wenigen Pflanzen. Befahrungsschäden können verringert werden. Mit größeren Baggern kann von der Rückegasse aus gepflanzt werden; außerdem kann der Bagger in seine eigene Spur pflanzen und so den Boden wieder auflockern.



Bild 43: Kombiniertes Pflanzverfahren mit Kleinbagger

6.2.4 Maschinelle Pflanzung

Die maschinelle Pflanzung ist eine schnelle und kostengünstige Art der Kulturbegründung. Je nach Pflanzensortimentsgröße und Pflanzabstand können bis zu 10.000 Pflanzen/Tag gesetzt werden. Beim Einsatz gezogener Pflanzmaschinen wird der Waldboden außerhalb der Rückegassen in Abhängigkeit vom Maschinentyp und den Pflanzreihenabständen befahren (siehe Bild 45). Oftmals ist eine vorherige, ganzflächige Bodenbearbeitung zur Beseitigung der Pflanzungshindernisse (Begleitvegetation, Schlagabraum) notwendig. Jegliche Flä-

chenbefahrung verändert jedoch langfristig das Bodengefüge negativ.

Die Einsatzbereiche von Pflanzmaschinen finden sich vorwiegend außerhalb des Waldes bei Baumschulen, Erstaufforstungen, Weihnachtsbaumproduzenten und Kurzumtriebsplantagen zur Produktion von Biomasse.

Hochmechanisierte Pflanzsysteme werden in der Regel durch einen Schlepper gezogen. Der Pflanzentransport erfolgt auf der Maschine, das Einschwingen der Pflanze in



Bild 44: Der Einsatz einer Pflanzmaschine ist kostengünstig, hat aber eine flächige Befahrung zur Folge

die Reihe manuell (bis zu drei Furchenreihen sind möglich). Die Pflanzenreihen werden von nachlaufenden Andrückwalzen geschlossen (siehe Bild 45).

Einige Modelle verfügen zur Bodenvorbereitung über integrierte Fräsen. Zur Aufforstung von Wiesenflächen eignet sich eine Pflanzmaschine, die die Grasnarbe in der Pflanzreihe ca. 2 cm tief und 30 cm breit wegfräst. Das gibt für die Pflanze ideale Bedingungen. Der Kapillaraufstieg bleibt erhalten, der Grasaufwuchs neben den gefrästen Streifen beschattet das Pflanzbeet, ohne der Pflanze

Konkurrenz um Wasser und Licht zu machen. Die Sommerniederschläge kommen über den gefrästen Streifen ungehindert an die Wurzel, und durch die Seitenbeschattung verzögert sich die Wiederbegrünung dieses Streifens um mehrere Jahre. Niemals sollten jedoch Wiesenflächen zur Aufforstung vollständig umgebrochen werden. Der Umbruch zerstört den Kapillaraufstieg und erhöht die Gefahr durch Mäuse.

Das Setzen der Pflanzen erfolgt manuell in die offene Pflanzfurche oder der Pflanzler bestückt ein Greiferrad, das die Pflanze in den



Bild 45: Pflanzung mit Pflanzmaschine (einreihig)

Pflanzspalt führt. Ein Paar schräg gestellter Anpresswalzen schließt anschließend den Pflanzspalt.

Entsprechend den Anforderungen aufgrund unterschiedlicher Pflanzensortimente entwickeln sich auf dem Markt angepasste Pflanzmaschinen. Es werden ein- und mehrreihige Pflanzmaschinen angeboten, die für das Setzen von wurzelnackten und Containerpflanzen konzipiert sind.

Bei vollmechanisierten Pflanzsystemen wird der Pflanzvorgang vollständig von der Maschine ausgeführt. Aufgrund der Vorteile der gleichmäßigen Wurzelform wurden solche Systeme für Containerpflanzen entwickelt. Das Pflanzaggregat befindet sich bei diesen Maschinen am Kran z.B. eines Baggers oder Forwarders. Mit diesen Systemen lässt sich ein flächiges Befahren vermeiden, da von den Rückgassen in Kranlänge gearbeitet werden kann. Der Pflanzvorgang erfolgt automatisiert, indem die Pflanze von einem Magazin am Aggregat durch ein Pflanzrohr mit Druckluft in den Boden gebracht wird. Das Trägerfahrzeug muss daher über einen Druckluftanschluss verfügen.

Auf geräumten Waldflächen hat sich die Quickwood – Aufforstmaschine für Nadel- und Laubholz bis zu einer Größe von 80/100 cm bewährt. Bei dieser Technik werden die Pflanzen einzeln mit einem hydraulischen Spaten gesetzt, so dass Totholz und Baumstubben keine Rolle spielen. Die vorn angebaute Räume entfernt Mulchschichten und Restholz und gewährleistet eine saubere Pflanzung im Mineralboden.

6.2.5 Containerpflanzungen

Containerpflanzungen bieten den Pflanzen kontrollierte Anwuchsbedingungen und können trotz ihrer höheren Pflanzenkosten eine günstige wirtschaftliche Alternative zu wurzelnackten Pflanzen darstellen. Auch für ungeübte Personen zählen Containerpflanzungen, die besonders für Nadelholz- und kleinere bis mittlere Laubholzsortimente am Markt vorhanden sind, zu einer sehr leicht erlernbaren Pflanzung. Containerpflanzen können mit (speziellen) Hohlspaten (Bild 46), dem Pflanzrohr (Bild 47) oder dem Neheimer Pflanzspaten (Bild 48), so in das (passgenaue) Pflanzloch gesetzt werden, dass ihre zahlreichen Feinwurzeln nahezu unbeschädigt bleiben und sofort weiterwachsen können.

Der LIECO-Hohlspaten ist optimal einsetzbar für Containerpflanzen mit rundem Wurzelballenquerschnitt. Es gibt zwei Hohlspatenvarianten zur Pflanzung von Wurzellängen von 10 cm und max. 19 cm. Das Pottiputki-Pflanzrohr ist einsetzbar für Containerpflanzen mit einer Wurzellänge von max. 11 cm und einem Wurzeldurchmesser in Abhängigkeit vom Pflanzrohrdurchmesser (Rohrdurchmesser abzüglich 1 cm).

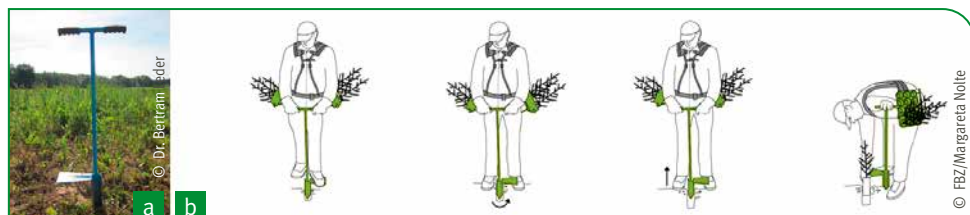


Bild 46 a: LIECO-Hohlspaten
b: Containerpflanzung mit LIECO-Hohlspaten



Bild 47 a: Pottiputki-Pflanzrohr
b: Containerpflanzung mit Pottiputki-Pflanzrohr



Bild 48 a: Pflanzspaten Neheim
b: Containerpflanzung mit Neheimer Pflanzspaten

6.3 Pflanzverbände

6.3.1 Rahmenwerte

In Abhängigkeit von der Wuchsdynamik, der zu erwartenden Qualität und der Stabilität der einzelnen Baumart wird der Pflanzverband gewählt. Generell werden

- um die Auswahlmöglichkeiten zu erhöhen,
 - um die natürliche Astreinigung zu fördern,
 - um das Höhenwachstum durch gegenseitige Konkurrenz zu fördern,
 - um Vornutzungen zu erzielen,
- mehr Pflanzen je Flächeneinheit gepflanzt, als für den Endbestand benötigt werden.

Bei der Verwendung genetisch geeigneten Pflanzmaterials reicht jedoch eine relativ geringe Pflanzenzahl je Hektar aus, um daraus den Endbestand auszuwählen. Hinweise für die zu verwendende Pflanzendichte können aus der Vorstellung eines Idealbaumes bei Zielstärkennutzung hinsichtlich seiner wünschenswerten Dimensionen und erforderlichen Platzansprüche (Kronenradius) abgeleitet werden.

Bei der Wahl passender Herkünfte reduzieren baumzahlarme Pflanzverbände die Kosten und lassen der natürlichen Wiederbewaldung genügend Spielraum. Neben der Produktion wertvoller Holzsortimente bieten derartige Bestände durch hohe Diversität und Struktureichtum einer Vielzahl gefährdeter Arten (lichtliebender Arten) Schutz und Lebensraum. Dabei wird die zu verwendende Pflanzenzahl und der Pflanzverband beeinflusst durch den

- Zustand der Kulturfläche (Konkurrenzflora, Schlagabraum),
- die zu verwendende Pflanzengröße (je kleiner, desto dichter) und
- die Risiken in der Kultur- und Jugendphase (Wildverbiss, Schneedruck im Dicksungsalter etc.).

Vor der künstlichen Bestandesbegründung beziehungsweise der Wahl eines bestimmten Pflanzverbandes (Pflanzenzahl) ist zur Kalkulation und Planung zunächst die Netto-Pflanzfläche zu ermitteln. Diese ergibt sich aus der Berücksichtigung von

- Mindestabständen von Wegen, Schneisen, Gräben, Gewässern, Nachbarbeständen (6–8 m), vorhandenen Naturverjüngungsgruppen und -horsten, Restbestockungen (von Schirmbäumen ist ein Mindestabstand von 5 m einzuhalten),
- vernässten Teilflächen,
- Flächenanteilen mit vorhandener Naturverjüngung,
- Windwurftelem und sonstigen Hindernissen und
- Flächen für die Waldrandgestaltung.

