

LWF

125 Jahre jung
1881 - 2006

WISSEN

54

Hinweise zur waldbaulichen Behandlung von Borkenkäferkalamitätsflächen in Mittelfranken

BAYERISCHE
FORSTVERWALTUNG



Zentrum
Wald • Forst • Holz
Weihenstephan

Berichte der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft

**Hinweise zur waldbaulichen
Behandlung von Borken-
käferkalamitätsflächen in
Mittelfranken**

Impressum

Titelseite: Beratungsgespräch zur Wiederbewaldung von Borkenkäferschadflächen (Foto: Tobias Bosch)

ISSN 0945 – 8131

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, sowie fotomechanische und elektronische Wiedergabe nur mit Genehmigung des Herausgebers. Insbesondere ist eine Einspeicherung oder Verarbeitung der auch in elektronischer Form vertriebenen Broschüre in Datensystemen ohne Zustimmung des Herausgebers unzulässig.

Herausgeber und Bezugsadresse:	Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) Am Hochanger 11 85354 Freising Tel.: +49 (0) 81 61/71-4881 Fax: +49 (0) 81 61/71-4971
E-Mail:	poststelle@lwf.bayern.de www.lwf.bayern.de
Verantwortlich:	Olaf Schmidt, Leiter der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft
Autoren:	Dr. Christian Ammer, Isabella Dully, Gudrun Faißt, Thomas Immler, Dr. Christian Kölling, Nathalie Marx, Holger Holland-Moritz, Gerhard Seidl, Rudolf Seitz, Cornelia Triebenbacher, Michael Wolf, Thomas Wolferstetter
Bildredaktion:	Tobias Bosch
Schriftleitung:	Dr. Christian Ammer
Layout:	Rothe Design, Wang
Druck:	Lerchl Druck, Freising
Auflage:	750

© Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Dezember 2006

Vorwort

Die Klimaforscher sind sich einig: die Erde erwärmt sich. Auch wenn es hinsichtlich des Umfangs der Klimaänderung unterschiedliche Prognosen gibt, eines ist klar: Der Klimawandel hat weit reichende Auswirkungen auf unsere Wälder.

Die Waldbesitzer können ihre Wälder nicht von heute auf morgen aus anderen Baumarten aufbauen. Deshalb brauchen wir Strategien, um bereits jetzt aktiv unsere Wälder auf die Folgen des Klimawandels vorzubereiten. Gerade die Fichte ist besonders anfällig sowohl für die direkten als auch die indirekten Auswirkungen des Klimawandels wie Trockenheit, Schädlingsbefall und Windwurf durch extreme Stürme.

In Regionen Bayerns mit wärmerem Klima bekommen wir heute schon einen Eindruck von den möglichen Folgen des Klimawandels. Zu diesen Gebieten zählen besonders das westliche Mittelfranken und die angrenzenden Teile von Unterfranken. Von Natur aus ein Laubholzgebiet, finden sich dort heute auf großen Flächen Fichten- und Kiefernbestände. Wegen der auch nach dem Jahrhundertsommer 2003 geringen Niederschläge in dieser Region kam es zu einer massiven Vermehrung der Borkenkäfer, die bis heute nicht abgeklungen ist.

Die Folge sind hohe Anfälle von Schadholz und die Entstehung mehrerer tausend Hektar wieder aufzuforstender Fläche. Betroffen davon sind zahlreiche Waldbesitzer. Für manchen Waldbesitzer in der Region bedeutet das ganz konkret, dass er seinen gesamten Waldbestand einschlagen musste, zu seinen Lebzeiten kein Holz mehr ernten wird und nun vor großen Herausforderungen hinsichtlich der Wiederaufforstung seiner Waldflächen steht.

Als Hilfestellung für die betroffenen Waldbesitzer und als Grundlage der Beratung durch die Ämter für Landwirtschaft und Forsten habe ich die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft beauftragt, ein waldbauliches Konzept für die Region zu erstellen, das nunmehr gedruckt vorliegt. Darin sind unter anderem die umfangreichen Erfahrungen, die in Bayern bei den Wiederaufforstungen seit den Orkanen Vivian und Wiebke gemacht wurden, mit eingeflossen. Neu ist vor allem, dass erstmals Empfehlungen zur Baumartenwahl unter den Aspekten des Klimawandels gegeben werden.

Ich hoffe dass mit dem vorliegenden Bericht nicht nur eine umfassende und aktuelle Beratungshilfe für die Wiederbewaldung der Käferschadflächen entstanden ist, sondern dass sie zugleich bei den Waldbesitzern ein Bewusstsein dafür schafft, dass wir unsere Wälder bereits jetzt aktiv auf die Folgen des Klimawandels vorbereiten müssen.

München, im November 2006



Josef Miller

Bayerisches Staatsministerium
für Landwirtschaft und Forsten



Inhaltsverzeichnis

Impressum	2
Vorwort	3
Inhaltsverzeichnis	4
Zusammenfassung	6
Abstract	8
1 Einleitung und Ziel der Beratungshilfe	9
2 Zustandsanalyse	11
2.1 Projektgebiet	11
2.2 Naturräumliche Gegebenheiten	11
2.2.1 Klima	11
2.2.2 Standort	15
2.3 Aktuelle Fichtenbestockung	15
2.4 Rahmenbedingungen	16
2.4.1 Struktur des Waldbesitzes	16
2.4.2 Wildverbiss	16
2.4.3 Praxis der Förderung	16
2.5 Umfang der Schäden und Zustand der Schadflächen	18
2.5.1 Flächenumfang	18
2.5.2 Standorte	19
2.5.3 Befallssituation	20
2.5.4 Zustand der Schadflächen	22
3 Grundsätze bei der Beratung in der Modellregion	27

4	Beratungshilfe	28
4.1	Grundlagen	28
4.1.1	Standort	28
4.1.2	Wirkung von Bestandesrändern und Altbestandsresten	32
4.1.3	Frostgefahr	32
4.1.4	Berücksichtigung der Wünsche des Waldbesitzers	34
4.1.5	Naturverjüngung	34
4.1.6	Bodenvegetation	36
4.1.7	Verbiss	37
4.1.8	Unterstützende Maßnahmen	38
4.1.9	Saat	38
4.1.10	Pflanzung	39
4.1.11	Baumart	40
4.2	Checkliste	41
5	Ausblick	45
5.1	EDV-gestützte Entscheidungshilfe	45
5.2	Ansätze für eine methodische Weiterentwicklung zur Erfassung von Flächendaten	45
6	Literatur	49
7	Anhang	56

Zusammenfassung

Schlüsselwörter

Borkenkäfermassenvermehrung, Wiederaufforstung, Klimaänderung, forstliche Beratung

In der Folge des ungewöhnlich trockenen Jahres 2003 erreichten im westlichen Teil Mittelfrankens die beiden Borkenkäferarten Buchdrucker (*Ips typographus* L.) und Kupferstecher (*Pityogenes chalcographus* L.) eine sehr hohe Dichte. Dies führte in den Folgejahren zu einem großflächigen Befall auch jüngerer (ca. 35-jähriger) Fichtenbestände. Die betroffene Region war bereits unter den bisherigen Klimabedingungen als trocken-warm und daher für die Fichte, von bestimmten Standorten abgesehen, als nur bedingt geeignet einzuschätzen. Daher wirkte sich dort die nochmals verschärfte Trockenheit der letzten Jahre am gravierendsten aus. Da sich ähnliche Klimabedingungen nach den Prognosen der Klimaforscher auch in anderen Gegenden Bayerns einstellen werden, kann das sich in Westmittelfranken vollziehende flächige Ausscheiden der Fichte als Vorbote einer klimabedingt in den nächsten Jahren auf größeren Flächen zu erwartenden Entwicklung gesehen werden.

Vor diesem Hintergrund hatte die vorliegende Studie das Ziel, am Beispiel einer Modellregion das Ausmaß der Schäden zu erfassen, daraus Schlussfolgerungen für eine an der Zukunftsvorsorge orientierte Beratung und Förderung des privaten und kommunalen Waldbesitzes abzuleiten und waldbauliche Hinweise zur Wiederaufforstung der kahlgefallenen Flächen zu geben.

Als Modellregion wurde die Forstbetriebsgemeinschaft Rothenburg ob der Tauber ausgewählt, die eine Fläche von 10.254 ha umfasst. Da eine Bearbeitung der gesamten Fläche nicht möglich war, konzentrierten sich die Untersuchungen auf einen repräsentativen Ausschnitt daraus. Das so ausgewählte Projektgebiet umfasste 5.111 ha, wovon sich etwa die Hälfte in Privatbesitz befindet. Auf diese besonders betroffenen Wälder konzentrierte sich die Untersuchung. Aus finanziellen und organisatorischen Gründen konnte die Erfassung der Schäden nur terrestrisch erfolgen und musste vom Forstpersonal des Amtes für Landwirtschaft und Forsten Ansbach geleistet werden. Insgesamt wurden in der Modellregion auf den ca. 2.600 ha Privatwald 418,2 ha Schadflächen erfasst. Dies entspricht 16 % der begangenen Waldfläche. Unter der Annahme, dass die in den zehn kartierten Gemeinden dokumentierten Verhältnisse für die gesamte Forstbetriebsgemeinschaft repräsentativ sind, errechnete sich für die Forstbetriebsgemeinschaft Rothenburg im Privatwald eine Schadfläche von 1.640 ha. Multipliziert man diese Fläche mit dem für die Planungsregion Westmittelfranken aus der Bundeswaldinventur² ermittelten Durchschnittsvorrat von 315 Erntefestmetern, so ergibt sich ein Schadholzvolumen von bislang 516.600 fm. Hierbei muss beachtet werden, dass einzeln oder in kleinen Gruppen ausgeschiedene Fichten nicht erfasst wurden.

Für die zügige Wiederbewaldung der Flächen als besonders hinderlich stellt sich die hohe Verbissbelastung dar. Diese wird, sofern die Abschusszahlen nicht deutlich erhöht werden, weiter ansteigen, da aus den Erfahrungen nach Sturmwürfen bekannt ist, dass Rehwildpopulationen von der Entstehung von Kahlflächen stark profitieren. Erschwerend für eine rasche und großflächige Wiederbewaldung erweisen sich auch die Besitzverhältnisse, die durch eine starke Parzellierung gekennzeichnet ist. Die Eigentümer besitzen jeweils nur eine geringe Fläche, welche in den meisten Fällen zusätzlich auf mehrere Flurstücke verstreut ist (im Durchschnitt 0,45 ha je Waldbesitzer verteilt auf 2,5 Flurstücke). Hinsichtlich der betroffenen Standorte zeigte sich, dass inzwischen auch Böden, für die bislang eine für die Fichte ausreichende Wasserversorgung unterstellt wurde, von den Schäden betroffen sind und die Fichten auch dort großflächig ausscheiden.

Die waldbaulichen Empfehlungen zur Wiederaufforstung der Schadflächen enthalten allgemeine Hinweise, wie zum Beispiel Ausführungen zur ökonomischen Vorteilhaftigkeit von Mischbeständen bzw. unter welchen Bedingungen mit Naturverjüngung von standortgerechten Baumarten gerechnet werden kann. Darüber hinaus werden für alle von den Schäden betroffenen Standorte mögliche Bestockungsziele angegeben, von denen nach heutigem Stand des Wissens davon auszugehen ist, dass sie an die für die nächsten Jahrzehnte prognostizierten Klimabedingungen ausreichend angepasst sind. Diese Bestockungs-

ziele beziehen insbesondere die Baumarten der natürlichen Waldgesellschaft ein (Buche, Eiche, Weißtanne und die Edellaubholzarten). An fremdländischen Baumarten kommen je nach Standort die Douglasie und die Roteiche in Frage. Weitere Hinweise sollen eine an diesen sehr variablen Verhältnissen vor Ort angepasste individuelle Beratung unterstützen. Dazu gehören zum Beispiel Entscheidungshilfen zum Umgang mit Bestandesresten, Hilfen zur Einschätzung der von der Bodenvegetation auf Verjüngungspflanzen ausgehenden Konkurrenzwirkung und Empfehlungen zur Wahl eines geeigneten Verfahrens zur künstlichen Bestandesbegründung. Viele der dabei aufgezeigten Möglichkeiten werden sich auf Grund des hohen Verbisses nur dann realisieren lassen, wenn durch eine deutliche Reduktion des Schalenwildes dem im Bayerischen Waldgesetz in Art. 1 Abs. 2 Ziffer 2 zum Schutz des Eigentums und des Allgemeinwohls verankerten Grundsatz „Wald vor Wild“ Geltung verschafft wird.

Die gegebenen Hinweise fußen auf einer gründlichen Analyse der zum Thema verfügbaren Literatur. Die Fundstellen der jeweiligen Arbeiten sind angegeben. Darüber hinaus sind alle für die Beratung vor Ort relevanten Gesichtspunkte in Form einer Checkliste zusammengestellt, die es dem Forstfachpersonal erlaubt, eine an den Bedürfnissen des Waldeigentümers orientierte Beratung anzubieten.

Abstract

Keywords

Bark beetle infestation, reforestation, climate change, forest extension

Following a series of dry years severe bark beetle (*Ips typographus* L. and *Pityogenes chalcographus* L.) infestation was observed throughout Southern Germany. Particularly affected was the region of Mittelfranken, the western part of Bavaria. Already under the present climate conditions this area is classified as warm and dry. It is therefore likely that the recent increase in warm and dry years due to climate change has aggravated the conditions for tree species sensitive to draught as for example Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.). Norway spruce, a fast growing species which naturally can only be found in cold and wet mountain areas is rooting shallowly. It is therefore affected by draught and vulnerable for insect attacks. In fact the population of *Ips typographus* which was obviously promoted by the weather conditions has infested Norway spruce on large areas.

Against this background the objectives of the study were (i) to register the destroyed forest area, (ii) to record the soil and site conditions of all former stands in regard, and (iii) to derive silvicultural recommendations for the reforestation of the cleared areas.

For the survey a project area of 5111 ha was selected, half of which is in private ownership. On this land a terrestrial registration of all gaps above 0.1 ha size due to bark beetle damages was carried out. The results show that the forests were killed by bark beetles on 16 % of the inventoried area. Even sites which were thought to be suitable for Norway spruce because they normally do not show a soil moisture deficit were affected. A rapid reforestation by natural regeneration of single hardwoods, which remained on the cleared sites, is hampered by a much to high deer population. Moreover, an effective reforestation is handicapped by the ownership structure which is characterised by a property of 0.45 ha on average subdivided into 2.5 real estates.

The silvicultural recommendations comprise general guidelines such as the profitability of mixtures and contrasts the soils of the regarding sites with adapted stand types (mainly native hardwood species like European beech (*Fagus sylvatica* L.) or the conifer Silver fir (*Abies alba* Mill.). In addition recommendations were given how to analyse a specific situation in order to assess the options for natural regeneration and to decide whether or not artificial regeneration is needed. Advantages and draw-backs of planting and direct seeding are listed and different options for the promotion of natural regeneration are discussed. Moreover, possible measures to avoid browsing are summarised. The information is presented as a literature review and condensed to a checklist which aims to help the local forester finding suitable alternatives for a successful reforestation which should be discussed with and decided by the woodland owner.

1 Einleitung und Ziel der Beratungshilfe

Obwohl der Anbau der Fichte außerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebietes auf Grund ihrer Anfälligkeit gegen abiotische und biotische Einflüsse schon seit geraumer Zeit kontrovers diskutiert wird (vgl. z. B. SPEIDEL 1957), haben erst die massiven Sturmschäden in den neunziger Jahren des 20. Jahrhunderts dazu geführt, dass großflächige Maßnahmen zum Umbau von labilen Fichtenreinbeständen in stabile und ökonomisch vorteilhafte Mischbestände (KNOKE 2005) ergriffen wurden.

Mischbestände als ein seit langem angestrebtes Ziel des Waldbaus (SEITSCHKE 1991 a) erscheinen jedoch nicht nur im Hinblick auf die Vermeidung von Sturmschäden von Bedeutung zu sein. So sind

Fichtenbestände außer durch Sturm besonders durch den Fraß des Buchdruckers (*Ips typographus*) gefährdet¹. Der Befall von Beständen unterschiedlichen Alters durch dieses Insekt hat seit der Jahrtausendwende insbesondere in trocken-warmen Regionen zugenommen. Ursächlich hierfür sind vermutlich unter anderem die seit 1990 erkennbar gestiegenen Jahresdurchschnittstemperaturen und einer Reihe besonders trockener Jahre. Dies führte und führt in Teilen Bayerns zu einem verstärkten Ausfall auch junger Fichtenbestände. Davon besonders betroffen ist Westmittelfranken, wo der Schadholzanfall infolge Borkenkäferbefall seit mehreren Jahren stetig steigt. Angesichts der ungünstigen Struktur des

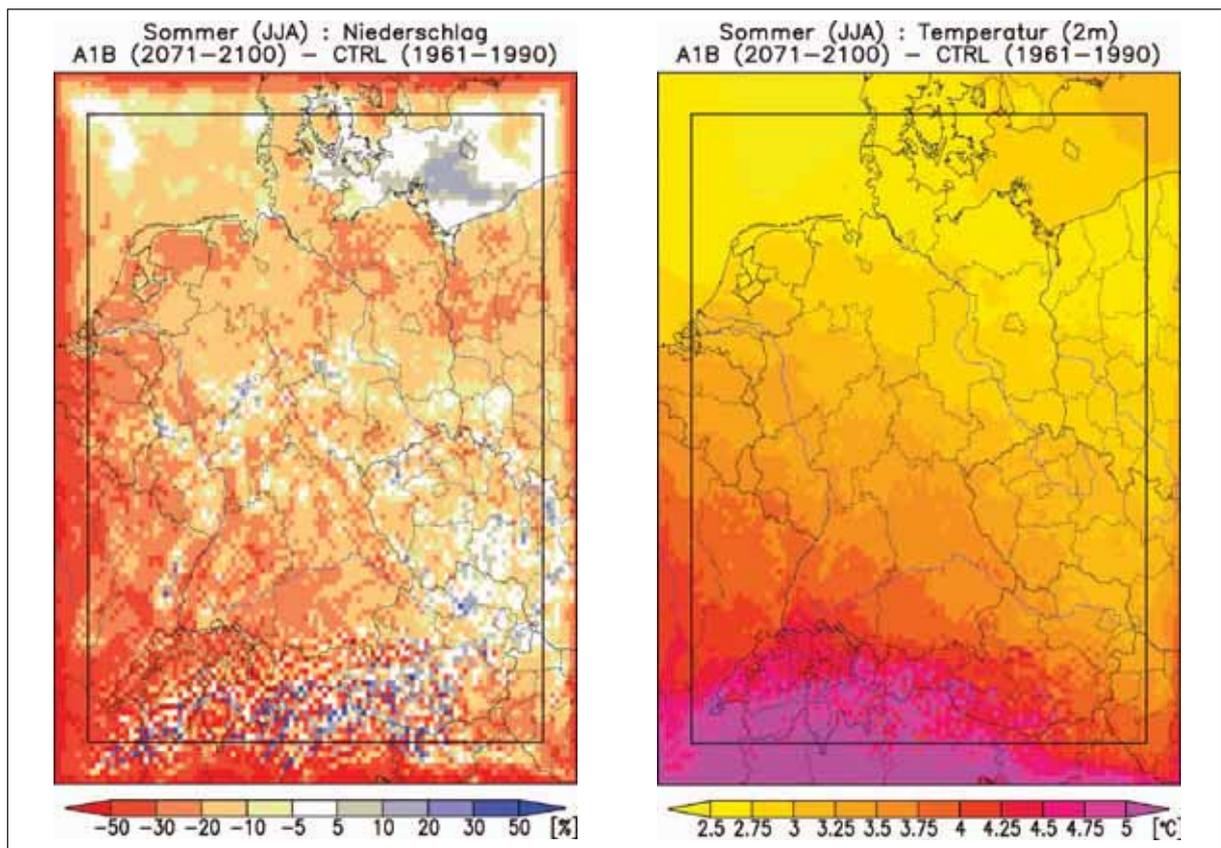


Abb. 1: Nach den Prognosen des Max-Planck-Instituts für Meteorologie erwartete prozentuale Abweichung (die Bedeutung der Farben ergibt sich aus der Legende unter den Karten) der Sommerniederschläge (links) und -temperaturen (rechts) im Zeitraum 2071 bis 2100 bezogen auf die Periode 1961 bis 1990 (MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR METEOROLOGIE 2006)

¹ Die Fichte (*Picea abies* [L.] Karst.) weist nach KLIMETZEK (1990) mit etwa 100 Arten mehr als doppelt so viele Schadinsekten auf als beispielsweise die Weißtanne (*Abies alba* Mill.).

Waldeigentums (siehe Kapitel 2.4.1) ist es insbesondere im Privatwald auf Grund der Besitzersplitterung und Gemengelage äußerst schwierig, dieser Entwicklung wirkungsvoll Einhalt zu gebieten.

Gleichwohl besteht hinsichtlich der Wiederaufforstung der betroffenen Flächen gerade in den schon bisher warm-trockenen Klimazonen Bayerns vor dem Hintergrund des sich immer deutlicher abzeichnenden Klimawandels ein erheblicher Handlungsbedarf (KÖLLING und AMMER 2006). So ist nach den Berechnung des Max-Planck-Instituts für Meteorologie bei insgesamt kaum veränderten Jahresniederschlagsmengen mit einer drastischen Verschiebung der Niederschlagshäufigkeit zu rechnen (MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR METEOROLOGIE 2006). Dies bedeutet, dass in Teilen Bayerns künftig im Sommer im Vergleich zur Periode 1961 bis 1990 bis zu 25 % weniger Niederschlag zu erwarten sind (Abbildung 1 links). Parallel dazu wird den Prognosen zufolge die Sommertemperatur um bis zu 4 °C steigen (Abbildung 1 rechts). Die Veränderung des Klimas wird darüber hinaus zu einer gravierenden Veränderung der Zusammensetzung der Vegetation und der interspezifischen Konkurrenzverhältnisse innerhalb von Pflanzengemeinschaften führen (WALTHER 2003). **Der sich in Westmittelfranken seit einigen Jahren vollziehende flächige Ausfall der Fichte kann daher als Vorbote einer klimabedingt in den nächsten Jahren auf größeren Flächen zu erwartenden Entwicklung gesehen werden.**

Mit Blick auf die oben erwähnten Klimaprognosen kommt der Baumartenwahl bei der Wiederbewaldung der durch Borkenkäferfraß entstandenen Kahlflächen daher eine besondere Bedeutung zu. Dies erfordert eine kritische Überprüfung der bisher für die jeweiligen Standortseinheiten für angemessen erachteten Baumarteneignungstabellen.

Eine solche Einwertung ist Teil der vorliegenden Studie. Diese hat darüber hinaus das Ziel, aus der Analyse des Zustands und der sich abzeichnenden Folgen des Klimawandels Empfehlungen für die Privatwaldberatung abzuleiten. Sie soll zudem nachvollziehbar Hinweise für die Behandlung der entstandenen Kahlflächen geben und hierbei Alternativen aufzeigen. Damit soll eine wirkungsvolle Beratung des privaten und kommunalen Waldbesitzes unterstützt werden.

Zu diesem Zweck wird im Folgenden beispielhaft anhand einer Modellregion (Forstbetriebsgemeinschaft Rothenburg) auf der Basis einer Zustandsanalyse eine Beratungshilfe vorgestellt. Diese soll es den örtlich zuständigen Forstbeamten erlauben, den Waldbesitzern bei der Wiederaufforstung von Schadflächen Lösungen anzubieten, die an die jeweilige Situation angepasst sind. Dabei ist angesichts der Vielfalt der Verhältnisse klar, dass hierbei nicht jeder Einzelfall berücksichtigt werden kann. Vielmehr sind die Fachkenntnisse der Revierbeamten, ihre Erfahrung und Ortskenntnis für eine sinnvolle Anwendung der gegebenen Hinweise unverzichtbar.

2 Zustandsanalyse

2.1 Projektgebiet

Als Modellregion für die vorliegende Studie wurde die im Westen Mittelfrankens liegende Forstbetriebsgemeinschaft Rothenburg ob der Tauber ausgewählt (Abbildung 2). Diese umfasst insgesamt 17 Kommunen, auf deren Gebiet sich insgesamt 10.254 ha Wald befinden. Davon sind 45 % Privatwald, 37 % befinden sich in kommunalem Besitz und 18 % sind Staatswald.

Da eine Begutachtung der gesamten Modellregion im vorgegebenen Zeitrahmen nicht möglich war, wurde das in Abbildung 2 orange eingefärbte Projektgebiet ausgeschieden, das den nördlichen und südlichen Teil der Forstbetriebsgemeinschaft repräsentiert und nahezu das gesamte Standortsspektrum widerspiegelt. Das Projektgebiet besitzt eine Waldfläche von 5.111 ha. Es verteilt sich auf neun Gemeindegebiete und die Gemarkung Eckartsweiler der Stadt Leutershausen (Abbildung 2). Innerhalb des Projektgebietes nehmen der

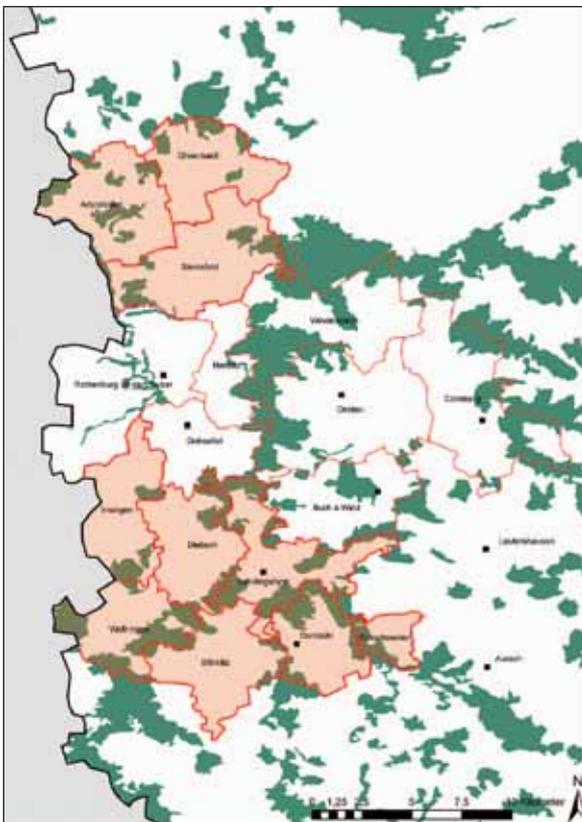


Abb. 2: Waldflächen im Projektgebiet

Privatwald 51 %, der Kommunalwald 27 % und der Staatswald 22 % ein.

2.2 Naturräumliche Gegebenheiten

2.2.1 Klima

Das Projektgebiet hat Anteil an drei Forstlichen Wuchsräumen (Abbildung 3): der Südlichen Fränkischen Platte (4.2, im Nordwesten), der Südlichen Gipskeuperplatte (4.2/1) und der Frankenhöhe (5.3, im Südwesten). Klimatisch liegt das Gebiet im Übergang vom trocken-warmen Beckenklima der Fränkischen Platte zum Mittelgebirgsklima der Frankenhöhe.

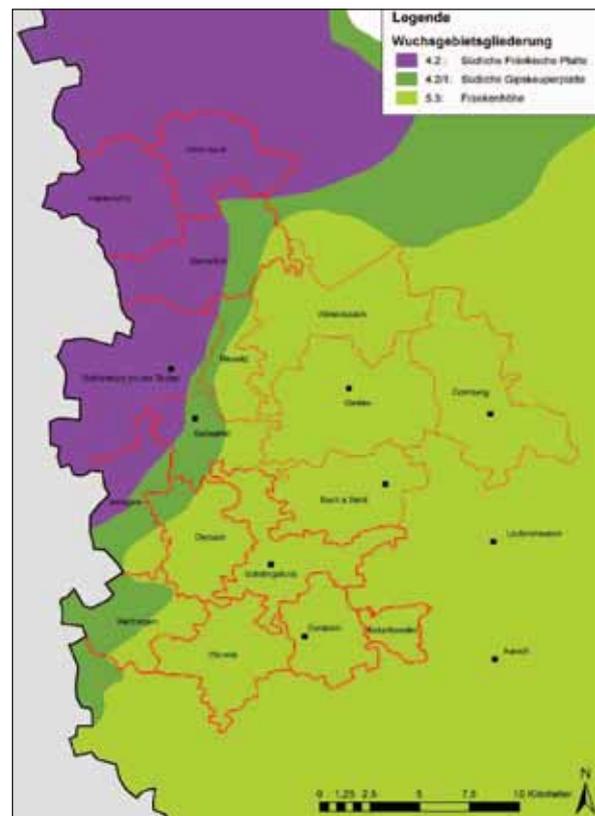


Abb. 3: Wuchsgebiete im Projektgebiet

Zur besseren Kennzeichnung des Klimas wird eine Karte der Klimabereiche Bayerns verwendet (Abbildung 4). Bei der Ausweisung der Klimabereiche wurden die Karten des Klimaatlas Bayern (BAYERISCHER KLIMAFORSCHUNGSVERBUND 1996) aus

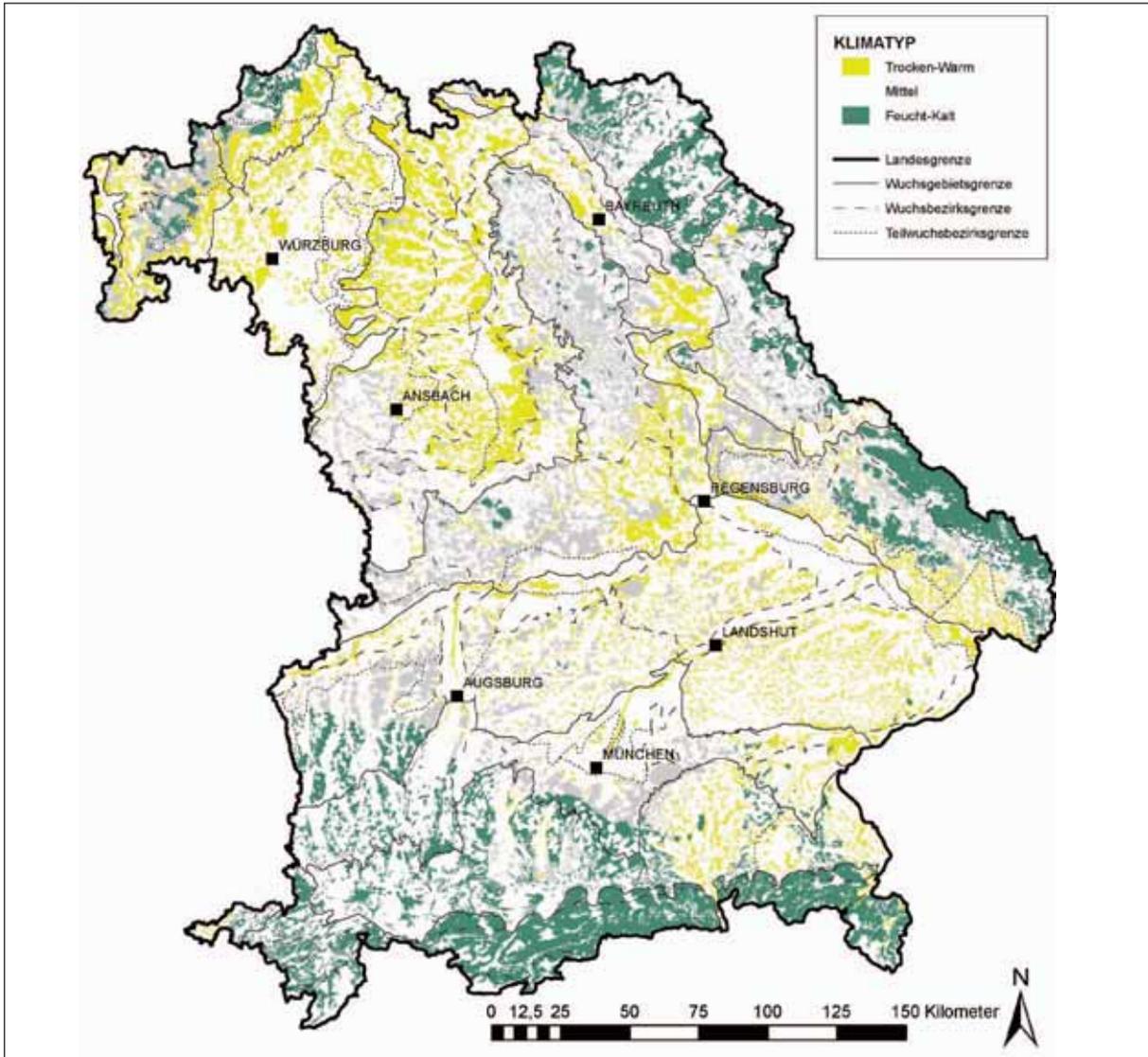


Abb. 4: Aufteilung der Waldfläche Bayerns auf Klimatypen

der Periode 1961-1990 ausgewertet. Als Kennwerte wurden die Temperatur in der Vegetationsperiode, die Niederschlagssumme Mai-Oktober und das Verhältnis von aktueller und potenzieller Evapo-

transpiration (Trockenheitsindex nach PRENTICE) verwendet. Für die Bildung von Klimatypen wurden die einzelnen Größen Temperatur, Niederschlag und Trockenheitsindex nach den in Tabelle

1 genannten Regeln kombiniert.

Typ	Fläche (ha)	Regel
warm-trocken	872.577	Temperatur Vegetationszeit > 12,5 °C oder Niederschläge Mai bis Oktober < 400 mm oder Trockenheitsindex < 0,7
feucht-kalt	809.279	Temperatur Vegetationszeit < 12 °C oder Niederschläge Mai bis Oktober > 825 mm oder Trockenheitsindex > 0,85 (sofern nicht unter trocken-warm erfasst)
mittel	757.675	Alle nicht als warm-trocken oder feucht-kalt klassifizierten Flächen

Damit wurden alle Waldflächen Bayerns (2.4 Millionen ha) einem der vorstehenden Klimatypen zugeordnet. Die einzelnen Klimatypen nehmen jeweils etwa ein Drittel der Waldfläche ein (Tabelle 1).

Tab. 1: Regeln zur Ausscheidung von Klimatypen für Bayern

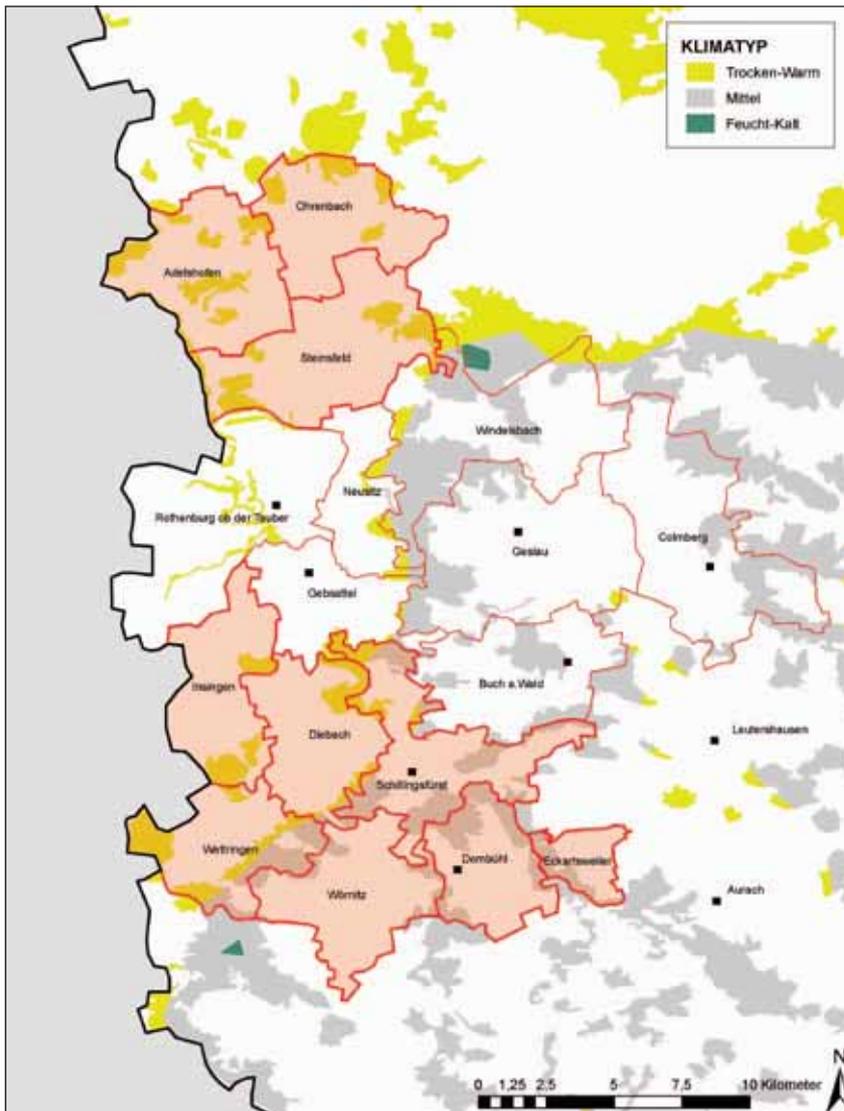


Abb. 5: Aufteilung der Waldfläche des Projektgebietes auf Klimatypen

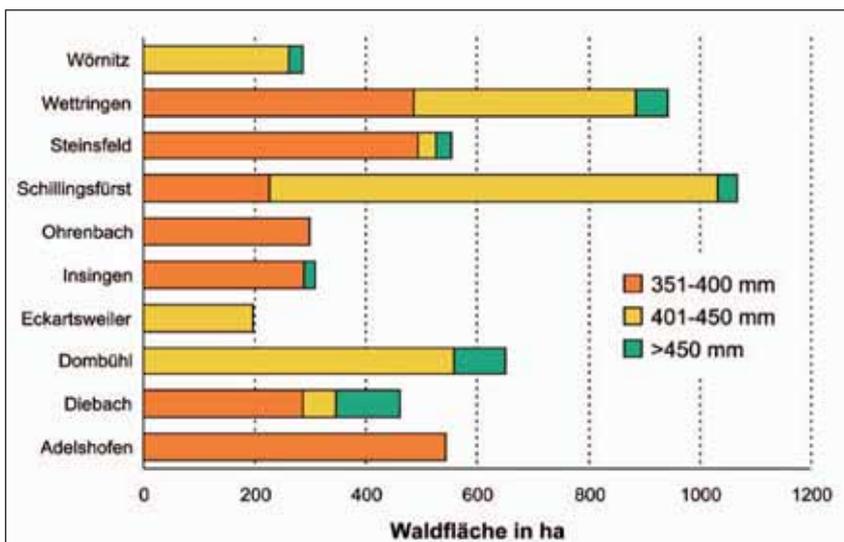


Abb. 6: Mittlere Niederschlagssummen in der Vegetationszeit (Mai bis Oktober) der Waldflächen für die Gemeinden des Projektgebietes

Im Projektgebiet kommen die beiden Klimabereiche „trocken-warm“ und „mittel“ jeweils etwa zur Hälfte vor, feuchtkalte Zonen fehlen praktisch völlig (Abbildung 5). Insbesondere im Nordwesten herrschen bereits unter den gegenwärtigen klimatischen Verhältnissen Bedingungen, die für den Anbau der Fichte ein hohes Risiko für Trockenstress erwarten lassen.

Wie gering die dem Wald in der Vegetationszeit zur Verfügung stehenden Niederschläge im langjährigen Mittel bereits unter den gegenwärtigen Klimabedingungen sind, zeigt Abbildung 6. So liegen die Niederschläge auf 49 % der Waldflächen unter 400 mm Niederschlag und nur in 7 % der Fälle ist in der Vegetationszeit mit mehr als 450 mm zu rechnen.

Fazit: Nach dem gegenwärtigen Wissensstand sind die Fichtenanbauten im aktuellen Klimabereich „trocken-warm“ mit Blick auf eine sich durch den Klimawandel stark verschärfende Situation hochgradig gefährdet. Bestände mit führender Fichte sind in der nordwestlichen Hälfte des Projektgebietes als nicht mehr standortgemäß zu beurteilen. Dementsprechend sollten keine Fichtenbestände neu begründet bzw. bestehende in laubbaumtonte Bestände mit Fichtenanteilen unter 20 % umgebaut werden. Im südwestlichen Teil des Projektgebietes ist die Lage entspannter, hier können auf geeigneten Standorten (s.u.) in der Mischung mit anderen Baumarten höhere Fichtenanteile (bis 40 %) bei kalkulierbarem Risiko akzeptiert werden.

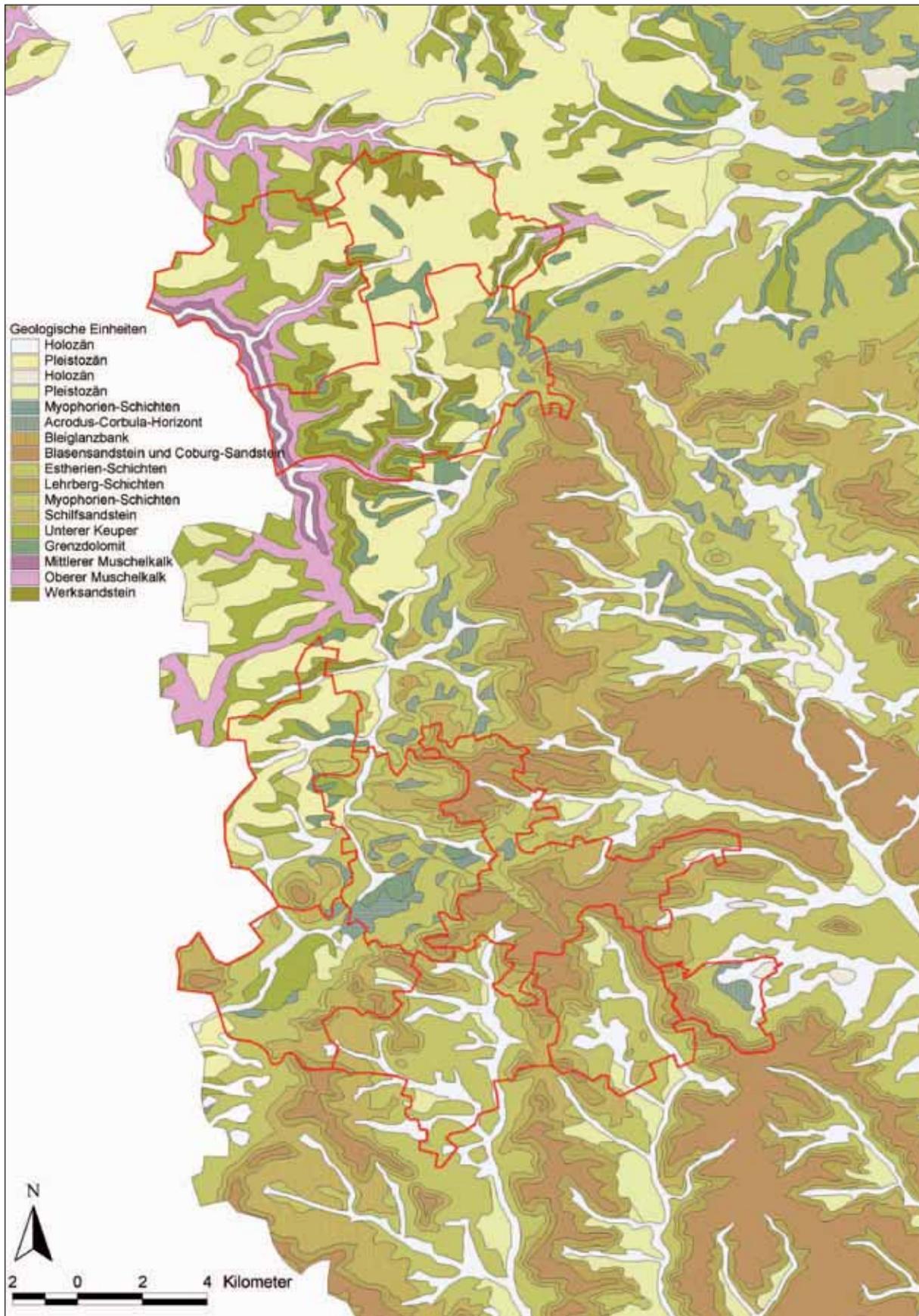


Abb. 7: Geologische Ausgangssubstrate im Projektgebiet

2.2.2 Standort

Im Wuchsbezirk 4.2 „Südliche Fränkische Platte“ herrschen Muschelkalk und Unterer Keuper (Lettenkeuper) vor (Abbildung 7). Die ebenfalls vorhandenen Lössdecken sind häufig landwirtschaftlich genutzt. Aus Muschelkalk entwickeln sich vorwiegend Kalkverwitterungslehme, aus unterem Keuper sandige, tonige Böden oder Schichtböden. Der Untergrund der Frankenhöhe (WG 5.3) wird von sandigen und tonigen Substraten des mittleren Keupers gebildet. Die Böden sind Sand-, Ton- oder geschichtete Böden mit zu meist niedriger für die Bäume nutzbarer Wasserspeicherkapazität und schwieriger Durchwurzelbarkeit. Die meisten Böden sowohl der Frankenhöhe als auch der Fränkischen Platte weisen jedoch eine gute Basenausstattung auf.

Fazit: Die Standorte im Projektgebiet zeichnen

sich zwar überwiegend durch Nährstoffreichtum aus, ihre Fähigkeit, das geringe Wasserangebot pflanzenverfügbar zu speichern, ist dagegen sehr begrenzt.

2.3 Aktuelle Fichtenbestockung

Die derzeitige Verteilung des Fichtenanteils (Abbildung 8) spiegelt die standörtliche (klimatische) Situation wider: Im Bereich der Fränkischen Platte liegen die Fichtenanteile im Gebietsmittel unter 20 %. Im Wissen um die standörtlichen Grenzen des Fichtenanbaus wurden hier deutlich weniger Fichten angebaut. Die wenigen Bestände fallen aktuell der Trockenheit und dem Borkenkäfer zum Opfer.

Im Bereich der Frankenhöhe findet man dagegen Fichtenanteile bis über 60 %. In der Vergangenheit wurden diese standörtlich günstigeren Regionen beim Fichtenanbau bevorzugt. Auf Grund des geringeren Betriebsrisikos haben sich die Bestände unter den in der Vergangenheit herrschenden Bedingungen größtenteils erhalten. Obwohl dem Klimabereich „mittel“ zugehörig, sind diese Bestände in der Randlage zum Klimabereich „trockenwarm“ unter den Vorzeichen des Klimawandels hochgradig gefährdet. Das Klima ist bereits unter den gegenwärtigen Bedingungen suboptimal für den Fichtenanbau, bei Fortschreiten des Klimawandels erhöht sich das Risiko hin zu einer kaum mehr beherrschbaren Größenordnung. So verwundert es nicht, dass auch im südlichen Teil des Projektgebietes der Befall der Bestände mit Borkenkäfern ein verheerendes Ausmaß angenommen hat (vgl. Kapitel 2.5).

Fazit: Angesichts der zahlreichen Gefährdungen, denen die Fichte in der betrachteten Region ausgesetzt ist (Sturm, Trockenheit und Borkenkäfer), erscheint auch im südlichen Teil des Projektgebietes eine Rückführung des Fichtenanteils und die Begründung von Mischbeständen aus mehreren Baumarten dringend angeraten.

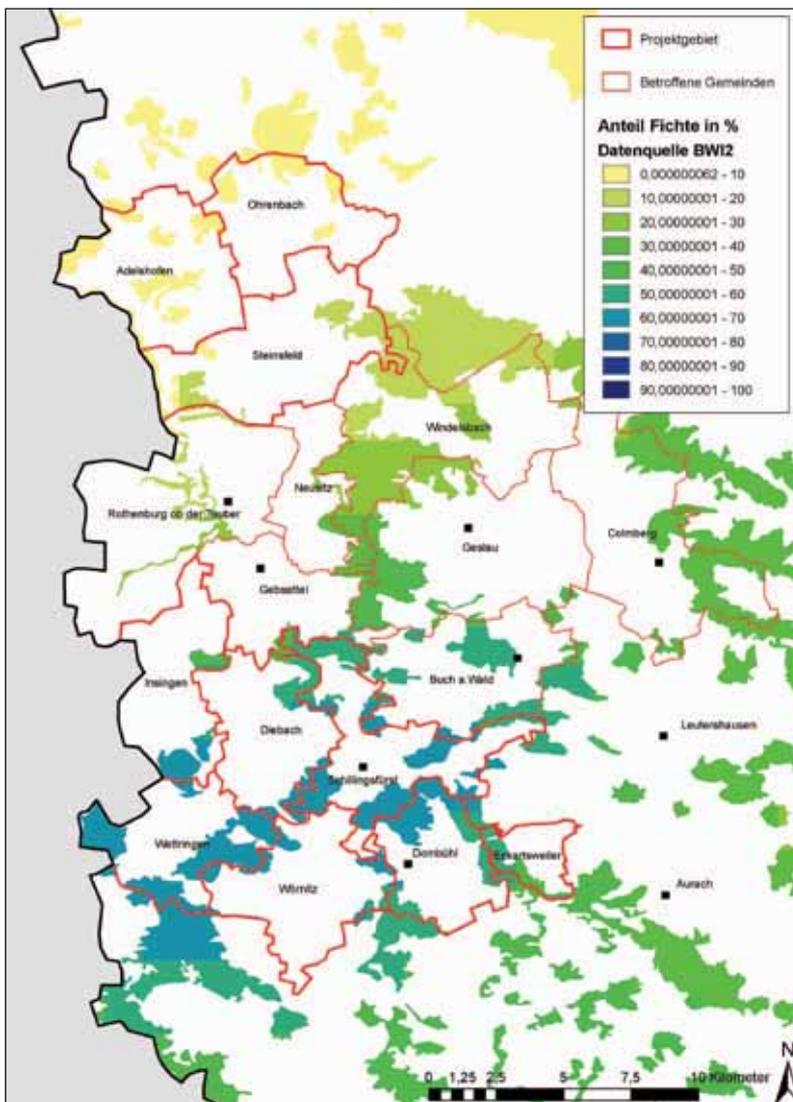


Abb. 8: Anteil der Fichte an der Bestockung im Projektgebiet (Datenquelle: Bundeswaldinventur²)

2.4 Rahmenbedingungen

2.4.1 Struktur des Waldbesitzes

Eine aus betrieblicher Sicht sinnvolle Bewirtschaftung der Waldflächen im Projektgebiet, die Überwachung von Schadholzanfällen und deren effiziente Aufarbeitung werden durch die gegebene Besitzstruktur erheblich erschwert. Diese ist gekennzeichnet durch eine Vielzahl von Waldbesitzern mit relativ kleinen Waldflächen (Abbildung 9), die darüber hinaus häufig auf mehrere Flurstücke verteilt sind.

So besitzt die weit überwiegende Mehrheit der Waldbesitzer (49 %) durchschnittlich nur 0,45 ha Wald. 24 % der Waldbesitzer gehören durchschnittlich 1,4 ha und weitere 23 % bewirtschaften durchschnittlich 3,0 ha. Lediglich knapp 4 % der Waldbesitzer verfügen über Waldflächen von durchschnittlich 7 ha Größe. Die Waldflächen befinden sich in den wenigsten Fällen an einem Stück, was die Bewirtschaftung zusätzlich erschwert. Rechnerisch entfallen auf jeden Waldbesitzer im Projektgebiet 2,45 Flurstücke mit Wald.

Fazit: Die in der Modellregion gegebene Waldbesitzstruktur erschwert sowohl eine effiziente Überwachung der biotischen und abiotischen Schäden als auch eine rasche Beseitigung von deren Folgen. Viele Waldbesitzer werden nur schwer oder gar nicht erreicht, großflächige Lösungen zur Wiederbewaldung von Schadflächen scheiden weitgehend aus.

2.4.2 Wildverbiss

Von besonderer Problematik hinsichtlich der standortgerechten Wiederbestockung von entstandenen Kahlflächen erweist sich die regionale Verbissituation. So liegt der Leittriebverbiss bei der Eiche aktuell zwischen 25 und 50 % und bei den Edellaubbäumen in allen Fällen bei deutlich mehr als 30 %.

Dass im Projektgebiet ein im Hinblick auf die Wiederaufforstung der Schadflächen zu hoher Verbissdruck herrscht, wird auch daran deutlich, dass gebietsweise selbst Fichten Verbisschäden aufweisen (Abbildung 10). Bei diesen Ergebnissen ist zu beachten, dass die Wirkung von langanhaltendem Verbiss, der zum Verlust von Baumarten

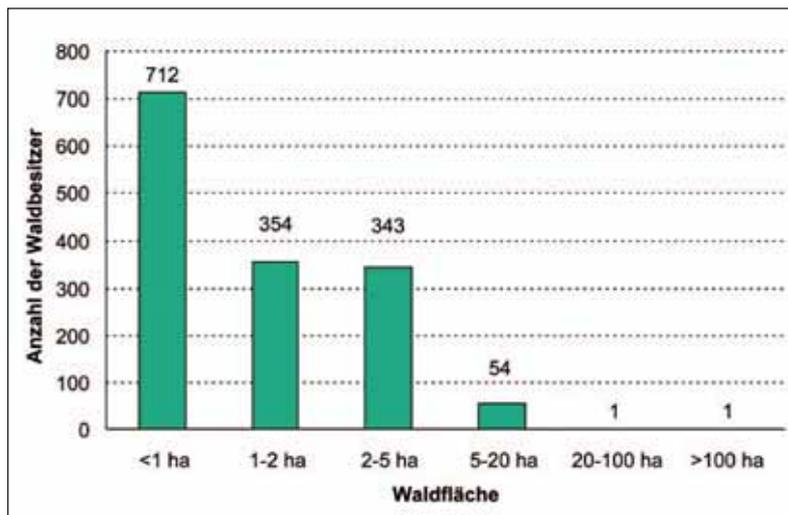


Abb. 9: Besitzgröße und Zahl der Waldbesitzer im Projektgebiet

wie z. B der Weißtanne führt, bevor sie eine Höhe von 20 cm erreicht haben, durch die Verbissinventur nicht zum Vorschein kommt. Dennoch findet Totverbiss gerade in der Phase der Etablierung der Pflanzen häufig statt (EL KATEB 1992).

Die hohe Verbissbelastung im Projektgebiet geht mit in der Vergangenheit zum Teil abgesenkten Abschusszahlen (Abbildung 11) und dem Umstand einher, dass die Zahl der tatsächlich erlegten Tiere in zwei von drei Fällen (Oestheim und Schillingsfürst) in den letzten beiden Dreijahresperioden um rund 10 % unter den verringerten Vorgaben blieb (Abbildung 12).

Fazit: Die in der Modellregion herrschende Verbissbelastung gefährdet den aus klimatischen Gründen dringend angezeigten Bestockungswechsel. Angesichts des Ausmaßes des Verbisses erscheinen viele waldbaulich sinnvolle Alternativen zur Wiederbestockung der entstandenen Kahlflächen unrealistisch bzw. sind, sofern keine geeigneten Maßnahmen ergriffen werden, zum Scheitern verurteilt. Im Hinblick auf die Wiederbewaldung ist eine grundlegende Änderung der Bejagungsintensität unabdingbar.

2.4.3 Praxis der Förderung

Bei der Wiederbewaldung von Kalamitätsflächen ist die forstliche Förderung ein wichtiges Element zur Begründung von gegen biotische und abiotische Schäden weitgehend unempfindlichen neuen Beständen.

Umfang und Vollzug der forstlichen Förderung können allerdings nicht die gesamte Palette waldbaulicher Handlungsalternativen abdecken. Es ist

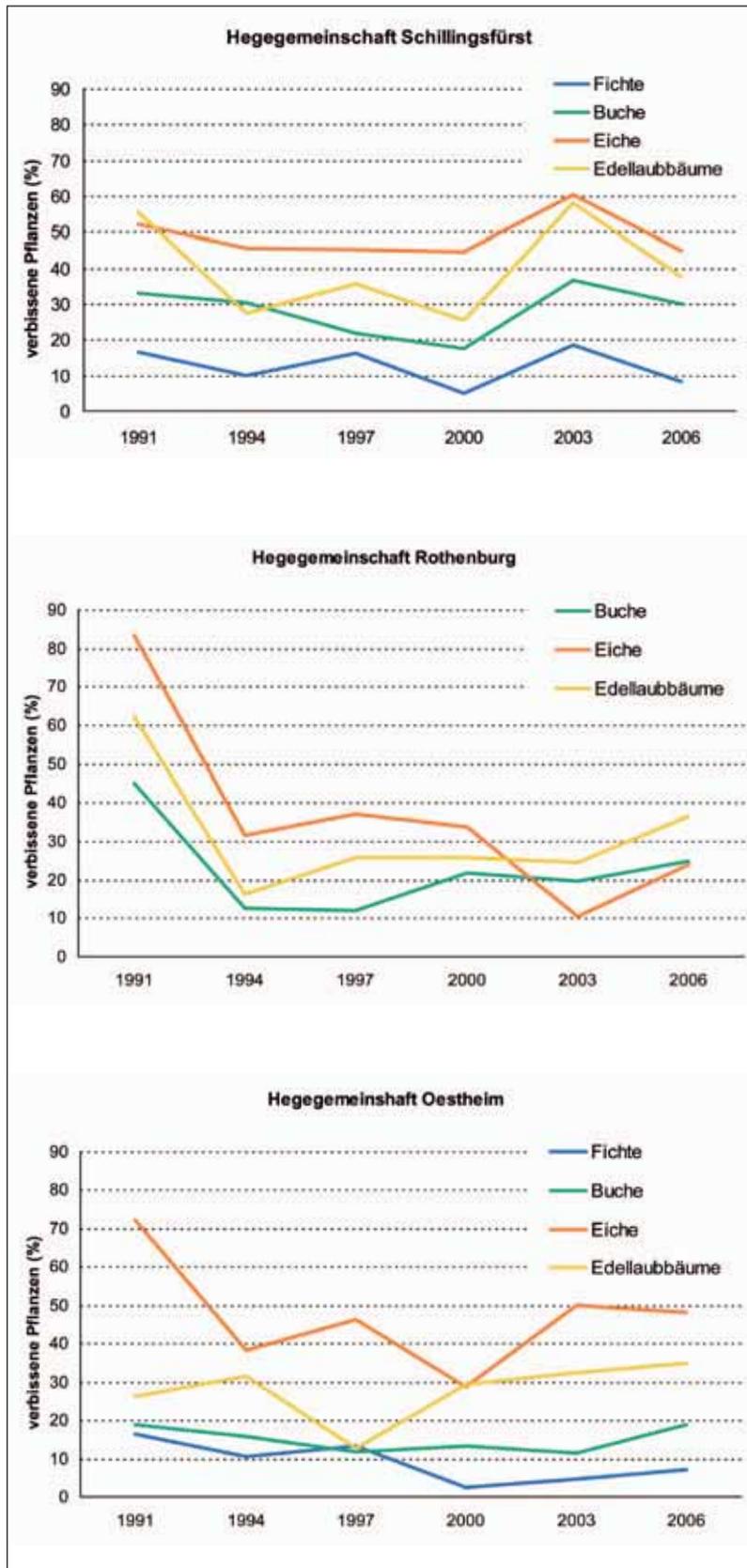


Abb. 10: Leittriebverbiss der Pflanzen > 20 cm in den Hegegemeinschaften Schillingsfürst, Rothenburg und Oestheim (Datenquelle: Verbissinventuren 1991 bis 2006)

daher im Interesse der Zukunftsvorsorge zum Einen notwendig, dass für die Wiederaufforstung nach Katastrophen und für den Waldumbau in Schadensgebieten langfristig im erforderlichen Umfang Fördermittel zur Verfügung stehen.