Dabei gilt grundsätzlich:

- Wo begleitende standortgerechte Baumarten aus Naturverjüngung vorhanden sind oder mit hinreichender Sicherheit erwartet werden, sind geringere Pflanzenzahlen möglich.
- Bei der Begründung von Kulturen mit empfindlichen Schattbaumarten ist ein Vorwald (siehe Kapitel 6.6) auch aus gepflanzten Edellaubbaumarten denkbar. Gegebenenfalls ist eine gleichzeitige

Pflanzung mit älteren und größeren Vorwaldbaumarten möglich.

- Anbau unter Schirm (Altbestand, Vorwald) bzw. bei vorhandenem Seitenschutz ermöglicht verringerte Pflanzenzahl.
- Beim Anbau von Nadelbäumen weite Pflanzverbände mit geringen Pflanzenzahlen wählen.
- Nur hochwertiges Pflanzmaterial geeigneter Herkunft verwenden.
- Verringerung der Pflanzenzahlen ist auf trockenen oder nährstoffarmen Böden bzw. bei geringer Konkurrenz durch Bodenbewuchs möglich.

Bei künstlicher Bestandesbegründung ist ein Dreieckverband hinsichtlich der Raumnutzung stets effizienter als ein Quadratverband, weil dadurch die Lücken minimiert werden und der Standraum besser genutzt werden kann. Reihenverbände, bei denen der Pflanzenabstand zwischen den Reihen deutlich größer ist als innerhalb der Reihen, sind wegen des geringeren Kultur- und Jungwuchspflegeaufwandes Quadratverbänden vorzuziehen.

In der Praxis sind häufig Reihenverbände mit engeren Pflanzenabständen innerhalb der Reihen und weiteren zwischen den Reihen verbreitet. Verbände mit weiten Reihenabständen begünstigen die Stabilität (Schnees Schäden). Der maximale Reihenabstand ist für einige Baumarten in der Tabelle 3 dargestellt. Unter Schirm oder im Seitenschutz eines Altbestandes können diese Abstände noch um 1,0 bis 1,5 m vergrößert werden.

TAB. 3: MAXIMALER REIHENABSTAND

Baumart	Maximaler Reihenabstand (m)
Buche	2
Roteiche, Linde	2,5
Eiche, Ahorn, Esche, Kirsche, Roterle, Hainbuche	2,5–3,0
Küstentanne, Douglasie	3,0–4,0
Fichte, Tanne, Lärche	3,0
Kiefer	2,5

Die Vorschläge für Begründungsdichten variieren in einem sehr breiten Rahmen (vergleiche Tabelle 4 und 5). Aus der Vielzahl möglicher Kombinationen ergibt sich die Unmöglichkeit der Empfehlung eines bestimmten Vorgehens. Je nach betrieblicher Situation, Standort und gewähltem Betriebsziel ist das optimale Vorgehen zu wählen. So wird beispielsweise, um den Pflegeaufwand und die Vornutzungsmengen weiter zu reduzieren, in extensiv bewirtschafteten Steilhanglagen die Wahl sehr weiter Reihenabstände (z.B. 5 m bei Fichte) empfohlen.

**TAB. 4: RAHMENWERTE FÜR PFLANZVERBÄNDE UND PFLANZENZAHLEN –
NADELBAUMARTEN**

Baumart	Sortiment	Freifläche		Pflanzung unter Schirm
	Sortiment (Beispiel)	ohne Füll- und Treibholz (Stück/ha)	mit Füll- und Treibholz (Stück/ha)	(Stück/ha)
Rahmenwerte			Obergrenze	
Fichte	2+1/2+2	2.400–3.200	–2.000	
Douglasie	1+2/2+2	1.500–2.000	–1.000	1.000–2.000
Weißtanne	2+2	2.500–3.000	–2.500	1.000–1.500
Küstentanne	2+1/1+2	1.500–2.000	–1.500	400–1.000
Pazifische Edeltanne	2+1	1.500–2.000		400–1.000
Europäische Lärche	2+0/1+1	500–2.500	–2.000	
Kiefer	2+1/2+0	4.000–6.000	–5.000	1.000–1.500
Schwarzkiefer	2+0	1.500–2.000	–1.500	
Mitanbau raschwüchsiger Baumarten				
Weißtanne, Douglasie	1+2	200–400	–400	200–400
Kleinbestands-Parzellen (Netto-Fläche)				
Fichte, Weißtanne, Douglasie	1+2	1.250	1.250	1.250
Weitverbände				
Douglasie, Küstentanne, Lärche	1+2/2+2	200–400	–400	200–400
Kiefer	2+0/1+2	1.000–2.000	–1.500	

**TAB. 5: RAHMENWERTE FÜR PFLANZVERBÄNDE UND PFLANZENZAHLEN –
LAUBBAUMARTEN**

Baumart	Sortiment	Freifläche		Pflanzung unter Schirm
		ohne Füll- und Treibholz (Stück/ha)	mit Füll- und Treibholz (Stück/ha)	(Stück/ha)
Eiche	Großpfl.		–1.000	800–1.000
	2+0	3.300–5.000	–4.000	2.500–3.500
Roteiche	2+0	3.000–4.000	2.000–3.000	1.500–3.000
Buche	Großpfl.		3.000–4.000	2.500–3.500
	2+0/1+2	6.000–8.000	4.000–6.000	1.500–3.000
Vogelkirsche	Großpfl.	300–600		
	1+1	1.600–2.000		
Berg-, Spitzahorn, Linde, Ulme	Großpfl.	1.000–2.000	–1.000	1.500–2.500
	1+1/1+2	2.500–3.300	–3.000	2.000–3.000
Nuss	1+0	500		
Esche	Großpfl.	1.000–2.000	–1.000	
	1+2	2.000–3.000	–2.500	
Roterle	1+1	2.000–2.500	–1.500	1.500–2.000

Baumart	Sortiment	Freifläche		Pflanzung unter Schirm
	Sortiment (Beispiel)	ohne Füll- und Treibholz (Stück/ha)	mit Füll- und Treibholz (Stück/ha)	(Stück/ha)
Vorwald				
Roterle	1+1	400–800		
Birke, Vogelbeere	1+2/2+0	400–800		–800
Aspe, Zuchtpappel	1+1/2+0	100–250		
Kleinbestands-Parzellen (Netto-Fläche)				
Eiche, Buche	2+0	2.250	2.250	2.250
Trupp-Pflanzungen (Netto-Fläche)				
Eiche, Buche, Edellaubb.	2+0/1+1	1.900–2.700	–2.700	1.900–2.700
Nester-Pflanzungen (Netto-Fläche)				
Eiche	2+0	3.275	3.275	3.275
Weitverbände				
Vogelkirsche	1+1/1+2	300–600		
Bergahorn	1+1/2+0	–800		
Esche	1+1/2+0	–800		
Winterlinde	1+2/2+0	–800		
Walnuss	1+1/1+2	400–800	–400	
Eiche		1.250–2.100	–400	–400
Mitanbau raschwüchsiger Baumarten				
Aspe, Birke, Roterle	Großpfl.	30–50	–50	
Robinie, Zuchtpappel	1+1	50–100	–100	

Die angegebenen Pflanzenzahlen unter Schirm berücksichtigen einerseits den unterschiedlichen Bestockungsgrad des Altbestandes beziehungsweise des Vorwaldes und andererseits, dass unter dem Schirm von Schattbaumarten weniger Pflanzen als unter Lichtbaumarten Verwendung finden. Auf Freiflächen und Standorten mit starker Konkurrenz durch Bodenvegetation werden größere Sortimente verwendet als auf Flächen mit guten Pflanzbedingungen (wenig Konkurrenzvegetation, geringe Rohhumusauflage, Altholzschirm vorhanden). Um Konkurrenzvegetation wie z. B. Waldreitgras (*Calamagrostis*) durch Lichtentzug in der Vitalität zu schwächen bzw. zu reduzieren, kann eine begleitende Pflanzung von Schattbaumarten bei Kulturen von Lichtbaumarten dann durchgeführt werden, wenn ein Überwachsen der Zielbaumart nicht zu erwarten ist.

Eine natürliche Astreinigung durch Dichtstand findet beim Nadelholz und bei der Vogelkirsche (*Totasterhalter*) kaum statt. Wenn man astfreies Wertholz erzielen will, ist die künstliche Ästung notwendig.

Bei Laubbaumarten müssen sich zur Erzeugung von Wertholz die Bäume durch Dichtstand selbst bis zur gewünschten Schaftlänge reinigen. Ist diese Astreinigung mithilfe von qualitätsförderndem Dichtstand bzw. Schirmbestand nicht möglich, müssen Wertästungen durchgeführt werden, wenn Wertholz erzogen werden soll.

In der betrieblichen Praxis ist dies der Fall, wenn

- zur Senkung der Kultur- und Pflegekosten, zur Erhöhung der Bestandesstabilität, der Risikominderung im Klimawandel weite Pflanzverbände realisiert und stärkere Durchforstungen durchgeführt werden. Die natürliche Astreinigung wird wegen fehlendem Dichtstand verzögert, der Astdurchmesser vergrößert sich.
- eine baumzahlärmere Bestandesbegründung unter Einbeziehung der Sukzession stärker differenzierte Bestände ergibt. Daraus resultieren sehr unterschiedliche Entwicklungen der astfreien Schaftlängen.
- lückige Verjüngungen zu erheblich verzögertem oder ganz ausbleibendem Aststerben führen (z. B. Eichen aus Hähersaat unter Kieferschirm).
- beim Voranbau der qualitätsfördernde Schirmbestand zu schnell, zu frühzeitig entfernt wurde.