Zum Anderen wären Änderungen im Fördervollzug notwendig. Ist z. B. Naturverjüngung vorhanden, so kann diese derzeit nur auf Flächen > 3.000 m² gefördert werden. Häufig liegt die Größe betroffener Grundstücke aber unter diesem Wert. Erschwerend kommt hinzu, dass bei der Förderung von Naturverjüngungen die noch zu bepflanzenden Teilflächen genau ausgemessen werden müssen. Dies ist angesichts der gegebenen Besitz- und Grundstücksstruktur (siehe Kapitel 2.4.1) in der Praxis schwierig.

Hinsichtlich der Prävention der Entstehung von aufwändig wiederaufzuforstenden Kahlfächen wäre die Förderung des Voranbaues z. B. der Buche von besonderer Bedeutung. Auf Grund finanzieller Engpässe war die Förderung dieser Maßnahme in diesem Jahr jedoch nur in bereits geschädigten Beständen möglich; dies führte dazu, dass mindestens ein Jahr möglicher Vorsorgemaßnahmen im Wald nicht genutzt werden konnte.

Viele Waldbesitzer stehen der herrschenden Verbissituation ohnmächtig gegenüber. Da die Errichtung eines Zaunes aber nicht gesondert förderfähig ist, scheiden für jene Waldbesitzer, die die Aufwendungen für einen Zaunschutz nicht aufbringen können oder wollen, standortsangepasste laubholzbetonte Bestockungsziele häufig aus.

Insgesamt nimmt nach den Erfahrungen der Praktiker vor Ort ca. ein Drittel der Waldbesitzer das Beratungsangebot der Forstverwaltung unabhängig von dem

Auftreten von Schadereignissen in Anspruch. Kommt es zu Schäden, ist der Anteil der Waldbesitzer, die sich beraten lassen, ungleich höher.

Ohne Beratung ist die Wahrscheinlichkeit, dass sich ein Waldbesitzer für die Begründung von Mischbeständen mit führendem Laubholz entscheidet, eher gering. Für eine wirksame Beratung jedoch sind für die Waldbesitzer spürbare, verlässliche finanzielle Hilfen und Flexibilität im Fördervollzug (z. B. Förderung der Handlungsoption Trupppflanzung) sehr wichtig.

Fazit: Die waldbauliche Förderung ist ein wichtiges Instrument, um eine Wiederbegründung von Schadflächen mit standortgemäßen Mischbeständen oder einen Vorbau mit geeigneten Laubbaumarten zu erreichen. Einschränkungen im Fördervollzug (z. B. Mindestgrößen) machen die finanzielle Unterstützung im kleinstrukturierten Privatwald jedoch teilweise schwierig. Für den Aufbau zukunftsfähiger Wälder wird jedoch entscheidend sein, ob es gelingt, im Rahmen eines Vorsorgeprogramms forciert und gezielt den Umbau gefährdeter Waldbestände über entsprechende Beratung und angemessene finanzielle Förderung voran zu bringen.

2.5 Umfang der Schäden und Zustand der Schadflächen

2.5.1 Flächenumfang

Um das Ausmaß der durch Borkenkäferschäden in Westmittelfranken entstandenen Schäden abschätzen zu können, wurden alle Schadflächen

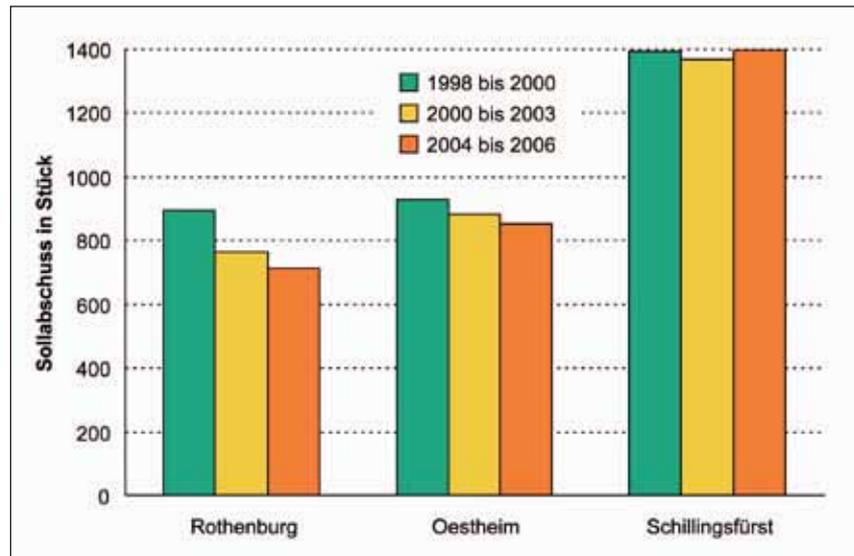


Abb. 11: Sollabschüsse zwischen 1998 und 2006

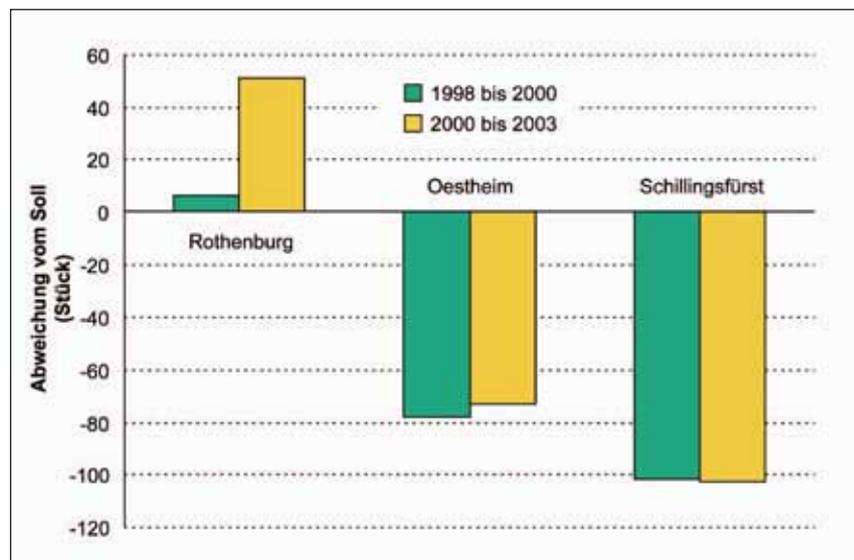


Abb. 12: Differenz zwischen dem Abschusssoll und den tatsächlichen Jagdstrecken zwischen 1998 und 2003 (negative Zahlen bedeuten, dass der Istabschuss unter dem Soll liegt; positive Zahlen signalisieren, dass der Istabschuss das Soll überschritten hat).

in der Modellregion zum Stichtag 1. Juli 2006 kartiert². Dabei wurden 351 Flächen mit einer durchschnittlichen Größe von 1,2 ha erfasst. Wie Abbildung 13 zeigt, finden sich 67 % der Schadflächen im schon heute warm-trockenen, 33 % im mittleren Klimabereich. Aus Abbildung 14, in der die prozentuale Verteilung der Schadflächen auf Größenklassen dargestellt ist, ist darüber hinaus ersichtlich, dass die Größe der Schadflächen in erheblichem Umfang variiert und von 0,11 bis zu 25 ha reicht. Dies verdeutlicht auch die Standard-

² Diese sehr aufwändige Erfassung wurde von den Revierleitern des Amtes für Landwirtschaft und Forsten Ansbach, Walter Trump, Markus Wack und Christian Stegmaier durchgeführt. Für ihre effektive Arbeit und die jederzeit uneingeschränkte Unterstützung sei ihnen auch an dieser Stelle nochmals herzlich gedankt.

Bezeichnung	Standortseinheit	Anteil an der Gesamtschadfläche
1/9-3	Hangschuttböden (uL, tw. IS, S) über Gipskeuper, 20-rd.60cm / mäßig hangfrisch, stellenweise beginnend wechselfeucht	23,3 %
1/8-3	Kalkreiche (tonige) Böden / mäßig frisch oder mäßig wechselfeucht	12,6 %
2/802	Schluffböden (Deck- u. Schichtschlufflehme sowie einschichtige Schlufflehme) / mäßig frisch	11,8 %
1/6-7	Lehmige Sande (L, sL, S) über Ton, Auflagen 20-60cm / mäßig wechselfeucht	9,2 %
1/2-3	Lehmige (tonige) Sande / mäßig (hang)frisch	6,0 %
1/4-3	„Milde“ Tonböden (KmL) mit Auflagen bis 20cm / mäßig hangfrisch	4,8 %
2/807	Schluffböden (Deck- u. Schichtschlufflehme sowie einschichtige Schlufflehme) / mäßig wechselfeucht	4,5 %
1/5-3	„Strenge“ Tonböden (KmM, KmE, KmBl) mit Auflagen bis 20cm / mäßig hangfrisch	2,7 %
1/10-1	Rinnen, Feucht- und Nassstandorte / (sandige) frische Rinnen und Tälchen	2,3 %
1/6-8	Lehmige Sande (L, sL, S) über Ton, Auflagen 20-60cm / mäßig wechselfeucht	2,2 %

Tab. 2: Häufigste Standortseinheiten mit Borkenkäferschäden

für die Fichte am wenigsten geeigneten gewesen sind. Es muss im Gegenteil davon ausgegangen werden, dass dies die Standorte sind, auf denen sich die Fichte noch am längsten halten konnte und ihr Anbau dort unter früheren Klimabedingungen auch vertreten werden konnte. Auf anderen ehemals geeigneten Standorten ist sie (zum Beispiel auf der Frankenhöhe) durch die Stürme von 1990 und 1999 und nachfolgenden Borkenkäferbefall längst verschwunden. Insgesamt lassen sich etwa 80 % aller Schadflächen den zehn in Tabelle 2 dargestellten Standortseinheiten zuordnen. Alle anderen Standortseinheiten weisen nur Anteile von maximal 2 % an der Gesamtschadfläche auf.

Fazit: Auf Grund des Fortschreitens der Katastrophe betreffen die Schäden inzwischen auch Standorte, die bislang für den Anbau der Fichte als tauglich eingeschätzt wurden und auf denen die Fichte von abiotischen und biotischen Schäden bisher in erheblich geringerem Maße betroffen war.

2.5.3 Befallssituation

Westmittelfranken ist seit vier Jahren von einer Borkenkäferkatastrophe betroffen. Im Trockenjahr 2003 herrschten bayernweit optimale Bedingungen für Schwärmflug, Befall und Entwicklung der Käferarten *Ips typographus* L. (Buchdrucker) und *Pityogenes chalcographus* L. (Kupferstecher). Es wurden drei Folgegenerationen und drei bis vier Geschwisterbruten angelegt. Der Vermehrungsfaktor des Buchdruckers betrug in diesem Jahr > 1: 100.000. Je besser die Bedingungen für den Borkenkäfer waren, desto schlechter erging es der Fichte: Die anhaltende Trockenheit bedingte eine Abwehrschwäche besonders der mittelalten und älteren Bestände und erleichterte dem Buchdrucker den Befall. Eine explosionsartige Vermehrung und massiver Stehendbefall durch Buchdrucker (und Kupferstecher) bis in den Spätsommer hinein waren die Folge.

Im Jahr 2004 blieb die Buchdruckerpopulation auf einem hohen Niveau. Die Massenvermehrung zeigte sich in vollem Ausmaß allerdings erst im

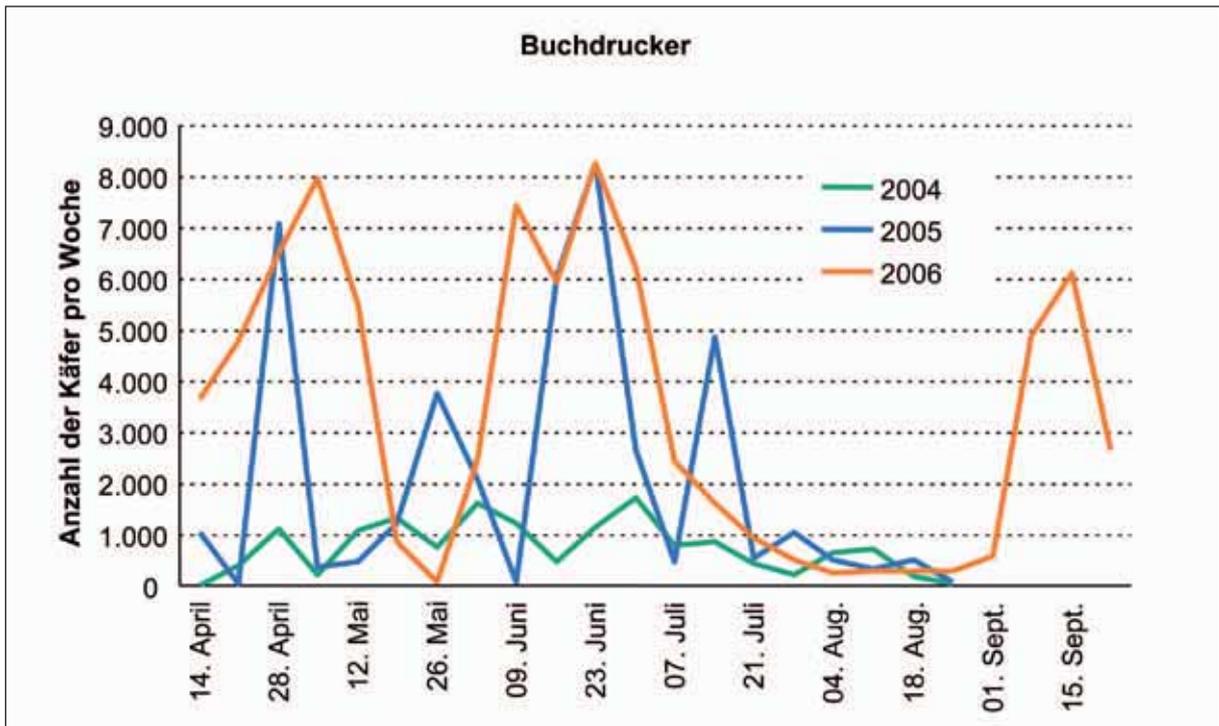


Abb. 15: Zahl der Käfer (Buchdrucker) am Standort Wettringen in den Jahren 2004 bis 2006 (Mittelwerte aus zwei Fallen, Daten aus dem Borkenkäfermonitoring der LWF)

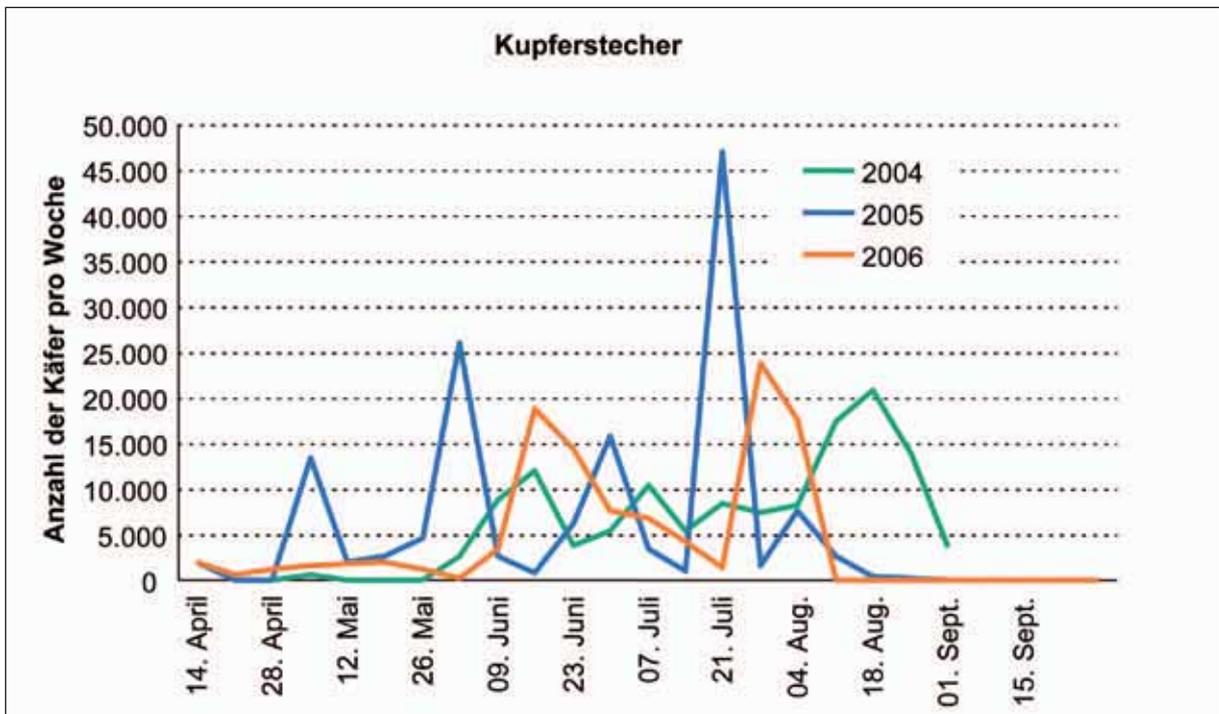


Abb. 16: Zahl der Käfer (Kupferstecher) am Standort Wettringen in den Jahren 2004 bis 2006 (Mittelwerte aus zwei Fallen, Daten aus dem Borkenkäfermonitoring der LWF)

April 2005. Die Brutanlage der 1. Käfergeneration im Bereich der Monitoringfallen am Standort Wettringen war zu dieser Zeit um den Faktor 7 erhöht. Dieser Wert ist typisch für den Ausbruch

einer bis dahin wenig gebremsten Borkenkäfergradation. Im weiteren Verlauf des Jahres 2005 blieben die Fangzahlen in Wettringen auf einer Höhe, die auf Stehendbefall in jedem Fichtenbestand des

Bereiches hinweist (Abbildung 15). Hinsichtlich der Käferfangzahlen ist zu beachten, dass diese nicht die wirkliche Höhe der Population widerspiegeln. Pheromonfallen fangen bei Massenvermehrungen dieser Intensität weniger Käfer, da die Lockwirkung des natürlichen Brutraumes die der synthetischen Lockstoffe bei weitem überlagert (LOBINGER 1995). Während der Hitzeperiode 2006 wurden darüber hinaus auch weniger Käfer in den Fallen gefangen, da der Käfer bei Hitze nicht weit fliegt. Er befällt in der Regel sofort den nächststehenden Baum.

Der Käferschwärmflug 2006 begann unmittelbar nach Ostern mit großer Intensität. Die gemessenen Anflüge an den Monitoringfallen im Bereich des ALF Ansbach (vgl. Abbildung 17) stellen Spitzenwerte im Borkenkäfermonitoring dar. Die siebenwöchige Hitzeperiode im Sommer des Jahres 2006 verschärfte die Entwicklung. Der Borkenkäfer nutzte die Wärme zu einer rasanten Vermehrung, da sich die Brut schneller entwickelte und die Elternkäfer die eine oder andere Geschwisterbrut mehr anlegten.

Neben dem Buchdrucker ist auch der Kupferstecher an den entstandenen Schäden ursächlich beteiligt (Abbildung 16). In stark wassergestressten oder bereits trockenen/vertrocknenden Ästen und Gipfelstücken verändert sich das Verhältnis der Harze zum Wassergehalt. Dadurch wird der Kupferstecher gezielt angelockt. Massiver Befall in den

Kronen älterer Bestände ist die Folge, der vom Boden aus kaum abschätzbar ist. Dies führte zu Beginn der Kalamität insbesondere zu einem Befall von nur locker bestockten Bestandteilen, wie sie am Ende von Verjüngungsgängen oder in durch Sturm- oder Käferbefall bereits vorgeschädigten Beständen häufig sind und die eine hohe Lockwirkung auf den Käfer ausüben.

Das Ausmaß des Borkenkäferbefalls in Westmittelfranken verdeutlicht Abbildung 17. Darin ist die Summe der Zahl der Käfer (Buchdrucker) pro Falle im Jahr 2006 an den Fallen Wettringen und Windsbach den Fangergebnissen an unterschiedlich stark von der Massenvermehrung betroffenen Standorten im weiteren Umkreis gegenübergestellt. Es zeigt sich, dass die Zahl der Anflüge an den Standorten Wettringen und Windsbach mehr als das Vierfache der in Abensberg beobachteten Werte beträgt.

Fazit: Seit dem Jahr 2004 hat sich die Borkenkäferpopulation in der Projektregion stetig aufgebaut. Die Käfer sind nicht mehr auf das Entstehen von Brutraum angewiesen, sondern schaffen sich diesen selbst. Dies erklärt das rasche Fortschreiten des Befalls.

2.5.4 Zustand der Schadflächen

Nicht nur auf Grund der beschriebenen standörtlichen Vielfalt scheidet ein Einheitskonzept zur

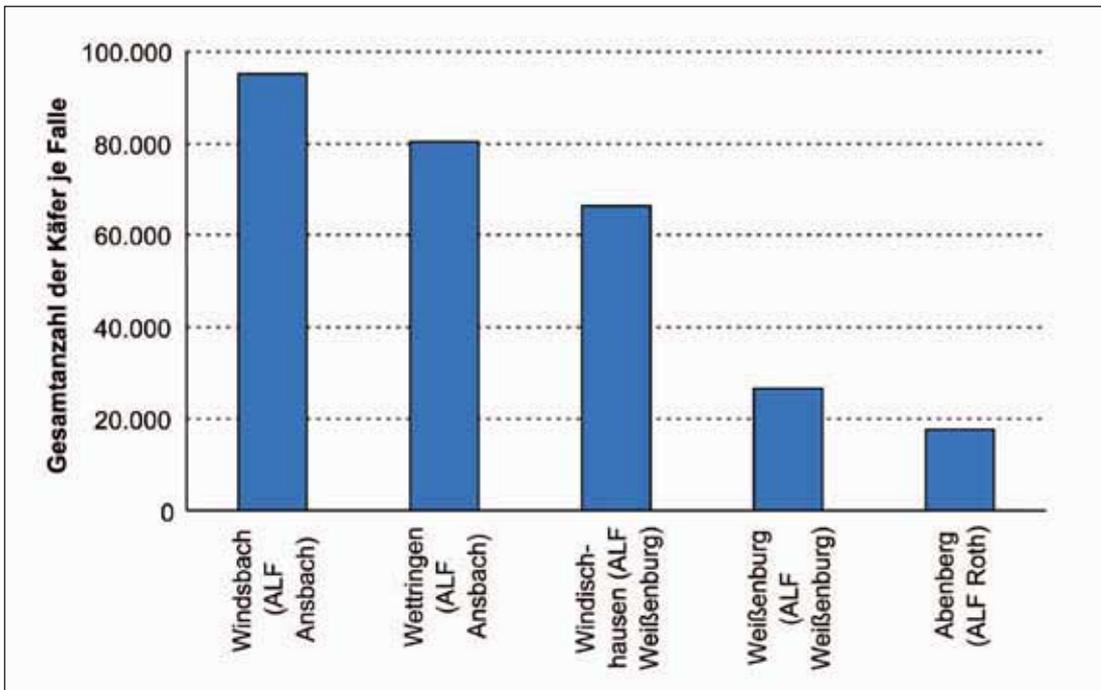


Abb. 17: Summe aller gefangenen Buchdrucker im Jahr 2006 an verschiedenen Fallenstandorten (Mittelwerte aus je zwei Fallen, Daten aus dem Borkenkäfermonitoring der LWF)

Wiederbewaldung der entstandenen Kahlflächen aus. So unterscheiden sich die Schadflächen auf Grund des unterschiedlichen Entstehungszeitpunktes und der variierenden Ausgangssituation in ganz erheblichem Maße zum Beispiel hinsichtlich

des Vorhandenseins von Pioniergehölzen, des Deckungsgrades der Bodenvegetation oder der Baumarten einer bereits vorhandenen Naturverjüngung. Wie Abbildung 18 zeigt, überwiegen derzeit die Flächen, auf denen sich eine Bodenvegeta-

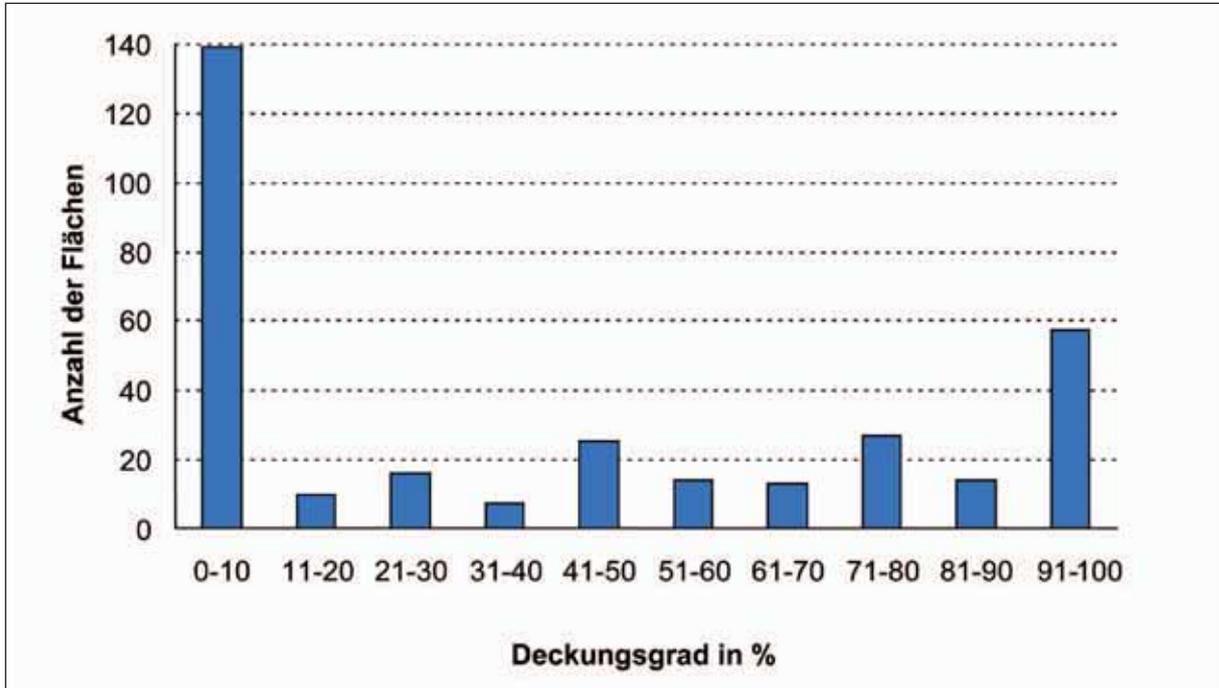


Abb. 18: Anzahl der Schadflächen je Deckungsgrad der Bodenvegetation



Abb. 19: Schadfläche ohne Bodenvegetation (Foto: T. Bosch)



Abb. 20: Schadfläche mit voll etablierter Bodenvegetation (Foto: C. Ammer)

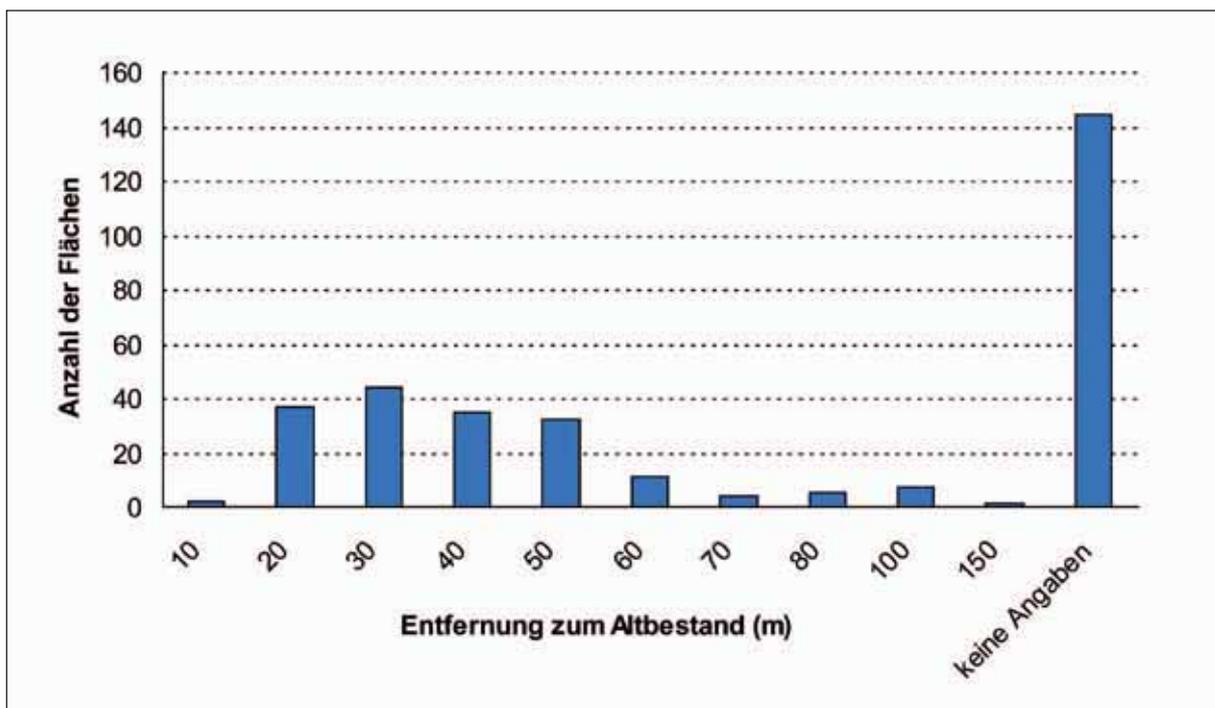


Abb. 21: Häufigkeiten der Abstände vom Mittelpunkt der Schadfläche zum angrenzenden Altbestand



Abb. 22: Nur ein Viertel der Schadflächen weist Naturverjüngung auf und diese ist zu 85 % stark oder extrem stark verbissen. (Foto: C. Ammer)

tion noch nicht etablieren konnte. Ein Beispiel dafür zeigt Abbildung 19. Dies darf aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass rund 40 % der Flächen bereits zu mehr als 50 % mit Bodenvegetation bedeckt sind (Abbildung 20). Es ist daher zu befürchten, dass sich auf jenen Flächen, die plötzlich freigelegt worden sind, rasch eine verjüngungsfeindliche Schlagflur entwickelt.

In Kapitel 2.5.1 wurde bereits auf die Heterogenität der Schadflächengröße hingewiesen. Entsprechend variieren auch die Abstände vom Mittelpunkt der Schadfläche zum jeweiligen Bestandesrand. Dies zeigt Abbildung 21.

Der mittlere Abstand beträgt 40 m. In knapp 30 % der Fälle bildet die Fichte den angrenzenden Bestand, zu 25 % finden sich dort Mischbestände aus Fichten und Kiefern. In einem weiteren Drittel besteht der Nachbarbestand aus Laubbäumen. Altbestandsreste finden sich auf etwa einem Drittel aller aufgenommenen Schadflächen. Die Hälfte davon (16 % aller Flächen) weisen Bestandesreste aus Laubbäumen auf (siehe Abbildungen 22 und 23). Auf jeweils 10 % aller Flächen finden sich

Restbestockungen aus Kiefer bzw. Mischungen aus Laubbäumen und Kiefern. Bestandesreste aus Fichte sind sehr selten (1 %). Insgesamt betrachtet weisen also rund ein Viertel aller Schadflächen ein auf Bestandesreste zurückgehendes Naturverjüngungspotenzial auf.

Pionierbaumarten haben sich bislang nur auf 14 % aller Flächen eingefunden. Auf diesen Flächen erreichen sie allerdings eine mittlere Dichte von ca. 3.000 Stück pro ha. Die wichtigste Baumart hierbei ist die Birke, die auf 82 % aller Flächen zu finden ist, auf denen Pionierbaumarten auftreten.

Der Anteil der Flächen mit Naturverjüngung beträgt 25 %. Diese tritt allerdings nur einzeln bzw. geklumpt auf und ist in 71 % der Fälle stark, in weiteren 14 % extrem stark verbissen. Die Verjüngung setzt sich zu 56 % aus Fichte, zu 26 % aus Buche, zu 9 % aus Edellaubbäumen und zu 7 % aus Eichen zusammen. Kiefern sind im Vergleich zur Zusammensetzung der Ausgangsbestände unterrepräsentiert (2 %).



Abb. 23: Bestandesreste auf einer Schadfläche, vorwiegend aus Laubbäumen (Foto: T. Bosch)

Fazit: Die Schadflächen unterscheiden sich aktuell hinsichtlich der Bedeckung mit Bodenvegetation, der Entfernung zu den angrenzenden Altbeständen, des Vorhandenseins von Altbestandsresten, Pionierbaumarten und Naturverjüngung erheblich. Aus waldbaulicher Sicht besonders wichtig ist der Befund, dass bislang nur ein Viertel der Flächen Naturverjüngung aufweist und

diese zu 85 % stark oder extrem stark verbissen ist. Angesichts des häufig unter 50 m liegenden Abstands zu den Bestandesrändern, des Vorhandenseins von Bestandesresten auf einem Viertel der Flächen und des hohen Anteils an Flächen mit geringer Vegetationsdecke ist auf vielen Flächen bei angepassten Schalenwildbeständen ein Potenzial für Naturverjüngung vorhanden.

3 Grundsätze für die Beratung in der Modellregion

Unter Beachtung vorhandener gesetzlicher Vorgaben und der kritischen Würdigung der im vorhergehenden Kapitel beschriebenen Situation ergeben sich die folgenden Schlussfolgerungen für eine Förderung und Beratung des privaten und kommunalen Waldbesitzes, die sich als Zukunftsvorsorge begreift:

- ◆ Beratung mit dem Ziel
 - einen „standortgemäßen und möglichst naturnahen Zustand des Waldes unter Berücksichtigung des Grundsatzes „Wald vor Wild“ zu bewahren oder herzustellen“ (Art. 1 Abs. 2 Ziffer 2 BayWaldG);
 - „bei der Waldverjüngung standortgemäße Baumarten auszuwählen und standortsheimische Baumarten angemessen zu beteiligen sowie die Möglichkeiten der Naturverjüngung zu nutzen“ (Art. 14 Abs. 1 Ziffer 1 BayWaldG);
- ◆ Nutzung von Ansätzen der natürlichen Wiederbewaldung mit geeigneten Baumarten wo immer möglich, die in Art. 15 BayWaldG genannten Fristen bieten dafür einen ausreichenden Spielraum;
- ◆ soweit zielgemäße Naturverjüngung nicht zu erwarten ist, möglichst rasche künstliche Bestandesbegründung;
- ◆ rasche und spürbare Erhöhung der Abschusszahlen in der Region, um die gesetzlichen Vorgaben von Art. 1 Abs. 1 Nr. 3 BayJG, nach denen die Bejagung die natürliche Verjüngung der standortgemäßen Baumarten im Wesentlichen ohne Schutzmaßnahmen ermöglichen soll, zu erfüllen;
- ◆ rasche Räumung von vorgeschädigten Bestandesresten, um dem Käfer künftigen Brutraum zu entziehen und intensive Bekämpfung der Borkenkäfer durch geeignete Maßnahmen (insbesondere durch das Entfernen bzw. Unschädlichmachen von befallenem Material);
- ◆ Förderung des präventiven Waldumbaus, dies bedeutet, dass insbesondere der Voranbau von geeigneten Baumarten gefördert wird (und nicht erst die vergleichsweise teure Wiederbewaldung von entstandenen Kahlflecken);
- ◆ dauerhafte Bereitstellung von Fördermitteln für die Wiederaufforstung nach Katastrophen und den Waldumbau in Schadensgebieten;
- ◆ Entwicklung eines Beratungskonzepts für Realteilungsgebiete;
- ◆ Anlage von waldbaulichen Versuchen zur Prüfung der Eignung verschiedener an Trockenheit angepasster fremdländischer Baumarten bzw. Auswertung alter Anbauversuche;
- ◆ Verstärkung der Öffentlichkeitsarbeit, aus der der Zusammenhang „Klimawandel - Borkenkäferschäden - Änderung der Waldbestockung - ökonomische Vorteilhaftigkeit von Mischwäldern“ deutlich wird.

4 Beratungshilfe

4.1 Grundlagen

Die Beratungstätigkeit durch forstfachliches Personal ist auf Grund der Vielfalt der standörtlichen Verhältnisse und der unterschiedlichen Ausgangssituation eine ausgesprochen anspruchsvolle Aufgabe. Die folgende Zusammenstellung der bei der Einschätzung der Situation vor Ort zu beachtenden Kriterien soll die Praktiker dabei unterstützen, aus der Analyse der ökologischen, ökonomischen und sozialen Rahmenbedingungen eine der Sachlage angepasste Beratungsempfehlung zu entwickeln.

Die Herleitung erfolgt anhand der in Kapitel 4.2 vorgestellten Checklisten, die sich an den im folgenden genannten Kriterien orientieren. Sie erfordert ein umfassendes Wissen der Ökologie der denkbaren Baumarten und ihres wirtschaftlichen Potenzials und sollte im Rahmen der Beratung durch qualifiziertes Forstfachpersonal erfolgen. Die Entscheidung über die zu wählenden Maßnahmen trifft der Waldbesitzer selbst.

4.1.1 Standort

Die am ehesten in die Zukunft hinein abschätzbare Grundlage für die Wahl der Baumart bei der Wiederbestockung einer Schadfläche ist der Standort. Nach den Vorgaben des Waldgesetzes sollen insbesondere standortgemäße Baumarten verwendet werden, d. h. „Baumarten, deren ökologische Ansprüche mit den erfassten Standorteigenschaften (Umweltbedingungen) übereinstimmen, die vital und bei angemessener Pflege ausreichend stabil sind und die keine negativen Einflüsse auf den Standort haben“ (Art. 4 Ziffer 2 BayWaldG). Unter sich wandelnden Klimabedingungen bedeutet dies eine regelmäßige kritische Prüfung der standörtlichen Eignung der Baumarten. Dies gilt in besonderem Maße für das Projektgebiet. Daher wurden die dort bislang gängigen Bestockungsziele überarbeitet. Hierbei flossen die Erfahrungen aus dem gegenwärtigen Schadverlauf und neue Erkenntnisse über die natürlichen Waldgesellschaften ein. Dabei ist zu beachten, dass die vorgestellten Bestockungsziele Optionen aus der Sicht des standörtlich Möglichen darstellen und nach

Bedarf modifiziert werden können.

In der warm-trockenen Region Westmittelfrankens und den angrenzenden Bereichen des Klimatyps „mittel“ sind nach dem gegenwärtigen Kenntnissstand nur die Weißtanne (im Bereich der Frankenhöhe) und die Kiefer als standortsheimische³ wirtschaftlich bedeutsame Nadelbaumarten zu betrachten. Die Verwendung weiterer, nicht standortsheimischer Nadelbaumarten sollte nur in engen, vom Standort gesetzten Grenzen erfolgen, da die Baumarten nach dem gegenwärtigen Wissensstand keine ausreichend vitalen und dauerhaft stabilen Bestände aufbauen können. So sollte die Fichte künftig lediglich als Mischung auf Zeit vorgesehen werden (vgl. Tabellen 3a-3d). Einige Standorte (z. B. auf tiefgründigen (an-)lehmigen Sanden der Frankenhöhe) eignen sich für Bestockungsziele mit Douglasie (vgl. Tabellen 3a-3d). In allen Fällen erscheint es nicht zuletzt aus ökonomischer Sicht (siehe Ziffer 4.1.11) geraten, ausschließlich Mischbestände zu begründen. Diese Empfehlung deckt sich mit den Vorgaben, die sich andere Landesforstverwaltungen vor dem Hintergrund des Klimawandels gegeben haben (z. B. IRRGANG 2002). Konkrete Bestockungsziele für das Projektgebiet und Hinweise zu den Baumarten, die daran beteiligt werden können, finden sich in den Tabellen 3a-3d und den Erläuterungen hierzu.

Die Bestockungsziele für die Schadflächen orientieren sich mehr oder weniger stark an den jeweiligen potentiellen natürlichen Waldgesellschaften, d. h. jenen Wäldern, die sich unter den gegenwärtigen Umweltbedingungen ohne Zutun des Menschen einstellen würden. Dies gilt insbesondere für diejenigen Schadflächen, die schwierige Standortverhältnisse aufweisen (hinsichtlich Klima, Böden und/oder Wasserhaushalt). Da ausreichende Erfahrungen mit trockenheitstoleranten Baumarten bislang fehlen, erscheinen unter den herrschenden schwierigen Bedingungen und in Erwartung eines sich weiter wandelnden Klimas vor allem solche Bestockungsziele als risikoarm, die den Baumarten mit einer breiten ökologischen Amplitude Vorrang einräumen. Zu einer vergleichbaren Einschätzung kommt IRRGANG (2002), der für den Wald in Sachsen eine Klimafolgenabschätzung

³ Baumarten, die der natürlichen Waldgesellschaft des jeweiligen Standorts angehören (Art. 4 Ziffer 3 BayWaldG)

durchführte. Dies bedeutet für das Projektgebiet, dass Bestände mit führender Fichte nicht mehr empfohlen werden können. Nach Modellrechnungen von PRETZSCH UND DURSKÝ (2002) wird sich die in den meisten Regionen in Bayern noch gegebene Wuchsüberlegenheit der Fichte gegenüber der Buche insbesondere in Nordbayern deutlich zu Ungunsten der Fichte verschieben.

Lediglich auf den besser wasserversorgten Standorten auf der Frankenhöhe (vgl. Tabelle 3a) sind Fichtenanteile von 40 % möglich, wenn sich auf Grund der Ausgangssituation die aus standörtlicher Sicht optimal erscheinenden Bestockungsziele nicht verwirklichen lassen. Summiert man die in den Tabellen 3a bis 3d angegebenen, aus standörtlicher Sicht maximal zu empfehlenden Fichtenanteile flächengewogen auf, so ergeben sich für das Projektgebiet 91 ha. Dies entspricht einem Anteil von 22 %.

Auf Grund der im zweiten Abschnitt ausführlich dargestellten Rahmenbedingungen (z. B. häufige Freiflächensituation, Konkurrenz durch Bodenvegetation, fehlende Samenbäume und Verbiss durch Schalenwild) wird es in vielen Fällen schwierig sein, insbesondere die buchenbestimmten Bestockungsziele ohne Hilfsmaßnahmen wie die Begründung eines Vorwaldes und Zäunung zu verwirklichen. In diesen Fällen bieten die jeweils in den

Erläuterungen zu den Bestockungszielen angegebenen Nebenbaumarten Alternativen. Weitaus weniger problematisch sind die edellaubbaumbetonten Bestockungsziele. Sie lassen sich auch auf der Freifläche künstlich begründen und entwachsen in der Regel rasch der Gefahr, verbissen zu werden.

Fazit für die waldbauliche Praxis:

- ◆ Bevor keine abgesicherten Erkenntnisse über die Wuchsleistung und die Eigenschaften bzw. Wirkungen (z.B. auf Standort und Fauna) fremdländischer, an Trockenheit angepasster Baumarten vorliegen, empfiehlt sich der bevorzugte Anbau von standortsheimischen Baumarten;
- ◆ an geeigneten Standorten können auch alteingeführte fremdländische Baumarten wie Douglasie, Roteiche und Edelkastanie angebaut werden;
- ◆ Fichten sollten nur als Zeitbeimischung vorgesehen werden, ihr maximal möglicher Anteil ist standortsabhängig;
- ◆ in jedem Fall sind Mischbestände anzustreben;
- ◆ die den jeweiligen Bestockungszielen zugeordneten Nebenbaumarten bekommen dann ein besonderes Gewicht, wenn die Hauptbaumarten auf Grund der Situation vor Ort nicht möglich erscheinen.

Nr.	Standortseinheit	Natürliche Waldgesellschaft	Bestockungsziel 1	Bestockungsziel 2	Bestockungsziel 3	Maximaler Fichtenanteil
1/1-3	Sande (meist anlehmig) / mäßig hangfrisch	Luzulo-Fagetum	Bu-Ta	Dgl-Bu	Ei-Bu*	30 %
1/1-5	Sande (meist anlehmig) / mäßig grundfrisch - schwach (wechsel-) feucht	Luzulo-Fagetum	Bu-Ta	Bu-Ei	Ei-Bu*	30 %
1/2-2	Lehmige (tonige) Sande / mäßig trocken	Luzulo-Fagetum	Ei-Bu*	Dgl-Bu	Bu-Ei	20 %
1/2-3	Lehmige (tonige) Sande / mäßig (hang)frisch	Luzulo-Fagetum	Bu-Ta	Dgl-Bu	Ei-Bu*	30 %
1/2-5	Lehmige (tonige) Sande / mäßiggrundfrisch - schwach (wechsel-) feucht	Luzulo-Fagetum	Bu-Ta	Bu-Ei	Ei-Bu*	40 %
1/4-3	„Milde“ Tonböden (KmL) mit Auflagen bis 20cm / mäßig hangfrisch	Galio-Fagetum	Bu-Ta	BAh-Bu*	Ei-Bu*	20 %
1/4-4	„Milde“ Tonböden (KmL) mit Auflagen bis 20cm / hangfrisch	Galio-Fagetum	Bu-Ta	BAh-Bu*	Ei-Bu*	20 %
1/5-3	„Strenge“ Tonböden (KmM, KmE, KmBl) mit Auflagen bis 20cm / mäßig hangfrisch	Galio-Carpinetum -	Ei-HBu*	ELbh-HBu*		10 %
1/5-8	„Strenge“ Tonböden (KmM, KmE, KmBl) mit Auflagen bis 20cm / wechsell-trocken bis wechselfeucht	Galio-Carpinetum	Ei-HBu*	ELbh-HBu*		10 %
1/6-3	Lehmige Sande (L, sL, S) über Ton, Auflagen 20-60cm / mäßig hangfrisch	Galio-Fagetum	Bu-Ta	Ei-Bu*	Dgl-Bu	40 %
1/6-6	Lehmige Sande (L, sL, S) über Ton, Auflagen 20-60cm / mäßig wechsell-trocken - wechsell-trocken	Galio-Fagetum	Bu-Ta	Ei-Bu*	Dgl-Bu	30 %
1/6-7	Lehmige Sande (L, sL, S) über Ton, Auflagen 20-60cm / mäßig wechselfeucht	Galio-Fagetum	Bu-Ta	Bu-Ei*	Ei-Bu*	30 %

Tab. 3a: Standortseinheiten, daraus abgeleitete natürliche Waldgesellschaft, geeignete Bestockungsziele und maximal empfohlener Fichtenanteil; mit einem * sind Bestockungsziele gekennzeichnet, die sich für die Aufforstung von Kahlfleichen besonders eignen. Bei den buchen dominierten Bestockungszielen ist auf der Kahlfleiche ein Vorwald erforderlich, Hinweise zu möglichen Mischbaumarten finden sich im der Tabelle folgenden Text.

Nr.	Standortseinheit	Natürliche Waldgesellschaft	Bestockungsziel 1	Bestockungsziel 2	Bestockungsziel 3	Maximaler Fichtenanteil
1/6-8	Lehmige Sande (L, sL, S) über Ton, Auflagen 20-60cm / mäßig wechselfeucht	Galio-Carpinetum	Es-Ei-HBu-ELbh*			10 %
1/7-7	Lehmige Sande (L, sL, S) über Ton, Auflagen 20-60cm / mäßig wechselfeucht	Galio-Fagetum	Bu-Ta	Bu-Ei	Ei-Bu*	30 %
1/8-2	Kalkreiche (tonige) Böden / mäßig trocken bis wechselfeucht	Galio-Carpinetum	Es-Ei-HBu-ELbh*			10 %
1/8-3	Kalkreiche (tonige) Böden / mäßig frisch oder mäßig wechselfeucht	Galio-Carpinetum	Es-Ei-HBu-ELbh*			10 %
1/8-4	Kalkreiche (tonige) Böden / frisch	Galio-Carpinetum	Es-Ei-HBu-ELbh*			10 %
1/8-8	Kalkreiche (tonige) Böden / wechselfeucht	Galio-Carpinetum	Es-Ei-HBu-ELbh*			10 %
1/9-3	Hangschuttböden (uL, tw. IS, S) über Gipskeuper, 20-rd.60cm / mäßig hangfrisch, stellenweise beginnend wechselfeucht	Galio-Fagetum	Bu-Ta	Bu-Ei		30 %
1/9-4	Hangschuttböden (uL, tw. IS, S) über Gipskeuper, 20-rd. 60cm / hangfrisch	Galio-Fagetum	Bu-Ta	BAh-Bu*		30 %
1/10-1	Rinnen, Feucht- und Nassstandorte / (sandige) frische Rinnen und Tälchen	Stellario-Alnetum	SEr*			10 %
1/10-2	Rinnen, Feucht- und Nassstandorte / sickerfeuchte und quellige Bereiche	Carici-Fraxinetum	Es-SEr*			10 %
1/10-3	Rinnen, Feucht- und Nassstandorte / dauervernässte, basenreiche Standorte	Pruno-Fraxinetum	Es-SEr*			10 %
2/102	Sande / mäßig frisch	Luzulo-Fagetum	Bu-Ei	Ei-Bu*	Dgl-Bu	20 %
2/103	Sande / mäßig frisch bis frisch	Luzulo-Fagetum	Bu-Ei	Ei-Bu*	Dgl-Bu	20 %
2/341	Kalkverwitterungslehme (einschl. Humuskarbonatböden, freier Kalk im Oberboden) / mäßig trocken	Hordelymo-Fagetum	ELbh-Bu*	Bu-ELbh		10 %

Tab. 3b: Standortseinheiten, daraus abgeleitete natürliche Waldgesellschaft, geeignete Bestockungsziele und maximal empfohlener Fichtenanteil; mit einem * sind Bestockungsziele gekennzeichnet, die sich für die Aufforstung von Kahlfächen besonders eignen. Bei den buchendominierten Bestockungszielen ist auf der Kahlfäche ein Vorwald erforderlich, Hinweise zu möglichen Mischbaumarten finden sich im der Tabelle folgenden Text.

Nr.	Standortseinheit	Natürliche Waldgesellschaft	Bestockungsziel 1	Bestockungsziel 2	Bestockungsziel 3	Maximaler Fichtenanteil
2/342	Kalkverwitterungslehme (einschl. Humuskarbonatböden, freier Kalk im Oberboden) / mäßig frisch	Hordelymo-Fagetum	ELbh-Bu*	Bu-ELbh		20 %
2/343	Kalkverwitterungslehme (einschl. Humuskarbonatböden, freier Kalk im Oberboden) / mäßig frisch	Hordelymo-Fagetum	ELbh-Bu*	Bu-ELbh		20 %
2/441	Tonlehme (Deck- und Schichtlehme), freier Kalk im Oberboden / mäßig trocken	Galio-Carpinetum	Es-Ei-HBu-ELbh*	ELbh-Bu*		10 %
2/442	Tonlehme (Deck- und Schichtlehme), freier Kalk im Oberboden / mäßig frisch	Hordelymo-Fagetum	Elbh-Bu*	Bu-Elbh		10 %
2/451	Tonlehme (Deck- und Schichtlehme), freier Kalk im Unterboden / mäßig trocken	Galio-Fagetum	ELbh-Bu*	Bu-ELbh	Ei-Bu*	10 %
2/457	Tonlehme (Deck- und Schichtlehme), freier Kalk im Unterboden / mäßig wechselfeucht	Galio-Fagetum	ELbh-Bu*	Bu-ELbh	Ei-Bu*	20 %
2/552	Mergel und strenge Tone, freier Kalk im Unterboden / mäßig frisch	Galio-Carpinetum	Es-Ei-HBu-ELbh*			10 %
2/553	Mergel und strenge Tone, freier Kalk im Unterboden / mäßig frisch bis frisch	Galio-Carpinetum	Es-Ei-HBu-Elbh*			10 %
2/556	Mergel und strenge Tone, freier Kalk im Unterboden / (wechsel)trocken	Galio-Carpinetum	Es-Ei-HBu-Elbh*			10 %
2/652	Steinmergelstandorte, Kalk im Unterboden / mäßig frisch	Galio-Fagetum	Bu-BAh	Bu-Ei		10 %
2/702	Deck- und Schichtsand / mäßig frisch bis frisch	Luzulo-Fagetum	Bu-Ei	Ei-Bu*	Dgl-Bu	20 %
2/706	Deck- und Schichtsand / (wechsel)trocken	Galio-Carpinetum	Es-Ei-HBu-Elbh*	REi-Bu*		20 %

Tab. 3c: Standortseinheiten, daraus abgeleitete natürliche Waldgesellschaft, geeignete Bestockungsziele und maximal empfohlener Fichtenanteil; mit einem * sind Bestockungsziele gekennzeichnet, die sich für die Aufforstung von Kahlfächen besonders eignen. Bei den buchendominierten Bestockungszielen ist auf der Kahlfäche ein Vorwald erforderlich, Hinweise zu möglichen Mischbaumarten finden sich im der Tabelle folgenden Text.

Nr.	Standortseinheit	Natürliche Waldgesellschaft	Bestockungsziel 1	Bestockungsziel 2	Bestockungsziel 3	Maximaler Fichtenanteil
2/802	Schluffböden (Deck- u. Schichtschlufflehme sowie einschichtige Schlufflehme) / mäßig frisch	Galio-Fagetum	Bu-BAh	Ei-Bu*	Dgl-Bu	20 %
2/803	Schluffböden(Deck- u. Schichtschlufflehme sowie einschichtige Schlufflehme) / mäßig frisch bis frisch	Galio-Fagetum	Bu-BAh	Ei-Bu*	Dgl-Bu	30 %
2/806	Schluffböden (Deck- u. Schichtschlufflehme sowie einschichtige Schlufflehme) / mäßig (wechsel)trocken	Galio-Carpinetum	Es-Ei-HBu-ELbh	Ei-Bu*		10 %
2/807	Schluffböden (Deck- u. Schichtschlufflehme sowie einschichtige Schlufflehme) / mäßig wechselfeucht	Galio-Fagetum	Bu-BAh	Ei-Bu*	Dgl-Bu	20 %
2/808	Schluffböden (Deck- u. Schichtschlufflehme sowie einschichtige Schlufflehme) / wechselfeucht	Stellario-Carpinetum	Ei-HBu-Bu*			10 %
2/10a	Rinnen, Feucht- und Nassstandorte / wasserzügige, überwiegend frische Rinnen und Mulden	Adoxo-Aceretum	BAh-Es*			30 %
2/10b	Rinnen, Feucht- und Nassstandorte / Einmuldungen und Senken mit stagnierender Nässe, z. T. anmoorig	Pruno-Fraxinetum	SEr-Es*			10 %
2/92	Sonderstandorte der Frankenhöhe: Hangschuttböden über Lehrbergtön, Auflage 20 - über 60 cm / mäßig trocken	Galio-Fagetum	Bu-Ta	Bu-BAh	Ei-Bu*	20 %
2/93	Sonderstandorte der Frankenhöhe: Hangschuttböden über Lehrbergtön, Auflage 20 - über 60 cm / mäßig hangfrisch	Galio-Fagetum	Bu-Ta	Bu-BAh	Ei-Bu*i	40 %

Tab. 3d: Standortseinheiten, daraus abgeleitete natürliche Waldgesellschaft, geeignete Bestockungsziele und maximal empfohlener Fichtenanteil; mit einem * sind Bestockungsziele gekennzeichnet, die sich für die Aufforstung von Kahlfächen besonders eignen. Bei den buchendominierten Bestockungszielen ist auf der Kahlfäche ein Vorwald erforderlich, Hinweise zu möglichen Mischbaumarten finden sich in der Tabelle folgenden Text.

Erläuterungen zu Tabelle 3:

Buchenbestimmte Bestockungsziele (Bu-):

Auf dem weitaus überwiegenden Teil der Schadfläche im Projektgebiet (69 %) erscheinen buchenbestimmte Bestockungsziele, z. T. mit Weißtanne, aus standörtlicher Sicht am geeignetsten. Die Nebenbaumarten (Ei, Hbu, Bi, Kie, WLi) der Buchenwaldgesellschaften Luzulo-Fagetum, Galio-Fagetum und Hordelymo-Fagetum können fallweise zusätzlich beteiligt werden. Die Fichte sollte Anteile von 20-40 % nicht überschreiten. Die Rot-eiche in Mischung mit Buche ist z. B. auf den Standortseinheiten 1/1-3, 1/1-5, 1/2-2, 2/102, 2/103, 2/702 eine sinnvolle Alternative. In vielen Fällen sind aus standörtlicher Sicht auch Mischbestände von Douglasie und Buche möglich:

- ◆ Bu-Ta(-Fi): Nur auf den frischen Standorten der Frankenhöhe sollte die Fichte planmäßig am Bestockungsziel beteiligt werden;
- ◆ Bu-Ta: Naturnahes Bestockungsziel der Frankenhöhe mit wenig Fichtenbeimischung;
- ◆ Bu-BAh: Naturnahes Bestockungsziel auf Standorten der Fränkischen Platte mit Karbonat im Unterboden;
- ◆ Bu-Ei oder Ei-Bu: Naturnahes Bestockungsziel auf sauren Standorten;
- ◆ Dgl-Bu: Ökonomisch orientiertes Bestockungsziel auf sauren Standorten;

- ◆ Bu-ELbh: Naturnahes Bestockungsziel auf nährstoffreichen Standorten mit ausgeglichenem Wasserhaushalt.

Eichenbestimmte Bestockungsziele (Ei-):

Führende Eiche ist aus standörtlicher Sicht ebenfalls auf vielen Standorten zu empfehlen. Besondere Bedeutung kommt der Eiche auf sauren Buchen-Standorten und Standorten des Sternmieren-Eichen-Hainbuchenwaldes zu. Eichenbestimmte Bestockungsziele bieten sich insbesondere bei der Wiederaufforstung von Kahlfächen an:

- ◆ Ei-Bu: Führende Eiche mit Buche im Neben- und Unterstand;
- ◆ Ei-HBu-Bu: Führende Eiche mit Buche und Hainbuche im Neben- und Unterstand, zusätzliche Baumarten sind WLi und BAh;
- ◆ die Standorte sind für den Fichtenanbau wenig geeignet (Fi-Anteile maximal 20 %).