6.3.2 Einbeziehung vorhandener Naturverjüngung

Die Einbeziehung vorhandener Naturverjüngung bietet auf vielen Standorten die Chance, mit geringen Pflanzenzahlen die Zielbestockung zu erreichen. Daher ist vorhandene Verjüngung zwar grundsätzlich für die Begründung von Waldbeständen positiv zu beurteilen, darf aber andererseits nicht planlos übernommen werden.

Vorhandene Naturverjüngung ist zunächst hinsichtlich Qualität, Anzahl, Verteilung, gewünschter Baumartenkombination sowie ihrer Standortseignung und Herkunft (genetisches Ausgangsmaterial) zu beurteilen. Zu

differenzieren ist weiterhin zwischen vorhandener Verjüngung,

- die sich bereits unter dem Schirm des Altbestandes etablieren konnte (Vorverjüngung) und solcher,
- die sich nach Nutzung des Oberbestandes auf der Fläche verjüngt hat.

Vorverjüngungen sind aus ökonomischen und ökologischen Gründen grundsätzlich erwünscht und erleichtern die Entscheidung zur Begründung der neuen Waldgeneration. Ihre Einbeziehung kann sich jedoch auch schwierig gestalten, wenn sie qualitativ nicht die Mindestanforderungen erfüllt: oft ist die Verjüngung durch Wild oder Nutzung des Oberbestandes stark beschädigt, entmischt oder besteht durch lange anhaltende Überschirmung aus übermäßig schlanken Bäumen mit schwach entwickeltem Wurzelwerk. In solchen Fällen ist abzuwägen, ob z. B. vorhandene Laubbäume auf den Stock zu setzen oder Nadelbäume zu vereinzeln sind.

Vorwiegend unter Fichtenschirm auf frischen bis feuchten Standorten im Berg- und Hügelland ist oft dichte Fichten-Naturverjüngung zu beobachten. Dieser erhebliche Verjüngungsvorrat kann sich nach Nutzung des Oberbestandes rasch weiterentwickeln. Ist die vorhandene Naturverjüngung qualitativ und quantitativ geeignet, wird sie in den Folgebestand übernommen. Im Einzelfall ist zu prüfen, ob nicht gewünschte Naturverjüngung kleinflächig oder truppweise zurückgedrängt oder so behandelt werden muss, dass erwünschte standortgerechte Baumarten hinreichend Platz finden (z. B.

durch Überpflanzen nicht standortgerechter Fichten-Naturverjüngung mit schnell wachsenden Baumarten).

Sind Flächenteile trotz anderer Verjüngungsziele bereits mit z. B. Fichten- oder Kiefernanflug bedeckt, sollte man sich überlegen, ob diese Pflanzen als Zeitmischung bzw. mit „dienender“ Funktion für erwünschte Zielbaumarten übernommen werden können. Ist eine Bepflanzung dieser Flächen vorgesehen, sollte der Anflug hier besonders intensiv beobachtet werden.



Bild 49: Pflanzung der Eiche in Wuchshüllen im Weitverband; Integration vorhandener Verjüngung

Sonst werden viele gepflanzte Bäume der Konkurrenz zum Opfer fallen oder sie können oft nur mit aufwändiger Pflege durchgebracht werden. In diesen besonderen Verjüngungssituationen kann die Verwendung von sog. Wuchshüllen (vergleiche Kapitel 8) zur Wuchsbeschleunigung und zum Schutz vor Wild besonders wertvoll sein. Diese haben sich u. a. bei der Anreicherung von Naturverjüngungen mit seltenen Laubbäumen bewährt.

6.3.3 Sukzessionsgestützte baumzahlarme Pflanzverbände

Bei der Anwendung sukzessionsgestützter, baumzahlarmer Pflanzverbände werden in Abhängigkeit vom Verjüngungspotenzial der Verjüngungsfläche

- nur Teilflächen bepflanzt,
- weite Pflanzenabstände im natürlich entstandenen Füllbestand gewählt oder
- Eng- und Weitverbände miteinander kombiniert.

Eine Anpflanzung mehr oder weniger dichter Gruppen erfolgt nur im Bereich der künftigen Endbestandsbäume. Die nicht bepflanzten Teilflächen bleiben der natürlichen Verjüngung mit anderen Baumarten vorbehalten oder sie werden mehr oder weniger locker mit Mischbaumarten (Zeitmischungen) ausgefüllt.

Vorteile von Teilflächenkulturen sind

- Reduktion der Pflanzen- und Pflanzungskosten,
- gegebenenfalls Reduzierung der Schlagräumung auf die zu bepflanzenden Flächen,



Bild 50: Einbeziehung der natürlich verjüngten Vogelbeere in die Wiederbewaldung

- hoher Dichtstand innerhalb der bepflanzten Teilflächen, dadurch bessere Holzqualität durch Förderung insbesondere der natürlichen Astreinigung,
- problemlose Anlage von Rückegassen zwischen den bepflanzten Teilflächen,
- Erhöhung der Biodiversität und Baumartenvielfalt durch Naturverjüngung – wenn der Wildbestand es zulässt.

Zu den kostensparenden Begründungsverfahren zählen die

- schachbrettartige Verteilung von Kleinbestandsparzellen (z.B. 140 m²) im Wechsel mit entsprechend großen Freiflächen oder/und extensiv bepflanzten Teilparzellen,
- Kleinstgruppen,
- Trupp-Pflanzung,
- Nesterpflanzung,
- Pflanzung in Weitverbänden mit/ohne Einbeziehung raschwüchsiger Baumarten.

6.3.3.1 Kleinbestandsparzellen (KBP) und Kleinstgruppen

Kleinbestandsparzellen (KBP)

Bei der Anlage von Kleinbestandsparzellen werden bepflanzte und nicht bepflanzte Teilflächen schachbrettartig auf der Fläche verteilt. Die bepflanzten Teilbereiche (beispielsweise Parzellen von 10 x 10 m) werden z. B. mit Buchen im 1,0 x 1,5 m-Verband bepflanzte. Die nicht bepflanzten Teilflächen können in Abhängigkeit von den Standortverhältnissen entweder der natürlichen Wiederbewaldung überlassen werden oder aber mit Edellaubbaumarten (z. B. Kirsche als 4er-Gruppe), im Weitverband mit raschwüchsigen Baumarten zur Energieholzproduktion oder auch zur Schmuckgrün- bzw. Weihnachtsbaumnutzung bepflanzte werden (vergleiche Übersicht 9 a/b).

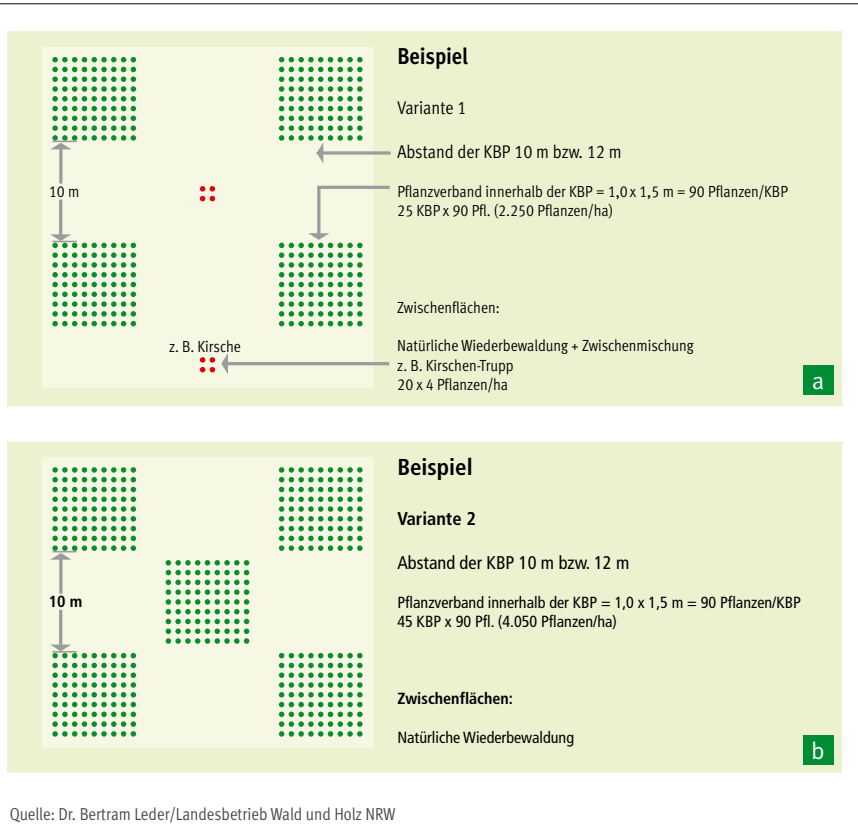
Reinbestandsparzellen können auf Freiflächen, bei der Ergänzung von Lücken in Naturverjüngungen (Lärche- oder Edellaubbaum-Parzellen) Anwendung finden.

Konkurrenzspannungen zwischen verschiedenen Baumarten werden auf die Kontaktzonen der Parzellenränder beschränkt. Durch die Einhaltung einer Mindestgröße wird einer Entmischung entgegengewirkt.

Besonders auf trockeneren Standorten bietet sich so die Mischung von Traubeneiche mit z. B. Elsbeere an, auf nährstoffreicheren Standorten ist die parzellenweise Mischung von Ahorn, Kirsche und Nuss möglich.