Eschenbestimmte Bestockungsziele (Es-):

Auf 23 % der Schadflächen erscheinen aus standörtlicher Sichte edellaubbaumreiche Bestockungen aus den Baumarten des Labkraut-Eichen-Hainbuchenwaldes (Esche, Eiche, Hainbuche, sonstige Edellaubbäume) besonders geeignet. Diese Standorte sind so tonreich und im Wasserhaushalt angespannt, dass es kaum eine Alternative zu dieser Bestockungsform gibt.

- ◆ Es-Ei-HBu-ELbh: Sehr naturnahes Bestockungsziel auf strengen Tonböden, trockene Variante des Edellaubholzes: zusätzlich zu Es, Ei, HBU noch WLi, FAh, Kir, Elsbe, BAh, SAh, SLi;
- ◆ die Standorte sind für den Fichtenanbau absolut ungeeignet (Fi-Anteile hier maximal 10 %).

Edellaubbaumbestimmte Bestockungsziele (ELbh-):

Auf 7 % der geschädigten Standorte (zumeist Sonderstandorte) ist aus standörtlicher Sicht führendes Edellaubholz (ohne Eiche) zu empfehlen:..

- ◆ ELbh-Bu: Naturnahes Bestockungsziel im Hordelymo-Fagetum;
- ◆ BAh-Es: Naturnahes Bestockungsziel im Adoxo-Aceretum;
- ◆ Es-SEr: Naturnahes bachbegleitendes Bestockungsziel;
- ◆ SEr: Naturnahes Bestockungsziel in nassen Mulden;
- ◆ SEr-Es: Naturnahes Bestockungsziel auf feuchten Standorten, z. T. gewässerbegleitend;
- ◆ für den Fichtenanbau ungeeignete Standorte (Fi-Anteile hier maximal 10 %).

Vorwaldbaumarten

Nach FIEDLER (1962) beschrieb bereits HEINRICH COTTA (1817) Birke und Kiefer als „Hilfs- und Schutzholzarten bei der Buchenfreisaat“: „Giebt es aber keine Saamenpflanzen, so bebauet man schon vor der Haubarkeit des Ortes die leeren Stellen mit einer schnell wachsenden Holzart, z. B. mit Birken oder Kiefern, und wenn diese genug Schatten geben, so säet man Bucheckern dazwischen“ (COTTA 1817 zitiert nach FIEDLER 1962). Solche, natürlich oder durch Pflanzung entstandenen Schirmbestände zum Schutz von Baumarten, die auf der Freifläche unter Frost oder Konkurrenz durch Bodenvegetation leiden bzw. sich qualitativ schlecht entwickeln, nennt man Vorwald (RÖHRIG et al. 2006). Insbesondere der Birken-Vorwald (kann gut durch Schneesaat begründet werden, siehe hierzu HARTIG und LEMKE 2002) hat sich sehr bewährt. Ein Vorwald sollte möglichst umgehend nach Kahlliegung der Fläche und somit vor der Etablierung der Bodenvegetation begründet werden. Sobald der Vorwald seine Schutzwirkungen entfaltet, was in der Regel bereits nach bis zu drei Jahren der Fall ist, kann die Hauptbaumart eingebracht werden. Die Regelung der Bestockungsdichte des Vorwaldes richtet sich nach der Konkurrenzkraft der Hauptbaumart und dem Standort (FIEDLER 1962). In jedem Fall sollten vitale und qualitativ hochwertige Exemplare der Vorwaldbaumart nicht entfernt, sondern gefördert

und erst nach Erreichen der Hiebsreife entnommen werden. Die Begründung eines Vorwaldes ermöglicht es, viele der in Tabelle 3a-d genannten anspruchsvollen Bestockungsziele auch auf der Kahlfäche zu verwirklichen.

4.1.2 Zur Wirkung von Bestandesrändern und Altbestandsresten

Eine Schadfläche weist keineswegs einheitliche Bedingungen, sondern eine große Variabilität der Verhältnisse auf. Diese ergeben sich nach KNOERZER (2004) aus:

- ◆ der Baumartenzusammensetzung des Vor- und Umgebungsbestandes;
- ◆ der Samenbank im Boden bzw. dem Verjüngungsvorrat;
- ◆ den Konkurrenzverhältnissen durch die krautige Vegetation;
- ◆ der Wurzelkonkurrenz und dem Traufeinfluss des Umgebungsbestandes in der Nähe des Bestandesrandes;
- ◆ der Beschattung durch den Bestandesrand;
- ◆ der bodentypologischen Variation;
- ◆ dem Bodenzustand durch veränderte Mineralisation;
- ◆ der Größe der Fläche (entscheidend dafür, ob Freilandbedingungen auftreten);
- ◆ der Exposition.

Bestandesränder und -reste haben vielfältige Wirkungen, die waldbaulich ausgenutzt werden können. Kahlfächen zeichnen sich durch einen starken klimatischen Gradienten vom Bestandesrand zur Kahlfächenmitte mit einer zunehmenden Spannweite zwischen Minimal- und Maximalwerten aus. Die Veränderung der meteorologischen Bedingungen lassen sich wie folgt zusammenfassen (KNOERZER 2004):

- ◆ Bestände an Nord- und Nordosträndern von Kahlfächen sind erhöhten Strahlungseinflüssen ausgesetzt. Dort modifizieren die Bestandesränder das Klima auf der Kahlfäche nur wenig.
- ◆ Bestände am Südrand einer Kahlfäche beeinflussen dagegen z. B. durch Schattenwurf zum Zeitpunkt hoher Sonneneinstrahlung die klimatischen Verhältnisse auf der benachbarten Fläche erheblich. Die Reichweite des Effekts der Strahlungsveränderung beträgt an klaren Tagen im Sommer bis zum 1,5-fachen der Bestandeshöhe. Das Schattenband reicht vom 0,5- bis 1,5-fachen der Bestandeshöhe.

- ◆ Generell ist die Reichweite der Wirkung der Bestandesränder auf die Kahlfläche größer als die der Freifläche in den Bestand.
- ◆ An strahlungsreichen Bestandesrändern (Nordrand einer Kahlfläche) kann Wurzelkonkurrenz des Altbestandes die Wasserverfügbarkeit für Jungpflanzen erheblich einschränken, während gleichzeitig die hohen Temperaturen eine erhöhte Transpiration und Verdunstung bedingen.
- ◆ Die Wirkungen von Bestandesresten variieren nach ihrer Größe, Lage, Dichte und Baumart.

Für den praktischen Waldbau bedeutet dies, dass Bestandesränder hinsichtlich der Wiederbestockung differenziert betrachtet werden müssen. So kann es sinnvoll sein, Nordränder einer Kahlfläche nicht oder nur mit sehr trockenheitstoleranten Baumarten zu bepflanzen, während am Südrand einer Fläche auch schattentolerante Arten eingebracht werden können. Im Gegensatz zu früher geäußerten Einschätzungen (z. B. SEITSCHKE 1991 b, OTTO 2001) hat es sich nicht bewährt, Bestandesreste grundsätzlich zu schonen. Sofern diese nicht ausreichend stabil erscheinen oder z. B. Hallimaschbefall befürchtet werden muss, sollten sie vor der Kulturbegründung entnommen werden. Ein großzügiges Ausformen von ohnehin großen Kahlflächen sollte dagegen ebenso unterbleiben wie die Entnahme von stabilen Einzelbäumen oder Bestandesrändern, die als Samenbäume oder durch Abmilderung von Klimaextremen positive Wirkungen erzielen. Darüber hinaus begrenzen sie die Entwicklung der Bodenvegetation, deren Biomasse umgekehrt proportional zur Blattmasse der über-schirmenden Bäume ist (BURSCHEL und BINDER 1993).

Fazit für die waldbauliche Praxis:

- ◆ Stabilität von Bestandesresten und-rändern kritisch prüfen (d. h. bei der Fichte mit dem Fortschreiten des Ausfalls durch Borkenkäfer rechnen);
- ◆ Effekte von dauerhaft stabilen Bestandesrändern bei der Baumartenwahl und der Verteilung der Baumarten auf der Fläche gezielt ausnutzen.

4.1.3 Frostgefahr

Ein wichtiges Kriterium bei der Wiederaufforstung von Kahlflächen ist im Hinblick auf die Wahl geeigneter Baumarten die Beurteilung der Gefahr des Auftretens von Strahlungsfrösten. Diese hängt nach WOELFLE (1939) von folgenden Faktoren ab:

- ◆ von der Lufttemperatur am Abend;

- ◆ von der Einengung des Gesichtskreises durch Bäume oder Geländerhebungen (je größer die Einengung, desto geringer die Ausstrahlung);
- ◆ von der Luftbewegung (schon mäßiger Wind verhindert Kaltluftseen);
- ◆ vom Wassergehalt der Luft (je feuchter die Luft desto geringer die Ausstrahlung);
- ◆ von der Größe der ausstrahlenden Fläche;
- ◆ vom Wärmefluss des Bodens (je wärmer der Boden und je größer seine Wärmeleitfähigkeit, umso geringer die Frostgefahr);
- ◆ von der während der Nacht stattfindenden Verdunstung (lebende Pflanzen kühlen sich stärker ab als tote);
- ◆ von der Abflussmöglichkeit der entstehenden Kaltluft (Geländeneigung);
- ◆ von der Durchmischungsmöglichkeit der Kaltluft mit darunter liegenden, nicht durch Ausstrahlung abgekühlten Luftschichten (je näher die strahlenden Pflanzenteile am Boden sind, desto geringer ist die Möglichkeit, dass sich die an ihnen entstehende und dann absinkende kalte Luft mit darunter liegender wärmerer Luft mischen kann).

Daraus wird verständlich, dass Frostschäden durch Ausstrahlung insbesondere in Bodennähe unbestockter Mulden entstehen. Neben geländebedingten Mulden finden sich Ausstrahlungsfröste begünstigende Verhältnisse auch auf Freiflächen immer dann, wenn sich Kaltluft sammeln und weder abfließen noch sich mit wärmerer Luft mischen kann (WOELFLE 1939). Solange das Verhältnis des Durchmessers einer Bestandeslücke zur Höhe des umgebenden Bestandes ungefähr 1:1 beträgt, sind diese Bedingungen nicht gegeben. Verschiebt sich dieses Verhältnis auf mehr als 3:1, ist bei entsprechenden Geländebedingungen mit Ausstrahlungsfrösten zu rechnen (WOELFLE 1939). In solchen Situationen ist auf die Verwendung von frostempfindlichen Baumarten ohne Vorwald zu verzichten. Nach SCHÜTT et al. (1992) gelten als sehr empfindlich gegenüber Spätfrösten: Eschen, Buchen, Eichen, Robinien, Weißtannen und Douglasien, als empfindlich: die Ahornarten, Roteichen, Linden, Lärchen und Fichten und als wenig empfindlich Hainbuchen, Erlen, Birken, Ulmen und Kiefern. Eschen, Buchen, Eichen, Ulmen, Weißtannen und Douglasien sind auch gegenüber Frühfrösten empfindlich. Als wenig empfindlich gelten dagegen die Ahornarten, Pappeln, Hainbuchen, Birken, Erlen, Fichten, Lärchen und Kiefern (SCHÜTT et al. 1992). Nach Erhebungen auf Sturm-wurfflächen in Rheinland-Pfalz sind gut gelungene

Buchenaufforstungen auf der Freifläche wegen deren Anfälligkeit gegenüber Früh- und Spätfrösten so gut wie nicht vorhanden (EDER und LANGSHAUSEN 2001). Die durch Ausfälle verursachte schlechte Qualität der verbleibenden Bäume wurde dadurch verschärft, dass häufig zusätzlich die vorhandenen Pionierbaumarten, die einen gewissen Seitendruck ermöglicht hätten, entnommen wurden. Wie intensive Untersuchungen, die bereits in den dreißiger Jahren des 20. Jahrhunderts durchgeführt wurden, darüber hinaus zeigten, kann ein Vorwald aus Pionierbaumarten die Entstehung von Ausstrahlungsfrösten wirkungsvoll verhindern (AMANN 1930).

Fazit für die waldbauliche Praxis:

- ◆ Frostgefahr einschätzen; ist die Gefahr von Ausstrahlungsfrösten gegeben, Baumartenwahl anpassen und/oder Vorwald begründen.

4.1.4 Berücksichtigung der Wünsche des Waldbesitzers

Neben der je nach Standort und Bestandessituation unterschiedlichen ökologischen und ökonomischen Eignung der Baumarten müssen bei einer an den Interessen des Waldbesitzers orientierten Beratung auch dessen spezifischen Wünsche berücksichtigt werden, die z. B. auf speziellen Nutzungsinteressen oder Vorlieben beruhen. Welches Gewicht diese Wünsche insbesondere dann haben, wenn sie einer standörtlich bzw. waldbaulich besser geeigneten Bestandesform entgegenstehen, muss im Beratungsgespräch geklärt werden.

Fazit für die waldbauliche Praxis:

- ◆ Priorität des Waldbesitzers hinsichtlich bestimmter Baumarten aufnehmen.

4.1.5 Naturverjüngung

Grundsätzlich kann festgehalten werden, dass sich langfristig auf allen Schadflächen auch ohne Zutun des Menschen wieder Wald einstellen würde. Dies setzt allerdings voraus, dass hinsichtlich der Baumarten und der Zeit, die bis zur erfolgreichen Wiederbewaldung vergeht, keine zu engen Vorgaben gemacht werden (vgl. auch LÄSSIG und SCHÖNENBERGER 2002). Das Bayerische Waldgesetz verlangt in Art. 15 die Wiederaufforstung innerhalb einer Frist von drei Jahren. Ausnahmen sind möglich und erlauben es, die vor allem in den ersten fünf Jahren

nach Kahlliegung einer Fläche ankommende Naturverjüngung (siehe unten) auszunutzen. Allerdings hängt auch unter günstigen Voraussetzungen der Erfolg bei der natürlichen Entstehung von Mischbeständen ganz wesentlich von der Höhe des Schalenwildbestandes ab. In jedem Fall muss die Zusammensetzung der Naturverjüngung kritisch geprüft werden. So kann z. B. Naturverjüngung aus Fichte zwar vorhanden und potentiell nutzbar, aus standörtlicher Sicht und Gründen der Betriebssicherheit aber nicht zielgemäß sein.

Eine wesentliche Erkenntnis aus den Forschungsarbeiten zur Wiederbewaldung von Sturmwurfflächen ist, dass das Naturverjüngungspotenzial erheblich unterschätzt wurde (BROSINGER 2001, EDER und LANGSHAUSEN 2001, VON TEUFFEL 2001). Dies führte dazu, dass nach Katastrophen häufig zu rasch zu viele Pflanzen ausgebracht wurden (OTTO 2001). Wie effizient die natürliche Wiederbewaldung selbst nach großflächigen Schadereignissen von mehreren tausend Hektar erfolgt, zeigen Studien aus Nordamerika (vgl. z. B. HIBBS 1983). Aber auch unter unseren Verhältnissen kann durch Nutzung der Naturverjüngung in vielen Fällen auf aufwändige Maßnahmen zur Kulturbegründung verzichtet werden (KENK et al. 1991). Dies belegt unter anderem die Untersuchung von SCHÖLCH (1998), der retrospektiv Bestände analysierte, die sich auf sich selbst überlassenen Kahlf lächen entwickelt hatten. Die wichtigsten Ergebnisse seiner Studie waren:

- ◆ Eine Wiederbewaldung erfolgt innerhalb weniger Jahre nach der Kahlliegung (50 % samten sich in den ersten zwei Jahren an, 75 % der Bäume keimen in den ersten vier Jahren nach der Kahlliegung). Nur 13 % keimen nach dem sechsten Jahr.
- ◆ Eine „Einwanderung“ von Schlusswaldbaumarten unter Pionierbaumarten konnte nicht festgestellt werden, vielmehr erfolgt die Ansamung überwiegend zeitgleich auf der gesamten Fläche.
- ◆ Auf Kahlf lächen entwickeln sich regelmäßig Bäume, die bereits im Vorbestand vorhanden waren; die Artenzusammensetzung spiegelt die der Vor- und Nachbarbestände wider (vgl. auch HETZEL und REIF 1998 sowie MÖRNANG und KÜHNEL 1999).
- ◆ In allen untersuchten Fällen entstanden Mischbestände aus standortgerechten Baumarten (vgl. auch HETZEL und REIF 1998); Laubbaumbestände überwogen, die Bestockungsdichte wies z. T. erhebliche räumliche Unterschiede auf (vgl. auch BORCHERT et al. 2003), was Ergänzungspflanzungen erforderlich machen kann.
- ◆ Wirtschaftsbaumarten überwachsen, insbeson-

dere wenn durch extensive Pflegeingriffe unterstützt, die Pionierbaumarten. Flächige Entnahmen von Pionierbaumarten sind nicht nötig und aus Kostengründen nicht zu rechtfertigen.

Diese Ergebnisse werden im wesentlichen auch durch die aufwändigen Untersuchungen von BORCHERT et al. (2003) gestützt, die zahlreiche, durch die Stürme von 1990 entstandenen Kahlfelder analysierten, auf denen weder gesät noch gepflanzt worden war. Wie sich zeigte, konnte sich die Naturverjüngung überall dort, wo sie zum Zeitpunkt der Kahllegerung bereits vorhanden gewesen war, in allen Fällen halten. Hatte sich nach zwei Jahren Naturverjüngung sehr spärlich eingefunden, konnte dies vielfach im ersten Jahrzehnt aufgeholt werden. Allerdings findet auf Flächen, deren Vorbestände aus Nadelbäumen mit fehlender oder geringer Laubholzbeimischung bestanden, vielfach kein deutlicher Wechsel zugunsten von Laubbäumen statt (MÖRSMER und FISCHER 1999; MÖRNANG und KÜHNEL 1999; SCHMIDT-SCHÜTZ 1999; BORCHERT et al. 2003).

Fichtennaturverjüngung ist vor allem auf bodensauren Standorten häufig (REIF et al. 2001), tritt dort aber natürlich keineswegs immer auf (z. B. weil der Vorbestand dicht geschlossen war). Das Vorkommen kurzlebiger Pionierbaumarten wie Birke, Aspe, Vogelbeere und Salweide ist standörtlich kaum eingeschränkt. Im Gegensatz dazu bleibt die Kiefer selten bzw. verliert im Laufe des ersten Jahrzehnts an Flächenanteil (SCHÖLCH 1998; BORCHERT et al. 2003).

Im allgemeinen ist Naturverjüngung auf einer Fläche dann zu erwarten, wenn die Bestandesränder nicht zu weit vom Mittelpunkt der Kahlfelder entfernt sind. Ein nennenswerter Eintrag von Samen ist bei Fichte, Kiefer und Tanne bis zu einer Entfernung von ca. 50-70 m zu erwarten (SCHÖLCH et al. 1994). Schwerfrüchtige Arten wie Buche und Eiche konzentrieren sich in der Nähe der Mutterbäume, werden jedoch durch Tiere in erheblichem Umfang auch an weit entfernt liegende Stellen verbracht (STIMM und BÖSWALD 1994). Wie WAGNER (1997) zeigen konnte, reicht bei der Baumart Esche ein vitaler Mutterbaum aus, um eine Fläche von 0,5 bis 2 ha mit ausreichend Naturverjüngung zu versorgen. In seinen Untersuchungen fanden sich bis in eine Entfernung von 80 m 84 % aller Früchte. Nicht ganz so weit werden die Früchte der Winterlinde verbreitet. Nach Kalkulationen von KÜBNER (2002) finden sich 90 % aller Früchte eines 30 cm dicken Mutterbaumes innerhalb eines Radius von 23 m.

Sind die Zielbaumarten etwa drei bis vier Jahre nach dem Entstehen der Schadfläche nicht in

ausreichender Dichte oder Verteilung vorhanden oder zu erwarten, sollte gepflanzt werden (ALDINGER und MICHIELS 2001; BROSINGER 2001). In jedem Fall sollten aber nur Fehlstellen ergänzt (SCHÖLCH 1998) oder Trupps (siehe Ziffer 15) ausgebracht werden (CSAPEK 2001). Auch BORCHERT et al. (2003) stellen fest, dass viele der in eine bereits etablierte Naturverjüngung gepflanzten Bäume schon kurz nach der Pflanzung überwachsen worden waren. Eine flächige Kultur ist deshalb bei Vorhandensein von Naturverjüngung nicht zu empfehlen oder durch Pflegemaßnahmen zu begleiten.

Aus Untersuchungen auf Sturmwurfflächen ist bekannt, dass durch schonende Aufarbeitung vorhandene Naturverjüngung weitgehend geschont und damit für den Nachfolgebestand genutzt werden kann (KORTEN 2001). Dies erfordert jedoch die strikte Einhaltung eines vorgegebenen Rückegassensystems und den weitgehenden Verzicht auf Langholzaushaltung (KORTEN 2001).

Besondere Beachtung verdienen die Pioniergehölze (EDER und LANGSHAUSEN 2001; VON TEUFFEL 2001). Aus Pionierbaumarten gebildete Vorwälder, die den unter ihnen aufwachsenden empfindlichen Bäumen Schutz bieten, aber zumeist schon nach wenigen Jahrzehnten ausscheiden, bieten viele Vorteile (SCHMIDT-SCHÜTZ und HUSS 1998). Sie schützen die Hauptbaumarten nicht nur gegen Klimaextreme und dämmen die Konkurrenzvegetation ein, sondern können - sofern ihre Konkurrenzwirkung nicht überhand nimmt - auf die Qualitätsentwicklung von Laubbaumarten günstig wirken (LEDER 1996; AMMER und DINGEL 1997). Nach WAGNER und RÖKER (2000) sind konkurrenzregulierende Eingriffe zulasten von Weichlaubhölzern erst dann erforderlich, wenn das Höhenwachstum der Hauptbaumart beeinträchtigt ist. Flächige Beseitigungen der Pionierbaumarten sind nicht zu rechtfertigen (KENK 2001). Als Zeitmischung kommt insbesondere der Birke eine vielfach unterschätzte ökonomische Bedeutung zu (EDER und LANGSHAUSEN 2001; AMMER et al. 2004). Möglicherweise gilt dies auch für die Aspe.

Vielfach wird bezweifelt, dass forstliche Praktiker in der Lage sind, den Anteil der verjüngten Fläche an einer Schadfläche realitätsnah einzuschätzen. Ein Vergleich zwischen den Schätzergebnissen forstlicher Praktiker mit den Ergebnissen von Stichprobeninventuren, den KOHNLE et al. (2006) durchgeführt haben, erbrachte jedoch folgenden Ergebnisse:

- ◆ Im Mittel der untersuchten Flächen liegt der von den Praktikern geschätzte Anteil nicht verjüngter Fläche nur um knapp 4 % unter den Ergebnissen der Probekreisnahmen.

- ◆ Auch hinsichtlich der Schätzung der Baumaranteile ergaben sich enge Zusammenhänge zwischen den auf Probekreisen erhobenen Werten und den Einschätzungen der Praktiker.
- ◆ Lediglich die gutachtliche Einschätzung des Anteils der Weichlaubhölzer erwies sich als hochgradig fehlerbehaftet.
- ◆ Insgesamt schienen die forstlichen Praktiker dazu zu neigen, bei geringerem Auftreten einer Baumart deren Verjüngungspotenzial eher zu unterschätzen, bei häufigem dagegen zu überschätzen.

Fazit für die waldbauliche Praxis:

- ◆ Naturverjüngungspotenzial prüfen (potentielle Samenbäume von Zielbaumarten, Entfernung Altbestand, Alter der Fläche, Wildverbissituation) prüfen;
- ◆ gutachtliche Einschätzungen des Anteils der bereits verjüngten Fläche reichen aus, aufwändige Zählungen sind nicht erforderlich;
- ◆ mit Naturverjüngung kann dann gerechnet werden, wenn der Bestandesrand nicht weiter als 50-70 m entfernt ist;
- ◆ wenn Zielbaumarten nicht im Vorbestand oder in den Nachbarbeständen zu finden sind, werden sie nur sehr eingeschränkt ankommen;
- ◆ Naturverjüngung bei Festlegung der Pflanzzahlen einbeziehen, keine zu frühe ungeduldige Auffüllung gering bestockter Bestandesteile;
- ◆ nach drei bis vier Jahren findet sich Naturverjüngung nur noch zögerlich ein;
- ◆ Pionierbaumarten zur Bodendeckung und Qualitätserziehung gezielt nutzen, Birke als Zeitmischung auch ökonomisch interessant;
- ◆ Schonung der Naturverjüngung bei der Schadholzaufarbeitung durch striktes Rückegassengebot.

4.1.6 Bodenvegetation

Sowohl die Entwicklung des Deckungsgrades der Bodenvegetation als auch ihre Zusammensetzung ist stark vom geologischen Ausgangssubstrat geprägt und weist einen ausgeprägten Nährstoffgradienten auf (SAYER und REIF 1998). Besonders auf baseneichen Standorten schließt sich die Bodenvegetationsdecke nach Kahllegung wesentlich schneller als bei geringerer Nährstoffverfügbarkeit, wie sie zum Beispiel bei sandigen Böden vorherrscht (SAYER und REIF 1998; BORCHERT et al. 2003). Auch der Anteil waldbaulich als problema-

tisch eingeschätzter Arten ist standortsgeprägt. So trat in den Untersuchungen von BORCHERT et al. (2003) das Landreitgras auf Sturmwurfflächen auf mäßig frischen bis frischen lehmigen Sanden häufiger auf als bei trockenen oder feuchten Verhältnissen.

Sind Arten wie die Brombeere, die im Hinblick auf das Verjüngungsgeschehen problematisch sind, zum Zeitpunkt der Kahllegung der Fläche bereits einzeln vorhanden, kann auf Grund der Samenbank im Boden auf eine rasante Massenvermehrung geschlossen werden (MÖßNER und FISCHER 1999). Dies ist bei der Planung von Maßnahmen der Kulturbegründung zu beachten. Besonders wenn eine Ansamung von Brombeere vorhanden oder zu erwarten ist, ist daher eine rasche Bepflanzung der Freifläche angeraten (VON TEUFFEL 2001).

Die Wirkungen der Bodenvegetation auf die Waldverjüngung sind komplexer Natur. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass sowohl (kurzfristig wirksame) verjüngungsförderliche als auch (länger anhaltende) schädliche Wirkungen auftreten. So kann insbesondere krautige Vegetation im Jahr der Pflanzung oder Saat auf stark besonnten Flächen durch Beschattung ein rasches Austrocknen der Bäumchen verhindern bzw. das Aufheizen einer freiliegenden Rohhumusdecke verhindern (ANGST et al. 2000). Zudem verringert sich mit zunehmendem Deckungsgrad der Bodenvegetation die Nitratkonzentration in der Bodenlösung (MELLERT et al. 1998).

In den Folgejahren wirkt die Bodenvegetation dagegen wachstumshindernd, indem sie - je nach Standort - eine zum Teil erhebliche Konkurrenz um das verfügbare Bodenwasser darstellt, die auch durch Mähen kaum beseitigt werden kann (SCHÜLER 1999). Darüber hinaus sinkt mit zunehmendem Deckungsgrad der Bodenvegetation die Zahl der natürlich ankommenden Pflanzen (LÄSSIG et al. 1995; BROSINGER 2001). Häufig sind freigelegte Bestandesteile bereits nach drei bis fünf Jahren flächig von der Bodenvegetation bedeckt (WOHLGEMUTH et al. 1995; BORCHERT et al. 2003).

Besonders gut untersucht ist der Einfluss der Bodenvegetation auf Buchen. Nach OTT (2002) ist das Einbringen von Buchen auf Schadflächen mit einem hohen Anteil von dominanten Arten hoher Konkurrenzkraft (wie z. B. *Calamagrostis epigejos* oder *Rubus fruticosus*) mit einem hohen Ausfallrisiko behaftet. Dies gilt auch dann, wenn sich die Konkurrenzvegetation erst nach der Pflanzung entwickelt. Auch VON LÜPKE (1987) stellte bei ungehinderter Entwicklung der Bodenvegetation auf einer

Freifläche und in einer Bestandeslücke eine hohe Mortalität der Buche durch Mäusefraß fest. Besonders stark sind die von Gräsern ausgehenden Konkurrenzwirkungen. Diese resultieren in einem starken Defizit an Bodenfeuchtigkeit, die den jungen Bäumen zur Verfügung steht (NAMBIAR und SANDS 1993; IRRGANG 1999; COLL et al. 2003) und limitieren die Aufnahme von Stickstoff (COLL et al. 2004). IRRGANG (1999) stellte anhand von Messungen der Bodenfeuchtigkeit und der Transpiration in Kiefernwäldern Brandenburgs fest, dass eine vollständig mit *Calamagrostis epigejos* bedeckte Fläche unter Kiefernschirm für 15 bis 45 % der Gesamttranspiration verantwortlich war. In einem anderen Fall beeinflusste die flächig vorhandene, aus Krautarten bestehende Bodenvegetation das Wachstum und Überleben junger Buchen kaum, während es bei Graskonkurrenz unter freiem Himmel zu erheblichen Ausfällen kam (COLL et al. 2003; COLL et al. 2004).

Der Deckungsgrad der Bodenvegetation ist daher nicht der einzige Weiser, wenn die von der Bodenvegetation ausgehende Konkurrenz korrekt eingeschätzt werden soll. Vielmehr ist auch die Artenzusammensetzung der Bodenvegetation entscheidend.

Auch wenn nicht in allen Studien ein direkter Zusammenhang zwischen der Dichte der Bodenvegetation und Mäusefraß nachgewiesen werden konnte (z. B. OTT 2002), zieht in vielen Fällen ein dichter Grasfilz das Auftreten der forstlich wichtigsten Wühlmausart, der Erdmaus, nach sich (MÜLLER-KROEHLING 2000). Da sie Beschattung durch Gehölze weitgehend meidet, sind sich rasch entwickelnde Pionierbaumarten zur Vermeidung von Grasfilzdecken, die den Hauptlebensraum der Erdmaus darstellen, besonders bedeutsam (MÜLLER-KROEHLING 2000).

Fazit für die waldbauliche Praxis:

- ◆ Einschätzung der zu erwartenden Entwicklung der Bodenvegetation in Abhängigkeit des Standorts vornehmen: bei mittleren und nährstoffarmen Standorten kann eher auf Naturverjüngung gewartet werden als auf basenreichen.
- ◆ Finden sich zum Zeitpunkt der Kahllegung Arten, die im Hinblick auf das Verjüngungsgeschehen (Grasarten, Brombeere) problematisch sind, muss deren Massenvermehrung erwartet werden, dann sofort pflanzen.
- ◆ Ist keine Naturverjüngung zu erwarten und ist die Bodenvegetation noch nicht etabliert, möglichst umgehend pflanzen oder säen.

4.1.7 Verbiss

Der im Hinblick auf die Verjüngungsentwicklung wesentlichste Faktor ist unabhängig von der Art der Bestandesbegründung der Schalenwildverbiss, der zum Ausfall bestimmter Baumarten, zu einer Verschiebung der Konkurrenzverhältnisse zwischen den Baumarten bis hin zur Entmischung, zu Wuchsverzögerungen und Qualitätseinbußen führen kann (GILL 1992; Ammer 1996; GILL und BEARDALL 2001). Vor allem im Winter werden innerhalb einer Baumart die schnellwüchsigen Pflanzen stärker verbissen als die langsamwüchsigen (KECH und LIESER 2006). So verwundert es nicht, dass OTT (2002) bei der Analyse von Buchenkulturen auf Schadflächen feststellte, dass Verbiss eine wesentliche Ursache für die hohen Ausfälle war. Nach ROHMEDER (1948) darf sich die Baumartenwahl bei der Kahlflächenaufforstung nicht an der Höhe des vorhandenen Wildstandes bestimmen; im Gegenteil: die vorgesehene Baumart müssen die tolerierbare Wilddichte vorgeben.

Insgesamt zeigte sich bei der Wiederbewaldung von Sturmwurfflächen, dass anspruchsvolle Programme zur Einbringung von Laubbäumen häufig verstärkte Probleme mit Wildschäden nach sich ziehen (WEIDENBACH 1991 a und b). Die Belastung der Wälder durch Wildverbiss ist dabei regelmäßig höher als zunächst erwartet (HUSS 2001). Dies deutet sich auch aus den Erhebungen im Projektgebiet an, bei denen festgestellt wurde, dass 85 % aller Flächen mit Naturverjüngung unter starkem bzw. extremem Verbiss zu leiden haben.

Die Rehwildbestände müssen so reguliert werden, dass die berechtigten Interessen der Forstwirtschaft auf Schutz gegen Wildschäden, wie sie auch das Bayerische Waldgesetz (Art. 1 Abs. 2 Ziffer 2 BayWaldG) im Grundsatz Wald vor Wild vorsieht, voll gewahrt bleiben.

Als Gegenmaßnahme zum Wildverbiss kommt demnach in erster Linie eine drastische Erhöhung des Abschusses in Frage. Diese Einschätzung teilen eine Vielzahl von Autoren (vgl. z. B. WEIDENBACH 1991 a; SCHÖLCH et al. 1994; ANGST et al. 2000). Kann dies nicht durchgesetzt werden oder ist auf Grund der herrschenden Verhältnisse nicht damit zu rechnen, dass die Schalenwildbestände entsprechend reguliert werden können, muss auf Schutzmaßnahmen zurückgegriffen werden (SEITSCHEK 1991 b). In diesen Fällen ist die Möglichkeit, mit Naturverjüngung zu arbeiten, häufig stark eingeschränkt und setzt Zaunbauten voraus (LÄSSIG et al. 1995). CSAPEK (2001) fand bei der Untersuchungen zur natürlichen Wiederbewaldung von Sturmwurfflächen, dass sich Zielbaumarten innerhalb von

Zäunen wesentlich häufiger einfanden als außerhalb. Im Zuge der Beratung sollten die Waldbesitzer darüber informiert werden, welche Zusatzkosten sich für sie durch die Notwendigkeit zur Zäunung ergeben⁴.

Müssen Zäune z. B. bei flächiger Begründung von Eichenkulturen errichtet werden, ist darauf zu achten, dass Bäume, die auf Grund ihres Standpunktes oder ihrer Einzelbaumstabilität den Zaun beschädigen könnten, rechtzeitig entfernt werden. Bei einer hohen Verbissbelastung durch Schalenwild wird zur Vermeidung des Zauns häufig die Verwendung von Großpflanzen empfohlen. Dies bringt jedoch eine Reihe von Nachteilen mit sich (siehe Ziffer 10). Eine andere Möglichkeit, die sich in der Praxis aber in vielen Fällen nicht bewährt hat, stellt die Verwendung von Wuchshüllen dar (siehe z. B. ZIESLING 1991).

Bei der Bewertung von Verbissbefunden ist zu beachten, dass die Wirkung der Verbissbelastung abhängig ist von der Verweildauer in der verbissgefährdeten Zone (KENNEL 2000). Mit zunehmender Dauer in dieser Zone sinkt die Überlebenswahrscheinlichkeit der betroffenen Pflanze (KENNEL 1999).

Fazit für die waldbauliche Praxis:

- ◆ Mit der Entstehung von Kahlflächen ist ohne regulierende Eingriffe ein Anstieg der Rehwildpopulation zu erwarten;
- ◆ Waldbesitzer auf finanzielle Belastung durch Zaunbau hinweisen;
- ◆ auf markante Abschusserhöhung hinwirken;
- ◆ Einschätzung der Verbissituation und Abschätzung des Verbissrisikos für jede Baumart, die sich für die Wiederbestockung der Fläche eignet;
- ◆ Festlegung eventueller Verbiss- und/oder Fegeschutzmaßnahmen (Zaun (Z), Einzelschutz (E), Fegeschutz (F), andere (A) wie z. B. Wuchshüllen⁵).

4.1.8 Unterstützende Maßnahmen

Eine vor allem den Saaterfolg bzw. das Ankommen von Naturverjüngung in Mastjahren erleichternde Maßnahme ist die Bodenbearbeitung (vgl. BURSCHEL 1961; BONNEMANN und BURSCHEL 1967; WICKEL et al. 1998; ANGST et al. 2000), die den Fruch-

ten bereits während der Keimung einen Mineralbodenanschluss ermöglicht. Dies ist insbesondere im Hinblick auf Trockenheit im Frühjahr von besonderer Bedeutung.

Nicht bewährt hat sich dagegen die gelegentlich propagierte Bodendeckung von Kahlflächen durch landwirtschaftliche Hilfspflanzen (REINECKE 1990). So beschleunigen die meisten Verfahren zu ihrer Einbringung die Mineralisation (MELLERT et al. 1998). Zudem sind die Hilfspflanzen nach den Untersuchungen von LINKE und ROLOFF (1995) nicht in der Lage, nachhaltig eine nährstoffreiche Blattstreu zu bilden. Sie stehen damit der Etablierung walddtypischer Krautarten eher im Wege, was zur Dominanz von Gräsern führt (LINKE und ROLOFF 1995).

4.1.9 Saat

Die Natur pflanzt nicht, sie sät (OTTO 2001). Die Saat ist daher eine sehr naturnahe Art der künstlichen Bestandesbegründung. Sie hat gegenüber der Pflanzung insbesondere folgende Vorteile:

- ◆ Hohes Potenzial einer natürlichen Selektion;
- ◆ Vermeidung von Wurzeldeformationen oder anderen Fehlern, die sich durch unsachgemäße Pflanzen ergeben;
- ◆ Möglichkeit der Wildlingsgewinnung;
- ◆ in der Regel geringere Kosten.

Die Saat sollte daher der Pflanzung wo immer möglich vorgezogen werden (MÖBNANG et al. 2000). Für eine Saat auf der Freifläche eignet sich die Eiche, bei Voranbau unter Fichte auch die Buche und die Weißtanne. Für die Begründung von Vorwäldern kommt auch die Schneesaat von Birke in Frage (hierzu siehe HARTIG und LEMKE 2002). Auf Freiflächen sollte nach ROHMEDE (1948) und MÖBNANG et al. (2000) nicht gesät werden, wenn:

- ◆ die Böden schwer, nass oder sehr trocken sind;
- ◆ die Fläche bereits mit Bodenvegetation bedeckt ist; dies bedeutet, dass Saaten vor allem im ersten Jahr nach dem Entstehen der Kahlflächen in Frage kommen.

Für die Saat ist wie für die Pflanzung die einwandfreie Herkunft des Saatguts eine wichtige Vorbedingung (ROHMEDE 1948). Dies bedeutet nicht nur, dass das Saatgut aus zugelassenen Ernte-

⁴ So müsste z. B. ein Waldbesitzer, der eine Fläche von einem Hektar zäunt und dafür 2.000 aufwendet (die er auch anderweitig hätte anlegen können) vom Jagdpächter zum Ausgleich dieser Kosten jährlich 66 € (bei 3 % Zinsen) bzw. 84 € (bei 4 % Zinsen) erhalten, um am Ende der Betrachtungsperiode (im Beispiel 80 Jahre) finanziell nicht schlechter dazustehen als ohne den Zaunbau. Die genannten Beträge liegen deutlich über der üblicherweise bezahlten Jagdpacht/ha.

⁵ Die Abkürzungen beziehen sich auf Tabelle 6 in Kapitel 4.2.

beständen stammen sollte, sondern auch, dass Informationen zum Erntejahr, zur Reinheit und zur Keimfähigkeit vorliegen und es sachgerecht vorbehandelt ist (vgl. RÖHRIG et al. 2006). Näheres, insbesondere zum Inverkehrbringen von Saatgut, ist dem Forstvermehrungsgutrecht zu entnehmen.

Der eigentlichen Saat geht insbesondere auf der Freifläche eine Bodenbearbeitung voraus (NÜBLEIN 1978; RIPKEN 1979; FLEDER 1981). Dabei wird entweder auf Saatplätzen oder in Saatrillen der Mineralboden freigelegt. Dies kann händisch oder durch von Pferden bzw. Zugmaschinen gezogene Geräte geschehen. Einige Aggregate verbinden diesen Arbeitsschritt gleich mit der eigentlichen Saat (siehe NÖRR 2004). Bei der Buchensaat im Rahmen des Umbaus von gefährdeten Fichtenbeständen ist eine sorgfältige Auswahl der für eine Saat geeigneten Flächen dringend erforderlich (gut wasserversorgte Böden, keine Freiflächen, keine Konkurrenzvegetation, ausreichende Auflichtung, stabile Altbestände).

Die wichtigsten Gesichtspunkte bei der Planung von Buchen- bzw. Eichensaat sind in Tabelle 4 zusammengefasst.

Nähere Informationen zu Eichensaat finden sich bei ROHMEDER 1948; NÜBLEIN 1978; RIPKEN 1979; FLEDER 1981; SCHIRMER et al. 1999; GOTTFRIEDSEN 2002. Für die Buchensaat sei auf die zusammenfassende Darstellung von NÖRR (2004) und das LWF-Merkblatt Nr. 16 (Juli 2004) verwiesen. Detaillierte Beschreibungen von Praxiserfahrungen finden sich bei GOMMEL (1994) und BAUMHAUER (1996). Versuchsergebnisse berichten LEDER (1998), AMMER et al. (2001 und 2002) und LEDER et al. (2003).

Fazit für die waldbauliche Praxis:

- ♦ Die Saat ist eine sehr naturnahe und kostengünstige Art der Wiederbewaldung (z. B. Eiche) und des Vorbaus (z. B. Buche);

- ♦ Saaten sind nicht in allen Fällen erfolgversprechend (gebunden an das Vorhandensein von Saatgut, nur ohne bereits etablierte Konkurrenzvegetation sinnvoll, Bodenbearbeitung z. T. erforderlich) und machen daher eine sorgfältige Planung notwendig;
- ♦ die sachgemäße Durchführung von Saaten erfordert Erfahrung in der Anwendung dieser Technik.

4.1.10 Pflanzung

Bevor sich die Frage nach dem Pflanzsortiment, der Pflanzenzahl und dem Pflanzverfahren stellt, sollte geprüft werden, inwieweit vorhandene Naturverjüngung übernommen werden kann. Das übliche Verfahren bei der Wiederbewaldung von Kahlflecken ist die flächige Pflanzung. Die für die Förderung relevante Richtschnur für die erforderlichen Pflanzenzahlen ist der „Wegweiser für den bayerischen Waldbesitzer Kulturbegründung und Jungbestandspflege“ vom November 2005.

Hierbei ist zunächst die Frage nach der Wahl des richtigen Sortiments zu klären. Für Großpflanzen spricht nach HUSS (1991) das rasche und sichere Überwinden der Konkurrenz von Seiten der Bodenvegetation und die geringere Gefährdung durch das Wild sowie der Möglichkeit, weitere Pflanzabstände zu wählen. BORCHERT et al. (2003) stellten allerdings insbesondere bei Bergahorn und Esche bei der Verwendung von Heistern hohe Ausfallquoten fest. Dies unterstreicht die Notwendigkeit, gerade dieses Sortiment besonders sorgfältig zu pflanzen. Im übrigen eignen sich nicht alle Baumarten für eine Pflanzung als Heister in gleicher Weise. In waldbaulichen Sondersituationen (starke Konkurrenz durch Bodenvegetation und/oder Verbiss) sind Großpflanzen allerdings oft die einzige realistische Alternative. Dem stehen die bei diesem Sortiment gehäuft auftretenden Wurzel-

	Eiche (Freifläche)	Buche (Vorabau)
Saatgutmenge	400 (300 – 750 kg/ha)*	60 (30-120 kg/ha)*
Saatort	Rille oder Platz	Rille oder Platz
Rillenabstand	120-150 cm	150 cm
Plätze	0,5 m ² Größe, Abstand 2x1 m	0,5 m ² Größe, Abstand 2x1,5 m
Saattiefe	4-8 cm	2-4 cm
Saatzeitpunkt	Herbst oder Frühjahr	Frühjahr**
Kosten	2.000-4.000 €/ha	2.300-5.000 €/ha

* Angaben in der Literatur schwanken erheblich

** nach sachgerechter Vorbereitung (vgl. LUDWIG 2004)

Tab. 4: Buchen- und Eichensaat

deformationen entgegen. Fällt die Entscheidung auf Grund der Rahmenbedingungen dennoch für Großpflanzen, ist zwingend folgendes zu beachten (MÖßNER et al. 2000):

- ◆ ausschließlich Verwendung hochwertiger, d. h. frischer, gesunder, vitaler Pflanzen mit einem ausreichenden Wurzelsystem;
- ◆ ein optimal an die Größe der Wurzel angepasstes Pflanzverfahren (keine Winkelpflanzung, nach Möglichkeit keine Bohrverfahren);
- ◆ ein fachgerechter, äußerst zurückhaltend geführter Wurzelschnitt;
- ◆ eine überaus sorgfältige Pflanzung, so hat sich in den Untersuchungen von NÖRR (2000 und 2003) gezeigt, dass sich bei vorschriftsmäßiger Pflanzung die Häufigkeit von Wurzeldeformationen drastisch verringerte.

Detaillierte Hinweise zur Vermeidung von Wurzeldeformationen und Ausfällen nach Pflanzung finden sich im LWF Merkblatt 18 (Juni 2005) bzw. im Heft LWF-aktuell Nr. 23 (März 2000). Hinweise auf die sachgerechte Verwendung von Wildlingen geben NÖRR et al. (2002) und das LWF-Merkblatt Nr. 8. Bei der Wiederbewaldung von Sturmschadensflächen haben sich in der Praxis folgende Sortimente und Pflanzverbände bewährt (MOSER 1994):

- ◆ Eiche 2/0 50/80, 2 x 1 m, jede dritte Reihe Hainbuche,
- ◆ Douglasie 1/2 50/80, 4 x 3 m,
- ◆ Bergahorn,
- ◆ Esche 1/2 80/120, 3 x 1,5 m.

Neben der flächigen Pflanzung kommt die Trupppflanzung⁶ in Betracht. Eine endgültige Bewertung der Tauglichkeit der Trupppflanzung steht allerdings noch aus. Daher wird die flächige Pflanzung von den meisten Autoren nach wie vor empfohlen. Trupps sind vermutlich vor allem dann sinnvoll, wenn sich bereits übernahmewürdige Naturverjüngung eingefunden hat. Eine Förderung der Trupppflanzung ist nicht möglich.

Fazit für die waldbauliche Praxis:

- ◆ Pflanzensortiment und Pflanzenzahl in Abhängigkeit der örtlichen Verhältnisse festlegen;
- ◆ im LWF-Merkblatt Nr. 18 zusammengefasste Grundsätze für eine sachgerechte Pflanzung beachten;
- ◆ das Pflanzverfahren nach der Wurzelgröße ausrichten und nicht umgekehrt;
- ◆ Großpflanzen nur wenn keine andere Wahl möglich (Pflanzen so groß wie nötig, so klein wie möglich);
- ◆ Trupppflanzung für Sondersituationen.

4.1.11 Baumart

Hinsichtlich der abschließenden Entscheidung über die Art der künftigen Bestockung müssen alle in den Kapiteln 4.1.1 bis 4.1.10 genannten Faktoren gegeneinander abgewogen werden. Dies kann zum Beispiel bedeuten, dass eine aus standörtlicher Sicht dringend zu empfehlende Baumart verworfen werden muss, da sie auf Grund ihrer Ökologie für die tatsächliche Situation nicht geeignet erscheint. So hat sich z. B. die Pflanzung der Buche auf Freiflächen nicht bewährt (VON LÜPKE 1987; BERGMANN 1994; EDER und LANGSHAUSEN 2001), da die Triebe nicht ausreichend verholzen und es regelmäßig auch bei dichter Begründung zu einer mehrfachen Verzweiselung kommt (LE TACON 1985). Auch wenn der Standort eine Buchenbestockung nahe legt, muss in diesem Fall davon abgewichen werden. In gleicher Weise müssen vorhandene Naturverjüngungsansätze in die letztendlich gegebene Empfehlung einbezogen werden. Schließlich muss bei den grundsätzlich empfohlenen Baumartenmischungen darauf geachtet werden, ob und inwieweit sich die Standortansprüche der Baumarten mit dem Alter ändern bzw. inwieweit sie in ihrer Wuchsdynamik zusammenpassen. So sind Buchen in der Phase des Anwuchses wesentlich eher durch sommerliche Trockenheit gefährdet als einige Jahre später. Ein weiteres Beispiel ist die Eiche, deren Lichtbedürftigkeit nach den Untersuchungen von

⁶ Unter einem Trupp ist nach GÖCKEL (1995) eine bepflanzte Fläche von etwa 7x7 m zu verstehen, in der z. B. Eiche im Abstand von 1x1 m gepflanzt wird. Die Trupps weisen einen Abstand von 11 bis 13 m auf (ergibt ca. 80 Trupps pro ha). Durch Anwendung dieses Schemas werden nur rund 40 % der Fläche bepflanzt. Falls die Trupps kleiner gewählt werden oder weiter voneinander entfernt sind, steigt dieser Wert auf 60 bis 70 %. Dies bedeutet erhebliche Kostenvorteile bei der Bestandesbegründung (GÖCKEL et al. 2001). Aus jedem Trupp soll mittelfristig ein vitaler und qualitativ guter Auslesebaum hervorgehen. Dies scheint nach ersten Untersuchungen älterer Trupppflanzungen durchaus auch der Fall zu sein (GÖCKEL et al. 2001). Bei Pflanzen unter 120 cm ist Verbißschutz auch bei der Trupppflanzung dringend anzuraten (EHRING und KELLER 2006). Zu beachten ist auch, dass die Pflanzung in Trupps ebenso wie die nachfolgende Pflege einen gewissen Mehraufwand bedeutet, da sie ausgesteckt bzw. einige Zeit dauerhaft markiert werden müssen (EHRING und KELLER 2006). Nicht bewährt hat sich nach den Untersuchungen von WEINREICH und GRULKE (2001) dagegen die Nesterpflanzung. Dabei werden 20 bis 25 Bäume in 5 bis 8 m voneinander entfernten „Nestern“ (entspricht 150-200 Nester pro ha) von nur 1-2 m² ausgebracht. So hat sich gezeigt, dass der enge Pflanzverband nicht, wie erhofft, vor Wildverbiss oder Klimaextremen schützt (WEINREICH und GRULKE 2001). Auch die Qualitätsentwicklung entsprach nicht den Erwartungen (NUTTO 2000).

LÜPKE und HAUSKELLER-BULLERJAHN (2004) im Vergleich zur Buche mit zunehmendem Alter deutlich zunimmt. Ähnliches gilt z. B. für die Elsbeere.

Die Abwägung der in den Kapiteln 4.1.1 bis 4.1.10 zusammengestellten Befunde erfordert ein fundiertes Wissen über die Ökologie möglicher, sowohl einheimischer wie auch fremdländischer Baumarten und ihr - soweit absehbar - wirtschaftliches Potenzial. Sie setzt damit eine Beratung durch qualifiziertes Forstfachpersonal voraus.

Einer der wenigen generell gültigen Grundsätze, insbesondere vor dem Hintergrund des sich rasant wandelnden Klimas (KRIEBITZSCH et al. 2005; KALKUHL und FALK 2005), ist, eine ausreichend große Fläche vorausgesetzt, die Forderung, Mischbestände zu begründen. In der Vergangenheit wurde die Vorteilhaftigkeit von Baumartenmischungen, die der Münchener Waldbauprofessor KARL GAYER schon zum Ende des 19. Jahrhunderts propagierte (GAYER 1886) meist aus ökologischen Gründen empfohlen. Mit den Untersuchungen von KNOKE (KNOKE 2005; KNOKE et al. 2005) liegen erstmals auch Studien vor, die nachweisen, dass Mischbestände auch unter ökonomischen Aspekten insbesondere dann zu empfehlen sind, wenn Faktoren berücksichtigt werden wie die unterschiedliche Empfindlichkeit von Baumarten gegenüber biotischen und abiotischen Schäden oder Schwankungen in den Holzpreisen, die für eine Baumart erzielt werden. Auf Grund der besonderen Bedeutung ökonomischer Aspekte bei der Privatwaldberatung sind die wichtigsten Aussagen zur wirtschaftlichen Vorteilhaftigkeit von Baumartenmischungen einer Publikation von KNOKE (2005) mit plakativen Beispielen im Anhang wiedergegeben.

Fazit für die waldbauliche Praxis:

- ◆ Abwägung standörtlicher Vorgaben und tatsächlicher Verhältnisse erfordert forstfachliche Kenntnisse;
- ◆ Mischung wo immer möglich, weil ökologisch und ökonomisch sinnvoll.

4.2 Checklisten

Die nachfolgenden Checklisten (Tabellen 4, 5 und 6) dienen dazu, unter Beachtung der in den Kapiteln 4.1.1 bis 4.1.10 zusammengestellten Grundlagen durch eine Ansprache der Situation vor Ort zu einer ökologisch fundierten, zugleich aber auch die Wünsche und Möglichkeiten des Waldbesitzers berücksichtigenden Beratungsempfehlung zu kommen. Ein Beispiel wie die Checklisten ausgefüllt werden sollten, findet sich im Anhang. Die Checklisten gliedern sich in drei Teile:

- a) Baumartenwahl
- b) Verfahren der Bestandesbegründung
- c) Ergebnis

a) Baumartenwahl (Tabelle 5)

Diese Checkliste soll es ermöglichen, auf standörtlicher Grundlage und anderer die Baumartenwahl bestimmender ökologischer Faktoren (z. B. Ausgangsbestand, Lage) sowie den Präferenzen des Waldbesitzers die in Frage kommenden Baumarten für die Wiederaufforstung oder den Voranbau einzuengen. In diesem Schritt soll geklärt werden, welche Baumarten grundsätzlich in Frage kommen.

b) Verfahren der Bestandesbegründung (Tabelle 6)

Sind die in Frage kommenden Baumarten bestimmt, sollen Hinweise auf das jeweils zielführende Verfahren zur Bestandesbegründung gewonnen werden. Dazu ist eine Einwertung des Naturverjüngungspotenzials (vgl. Abbildung 24), der Verbissituation und der Vor- und Nachteile von verschiedenen Verfahren der Bestandesbegründung notwendig.

c) Ergebnis

In diesem Teil sollen mögliche Alternativen zusammengefasst werden, die es dem Waldbesitzer erlauben, eine Entscheidung über das weitere Vorgehen zu treffen.

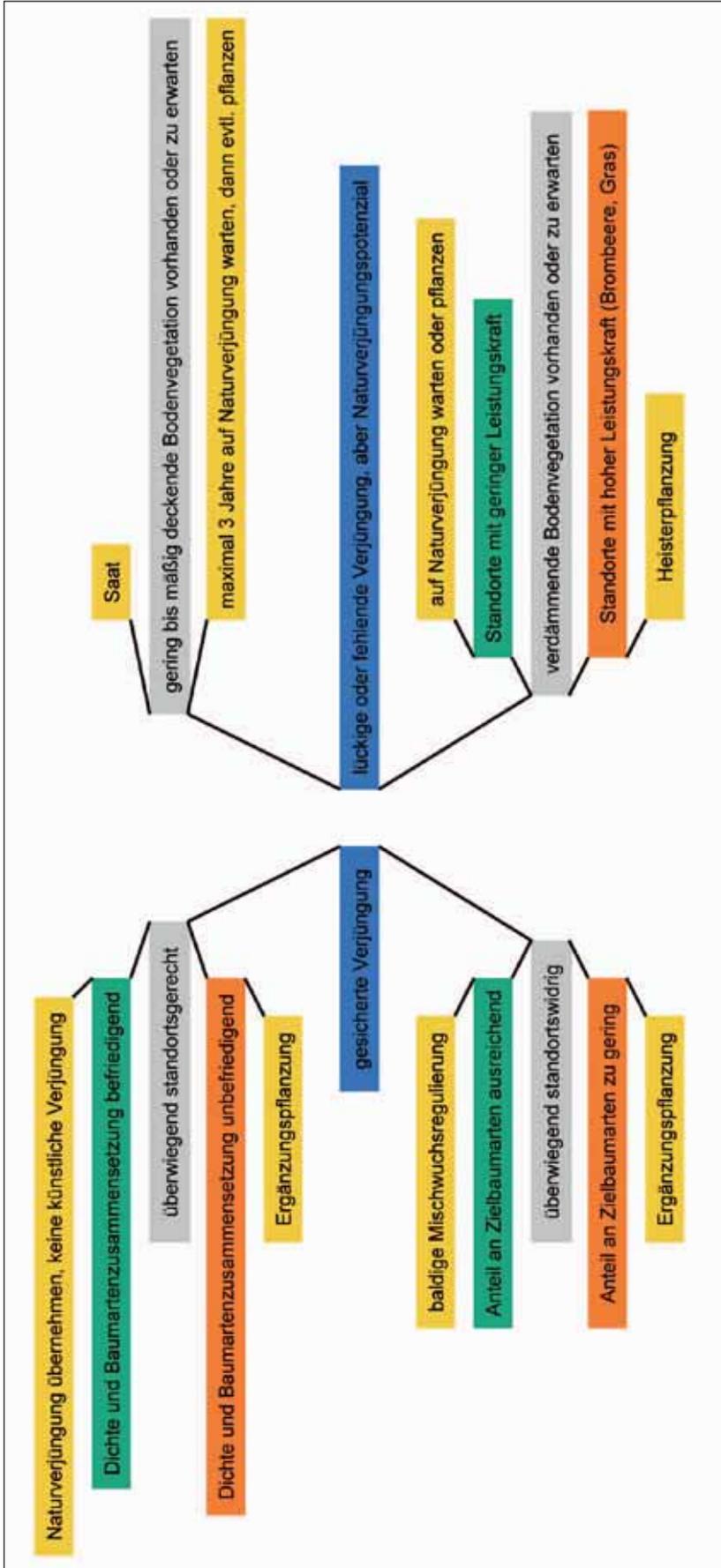


Abb. 24: Entscheidungshilfe zur Wahl geeigneter waldbaulicher Maßnahmen zur Wiederbewaldung von Borkenkäferschadflächen bei vorhandenem Naturverjüngungspotenzial (verändert nach ALDINGER und MICHELIS 2001)

	Fichte			Buche			Eiche			Kiefer		
Standort (s. Kap. 4.1.1)	> 50	< 30	aZ	> 50	< 30	aZ	> 50	< 30	aZ	> 50	< 30	aZ
Bestandesränder Altbestandsrest, Über- schirmung (s. Kap 4.1.2)												
Frosttoleranz (s. Kap 4.1.3)												
Wunsch Waldbesitzer (s. Kap 4.1.4)												
	Esche			Bergahorn			Weißtanne			Douglasie		
Standort (s. Kap. 4.1.1)	> 50	< 30	aZ	> 50	< 30	aZ	> 50	< 30	aZ	> 50	< 30	aZ
Bestandesränder Altbestandsrest, Über- schirmung (s. Kap 4.1.2)												
Frosttoleranz (s. Kap 4.1.3)												
Wunsch Waldbesitzer (s. Kap 4.1.4)												
	SAh. Kir. Elsb.			Birke								
Standort (s. Kap. 4.1.1)	> 50	< 30	aZ	> 50	< 30	aZ	> 50	< 30	aZ	> 50	< 30	aZ
Bestandesränder Altbestandsrest, Über- schirmung (s. Kap 4.1.2)												
Frosttoleranz (s. Kap 4.1.3)												
Wunsch Waldbesitzer (s. Kap 4.1.4)												

Tab. 5: Checkliste zur Baumartenwahl (siehe Kap. 4.1.1 bis 4.1.4); eine Baumart soll dann angekreuzt werden, wenn das betreffende Kriterium für ihre Berücksichtigung als führende Baumart (>50), als dauerhafte Beimischung (<30) oder als Mischung auf Zeit (aZ) spricht.