Kleinstgruppen

Die Pflanzung in Kleinstgruppen kann auch für die Buche im Voranbau unter Fichtenschirm oder für Edellaubbaumarten auf entsprechenden Standorten erfolgen. In diesen Kleinstgruppen wachsen die Bäume in ausreichender Dichte zur Förderung der Astreinigung und Wipfelschäftigkeit auf. Der Abstand dieser Kleinstgruppen variiert zwischen 12 und 16 m. Außerhalb dieser bepflanzten Teilflächen werden natürlich verjüngte Baumarten in die weitere waldbauliche Behandlung einbezogen.



6.3.3.2 Nester- und Trupp-Pflanzung

Trupp-Pflanzung

Bei der Eichen-Trupp-Pflanzung (siehe Bild 51) können beispielsweise um eine zentrale Eichenpflanze ein Ring mit acht und ein zweiter Ring mit zwölf Eichen gepflanzt werden. Ein weiterer äußerer Ring mit einer dienenden Baumart enthält sechzehn Exemplare. Die Abstände der einzelnen Ringe im Trupp sowie der Pflanzen auf dem Ring betragen 1 m, die Distanz der Trupps voneinander entspricht dem gewünschten Endbaumabstand.

Bei der Eiche werden je Hektar 100 Trupps gepflanzt. Je Trupp werden 21, in Varianten auch 19 oder 27 Bäume gepflanzt (1.900–2.700 Pflanzen/ha). Bei der gleichzeitigen Pflanzung von Mischbaumarten werden 12, 15 bzw. 16 Bäume der Mischbaumarten um den Trupp gepflanzt. Bei der Pflanzung von 19 Eichen weisen die Trupps eine Größe von 12,5 m² bzw. von 28 m² mit dienender Baumart auf (vergleiche Übersicht 10).

Generell sind natürlich auch Trupps mit kleinerer Stückzahl und auch größeren Abständen möglich. So haben sich Trupps mit 5 Eichen in Wuchshüllen auf Flächen bewährt, wo aus Naturverjüngung z. B. Kiefer, Birke, Vogelbeere, Buche und Hainbuche dazukommen.

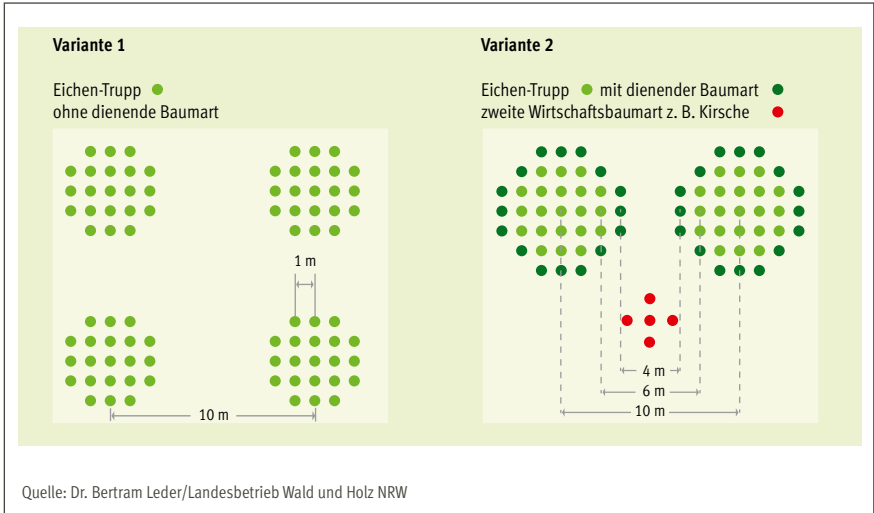
Nesterpflanzung

Nester sind runde Pflanzungsflächen von meist 1 m Durchmesser, auf denen 1-jährige Eichen im Verband von 0,25 x 0,25 m gepflanzt werden (siehe Bild 52). Die runde Form entsteht durch Weglassen der Eckpflanzen, so dass auf jedem Pflanzplatz 21

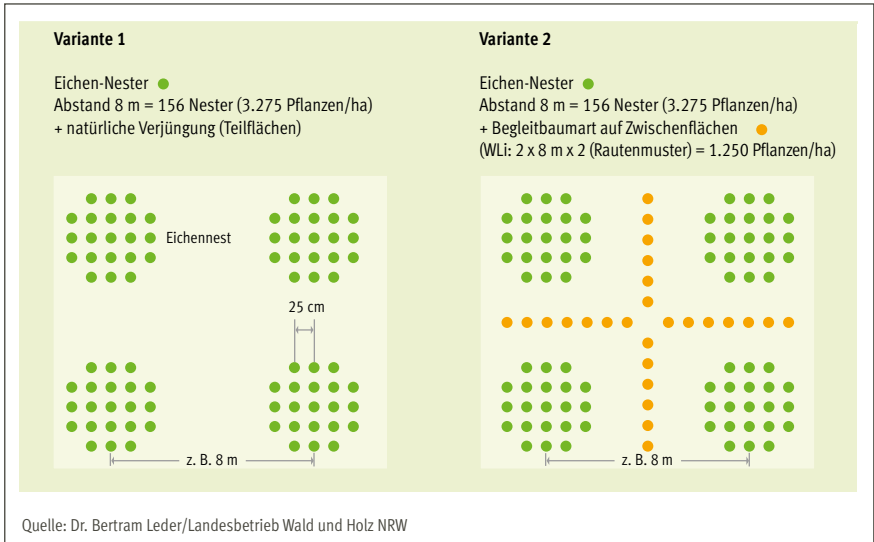
Eichen gepflanzt werden. Die Abstände der Nester können zwischen 4 x 4 m bis 8 x 8 m, auch 12 x 12 m variieren (vergleiche Übersicht 11). Die sich schnell schließenden „Biogruppen“ decken den Boden früh ab, konkurrierende Bodenvegetation kann sich in der Regel nicht ausbilden. Die Gefahr von Spätfrost, Mäusefraß und auch Wildverbiss an den Eichen wird vermindert.



Bild 51: Älterer Trupp Eichen in Wuchshüllen in Naturverjüngung



Übersicht 10: Eichen-Trupp-Pflanzung



Übersicht 11: Eichen-Nester-Pflanzung

(WLi = Winterlinde)



Bild 52: Eichen-Nest



Bild 53: Eichen-Nest, 30-jährig

Ziel ist es, dass sich im Alter von ca. 30 Jahren mindestens eine gut geformte Eiche je Nest entwickelt hat (siehe Bild 53). Zwischen den Nestern können andere Baumarten, z. B. Edellaubbaumarten wie Kirsche oder Ahorn, im Weitverband gepflanzt werden. Natürlich verjüngte Baumarten (häufig Pionierbaumarten) umfüttern die Nester und tragen zur Wipfelschäftigkeit und Astreinigung der Bäume im Randbereich der Nester bei. Ein Überwachsen der Eiche durch gleichzeitig zur „Ummantelung“ der Nester eingebrachte Baumarten (z. B. Hainbuche) muss vermieden werden. Gleiches gilt für natürlich verjüngte Baumarten im Randbereich der Nester.

6.3.3.3 Weitverbände

Die Wahl von qualitativ hochwertigem Pflanzmaterial zur Verringerung von Ausfällen, die Verwendung wipfelschäftiger, feinstämmiger Herkunft sowie die Möglichkeiten der Wertästung beim Nadel- und Laubholz sind Gründe gegen zu dichte Pflanzverbände. Dazu kommen noch betriebswirtschaftliche Überlegungen, die natürliche Mortalität bei engen Pflanzverbänden, eine später erforderliche intensive Jungbestandspflege (geringere Stabilität gegen Schneedruck) und die damit verbundenen Kosten.

Die Integration natürlicher Verjüngung bietet auf vielen Standorten die Chance, mit

wesentlich geringeren Pflanzenzahlen die Zielbestockung zu erreichen, als dies bei den üblichen Reihenverbänden erfolgt. In bestehenden Naturverjüngungen lassen sich im Stadium der Ansamung nicht vorhandene Zielbaumarten (Laubbaumarten) im Weitverband beispielsweise mit einer Schutzhülle aus Polypropylen („Minigewächshäuser“) oder mit schützenden Drahtthosen (vergleiche Kapitel 8) einbringen.

So können in vorhandenen natürlichen Verjüngungen je Hektar 600 bis 800 Douglasien oder Weißtannen im Weitverband (4x4 m oder 5x3,5 m) gepflanzt werden. Die Pflanzen benötigen ggf. Einzelschutz (vergleiche Kapitel 8). Auch ohne bereits vorhandene Naturverjüngung können auf Freiflächen Pflanzen in Weitverbänden mit Einzelschutz gepflanzt werden: zum Beispiel 400 Douglasien oder 400 Eichen in einer Minigewächshaus-Wuchshülle.

Beispiele zeigen, dass sich Eichenkulturen im Verband 4x2 m (1.250 Pflanzen/ha) oder 3x1,6 m (2.100 Pflanzen/ha) erfolgreich begründen lassen. Bei Stieleiche sind gelungene Bestände aus Weitverband (z.B. 5x5 m-Verband = 400 Pflanzen/ha) bekannt (siehe Bild 49). Auch bei der Buche wurden Weitverbände aus 6 bis 7 x 1 bis 2 m Verbänden mit guter Qualität beschrieben.