Naturverjüngung vorhanden oder zu erwarten?														
Baumart														
Kriterium	ja	nein												
NVJ vorhanden? (s. Kap 4.1.5)														
Ausgangsbestand (s. Kap 4.1.5)														
Bodenvegetation (s. Kap 4.1.6)														
Schadflächengröße (s. Kap 4.1.5)														
Alter der Schadfläche (s. Kap 4.1.5)														
Macht die Verbissituation Schutzmaßnahmen erforderlich?														
Baumart														
	ja	nein												
Verbiss (s. Kap 4.1.7)														

Baumart	Aus Naturverjüngung	Aus Naturverjüngung nein				Verbisschutzmaßnahmen erforderlich ja								
	Unterstützende Maßnahmen (s. Kap 4.1.8)	Saat (s. Kap 4.1.9)	Pflanzung (s. Kap 4.1.10)		Z					E	F	A		
			normal	Heister		Trupp	Fläche							

Tab. 6: Checkliste zur Wahl der Art der Bestandesbegründung (siehe Kap. 4.1.1 bis 4.1.10)

Alternativen	Baumarten	Art der Verjüngung	Zusätzliche Maßnahmen	Entscheidung
1				
2				
3				

Tab. 7: Zusammenfassung der Ergebnisse von Tabelle 5 und 6 als Grundlage für eine Entscheidung zum waldbaulichen Vorgehen

5 Ausblick

5.1 EDV-gestützte Entscheidungshilfe

Grundsätzlich könnte die Entscheidungsfindung durch den Waldbesitzer im Rahmen des Beratungsgesprächs mit dem forstfachlichen Personal durch eine geeignete Software unterstützt werden. Bei der von der LWF in Zusammenarbeit mit einem professionellen Anbieter derzeit in Entwicklung befindlichen Testversion einer EDV-gestützten Beratungshilfe gelten folgende Grundsätze:

- ◆ Bündelung des Wissens für die waldbauliche Beratung, dabei soll das Instrument die Beratung vor Ort durch das Forstfachpersonal nicht ersetzen, sondern unterstützen;
- ◆ Sicherstellung einer mehr oder weniger einheitlichen Beratungsempfehlung, d. h. bei vergleichbaren Ausgangssituationen werden ähnliche Ergebnisse erzielt;
- ◆ Transparenz der Entscheidungswege; es wird dokumentiert, auf Grund welcher Kriterien eine Empfehlung ausgesprochen wird und ob es vergleichbar günstige Handlungsalternativen gibt;
- ◆ das zugrundeliegende Fachwissen im System ist hinterlegt und kann vom Berater abgerufen (ausgedruckt) werden;
- ◆ die Empfehlungen gründen sich stets auf die Berücksichtigung verschiedener Faktoren;
- ◆ die Einflussfaktoren können individuell unterschiedlich stark gewichtet werden;
- ◆ digital vorliegende Informationen sollen über das System direkt abrufbar und nutzbar sein;
- ◆ die Beratungshilfe soll über das Internet verfügbar sein, es ist keine Programminstallation notwendig. Aktualisierungen werden an zentraler Stelle vorgenommen und sind dann allgemein verfügbar;
- ◆ die tatsächlich ausgesprochenen Beratungsempfehlungen können gesammelt und zu Evaluierungen genutzt bzw. zur Weiterentwicklung der Beratungshilfe ausgewertet werden.

5.2 Ansätze für eine methodische Weiterentwicklung zur Erfassung von Flächendaten

Zur Ermittlung der Lage und Ausdehnung der Kalamitätsflächen sowie für die Zustandsanalyse

und die Ableitung von Behandlungsempfehlungen kamen im Rahmen dieser Studie verschiedene Technologien und Daten aus Geographischen Informationssystemen, der Positionsbestimmung mittels GPS und der Fernerkundung zum Einsatz. Dabei mussten auf Grund der knappen Zeitvorgaben sowie einer heterogenen oder unzureichenden Datenbasis unterschiedliche Wege beschritten werden. Für einen zügigen Fortschritt der Flächenerfassung wurde daher sowohl mit GPS-Vermessung als auch mit analogen Kartiervorlagen gearbeitet. Eine denkbare digitale Bestandsaufnahme aus den Orthophotos der Bayernbefliegung war mangels Aktualität der Bilder und des nicht ausreichenden Informationsgehalts der Daten nicht möglich. Hinderlich war zudem, dass auch andere wichtige Datengrundlagen wie z. B. Standortdaten aus dem Privatwald nicht flächendeckend digital zu Verfügung standen.

Die modernen Informationstechnologien bieten zahlreiche Möglichkeiten, ähnlich gelagerte Aufgaben effizient zu lösen. Aus diesem Grund werden im folgenden das gewählte Vorgehen und alternative Methoden diskutiert und vergleichend bewertet.

a) Mögliche Wege der Zustandserfassung sind zum Beispiel:

- ◆ *Terrestrische Flächenerfassung mittels mobiler GPS-gestützter Systeme*

Wie eingangs erwähnt, kamen zur Erfassung der Kalamitätsflächen zwei Methoden zum Einsatz (siehe Tabelle 8). Mit diesen Methoden wurde zwar eine zügige Bestandsaufnahme erreicht, die erhobenen Geoinformationen waren jedoch von sehr unterschiedlicher Qualität. Dies gilt insbesondere für die „low-cost“-Methode, die allenfalls für eine erste Übersicht geeignet erscheint.

Ein optimales Vorgehen in der terrestrischen Flächenerfassung ließe sich durch den Einsatz GPS-gestützter, mobiler Datenerfassung erreichen, was im Rahmen der Studie mangels Zeit und fehlender technischer Ressourcen nicht erfolgen konnte. Die entsprechenden Geräte werden den Ämtern für Landwirtschaft und Forsten in Bälde zur Verfügung stehen. Je nach GPS-Empfängerleistung und Einsatz von differentiellem GPS (dGPS) könnte hiermit eine relativ

Art der Erfassung	Kurzbeschreibung	Bewertung
„low-cost“ GPS (z. B. Garmin)	<p>Verfahren der Einmessung mit kostengünstigen GPS-Empfängern aus dem Freizeitsektor mittlerer bis geringer Genauigkeit; Einzelpositionen werden als Punktkoordinate gespeichert, ausgelesen und können ins GIS überspielt werden.</p> <p>Die Größe der Flächen musste hierbei geschätzt werden; für die weitere Verarbeitung wurden über Pufferung der Punkteinformation die Flächengrößen geographisch simuliert.</p>	<p>+ günstig, Gerätepreis ab 130,- €</p> <p>+ kurze Einarbeitungszeit (10 min)</p> <p>– liefert nur Punktinformation!</p> <p>Bei kleinen Käferlöchern bis ca. 0,5 ha ist diese Information ausreichend. Bei großen Flächen ist dieses Verfahren ungeeignet, da Flächen nicht berechnet und dargestellt werden können.</p> <p>– alle Flächen müssen für die Erfassung aufgesucht werden</p>
Einzeichnen der Flächen in Luftbildkarten	<p>Revierleiter zeichnen bei dieser Methode die Schadflächen möglichst genau in Kartiergrundlagen ein, in denen die Orthophotos und die digitalen Flurkarten zur Orientierung hinterlegt werden. An der LWF werden die gezeichneten Flächen digitalisiert.</p>	<p>+ schneller Arbeitsfortschritt, da RL auch „aus dem Kopf heraus“ die Flächen einzeichnen kann</p> <p>+ vergleichsweise hohe Genauigkeit im Vergleich zu Schätzungen der Flächengrößen</p> <p>+ einfache Digitalisierung an der LWF</p> <p>– vergleichsweise hoher Aufwand beim Erstellen der Luftbildkarten</p>

Tab. 8: Aufstellung und Bewertung der angewandten Methoden zur Flächenerfassung

exakte Vermessung von Flächen im Gelände vorgenommen werden. Mit Hilfe der integrierten GIS-Software können bereits während der Aufnahme im Gelände ergänzende Sachdaten zu den Flächen, z. B. über den Zustand miterfasst werden.

Die Aufnahme von Kalamitätsflächen in die Arbeitsabläufe der Förderpraxis würde dadurch leicht möglich. Schließlich ist die Erfassung der zu bepflanzen Teilflächen ohnehin die wesentliche Grundlage für die Förderung.

♦ *Erfassung der Befallsflächen mit Hilfe der Fernerkundung*

Zu Beginn der Studie wurden die Möglichkeiten der Fernerkundung für die Flächen- und Zustandserfassung geprüft. Dabei stellte sich heraus, dass eine Erfassung der Flächen aus den Echtfarben-Orthophotos der Bayernbefliegung nicht zielführend ist, da das Datenmaterial auf Grund der Befliegungspraxis (dreijähriger Turnus) nicht aktuell genug ist. Zudem erschweren zahlreiche Schattenwürfe die Interpretation des Bildmaterials.

Auch ein Einsatz von Satellitendaten aus ASTER- oder SPOT-Daten erscheint auf Grund der geringen räumlichen Auflösung dieser Information (je nach Kanal bestenfalls 15 m bzw. 20 m Auflösung) nicht geeignet.

Eine Möglichkeit zur Erfassung der Daten und Interpretation der Strukturverhältnisse auf den Befallsflächen bietet die Aufnahme der Flächen mit Farbinfrarot-Luftbildern und anschließender Stereointerpretation der Flächen. Dabei muss im Rahmen der Anfertigung analoger Farbinfrarot-Luftbilder mit Kosten von 0,6-0,8 €/ha kalkuliert werden. In diesen Kosten ist die Anfertigung von Digitalen Orthophotos mitenthalten.

Diese Methode hat den Vorteil, dass außer der Abgrenzung der Schadflächen (Auflösung 10 - 40 cm) auch eine Zustandserfassung hinsichtlich vorhandener Altbäume, Übershirmung, Entwicklungsphasen, Mischungsformen und -anteile, Baumarten und Vorschädigungen möglich ist. Der Nachteil liegt in einer relativ aufwändigen, visuellen Interpretation im Rahmen einer digitalen, stereoskopischen Auswertung, die die Erstellung eines Interpretationsschlüssels im Vorfeld der Interpretationsarbeiten durch den Interpreten voraussetzt und auch eine stichpunktartige Verifizierung der Ergebnisse vor Ort mit einschließen sollte (Arbeitsgruppe Forstlicher Luftbildinterpreten 2003) und der Notwendigkeit eines hochauflösenden zu Grunde liegenden Gelände- und Oberflächenmodells (FISCHER et al. 2005).

Durch die momentane Umstellung der Befliegungspraxis von analogen hin zu digitalen Aufnahmesystemen zeichnet sich bereits eine deutliche Verbesserung des Bildmaterials hinsichtlich der Kontrastwiedergabe, der Anzahl der erfassten Spektralkanäle und durch die gleichzeitige Aufnahme von Laserscanningdaten eine verbesserte Geländereferenzierung des Luftbildmaterials ab (HEURICH 2006).

Durch die Möglichkeit, mittels Laserscanningdaten neben den optischen Informationen in hoher Präzision (Auflösung ca. 1 m) zusätzliche Gelände- und Oberflächen-Strukturparameter zu erfassen, können bereits aus den Befliegungsdaten nicht nur Schadflächen abgegrenzt werden, sondern über Methoden der Einzelbaumerkennung und der Bestimmung der Höhen der Vegetationsschichten wertvolle Informationen über die aktuelle Situation sowie der potentiellen Weiterentwicklung einer Schadfläche weitgehend automatisiert abgeleitet werden. Erste Untersuchungen hierzu (WEINACKER et al. 2004) lassen vielfältige Einsatzmöglichkeiten für den Forstbereich erkennen, die gerade auch für den Fall der Schadflächenerfassung in Betracht gezogen werden sollten.

Das größte Potenzial der Fernerkundung wird jedoch in der Möglichkeit der regionen- und besitzartenübergreifenden Erfassung von Flächeninformationen durch Entwicklungen im Bereich der Satellitenfernerkundung gesehen. Dies bedeutet, dass statt der bislang gängigen, gebietsbezogenen Befliegung nach Ausschreibung künftig hochauflösende optische und Radar-Systeme wie Rapid Eye oder TerraSAR zum Einsatz kommen könnten, die in der Lage sind, multisaisonale Aufnahmen zum Zwecke einer Erstinventur oder der langfristigen Beobachtung bereitzustellen.

Dies würde eine schnelle, überregionale Zustandserfassung nach Extremereignissen (Windwürfe oder massive Schädlingskalamitäten), aber auch besitzartenübergreifende Inventuren und das Monitoring von Flächenentwicklungen ermöglichen. So kann z. B. eine Klassifizierung von Spot5-Daten im Bereich des kurzweiligen Infrarot Hinweise auf eine erhöhte Käferdisposition von Nadelbäumen geben (FÖRSTER 1988).

b) Mögliche Wege der Datenanalyse, der Parameterextraktion für Entscheidungsunterstützungssysteme und des Daten- und Informationsaustauschs

Um bei der Entwicklung einer Beratungshilfe alle zur Verfügung stehenden Datengrundlagen

ausschöpfen zu können und in eine EDV-gestützte Entscheidungshilfe zu integrieren, sind der Aufbau und die Bereitstellung einer umfassenden forstlichen Informationsbasis erforderlich. Daraus können die Informationen zur aktuellen Ausdehnung der Kalamitätsfläche, den Gelände- und Standortverhältnissen, dem aktuellen Zustand hinsichtlich vorhandener Baumarten, Altbestandsresten, Verbisbelastung, Überschirmung etc. und den daraus resultierenden Entwicklungsmöglichkeiten nach einheitlichen Standards ausgewertet und genutzt werden.

Die Möglichkeiten moderner GIS und relationaler Datenbank-Management-Systeme bei der Verwaltung und Analyse von geographischen Informationen und Sachdaten wurden im Rahmen dieser Studie bereits genutzt. Als problematisch hierbei erwies sich die Verteilung der zur Analyse erforderlichen Datenbestände auf verschiedene Stellen und die oftmals damit verbundenen nutzerrechtlichen Einschränkungen. Im vorliegenden Fall konnten z. B. die digitalen Standortinformationen aus den Privatwäldern nicht genutzt werden, da hierzu das Einverständnis der Waldbesitzer erforderlich ist - eine Bedingung, die unter den aktuell vorliegenden Besitzverhältnissen (siehe Kap. 2.4.1) im Projektgebiet eine wesentliche Einschränkung für eine umfassende und vollständige Zustandsanalyse darstellt und somit auch die daraus abzuleitende Behandlungsempfehlung auf einer unzureichenden Informationsbasis aufsetzt. Bei der Entwicklung eines EDV-gestützten Systems zur Entscheidungsunterstützung für die Behandlung der Kalamitätsflächen müssen für derartige Einschränkungen Lösungen gefunden werden.

In enger Kooperation sollten der Verein für forstliche Standortserkundung und die Forstverwaltung die existierenden Behandlungsempfehlungen oder Baumeignungstabellen inhaltlich abstimmen, damit bei der Entwicklung von EDV-gestützten Lösungen eine Integration der digitalen Standortinformation zumindest in anonymisierter oder abgewandelter Form, bei der keine nutzerrechtlichen Bedenken entgegen stehen, in Betracht gezogen werden kann.

Um die Informationen aus terrestrischen Aufnahmen z. B. im Zuge der forstlichen Förderpraxis in vollem Umfang nutzen zu können, muss der Datenaustausch zwischen einer forstlichen Datenhaltungsstelle und den Ämtern für Landwirtschaft und Forsten standardisiert werden. Entwicklungen, wie sie bereits für das Borkenkäfermonitoring existieren, können hierzu Lösungen bereitstellen (siehe hierzu: www.borkenkäfer.org).

Für den Bereich der Fernerkundung müssen bestehende Kooperationen, z. B. die des GMES (GMES: Global Monitoring for Environment and Security <http://www.dlr.de/rd/rp6/gmes.html>) oder des DeCOVER-Vorhabens (www.de-cover.de) stärker genutzt und ausgebaut werden. Hierzu ist es erforderlich, die Anforderungen an das Datenmaterial der Fernerkundung zu definieren, um die Erstellung von Datendiensten nach forstlich relevanten Gesichtspunkten zu fördern.

Schließlich sollte bei der Weiterentwicklung des Entscheidungsunterstützungssystems daran

gedacht werden, dies so offen anzulegen, dass andere, bereits zur Praxisreife entwickelte Verfahren als ergänzende Module genutzt werden können. So wäre die Erweiterung eines solchen Systems um einen Wachstumssimulator, der die Entwicklung der Flächen nach erfolgreicher Wiederbestockung aufzeigen kann bzw. um Komponenten, die sich für logistische Zwecke bei der Schadholzaufarbeitung eignen, ebenfalls denkbar.

6 Literatur

AMANN, H. (1930): Birkenvorwald als Schutz gegen Spätfröste. Forstwissenschaftliches Centralblatt 52, S. 493-502, 581-592

AMMER, CH. (1996): Impact of ungulates on structure and dynamics of natural regeneration of mixed mountain forests in the Bavarian Alps. Forest Ecology and Management, 88, S. 43-53

AMMER, CH.; DINGEL, C. (1997): Untersuchungen über den Einfluß starker Weichlaubholzkonkurrenz auf das Wachstum und die Qualität junger Stieleichen. Forstwissenschaftliches Centralblatt 116, S. 346-358

AMMER, CH.; MOSANDL, R.; EL KATEB, H. (2002): Direct seeding of beech (*Fagus sylvatica* L.) in Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) stands - effects of canopy density and fine root biomass on seed germination. Forest Ecology and Management 159, S. 59-72

AMMER, CH.; MOSANDL, R.; EL KATEB, H.; STÖLTING, R. (2001): Die Entwicklung von Buchensaaten im Vergleich zu Pflanzungen. Allgemeine Forstzeitschrift/Der Wald 56, S. 1208-1210

AMMER, CH.; ZIEGLER, C.; KNOKE, T. (2005): Zur Beurteilung von intra- und interspezifischer Konkurrenz von Laubbaumbeständen im Dickungsstadium. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 176, S. 85-94

ALDINGER, E.; MICHIELS, H.-G. (2001): Schlussfolgerungen zur natürlichen Wiederbewaldung in Baden-Württemberg aus standortkundlicher Sicht - Kriterien zur Beurteilung der Naturverjüngung auf Sturmwurfflächen. In: HUSS, J.; HEHN, M. (Hrsg.): Wiederbewaldung von Sturmwurfflächen. Waldbauliche Strategien in Forschung und Praxis: Erfahrungen und Empfehlungen. Freiburger Forstliche Forschung, Heft 25, S. 123-131

ANGST, CH.; BRANG, P.; SCHÖNENBERGER, W. (2000): Windwurf im Gebirgswald: Verjüngung abwarten oder nachhelfen? Wald und Holz 10, S. 43-47

ARBEITSGRUPPE FORSTLICHER LUFTBILDINTERPRETEN (2003): Luftbild-Interpretation: Bestimmungsschlüssel für die Beschreibung von strukturreichen Waldbeständen im Color-Infrarot-Luftbild. Schriftenreihe des Landesforstpräsidiums Sachsen, Pirna, 48 S.

BAUMHAUER, H. (1996): Verjüngung durch Saat - ein Beitrag zur Kostensenkung. Allgemeine Forstzeitschrift/Der Wald 51, S. 1192-1194

BAYERISCHER KLIMAFORSCHUNGSVERBUND (Hrsg.) (1996): Klimaatlas von Bayern. Bay-ForKlim c/o Meteorologisches Institut der Ludwig-Maximilians-Universität München, 57 S.

BERGMANN, J.-H. (1994): Buchenaufforstung auf Freiflächen. Der Wald 44, S. 7

BONNEMANN, A.; BURSCHEL, P. (1967): Die Bedeutung der Bodenbearbeitung für das Ankommen der Buchenaturverjüngung. Forstarchiv 38, S. 37-44

BORCHERT, H.; MÄRKL, G.; MÖBNANG, M.; GUGLHÖR, W. (2003): Waldentwicklung auf Sturmwurfflächen von 1990. Unveröffentlichter Abschlussbericht (Projekt V19 II), Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft und Fachgebiet Geobotanik, Technische Universität München. 295 S.

BROSINGER, F. (2001): Waldbauliche Erfahrungen mit der Bewältigung der Sturmschäden von 1990 in Bayern. In: HUSS, J.; HEHN, M. (Hrsg.): Wiederbewaldung von Sturmwurfflächen. Waldbauliche Strategien in Forschung und Praxis: Erfahrungen und Empfehlungen. Freiburger Forstliche Forschung, Heft 25, S. 69-77

- BURSCHEL, P. (1961): Untersuchungen über die natürliche Verjüngung der Buche. Allgemeine Forstzeitschrift 16, S.108-113
- BURSCHEL, P.; BINDER, F. (1993): Bodenvegetation-Verjüngung-Waldschäden. Allgemeine Forstzeitschrift 48, S.216-223
- BUNDESAMT FÜR UMWELT, WALD UND LANDSCHAFT (BUWAL) (2000): Entscheidungshilfe bei Sturmschäden im Wald. Bern, 96 S.
- COLL, L.; BALANDIER, P.; PICON-COCHARD, C. (2004): Morphological and physiological responses of beech (*Fagus sylvatica*) seedlings to grass-induced belowground competition. Tree physiology 24, S.45-54
- COLL, L.; BALANDIER, P.; PICON-COCHARD, C.; PRÉVOSTO, B.; CURT, T. (2003): Competition for water between beech seedlings and surrounding vegetation in different light and vegetation composition conditions. Annals of Forest Science 60, S.593-600
- CSAPEK, G. (2001): Sukzession auf verdichteten bzw. vernässten Standorten. In: HUSS, J.; HEHN, M. (Hrsg.): Wiederbewaldung von Sturmwurfllächen. Waldbauliche Strategien in Forschung und Praxis: Erfahrungen und Empfehlungen. Freiburger Forstliche Forschung, Heft 25, S.55-64
- EDER, W.; LANGSHAUSEN, J. (2001): Waldbauliche Erfahrungen mit der Bewältigung der Sturmschäden von 1990 in Rheinland-Pfalz. In: HUSS, J.; HEHN, M. (Hrsg.): Wiederbewaldung von Sturmwurfllächen. Waldbauliche Strategien in Forschung und Praxis: Erfahrungen und Empfehlungen. Freiburger Forstliche Forschung, Heft 25, S.111-122
- EHRING, A.; KELLER, O. (2006): Eichen-Trupp-Pflanzung in Baden-Württemberg. Allgemeine Forstzeitschrift/ Der Wald 61, S.491-494
- EL KATEB, H. (1992): Waldbau und Verjüngung im Gebirgswald. In: Ministerstvo zemedelstu Ceské republiky (Hrsg.): Tagungsbericht „Forstbewirtschaftung an der oberen Waldgrenze“, Konty nad Desnou-Jeseniky, S.45-74
- EUROPEAN COMMISSION (2000): Remote sensing applications for forest health status assessment - second edition; European Commission DG VI; ISBN 92-828-8144-x, 217 S.
- FIEDLER, F. (1962): Die Entwicklung des Vorwaldgedankens unter besonderer Berücksichtigung der Birke. Archiv für Forstwesen 11, S.174-190
- FISCHER, M.; SEITZ, R.; STANGL, J.; KOCH, M., (2005): Kartierung und Bewertung von NATURA 2000 - Gebieten im Hochgebirge. Allgemeine Forstzeitschrift/Der Wald 60, S.623-624
- FLEDER, W. (1981): Begründung von Werteichenbeständen durch Saat. Der Forst- und Holzwirt 36, S.275-277
- FÖRSTER, B. (1988): Untersuchungen zur Verwendbarkeit von Satellitenbilddaten (Thematic Mapper) zur Kartierung von Waldschäden. Dissertation, TU Berlin, Fachbereich 14 Landschaftsentwicklung, 198 S.
- GAYER, K. (1886): Der gemischte Wald. Seine Begründung und Pflege, insbesondere durch Horst- und Gruppenwirtschaft. Berlin, Paul Parey, 168 S.
- GILL, R. M. A. (1992): A review of damage by mammals in north temperate forests: 3. Impact on trees and forests. Forestry 65, S.363-388
- GILL, R. M. A.; BEARDALL, V. (2001): The impact of deer on woodlands: the effects of browsing and seed dispersal on vegetation structure and composition. Forestry 74, S.209-218
- GOCKEL, H. A. (1995): Die Trupp-Pflanzung. Ein neues Pflanzschema zur Begründung von Eichenbeständen. Forst und Holz 50, S.570-575

-
- GOCKEL, H. A.; ROCK, J.; SCHULTE, A. (2001): Aufforsten mit Eichen-Trupppflanzungen. Allgemeine Forstzeitschrift/Der Wald 56, S.223-226
- GOTTFRIEDSEN, D. (2002): Eichen säen oder pflanzen. Allgemeine Forstzeitschrift/Der Wald 57, S.291
- GOMMEL, H.-J. (1994): Umbau von Fichten-Beständen durch Buchensaat. Allgemeine Forstzeitschrift 49, S. 516-518
- HARTIG, M.; LEMKE, C. (2002): Birken-Schneesaat. Eine in Vergessenheit geratene Walderneuerungsmethode. Allgemeine Forstzeitschrift 57, S.170-173
- HETZEL, G.; REIF, A. (1998): Vegetationsdifferenzierung und Baumartenverjüngung von Sturmwurfflächen auf Kalkverwitterungslehmen der Schwäbischen Alb. In: FISCHER, A. (Hrsg.): Die Entwicklung von Wald-Biozönosen nach Sturmwurf. Landsberg am Lech, ecomed, S.169-187
- HEURICH, M. (2006): Innovative Methoden zur Erfassung von Waldstrukturen. Dissertation, TU München, 271 S.
- HIBBS, D.E. (1983): Forty years of forest succession in central New England. Ecology 64, S.1394-1401
- HUSS, J. (1991): Konzeption zur Wiederbewaldung von Sturmschadensflächen. Allgemeine Forstzeitschrift 46, S.25-30
- IRRGANG, S. (1999): Kiefern-Waldumbauversuche der Sächsischen Landesanstalt für Forsten. Konzeption und bisherige Ergebnisse. Forst und Holz 54, S.323-330
- IRRGANG, S. (2002): Klimafolgen-Abschätzung für den Wald in Sachsen. Allgemeine Forstzeitschrift 57, S.1075-1078
- KALKKUHLE, R.; FALK, K. (2005): Klimawandel in NRW - Chancen und Risiko für den Wald. LÖBF-Mitteilungen 2/05, S.13-14
- KECH, G.; LIESER, M. (2006): Einfluss von Terminaltriebverbiss durch Rehe auf die Höhenentwicklung junger Laubbäume. Forstarchiv 77, S.162-168
- KENK, G.; MENGES, U.; BÜRGER, R. (1991): Natürliche Wiederbewaldung von Sturmwurfflächen? Allgemeine Forstzeitschrift 46, S.96-100
- KENK, G. (2001): Schlussfolgerungen zur natürlichen Wiederbewaldung aus waldwachstumkundlicher Sicht. In: HUSS, J.; HEHN, M. (Hrsg.): Wiederbewaldung von Sturmwurfflächen. Waldbauliche Strategien in Forschung und Praxis: Erfahrungen und Empfehlungen. Freiburger Forstliche Forschung, Heft 25, S.133-140
- KENNEL, E. (1999): Wieviel Leittriebverbiß ist tragbar? Versuch einer Wertung von Verbissbefunden im Rahmen von Vegetationsgutachten. Schriftenreihe des Landesjagdverbandes Bayern 7, S.171-182
- KENNEL, E. (2000): Die Überlebensprognose. Ein Verfahren zur Wertung von Verbissbefunden im Rahmen von Vegetationsgutachten. Unveröffentlichtes Manuskript, Fachgebiet für Waldinventur und Forstbetriebsplanung, TU München, 51 S.
- KENNEWEG, H. (1994): Forest condition and forest damages - contribution of remote sensing to different inventory approaches. GeoJournal 32, S.47-53
- KLIMETZEK, D. (1990): Fichtenanbau und Fichtenschädlinge in Mitteleuropa. Schweizer Zeitschrift für Forstwesen 141, S.447-461
- KÖLLING, CH.; AMMER, CH. (2006): Waldumbau unter den Zeichen des Klimawandels. Allgemeine Forstzeitschrift/Der Wald 61, S.1086-1089

- KOHNLE, U.; BÖSCH, B.; BURGHARDT, F. (2006): Einschätzung von Verjüngungen auf Sturmwurfflächen: stichprobengestütztes Praxisverfahren zur Validierung gutachtlicher Schätzungen forstlicher Praktiker. Forstarchiv 77, S.46-57
- KOMMISSION REINHALTUNG DER LUFT IM VDI UND DIN (1993): Messen von Vegetationsschäden am natürlichen Standort: Interpretationsschlüssel für die Auswertung von CIR-Luftbildern zur Kronenzustandserfassung von Nadel- und Laubgehölzen; VDI-Richtlinie 3793, Blatt 2; Beuth Verlag Berlin, 57 S.
- KORTEN, S. (2001): Auswirkungen von Windwurf und anschließender Aufarbeitung auf Fichten-Buchen-Vorausverjüngung. Unveröffentlichter Abschlussbericht (Projekt ST 87), Lehrstuhl für forstliche Arbeitswissenschaft und angewandte Informatik, Technische Universität München, 59 S.
- KNOERZER, D. (2004): Was ist eine Sturmwurffläche? Versuch einer Antwort auf eine scheinbar triviale Frage. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 175, S. 109-117
- KNOKE, T. (2005): Der gemischte Wald: Eine kostspielige Alternative? In: AMMER, CH.; SCHÖLCH, M.; MOSANDL, R. (Hrsg.): Der Beitrag des Waldbaus zur Mischwaldforschung. Beiträge zur Jahrestagung der Sektion Waldbau, Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten (DVFFA), September 2005. Series of Conference Proceedings Zentrum Wald-Forst-Holz Weihenstephan Nr. 2, S.36-44
- KNOKE, T.; STIMM, B.; AMMER, CH.; MOOG, M. (2005): Mixed forests reconsidered: A forest economics contribution to the discussion on natural diversity. Forest Ecology and Management 213, S.102-116
- KRIEBITZSCH, W.-U.; SCHOLZ, F.; ANDERS, S.; MÜLLER, J. (2005): Anpassung von Wäldern an Klimaänderungen. Forschungsreport des BMELV 1/2005, S.22-25
- KÜBNER, R. (2002): Primäre Fruchtausbreitung von Flatter-Ulme und Winter-Linde. Allgemeine Forstzeitschrift 57, S.222-224
- LÄSSIG, R.; SCHÖNENBERGER, W. (2002): Nach ‚Lothar‘ von ‚Vivian‘-Erfahrungen profitieren. In: WILLIG, J. (Hrsg.): Natürliche Entwicklung von Wäldern nach Sturmwurf - 10 Jahre Forschung im Naturwaldreservat Weiherkopf. Naturwaldreservate in Hessen Nr. 8. Mitteilungen der Hessischen Landesforstverwaltung, Band 38. S.13-21
- LEDER, B. (1996): Weichlaubhölzer in Eichen- und Buchenjungbeständen. Empfehlungen zur Einbeziehung in die waldbauliche Konzeption bei der Pflege von Jungbeständen. Forst und Holz 51, S.340-344
- LEDER, B. (1998): Pflanzenprozentage nach Bucheckern-Voraussaaten unter Fichten-Schirm. Forst und Holz 53, S.477-481
- LEDER, B.; WAGNER, S.; WOLLMERSTÄDT, J.; AMMER, CH. (2003): Bucheckern-Voraussaat unter Fichtenschirm - Ergebnisse eines Versuchs des Deutschen Verbandes Forstlicher Forschungsanstalten/Sektion Waldbau. Forstwissenschaftliches Centralblatt 120, S.160-174
- LE TACON, F. (1985): Die Pflanzung auf der Freifläche: Einer der Gründe für die schlechte Form der Buche im Nordosten von Frankreich. Forst und Holz 40, S.339-342
- LINKE, J.; ROLOFF, A. (1995): Landwirtschaftliche Arten als Hilfspflanzen bei der Bestandesbegründung. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 166, S.69-76
- LOBINGER, G. (1995): Einsatzmöglichkeiten von Borkenkäferfallen. Allgemeine Forstzeitschrift/Der Wald 50, S.198-201
- LUDWIG, A. (2004): Ernte und Stratifikation von Rotbuchensaatgut. Allgemeine Forstzeitschrift/Der Wald 59, S.1149-1150

- LÜPKE, B. V.; HAUSKELLER-BULLERJAHN, K. (2004): Beitrag zur Modellierung der Jungwuchsentwicklung am Beispiel von Traubeneichen-Buchen-Mischverjüngungen. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 175, S. 61-69
- MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR METEOROLOGIE (2006): <ftp://ftp.zmaw.de/projects/uba/>
- MELLERT, K.-H.; KÖLLING, C.; REHFUESS, K. E. (1998): Vegetationsentwicklung und Nitrataustrag auf 13 Sturmkahtflächen in Bayern. Forstarchiv 69, S. 3-11
- MÖBMER, R.; FISCHER, A. (1999): Waldentwicklung nach Sturmwurf im Universitätswald Landshut. In: FISCHER, A.; MÖBMER, R. (Hrsg.): Forschung in Sturmwurf-Ökosystemen Mitteleuropas. Forstliche Forschungsberichte München Nr. 176, S. 70-81
- MÖBMER, R.; MÖBNANG, M.; NÖRR, R. (2000): Zu: Die natürliche Dynamik nach Sturmwürfen nutzen. Allgemeine Forstzeitschrift 55, S. 409-410
- MÖBNANG, M.; KÜHNEL, S. (1999): Natürliche Verjüngung auf Sturmwurfflächen vom Februar 1990 in Bayern. Ergebnisse von Dauerbeobachtungen und Folgerungen für die Praxis. In: FISCHER, A.; MÖBMER, R. (Hrsg.): Forschung in Sturmwurf-Ökosystemen Mitteleuropas. Forstliche Forschungsberichte München Nr. 176, S. 61-69
- MÖBNANG, M.; NÖRR, R.; NÜBLEIN, S. (2000): Kunstverjüngung auf Kahlflächen - die Kunst, rationell und naturnah zu verjüngen. LWF-aktuell Nr. 23, S. 10-12
- MOSER, A. (1994): Die Wiederbewaldung von Sturmwurfflächen. Allgemeine Forstzeitschrift 49, S. 540-542
- MÜLLER-KROEHLING, S. (2000): Mäuse auf Kahlflächen: Ohne Gras nichts los! LWFaktuell Nr. 23, S. 20-22
- NAMBIAR, E. K. S.; SANDS, R. (1993): Competition for water and nutrients in forests. Canadian Journal of Forest Research 23, S. 1955-1968
- NÖRR, R. (2000): Stabilität beginnt bei der Wurzel. Allgemeine Forstzeitschrift/Der Wald 55, S. 407-409
- NÖRR, R. (2003): Wurzeldeformationen - ein Risiko für die Bestandesstabilität? Entstehung, Entwicklung und Auswirkungen von Wurzeldeformationen. Forstliche Forschungsberichte München Nr. 195, S. 196
- NÖRR, R. (2004): Erfolg von Buchensaaten. Allgemeine Forstzeitschrift/Der Wald 59, S. 1146-1149
- NÖRR, R.; GANZ, M.; WACHTER, A. (2002): Wildlinge. Neue Erkenntnisse zu einem alten Thema? Allgemeine Forstzeitschrift/Der Wald 57, S. 225-227
- NÜBLEIN, H. (1978): Eichenmasten im Spessart und ihre Ausnutzung. Allgemeine Forstzeitschrift 33, S. 667-668
- OTT, B. (2002): Analyse der erfolgbestimmenden Faktoren buchendominierter Freiflächenkulturen nach Sturmwurf im hessischen Vogelsberg. Dissertation Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie der Georg-August-Universität Göttingen, 180 S.
- OTTO, H.-J. (2001): Waldbauliche Erfahrungen mit der Bewältigung der Sturmschäden von 1972 in Niedersachsen. In: HUSS, J.; HEHN, M. (Hrsg.): Wiederbewaldung von Sturmwurfflächen. Waldbauliche Strategien in Forschung und Praxis: Erfahrungen und Empfehlungen. Freiburger Forstliche Forschung Heft 25, S. 141-148
- PRETZSCH, H.; DURSKEY, J. (2002): Growth reaction of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and European beech (*Fagus sylvatica* L.) to possible climatic changes in Germany. A sensitivity study. Forstwissenschaftliches Centralblatt 121, S. 145-154
- REIF, A.; SAYER, U.; HETZEL, G. (2001): Baumartenverjüngung und Standorte von Sturmschadensflächen in Baden-Württemberg. In: HUSS, J.; HEHN, M. (Hrsg.): Wiederbewaldung von Sturmwurfflächen. Waldbauliche Strategien in Forschung und Praxis: Erfahrungen und Empfehlungen. Freiburger Forstliche Forschung Heft 25, S. 25-34.

- REINECKE, H. (1990): Aufforstung von Windwurfflächen unter Nutzpflanzen möglich. Allgemeine Forstzeitschrift 45, S.950-955
- RIPKEN, H. (1979): Rationalisierte Eichensaatverfahren in den Niedersächsischen Landesforsten. Allgemeine Forstzeitschrift 34, S.314-317
- RÖHRIG, E.; BARTSCH, N.; LÜPKE, B. v. (2006): Waldbau auf ökologischer Grundlage. Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer, 479 S.
- ROHMEDER, E. (1948). Kahlfächen-Aufforstung. Forstwirtschaftliche Praxis Heft 1, 127 S.
- SAYER, U.; REIF, A. (2001): Entwicklung der Vegetation im überregionalen Vergleich. In: FISCHER, A. (Hrsg.): Die Entwicklung von Wald-Biozönosen nach Sturmwurf. Landsberg am Lech, ecomed, S. 146-168
- SCHIRMER, W.; DIEHL, T.; AMMER, CH. (1999): Zur Entwicklung junger Eichen unter Kieferschirm. Forstarchiv 70, S.57-65
- SCHMIDT-SCHÜTZ, A. (1999): Wiederbewaldung von Fichten-Sturmurfflächen auf vernässenden Standorten mit Hilfe von Pioniergehölzen. In: FISCHER, A.; MÖRMER, R. (Hrsg.): Forschung in Sturmwurf-Ökosystemen Mitteleuropas. Forstliche Forschungsberichte München Nr. 176, S. 120-130
- SCHMIDT-SCHÜTZ, A.; HUSS, J. (1998): Wiederbewaldung von Fichten-Sturmurfflächen auf vernässenden Standorten mit Hilfe von Pioniergehölzen. In: FISCHER, A. (Hrsg.): Die Entwicklung von Wald-Biozönosen nach Sturmwurf. Landsberg am Lech, ecomed, S. 188-211
- SCHÖLCH, M. (1998): Zur natürlichen Wiederbewaldung ohne forstliche Steuerung. Dargestellt an Beispielen aus Baden-Württemberg. Freiburger Forstliche Forschung Band 1, 245 S.
- SCHÜLER, G. (1999): Wasserhaushalt auf Sturmurfflächen in Rheinland-Pfalz. In: FISCHER, A.; MÖRMER, R. (Hrsg.): Forschung in Sturmwurf-Ökosystemen Mitteleuropas. Forstliche Forschungsberichte München Nr. 176, S.4-17
- SCHÜTT, P.; SCHUCK, H.J.; STIMM, B. (Hrsg.) (1992): Lexikon der Forstbotanik. Morphologie, Pathologie, Ökologie und Systematik wichtiger Baum- und Straucharten. Landsberg am Lech, ecomed, 581 S.
- SEITSCHKEK, O. (1991 a): Mischwald als Ziel des Waldbaus. Allgemeine Forstzeitschrift 46, S. 1246-1251
- SEITSCHKEK, O. (1991 b): Waldbauliche Bewältigung der Sturmurffolgen im bayerischen Staatswald. Allgemeine Forstzeitschrift 46, S. 782-787
- SPEIDEL, G. (1957): Wirtschaftliche Folgen bei Fichtenanbau außerhalb des natürlichen Verbreitungsgebietes. Anzeiger für Schädlingskunde 30, S. 188-193
- STIMM, B.; BÖSWALD, K. (1994): Die Häher im Visier - Zur Ökologie und waldbaulichen Bedeutung der Samenausbreitung durch Vögel. Forstwissenschaftliches Centralblatt 113, S. 204-223
- TEUFFEL, K.v. (2001): Waldbauliche Erfahrungen mit der Bewältigung der Sturmschäden von 1990 in Baden-Württemberg. In: HUSS, J.; HEHN, M. (Hrsg.): Wiederbewaldung von Sturmurfflächen. Waldbauliche Strategien in Forschung und Praxis: Erfahrungen und Empfehlungen. Freiburger Forstliche Forschung Heft 25, S. 79-87
- WAGNER, S. (1997): Ein Modell zur Fruchtausbreitung der Esche (*Fraxinus excelsior* L.) unter Berücksichtigung von Richtungseffekten. Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung 168, S. 149-155
- WAGNER, S.; RÖKER, B. (2000): Birkenanflug in Stieleichenkulturen: Untersuchungen zur Dynamik der Konkurrenz über 5 Vegetationsperioden. Forst und Holz 55, S. 18-22

WALTHER, G.-R. (2003): Plants in a warmer world. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics 6, S. 169-185

WEIDENBACH, P. (1991 a): Die Wiederbewaldung der sturmgeschädigten Waldflächen. Wilhelm-Münker-Stiftung Heft 33, 44 S.

WEIDENBACH, P. (1991 b): Walderneuerung auf Sturmwurfflächen. Allgemeine Forstzeitschrift 46, S. 216-220

WEINREICH, A.; GRULKE, M. (2001): Vergleich zwischen Nesterpflanzung und konventioneller Begründung von Eichenbeständen. In: HUSS, J.; HEHN, M. (Hrsg.): Wiederbewaldung von Sturmwurfflächen. Waldbauliche Strategien in Forschung und Praxis: Erfahrungen und Empfehlungen. Freiburger Forstliche Forschung Heft 25, S. 41-54

WICKEL, A.; BENABDELLAH, B.; KÜBNER, R.; RAJANOW, S. (1998): Waldumbau und Wiederbewaldung im Osterzgebirge. Allgemeine Forstzeitschrift 53, S. 949-952

WOELFLE, M. (1939): Waldbau und Forstmeteorologie. Wirtschaftliche Folgerungen aus den Untersuchungen des Forstmeteorologischen Instituts München in den Jahren 1924 bis 1938. Verlag J. Neumann-Neudamm, Berlin, 75. S.

ZIESLING, V. (1991): Wiederbewaldungsprogramm am Forstamt Otterberg. Allgemeine Forstzeitschrift 46, S. 891-895

7 Anhang

Der folgende Beitrag ist entnommen aus: KNOKE, T. (2005): Der gemischte Wald: Eine kostspielige Alternative? In: AMMER, CH; SCHÖLCH, M.; MOSANDL, R. (Hrsg.): Der Beitrag des Waldbaus zur Mischwaldforschung. Beiträge zur Jahrestagung der Sektion Waldbau, Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten (DVFFA), September 2005. Series of Conference Proceedings Zentrum Wald-Forst-Holz Weihenstephan Nr. 2, S. 36-44.

„Die Erfahrung, dass es vor dem Hintergrund vielfältiger Risiken niemals gut ist, alles auf eine Karte zu setzen, ist bereits alt und intuitiv gut nachvollziehbar. ... Der mögliche, die Streuung der Erträge (also das Risiko) mindernde Effekt durch Mischungen kann anhand von drei hypothetischen Beispielen deutlich gemacht werden.

Beispiel 1: Geht man zunächst beispielhaft und hypothetisch von einer Finanzinvestition in Regenschirm- und Sonnencremekarten aus, so erscheint es sehr naheliegend, dass eine solche Investition das Risiko effektiv kompensieren kann. Boomt der Markt für Sonnencreme in einem heißen, sonnigen Jahr, wird gleichzeitig der Markt für die Regenschirme zurückgehen und umgekehrt. Es werden damit in jedem Jahr durchschnittliche Renditen erzielt, ohne dass eine große Streuung entsteht. Sowohl außergewöhnlich hohe als auch außergewöhnlich niedrige Renditen bleiben aus. Dieser Effekt kommt durch die asynchrone Entwicklung des Sonnencreme- und des Regenschirmmarktes zustande; man spricht von einer negativen Korrelation der Märkte.

Beispiel 2: Werden nun aber Regenschirm- und Regenmantelaktien gemischt, so würde dies kaum das Risiko von Ausfällen bzw. die Streuung der Erträge vermindern. Regenschirm- und Regenmantelmarkt boomen gleichzeitig und fallen auch gleichzeitig wieder ab, denn die Marktentwicklungen sind offensichtlich positiv korreliert. Der Effekt einer Streuungskompensation tritt nicht ein.

Beispiel 3: Als letzte Möglichkeit, die hier betrachtet werden soll, ließen sich beispielsweise Regenschirm- und Bananenaktien kombinieren. Beide Märkte werden sich vollkommen unabhängig voneinander entwickeln, der Korrelationskoeffizient ist Null. Bei dieser Form der Mischung entsteht eine unsystematische Risikokompensation, weil durch

Zufall der Bananenmarkt in manchen Jahren wächst, in denen der Regenschirmmarkt schrumpft und umgekehrt.

Die mit Beispiel 1 und 3 dargestellten Effekte werden als so genannte „Diversifikationseffekte“ bezeichnet.

... Bei der Begründung eines Fichtenbestandes müssen wir demnach in rund 30 % der Fälle (Verlustbereich) mit einem finanziellen Misserfolg der Investition rechnen. In diesen Fällen würde mehr Geld ausgegeben, als in der Folge zurückfließt, z. B. weil der Bestand frühzeitig durch den Sturm geworfen wird. Dieser Verlustbereich umfasst bei einem reinen Buchenbestand ca. 20 %. Das Risiko der Buchenwirtschaft ist folglich geringer als das der Fichtenwirtschaft, allerdings fallen auch die Ertragschancen deutlich geringer aus. Bei der Buche kann mit einem Ertrag von maximal 3.500 Euro/ha gerechnet werden (bei der Fichte waren es 6.000 Euro/ha). Ein Waldbesitzer, der sich durch Beimischung von 50 % Buchen ein zweites Standbein schafft, kommt in den Genuss einer deutlichen Risikokompensation. Die Verlustwahrscheinlichkeit liegt bei einer solchen Mischung mit etwa 20 % zehn Prozentpunkte unterhalb derer des Fichtenbestandes. Selbst gegenüber einem reinen Buchenbestand fällt die Verlustwahrscheinlichkeit nicht höher aus. Die Mischung aus Fichten und Buchen kann vor diesem Hintergrund in etwa mit der theoretischen Mischung aus Regenschirmen und Bananen verglichen werden....

Wie hängen Ertrag und Risiko im Mischwald zusammen?

Neben der schon besprochenen Verlustwahrscheinlichkeit verwenden die Ökonomen auch die Standardabweichung der Erträge (also die durchschnittliche Abweichung der einzelnen Erträge vom Mittelwert) als Maß für das Risiko.

Für einen Buchenbestand erwarten wir also bei einem vom Holzpreis unabhängigen Einschlag einen mittleren Ertrag von 2.500 Euro/ha, bei einem Risiko (einer Standardabweichung) von ± 1.400 , für einen Fichtenbestand sind es rund 3.400 Euro/ha an Ertrag bei einem Risiko von ± 2.500 . Werden nun Fichten in einen Buchenwald eingemischt, steigt der Ertrag, während gleichzeitig das Risiko sinkt. Ein Risikominimum wird bei einem Anteil der Fichte von 20 % erreicht (Buchenanteil

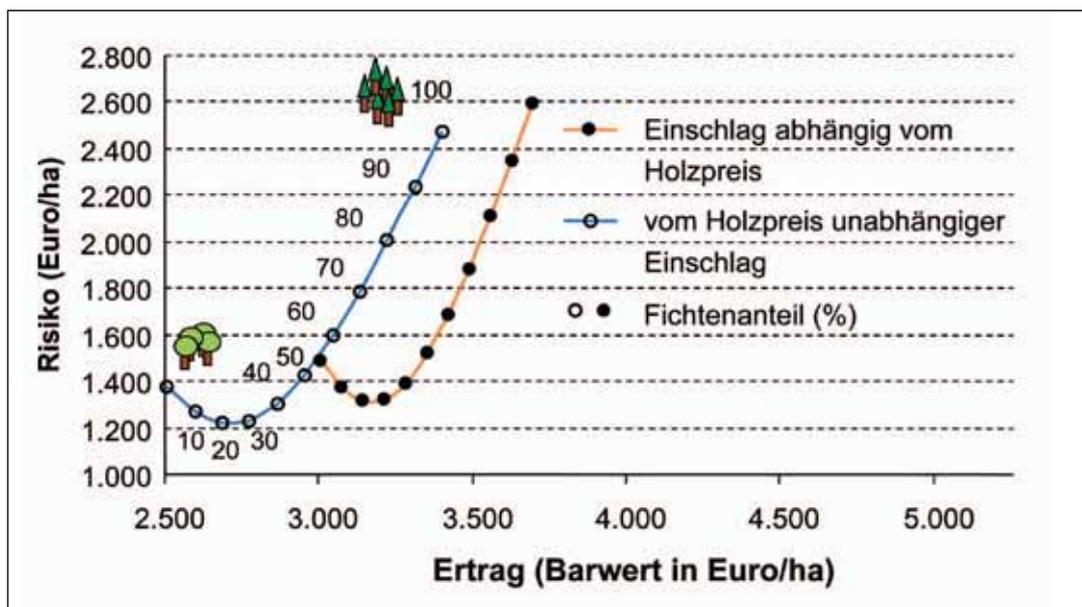


Abb. 25: Beziehungen zwischen Risiko und Ertrag für verschiedene Mischungen aus Fichten und Buchen (aus KNOKE 2006)

80 %). Von dieser Mischung ausgehend steigt der Ertrag zwar weiter bei zunehmendem Fichtenanteil, allerdings um den Preis eines ansteigenden Risikos. Ein vernünftiger und vorsichtiger Investor wird nun eine Mischung zwischen 80 % Buche zu 20 % Fichte und 10 % Buche zu 90 % Fichte wählen. Welche Mischung empfehlenswert ist, hängt von dem Grad der Vorsichtigkeit des Investors (des Waldbesitzers) ab. ... Abbildung 25 ... macht deutlich, dass wir durch einen am Holzpreis orientierten Holzeinschlag unseren Ertrag bei in etwa gleichem Risiko um rund 300 bis 500 Euro steigern können. Dieser Effekt kommt für die Buche auf Grund ihrer höheren Stabilität stärker zur Geltung als für die Fichte. Ist es also das Ziel, Flexibilität in Bezug auf den Einschlagszeitpunkt zu gewinnen, wird eine Beimischung der Buche noch attraktiver.

Welche Mischung ist optimal?

Die Frage nach der optimalen Mischung lässt sich nicht pauschal beantworten. Für die meisten Menschen ist ein etwas niedrigerer Ertrag akzeptabel, wenn derselbe mit einem geringeren Risiko verbunden ist als ein höherer Ertrag. Diese Einstellung wird als „Risikoaversion“ bezeichnet. Ihre weite Verbreitung äußert sich beispielsweise darin, dass die meisten Menschen sich gegen alle möglichen Risiken versichern und dabei im Durchschnitt eine höhere Versicherungsprämie zahlen, als die Versicherungsgesellschaften durch Schadensregulierung zurückzahlen (wäre dies nicht der Fall, könnten die Versicherungen nicht existieren).

... Es liegt auf der Hand, dass nach den präsentierten Kalkulationen ein Entscheidungsträger, dem das Risiko egal ist, keine Buchen anbauen würde, weil der erwartete Ertrag der Fichten höher ist. Der optimale Buchenanteil ist also bei einem „Grad der Vorsicht“ von Null ebenfalls Null. Sobald aber die Risikoaversion (der Grad der Vorsicht) ansteigt, ist es optimal, Buchen beizumischen. Selbst bei einem Grad der Vorsicht von nur 0,5 liegt der optimale Buchenanteil bereits bei 30 % (einen vom Holzpreis abhängigen Einschlag vorausgesetzt). In der ökonomischen Literatur ... geht man davon aus, dass „normale“ Menschen meistens so entscheiden, wie es einem „Grad der Vorsicht“ von 1 entsprechen würde. Damit ergeben sich optimale Mischungsanteile der Buchen zwischen 40 und 50 %.

Die Einbringung der Buche ist eine Investition in die Zukunft. Die dargestellten Flexibilitätsgewinne und die Effekte der Risikokompensation werden erst relativ spät eintreten, denn eine frisch anzulegende Kultur verursacht zunächst einmal nur Ausgaben. Halten wir uns allerdings vor Augen, dass das in der forstlichen Welt bereits rund 300 Jahre alte Ideal der Nachhaltigkeit wesentlich vom Prinzip der Vorsicht geprägt ist, erscheint eine solche Investition in gemischte Wälder, seien sie nun kleinflächig oder aus ökonomischen Gründen etwas großflächiger gemischt, unbedingt geboten. Wir können somit festhalten, dass die zu erwartenden Effekte der Risikokompensation so groß sind, dass die Mischwaldbegründung durch Einbringung von Buchen langfristig durchaus lohnend ist.“

Standort (s. Kap. 4.1.1)	Fichte			Buche			Eiche			Kiefer		
	> 50	< 30	aZ	> 50	< 30	aZ	> 50	< 30	aZ	> 50	< 30	aZ
Lehmige Sande (L, sL, S) über Ton, Auflagen 20- 60cm / mäßig wechsell- trocken - wechselltrocken		x	x	x	x		x	x				
Bestandesränder Altbestandsrest, Über- schirmung (s. Kap 4.1.2)					x			x				
Frosttoleranz (s. Kap 4.1.3)		x			x			x				
Wunsch Waldbesitzer (s. Kap 4.1.4)		x										
Standort (s. Kap. 4.1.1)	Esche			Bergahorn			Weißtanne			Douglasie		
	> 50	< 30	aZ	> 50	< 30	aZ	> 50	< 30	aZ	> 50	< 30	aZ
Lehmige Sande (L, sL, S) über Ton, Auflagen 20- 60cm / mäßig wechsell- trocken - wechselltrocken								x		x	x	
Bestandesränder Altbestandsrest, Über- schirmung (s. Kap 4.1.2)											x	
Frosttoleranz (s. Kap 4.1.3)								x			x	
Wunsch Waldbesitzer (s. Kap 4.1.4)											x	
Standort (s. Kap. 4.1.1)	SAh, Kir, Elsb			Birke								
	> 50	< 30	aZ	> 50	< 30	aZ	> 50	< 30	aZ	> 50	< 30	aZ
Lehmige Sande (L, sL, S) über Ton, Auflagen 20- 60cm / mäßig wechsell- trocken - wechselltrocken												
Bestandesränder Altbestandsrest, Über- schirmung (s. Kap 4.1.2)												
Frosttoleranz (s. Kap 4.1.3)												
Wunsch Waldbesitzer (s. Kap 4.1.4)												

Ergebnis: Aus standörtlicher Sicht erscheinen Buche, Eiche, Douglasie und (mit einem Anteil < 30 %) die Fichte geeignet. Einige auf der Fläche verbliebene Buchen und Eichen und die umgebenden Bestandesränder erlauben es, auf der Schadfläche Buchen (Weißtannen) und Douglasien auch ohne Vorwald zu pflanzen, d.h. Frostschäden sind nicht zu erwarten.

	Naturverjüngung vorhanden oder zu erwarten?													
Baumart	Buche		Eiche		Douglasie		Fichte		Birke		Weißtanne			
Kriterium	ja	nein	ja	nein	ja	nein	ja	nein	ja	nein	ja	nein	ja	nein
NVJ vorhanden? (s. Kap 4.1.5)		x		x		x	x			x			x	
Ausgangsbestand (s. Kap 4.1.5)	x		x			x	x			x			x	
Bodenvegetation (s. Kap 4.1.6)		x		x		x	x			x			x	
Schadflächengröße (s. Kap 4.1.5)		x		x		x	x			x			x	
Alter der Schadfläche (s. Kap 4.1.5)		x		x		x	x			x			x	
	Macht die Verbisssituation Schutzmaßnahmen erforderlich?													
Baumart	Buche		Eiche		Douglasie		Fichte		Birke		Weißtanne			
	ja	nein	ja	nein	ja	nein	ja	nein	ja	nein	ja	nein	ja	nein
Verbiss (s. Kap 4.1.7)	x		x		x			x		x			x	

Ergebnis: Naturverjüngung von Buche, Eiche, Weißtanne und Douglasie ist bislang nicht vorhanden und mit Blick auf die Ausgangssituation (Bodenvegetation und Größe der Schadfläche auch nicht zu erwarten, obwohl im Ausgangsbestand einige Samenbäume von Buche und Eiche stehen). Naturverjüngung ist lediglich von Fichte und Birke vorhanden bzw. zu erwarten. Diese Baumarten sind auch die einzigen, die nicht gegen Verbiss geschützt werden müssen.

Baumart	aus Naturverjüngung ja		aus Naturverjüngung nein				Verbissschutzmaßnahmen erforderlich ja								
	unterstützende Maßnahmen (s. Kap 4.1.8)	Saat (s. Kap 4.1.9)	Pflanzung(s. Kap 4.1.10)												
			normal	Heister	Trupp	Fläche	Trupp	Fläche	Z	E	F	A			
Buche					x							x			
Eiche					x							x			
Douglasie					x							x			
Weißtanne					x							x			
Fichte	nicht erforderlich														
Birke	nicht erforderlich														

Ergebnis: Naturverjüngung aus Fichte und Birke kommt ohne unterstützende Maßnahmen aus. Eiche, Buche, Weißtanne und Douglasie müssten flächig gepflanzt und durch einen Zaun geschützt werden.

Alternativen	Baumarten	Art der Verjüngung	Zusätzliche Maßnahmen	Entscheidung
1	Dgl/Bu, Fichte und Birke auf Zeit	Pflanzung	Zaunschutz	X
2	Eiche, Buche	Pflanzung	Beseitigen der Fichte	
3	Fichte, Birke	Naturverjüngung		

Ergebnis: Variante 3 wird nach der Beratung vom Waldbesitzer wegen des hohen Risikos der Fichte verworfen. Da Alternative 1 standörtlich möglich ist, sich am ehesten mit dem Wunsch des Waldbesitzers deckt und mit überschaubarem Aufwand und unter teilweiser Ausnutzung der forstlichen Förderung realisieren lässt, entscheidet sich der Waldbesitzer dafür. Um Zaunbauten künftig vermeiden zu können, wird ihm nahegelegt, sich gegenüber dem Jagdpächter für deutlich erhöhte Abschüsse einzusetzen.