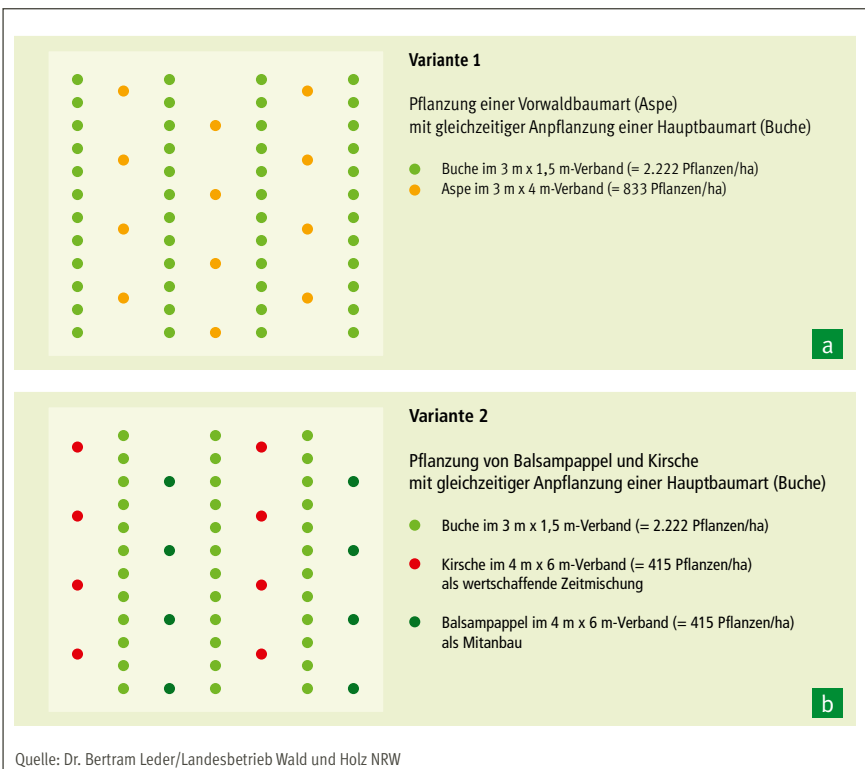
Der dreireihige Streifenverband (z.B. drei Reihen Buchen im 1,5x1,0 m-Verband; Abstand der Streifen 10 m) eignet sich besonders dort, wo mit ausreichend Füll- und Treibholz zu rechnen ist.

Eine besondere Art der Wertholzproduktion ist die Pflanzung von Edellaubbaumarten (Bergahorn, Esche, Kirsche) in extremen Weitverbänden (300 bis 600 Pflanzen/ha). Diese Form der Holzproduktion kann voraussetzen, dass die Schaftformbildung in den ersten Jahren durch Kronenschnitt auf etwa 3 m unterstützt wird. In der folgenden Zeit sollen diese Werthölzer, umhüllt von natürlich ankommenden Begleitbaumarten, bis zur Zielstärkennutzung sich selbst überlassen bleiben. Gegebenenfalls wird eine Wertästung durchgeführt.

6.3.3.4 Mitangebau raschwüchsiger Baumarten

Der Mitangebau raschwüchsiger Baumarten fördert die Wertschöpfung und erweitert die Baumartenpalette. Zusätzlich kann die Lieferung von Dendromasse in den nächsten Jahrzehnten einen wichtigen Beitrag zur wirtschaftlichen Stabilisierung der betroffenen Forstbetriebe sein. Dabei sollte Energieholz im Sinne einer multifunktionalen Waldwirtschaft immer komplementär produziert werden und nicht als Alternative zum Aufbau neuer Wälder. Beispiele für den Mitangebau raschwüchsiger Baumarten sind in Übersicht 12 dargestellt.

Das Ziel besteht darin, innerhalb relativ kurzer Produktionszeiträume ein hohes Volumen an Holzsubstanz zu erzeugen. „Raschwüchsige Baumarten“ sind Baumarten, deren laufender Zuwachs bis zum Alter von ca. 30 Jahren kulminiert und dabei Werte von über 12 Festmeter/ha Derbholz erreicht. Zu den raschwüchsigen Baumarten können die Schwarz- und Balsampappeln,



Übersicht 12 a/b: Mitanbau raschwüchsiger Baumarten

Hybrid-Aspen und Baumweiden, Robinie sowie die Douglasie, die Japanische Lärche und die Küstentanne gezählt werden.

Raschwüchsige Baumarten lassen sich zum Mitanbau in Jugendbeständen verwenden, die für eine längere Produktionsdauer bestimmt sind (zusätzliche Volumenproduktion; wertvolle Vornutzungen).

- Auf mittel nährstoffversorgten (mesotrophen) Standorten können Balsampappel-

und Aspenhybriden in der kollinen und submontanen Stufe zur Auspflanzung von unvollständigen Buchen-Naturverjüngungen oder lückigen Fichten-Naturverjüngungen verwendet werden.

- Mitanbau als Schirm von ca. 100 Pappel- oder Aspenhybriden in Reihen bei der Begründung von z. B. Buchenkulturen.
- Mitanbau von Pappel bei der Begründung von Fichten-Küstentannen- oder Douglasienpflanzungen.

- 1–2 Pappel-Reihen an den Bestandesrändern und innerhalb der Bestände im Abstand von 20–30 m können ein wesentliches Element der Bestandesgliederung darstellen und das Landschaftsbild beleben. Die Pappeln können zum Zeitpunkt der Feinerschließung der Bestände herausgenommen werden.

Die Nachbesserung einzelner Pflanzen sollte unterbleiben, da diese Pflanzen keinen Anschluss mehr an die Kultur bekommen. Sie werden relativ rasch überwachsen.

Solange noch 50 % der ursprünglichen Pflanzenzahl erhalten sind, sollte man auf jede Nachbesserung verzichten. Meistens übernehmen natürlich ankommende Baumarten wie Birke, Vogelbeere, Fichte oder Kiefer die Treibfunktion des engen Verbandes besser als nachgebesserte Pflanzen. Statt einer Nachbesserung können in Anwuchslücken dienende oder vorwüchsige Mischbaumarten nachträglich eingebracht werden. Zu beachten ist, dass einige Bundesländer noch die Nachbesserung geförderter Anpflanzungen verlangen.

6.4 Nachbesserungen

Wenn stufige, frische Pflanzen rechtzeitig mit ganzer Wurzel in den Mineralboden kommen, erübrigen sich Nachbesserungen. Es sei denn, ganze Flächen fallen durch besondere Ereignisse wie Frost, Trockenheit, Feuer oder dergleichen aus.



Bild 54: Voranbau von Buchen unter Fichtenaltbestand

6.5 Pflanzung unter Schirm, Voranbau

Der Voranbau ist ein Waldbauverfahren, bei dem die Verjüngung unter dem Schirm des Altbestandes, häufig mit dem Ziel der Umwandlung eines Reinbestandes in einen Mischbestand, eingebracht wird. Der Schirmbestand schützt die Verjüngung vor Witterungsextremen, hält Konkurrenz durch Begleitwuchs zurück und trägt zur Wipfelschäftigkeit und Feinstigkeit der Verjüngung bei.

Konkurrenzsituationen zwischen Altbestand und Verjüngung um die Ressourcen Wasser, Nährstoffe und Licht können durch gezielte Bestandeseingriffe gesteuert werden. Durch Lichtsteuerung (Auflichten des Schirmbe-

standes) kann so beispielsweise das Höhenwachstum bzw. die Vitalität vorhandener oder zu erwartender Naturverjüngung (z. B. Fichte) in Buchen-Voranbauten beeinflusst werden (siehe Bild 54).

6.6 Vorwald

Vorwald ist eine auf einer Kahlfäche natürlich entstandene oder durch Aufforstung geschaffene Waldbestockung, unter deren Schutz anspruchsvollere oder auf Freiflächenbedingungen wie Frost, Wind, Hitze und Begleitvegetation empfindlich reagierende Baumarten, z. B. Buche, Douglasie und Weißtanne, natürlich aufkommen oder künstlich eingebracht werden (siehe Bild 55).



Bild 55: Buchenpflanzung unter Pappel-Vorwald



Bild 56: Birken-Vorwald mit später eingebrachter Zielbaumart (hier: Buche)

Somit helfen Vorwälder, wichtige Waldfunktionen auf Kahlflächen schnell wieder herzustellen. Dazu gehören die rasche Aufnahme von Nährstoffen und die Wiederherstellung der Bestandestranspiration. Dies ist im Wirtschaftswald von großer Bedeutung, denn nach Störungen von Waldökosystemen werden die mikroklimatischen Bedingungen am Waldboden verändert und der Abbau organischer Substanz durch Mikroorganismen oftmals gefördert. Dadurch werden Nährelemente und Kohlenstoff frei-

gesetzt und mit dem Bodenwasser ausgetragen. Andererseits können frei verfügbare Nährelemente auch von einer sich rasch entwickelnden Sukzessionsvegetation, z. B. bestehend aus Vorwaldbaumarten, aufgenommen werden.

Vorwaldbaumarten besitzen stark verzweigte Wurzelsysteme, die wichtige Bodenressourcen wie Wasser und Nährstoffe rasch erschließen können. Die mit Vorwäldern verbundene Produktivitätssteigerung ge-

genüber herkömmlichen Aufforstungen mit Hauptbaumarten bedeutet zusätzlich eine erhöhte Aufnahme von Kohlendioxid (CO_2) aus der Atmosphäre.

An Vorwaldbaumarten, die überwiegend zu den Pionierbaumarten, den Erstbesiedlern bzw. Weichlaubholzarten zählen und durch reichliche und frühzeitige Fruktifikation gekennzeichnet sind, werden somit besondere Anforderungen gestellt: Frosthärte, Unempfindlichkeit gegenüber intensiver Sonneneinstrahlung, Verunkrautung und Vergrasung, schnelles Jugendwachstum und geringe Ansprüche an den Nährstoffgehalt des Bodens.

Typische Vorwaldbaumarten sind Birke, Aspe, Salweide, Vogelbeere, Kiefer, Lärche und Erle (siehe Bild 56). Diese Baumarten tragen zur Humusverbesserung bei, verbessern den Luft- und Wasserhaushalt durch intensive Durchwurzelung, verbessern das Bodenleben sowie den Nährstoffumsatz, wie z. B. die Vogelbeere als „Basenpumpe“, die Nährstoffe (z. B. Calcium und Phosphor) aus tieferen Bodenschichten nach oben in den pflanzlichen Nährstoffkreislauf bringt.

Wenn aufgrund der vorherrschenden Verjüngungsökologischen Verhältnisse (Entwicklung von Konkurrenzvegetation etc.) mit natürlicher Verjüngung typischer Vorwaldbaumarten nicht zu rechnen ist, kann eine Pflanzung erfolgen. Die künstliche Einbringung von Vorwaldbaumarten bietet die Möglichkeit, größere Flächen zu gliedern. So genügen in der Regel 300–500 Vogelbeeren/ha oder 100–250 Aspen/ha zur

Begründung eines Vorwaldes. Abhängig von den jeweiligen Standortbedingungen werden die Hauptwirtschaftsbaumarten 3–5 Jahre nach der Vorwaldbegründung eingebracht (siehe Bilder 55 und 56).

7 WALDRÄNDER

Nicht nur aus ökologischen und betriebswirtschaftlichen Gründen, sondern auch wegen der Verkehrssicherheit sind richtig aufgebaute Waldränder von außerordentlicher Wichtigkeit und sollten bei der Begründung von Waldbeständen entsprechend berücksichtigt werden.

Strukturreiche Waldränder schützen den Wald vor Windwurf und bewahren das Waldinnenklima. Zudem dienen sie zahlreichen Tier- und Pflanzenarten als Lebensraum und erlangen als Refugien für wärmebedürftige Gehölzarten hinsichtlich möglicher Klimaänderungen

eine herausragende Bedeutung. Als Übergangszone verschiedener Lebensräume haben sie eine hohe ökologische Bedeutung und prägen durch ihre besondere Sichtbarkeit das Landschaftsbild (siehe Bild 57).

Bei einem idealen Waldrand sind die verschiedenen Zonen (Kraut-, Strauch- und Baumzone) nicht voneinander getrennt, sondern gehen ineinander über. Es sind auch nicht immer alle Zonen vorhanden. Auf armen Standorten ist der Waldrand in der Regel wesentlich weniger ausgeprägt als auf nährstoffreicheren Standorten.



Bild 57: Waldrand mit verschiedenen Zonen – Kraut-, Strauch- und Baumzone

Die gewünschten Baum- und Straucharten verjüngen sich oft in wenigen Jahren natürlich, wenn sie durch Wild nicht verbissen werden. Die äußersten 3–5 m der Kulturen sollten deshalb nicht bepflanzt werden. Bei Ausbleiben der natürlichen Entwicklung werden bei der Pflanzung nur heimische Baum- und Straucharten, die an das örtliche Klima und den Standort angepasst sind, verwendet. Seltene Baum- und Straucharten sind zu fördern.

Dabei werden die Pflanzen nicht schematisch, sondern in gebuchteten, der Land-

schaft angepassten Linien gepflanzt. Die Pflanzung erfolgt möglichst in kleinen Trupps mit 5–15 Pflanzen (z.B. alle 20 m ein Trupp mit 5 m Durchmesser).

Zu Nachbarkulturen ist bei wenig ausladenden Baumarten (z.B. Fichte) mindestens 5 m Abstand, bei ausladenden, plastischen Baumarten (z.B. Buche) mindestens 10 m Abstand einzuhalten. Unbestockte Streifen wirken sich bei wenig ausladenden Bäumen bis ca. 5 m und bei plastischen Bäumen bis ca. 10 m nicht auf den Gesamtzuwachs des Bestandes aus.



© Dr. Bertram Leder

Bild 58: Ein vielfältig strukturierter Waldrand bietet zahlreiche waldbauliche Vorteile – nicht zuletzt auch als Quelle von Naturverjüngung

8 SCHUTZ DER VERJÜNGUNG VOR WILDSCHÄDEN UND MÄUSEFRASS

Verjüngung kann durch Wildverbiss oder Mäusefraß starken Schaden nehmen oder sogar zunichte gemacht werden. Deshalb muss hier Vorsorge getroffen werden.

Überall im Wald werden die Anpflanzungen durch Wildschäden bedroht (siehe Bilder 60 und 61). Der Gesetzgeber hat in §1 Abs. 2 Bundesjagdgesetz festgelegt: „Die Hege muss so durchgeführt werden, dass Beeinträchtigungen einer ordnungsgemäßen land-, forst- und fischereiwirtschaftlichen Nutzung, insbesondere Wildschäden möglichst vermieden werden.“

Die verjüngungsfreundliche Regulierung der Wildbestände ist dabei die erste und wichtigste Voraussetzung für die Entwicklung klimaresilienter, gemischter Wälder. Ohne Wildbestandsregulierung sind Bemühungen um die Waldverjüngung entweder ganz zum Scheitern verurteilt oder verursachen hohe zusätzliche Kosten für die Wildschadensverhütung. Besonders wichtig ist hier auch die entsprechende Ausgestaltung der Jagdpachtverträge durch die Jagdgemeinschaften.



Bild 59: Naturverjüngung von Nadelbäumen und Buchen unter dem Altholzschirm von Nadelbäumen

Die Gefährdung ist nach Baumarten und örtlichen Wildständen sehr unterschiedlich. Aus Erfahrung wird der Waldbesitzer wissen, welche Baumarten ohne Schutz heranwachsen können. Informationen kann hierzu auch das Forstamt geben. Oft sind auch die Erfahrungen von Nachbarn oder der örtlichen Forstbetriebsgemeinschaft hilfreich.

Verbesserung der Nahrungsgrundlage

Bei angepassten Schalenwildbeständen (allerdings auch nur dann) kann der Einfluss des Wildes auf die Verjüngung durch die Verbesserung der Nahrungsgrundlage weiter vermindert werden. Eine große Rolle spielen dabei die auf der Kulturfäche ankommenden Kräuter und Holzgewächse. Sie bieten dem Wild Nahrung und schützen zumeist die Kulturpflanzen mehr vor dem Wild als sie schaden. Ebenso verbessern starke Durchforstungen die Situation für die Verjüngung und zugleich auch die Nahrungsgrundlage für das Wild.

Weisergatter geben wichtige Hinweise auf den vorhandenen Wilddruck. Nur ein Weisergatter zeigt das wahre Verjüngungspotenzial des Standorts. Ziel ist es, dass sich die nicht gezäunte Fläche hinsichtlich Baumartenkombination und Baumartenzahl sowie Deckungsgrad der „Weiserfläche“ annähert.

Verwendung von Großpflanzen

Durch das Einbringen der besonders gefährdeten Baumarten als Großpflanzen (mind. 125 cm) lassen sich aufwändige Verbissschutzmaßnahmen gegen Rehwildverbiss, z. B. an Eiche, in der Regel vermeiden.



Bild 60: Verbiss des Terminaltriebes bei Bergahorn

Einzelschutz

Werden in bestehende Naturverjüngungen besonders verbißgefährdete, bisher nicht vorhandene Baumarten (z.B. Weißtanne, Elsbeere, Speierling, Edelkastanie, Wildkirsche etc.) im Weitverband eingebracht, ist auch bei geringeren Wildbeständen oft ein Einzelschutz erforderlich. Dieser kann mechanisch durch Drahtosen, Drahtkörbe, Wuchshüllen (Minigewächshäuser aus Polypropylen bzw. neuere Modelle auch aus nachwachsenden Rohstoffen), Schutzstäbe etc. erfolgen, kann aber auch mit wiederholt ausgebrachten chemischen Mitteln Erfolg haben. Es kann sich auch lohnen, einzelne seltene, naturverjüngte Mischbaumarten mit einer Wuchshülle zu schützen.

Bei der Anwendung von Drahtthosen wird die junge, gefährdete Pflanze von einem Drahtgeflecht umgeben, das an Pfählen befestigt werden kann (siehe Bild 62). Da dieses Verfahren jedoch teuer und arbeitsaufwändig ist, sollte es nur bei Einbringung von maximal 200 Pflanzen/ha angewandt werden. So können z.B. Douglasien mit einem Einzelschutz aus Knotengeflecht, das durch Armier-Eisen, wie sie für den Stahlbetonbau benutzt werden, befestigt wird, kostengünstig gegen Wildverbiss geschützt werden. Jeder Einzelschutz muss dokumentiert werden, damit der Abbau nicht vergessen wird. Eingewachsene Metallstäbe sind später ein großes Ärgernis. Auch gehören zerfallende Plastikteile nicht in den Wald.



Bild 61: Fegeschaden an Douglasie

Wuchshüllen sind ein sicherer Wildschutz für Laubbäume (siehe Bild 63). Sie dienen gleichzeitig der Wuchsbeschleunigung und verbessern das Anwuchsprozent. Neuere Untersuchungen belegen, dass auch Nadelbaumarten (Douglasie, Lärche) in hinreichend großen Wuchshüllen einen guten Wuchs zeigen. Sie schaffen ein spezielles Mikroklima mit Auswirkungen auf die Temperatur, die Luftfeuchte, die Einstrahlung und die Photosynthese der Pflanze. Sie wirken sich somit günstig auf das Anwachsen aus, das Höhenwachstum wird beschleunigt.

Beste Ergebnisse werden bei röhrenförmigen Wuchshüllen aus hellem Material mit einer oder mehreren Öffnungen an der



Bild 62: Einzelschutz verhindert Wildverbiss und verbessert die Erkennbarkeit auf der Verjüngungsfläche

Basis dokumentiert. In üppiger Begleitvegetation können sie leichter aufgefunden werden. Das Ausbringen von Schutzhüllen ist einfacher und billiger als eine Zäunung, zumindest bei reduzierten Pflanzenzahlen. Bei 1,2 m hohen Wuchshüllen ist mit einem Aufwand von 4,00 bis 5,00 EUR pro Wuchshülle zu rechnen (Wuchshülle, Befestigung, Ausbringen, Kontrolle, Abbau).

Gatter

Der scheinbar sicherste Schutz ist ein Zaun (bzw. Gatter, siehe Bild 64). Aber Zäune sind nur mit dauernden Kontrollen wildrein zu halten. Zäune sind teuer und aufwändig. Außerdem entziehen sie dem Wild Einstandsflächen. Große Gatter über 2,0 ha sind zudem nie wildrein zu halten. Beim Einsatz von Zäunen zur Wildschadensverhütung ist es wesentlich, dass Zäune nicht auf großer Fläche alle Verbindungen im Lebensraum zerschneiden und dadurch automatisch zu Wildkonzentrationen mit entsprechenden Schäden in den Sackgasen führen.



Bild 63: Wuchshülle



Bild 64: Hordengatter gegen Wildschäden



Bild 65: Auf solchen Erstaufforstungsflächen ist die Gefährdung durch Mäuseschäden außerordentlich groß



Bild 66: Greifvögel helfen gerne bei der Reduktion der Mäusepopulation. So kann man sie dabei unterstützen.

Zum Zaunbau selbst gibt es bei den verschiedenen Landesforstverwaltungen Merkblätter. Bei kleinen Flächen nimmt die Zaunlänge je Hektar so stark zu, dass die Kosten für den Zaun je Pflanze häufig die Kosten für Pflanze und Pflanzvorgang übersteigen. Auch bei Gattern ist der Abbau in die Kostenkalkulation einzubeziehen!

Beispiel für Gatterkosten:

$1,0 \text{ ha} = 400 \text{ lfm Gatter} * 8 \text{ EUR/lfm} =$

$3.200 \text{ EUR/ha} = 0,8 \text{ EUR/Pflanze!}$

Kleinere Gatter sind entsprechend teurer.

Geeignet sind Hordengatter, z.B. zum Einbringen von Trupps oder Gruppen verbissgefährdeter, zusätzlicher Baumarten in Naturverjüngung (Kosten je Horde, à $2 \times 4 \text{ m}$, ca. 18 EUR).

Fraßschäden an Forstkulturen

Besonders durch Mäuse, aber auch durch verschiedene Insektenarten können Forstkulturen und auch Naturverjüngungsflächen massiv geschädigt werden.

Insbesondere Erd- und Rötelmaus, aber auch die Schermaus (vor allem auf Erstaufforstungsflächen) können starke Schäden an Laub- und Nadelbäumen verursachen. Unter Umständen ist zur Sicherung der Kulturen eine Bekämpfung erforderlich. Die rechtzeitige Förderung natürlicher Feinde ist dabei eine Möglichkeit zur Verringerung der Schäden (siehe Bild 66).

9 STAATLICHE FÖRDERUNG

Maßnahmen zur Waldverjüngung werden durch verschiedene Programme der Bundesländer, des Bundes (z.B. die Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ (GAK)) und der Europäischen Union (z.B. der Europäische Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER)) gefördert. Häufig sind die Programme der Bundesländer mit Bund- und EU-Programmen kofinanziert.

Dabei wird das Ziel verfolgt, den Anteil standortgerechter bzw. standortheimischer Bäume bei der Kulturbegründung zu erhöhen oder Baumarten einzubringen, die in Bezug auf die Klimaentwicklung mehr Stabilität im Wald erwarten lassen, oder es werden Ziele des Naturschutzes angestrebt. Nadelbäume werden meist nur in geringeren Anteilen und auf wenige Arten beschränkt gefördert. In der Regel beschränken sich die Förderungen auf Privatwald und eingeschränkt auch auf den Kommunalwald. Mit Vorrang werden oft die forstlichen Zusammenschlüsse gefördert.

Neben Pflanzenbeschaffung, Pflanzung und Schutzmaßnahmen werden auch vorbereitende Maßnahmen zur Naturverjüngung bzw. Kulturanlage, die Anlage und Pflege von Waldrändern und die Planung und Erstellung von Konzepten finanziell unterstützt. Darüber hinaus ist häufig die Erstaufforstung landwirtschaftlicher Flächen förderfähig.

Bei der künstlichen Begründung von Waldbeständen ist die Förderung der Maßnahme in vielen Bundesländern an die Einhaltung der jeweiligen Herkunftsempfehlungen gebunden.

Da die Förderprogramme einer stetigen Änderung unterliegen und sich von Bundesland zu Bundesland deutlich unterscheiden, wird angeraten, sich bei Interesse von den Forstämtern oder Verbänden des Waldbesitzes beraten zu lassen.

Weiterführende Informationen zur Förderung unter:
<https://privatwald.fnr.de>



Bild 67: Junge Eiche

10 ANFORDERUNGEN VON FORSTZERTIFIZIERUNGSSYSTEMEN AN DIE WALDVERJÜNGUNG

Viele Forstbetriebe in Deutschland haben sich einem oder mehreren der folgenden Forstzertifizierungssysteme angeschlossen:

- PEFC Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes
- FSC Forest Stewardship Council
- Naturland e.V.

Eine verbindliche Darstellung aller verjüngungsrelevanten Standards aller Zertifizierungssysteme würde den Rahmen dieses Heftes sprengen. Die Standards ändern sich zudem bei den periodischen Revisionsprozessen. Daher wird die Darstellung allgemein gehalten.

Vor der Durchführung einer Verjüngungsmaßnahme (außer bei Naturverjüngung) muss sich der Bewirtschafter eines zertifizierten Betriebes daher mit den für seinen Betrieb gültigen Standards vertraut machen.

Bei allen Forstzertifikaten ist die Einhaltung aller gesetzlichen Standards vorgeschrieben. Gerade bei Waldflächen in Naturschutzgebieten, Vogelschutzgebieten oder FFH-Gebieten ist es daher erforderlich, die Inhalte der Verordnungen oder generell gültigen Regeln in Bezug auf die Waldverjüngung zu prüfen. Häufig ergeben sich in solchen Schutzgebieten besondere Verpflichtungen, auf das Einbringen fremdländischer Baumarten zu verzichten und vor-

handenes Laubholz zu erhalten. Auskünfte hierzu erhält man bei den zuständigen Forst- oder Naturschutzbehörden.

- Generell sind bei Waldverjüngungen gemischte und an die natürliche Waldgesellschaft angelehnte Bestände anzustreben. Die natürliche Verjüngung hat generell Vorrang. Die natürliche Sukzession soll einbezogen werden. Fremdländische Baumarten dürfen nur dann eingebracht werden, wenn die Entwicklung der heimischen Baumarten nicht gefährdet wird und gegebenenfalls Obergrenzen des Mischungsanteils nicht überschritten werden. Naturland erlaubt keine fremdländischen Baumarten.
- Die flächige Bearbeitung des Waldbodens, wie beispielsweise Vollumbruch, ist bei allen Forstzertifikaten verboten oder auf Sonderfälle wie Feuerschutzschneisen oder Erstaufforstungsflächen beschränkt. Eine nicht in den Mineralboden eingreifende, gegebenenfalls streifen- oder plätzeweise Beseitigung der Rohhumusauflage ist erlaubt, wenn anders eine Verjüngung nicht möglich ist.
- Das Befahren des Waldbodens zur Bearbeitung der Humusauflage, zum Mulchen oder zum Pflanzen mit dem Ziel der Verjüngung ist auf das unabdingbar notwendige Maß zu beschränken und auf Fälle begrenzt, wo keine andere Möglich-



Bild 68: Naturverjüngung Nadelbäume

keit der Verjüngung besteht (PEFC). FSC erlaubt das Befahren nur zur Beseitigung einer verjüngungshemmenden Rohhumusschicht unter weiteren speziellen Voraussetzungen sowie bei Vorlage eines betrieblichen Konzeptes.

- Die flächige Entwässerung oder die Neuanlage von Entwässerungsgräben ist nicht zulässig. PEFC erlaubt die Unterhaltung von vorhandenen Anlagen und die Anlage von Wegeseitengräben, wenn wertvolle Nassstandorte und Moore geschützt werden.
- Erschließungssysteme weisen einen Mindestabstand der Rückegassen von 20 m auf. Allgemein (FSC) oder auf verdichtungsempfindlichen Böden (PEFC) sind 40 m anzustreben. Ausnahmen sind zu begründen.
- Die Herkunft verwendeter Pflanzen soll – wenn verfügbar – durch fachlich anerkannte Verfahren nachweisbar sein (ZüF, FfV). Auf gentechnisch verändertes Vermehrungsgut wird verzichtet. FSC bevorzugt Vermehrungsgut aus FSC-Betrieben und solches aus pflanzenschutzmittelfreier Produktion.
- Wildbestände werden so reguliert, dass Baumarten der natürlichen Waldgesellschaften (FSC) bzw. Hauptbaumarten (PEFC) sich ohne Schutzmaßnahmen und Nebenbaumarten mit vertretbarem Schutzaufwand verjüngen können. Der Waldbesitzer muss die dazu notwendigen Schritte nachweisen.
- PEFC will den Einsatz erdölbasierter Kunststoffe generell vermieden wissen, wenn Alternativen am Markt verfügbar sind; erwartet wird ferner eine umweltgerechte Entsorgung.
- Düngung mit Ausnahme von Meliorationskalkung nach gutachtlicher Stellungnahme wird nicht vorgenommen. Möglich ist die Pflanzplatzdüngung als Starthilfe (PEFC).
- Kleinflächige Verjüngungsverfahren werden bevorzugt (PEFC).
- Der Einsatz von chemisch-synthetischen Mitteln ist verboten, wenn sie nicht behördlich angeordnet (FSC) oder nach Vorlage eines Gutachtens im Ausnahmefall gestattet werden. Biologische Mittel werden im minimal möglichen Maß eingesetzt.

11 LITERATUR UND WEITERE INFORMATIONEN

- Bayer. Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (2002):** Pflanzung – ein Risiko für die Bestandesstabilität, Berichte Nr. 37.
- Bayer. Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (2004):** Erfolg von Buchensaaten steigern, Merkblatt-Nr. 16.
- Bayer. Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (2002):** Wildlinge – richtig eingesetzt. Merkblatt Nr. 8.
- Bergmann, J.-H. (2001):** Die natürliche und künstliche Verjüngung der Eichenarten *Quercus robur* und *Quercus petraea* (MAT-TUSCHKA) LIEBL. Shaker Verlag, Aachen.
- Bartsch, N.; von Lüpke, B.; Röhrig, E. (2020):** Waldbau auf ökologischer Grundlage. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (2017):** Forstliches Vermehrungsgut – Informationen für die Praxis.
- Burschel, P.; Huss, J. (2003):** Grundriss des Waldbaus. Verlag Eugen Ulmer, 3. Auflage, Stuttgart.
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (2020):** Standortansprüche der wichtigsten Waldbaumarten.
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (2021):** Bodenschutz im Wald.
- Hosius, B.; Leinemann, L.; Röhe, P.; Voth, W. (2012):** Genetische Untersuchungen von Hähersaaten. AFZ-Der Wald 5/2012, S. 7–9.
- Jacke, H. (2011):** Holzzentralblatt Nr. 16, S. 391.
- Kenk, G. (2004):** Wuchshüllen als Minigewächshäuser. FVA-Einblick 2/2004.
- Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik e.V. (2020):** Bestandesbegründung durch Saat. Verfahren-Technik-Kosten. KWF-Merkblatt Nr. 24.
- Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten Nordrhein-Westfalen (1997):** Lagerung und Vorbehandlung von Saatgut wichtiger Baum- und Straucharten, LÖBF-Schriftenreihe, Arnberg.
- Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten Nordrhein-Westfalen (1997):** Waldumbau von Nadelholzreinbeständen in Mischbestände, Schriftenreihe Bd. 13, Arnberg.
- Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen (2007):** Empfehlungen für die Wiederbewaldung der Orkanflächen in Nordrhein-Westfalen. Bearbeitung: B. Leder, Arnberg.
- Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen (2019):** Praxisleitfaden Walderneuerung nach Schadereignissen.

Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen (2020): Praxisleitfaden Fichten-Dürrständer. Hinweise zum Umgang mit stehenden abgestorbenen Fichten auf Kalamitätsflächen.

Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen (2021): Bäume richtig pflanzen.

Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen, Lehr- und Versuchsforstamt Arnsberger Wald, Forstliches Bildungszentrum für Waldarbeit und Forsttechnik (2012): Containerpflanzen und -pflanzverfahren: System mit Zukunft.

Landesforstverwaltung Nordrhein-Westfalen (1999): Qualität und Beschaffung von Forstpflanzen. Information für den Waldbesitzer, Düsseldorf.

Leder, B. (1992): Weichlaubhölzer – Verjüngungsökologie. Jugendwachstum und Bedeutung in Jungbeständen der Hauptbaumarten Buche und Eiche. Schriftenreihe der Landesanstalt für Forstwirtschaft. Sonderband.

Leder, B. (1996): Die Bedeutung der Vogelbeere bei Sekundärsukzessionen im Eggegebirge. AFZ-Der Wald 18/1996, S. 997–1.000.

Leder, B. (1997): Die Bucheckern-Voraussaat. Schriftenreihe der Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten/Landesamt für Agrarordnung NRW. Bd. 13, S. 68–88.

Leder, B. (2007): Wachstum und qualitative Entwicklung von Eichennestern. AFZ-Der Wald 8/2007, S. 420–423.

Leder, B. (2007): Empfehlungen zur Wiederbewaldung der Orkanflächen in NRW. Natur in NRW Nr. 4, S. 18–22.

Leder, B.; Hanke, J. (2003): Versuche mit „Minigewächshäusern“ neuer Generation bei Eiche. AFZ-Der Wald 4/2003, S. 193–195.

Leder, B.; Bodelschwingh, v. H. (2008): Dynamik und Qualität von Buchen auf 9-jährigen Buchen-Saatplätzen unter Fichtenschirm. Forst und Holz 2/2008, S. 22–25.

Leder, B.; Wagner, S. (1996): Bucheckern/Streu-Voraussaat als Alternative zum Umbau von Nadelholzbeständen in Mischbestände. Forstarchiv 67, S. 7–11.

Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg (2018): Pflanzgut und Pflanzung. ForstBW Praxis.

Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen (1994): „Schützt die Waldränder!“.

Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen (1998): Merkblatt zur „Bucheckern-Voraussaat unter Nadelholzschirm, Information für den Waldbesitzer“.

Ministerium für Umwelt, Naturschutz Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2003): „Die Eichen-Trupppflanzung“ – Eine Alternative zur Bestandesbegründung von Eichenkulturen.

Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2020): Wiederbewaldungskonzept Nordrhein-Westfalen.

Röhrig, E.; Bartsch, N.; v. Lüpke, B. (2006): Waldbau auf ökologischer Grundlage. 7. vollständig aktualisierte Auflage. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

Stark, H.; Nothdurft, A.; Bauhus, J. (2011): Effekte von Vorwäldern auf den Nährstoff- und Kohlenstoffhaushalt des Waldbodens. AFZ-Der Wald 14/2011, S. 4–6.

Stimm, B.; Knoke, Th. (2004): Hähersaat: Ein Literaturüberblick zu waldbaulichen und ökonomischen Aspekten. Forst und Holz 11/2004, S. 532–534.

Informationen im Internet

Forstliche Forschungseinrichtungen der Länder Bayern, Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Thüringen, Sachsen und Nordrhein-Westfalen:

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF)
Abteilung 3 – Waldbau
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 1 |
85354 Freising
Tel.: 08161/4591-0
www.lwf.bayern.de

Landesbetrieb Forst Brandenburg
Betriebszentrale
FB22 – Waldbau und Ökologie
Heinrich-Mann-Allee 103 | 14473 Potsdam
Tel.: 03334/97929-321
forst.brandenburg.de/lfb/de

Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen
Zentrum für Wald und Holzwirtschaft (FB V)
Obereimer 13 | 59821 Arnsberg
Tel.: 02931/7866-0
www.wald-und-holz.nrw.de/ueber-uns/einrichtungen/zentrum-fuer-wald-und-holzwirtschaft-neu

Landesforstanstalt
Mecklenburg-Vorpommern
Sachgebiet Waldbau und Waldwachstum
Zeppelinstraße 3 | 19061 Schwerin
Tel.: 0385/6700-0
www.wald-mv.de

Staatsbetrieb Sachsenforst

Kompetenzzentrum für Wald und
Forstwirtschaft

Referat Waldentwicklung/Waldschutz
Bonnewitzer Straße 34 |
01796 Pirna OT Graupa
Tel.: 03501/542-0

www.sbs.sachsen.de

ThüringenForst – AöR

Forstliches Forschungs- und
Kompetenzzentrum Gotha

Waldinventur und (Forst-) Planung
Jägerstraße 1 | 99867 Gotha
Tel.: 03621/225-0

www.thueringenforst.de

**Für die Länder Baden-Württemberg,
Rheinland-Pfalz und Saarland:**

Zentralstelle der Forstverwaltung
Rheinland-Pfalz

Forschungsanstalt für Waldökologie und
Forstwirtschaft (FAWF)
Forschungsbereich 5.1 –
Nachhaltige Waldbewirtschaftung
Hauptstraße 16 | 67705 Trippstadt
Tel.: 06306/911-0

www.wald.rlp.de

**Forstliche Versuchs- und Forschungsan-
stalt (FVA) Baden-Württemberg**

Abteilung Waldwachstum
Wonnhaldestraße 4 | 79100 Freiburg
Tel.: 0761/4018-0
www.fva-bw.de

**Für die Länder Niedersachsen, Hessen,
Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein:**

Nordwestdeutsche Forstliche
Versuchsanstalt (NW-FVA)

Abteilung Waldwachstum
Grätzelstraße 2 | 37079 Göttingen
Tel.: 0551/69401-0
www.nw-fva.de

**Pflanzenschutzmittelzulassung für
Deutschland durch das Bundesamt für
Verbraucherschutz und Lebensmittel-
sicherheit (BVL):**

www.bvl.bund.de

Weitere Adressen:

www.waldwissen.de
www.privatwald.fnr.de
www.mediathek.fnr.de
www.pefc.de
www.fsc-deutschland.de
www.foerderdatenbank.de

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)

OT Gülzow, Hofplatz 1

18276 Gülzow-Prüzen

Tel.: 03843/6930-0

Fax: 03843/6930-102

info@fnr.de

www.fnr.de

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier
mit Farben auf Pflanzenölbasis

Bestell-Nr. 1.177

mediathek.fnr.de

FNR 2022