

# Richtlinie

## **„Bewirtschaftung von Fichten- und Fichtenmischbeständen im Bayerischen Staatswald“**

**Änderungsnachweis:**

<b>Version</b>	<b>erstellt durch</b>	<b>fachliche Freigabe durch</b>	<b>veröffentlicht durch</b>	<b>Datum</b>	<b>Änderungen, Bemerkungen</b>
1.0	Böhm	Faltl	VB / Konrad Prielmeier	15.7.09	Erstversion Schreiben vom 28.05.09 (AZ 12.10)

**Mitgeltende Dokumente:**

<b>Dokumentenname</b>	<b>Dokumentenschlüssel</b>
	HB = Handbuch RL = Richtlinie, AA = Arbeitsanweisung DV = Dienstvereinbarung FB = Formblatt, Vorlage LV = Listen und Verzeichnisse

# Waldbauhandbuch Bayerische Staatsforsten

## Bewirtschaftung von

## Fichten- und Fichtenmischbeständen

(Stabilität – Strukturreichtum – Klimaanpassung)





## Vorwort

**von Prof. Dr. Dr. h. c. Hans Pretzsch, Lehrstuhl für Waldwachstumskunde,  
Technische Universität München**

Die Bayerischen Staatsforsten haben ein neues Konzept für die Pflege von Fichtenbeständen entwickelt. Das Konzept zielt letztlich auf die großflächige Umwandlung von Fichtenaltersklassenwäldern in dauerwaldartige Fichten-Laubholz-Mischbestände. Damit entspricht das Konzept so gar nicht dem Klischee von einem rein ökonomisch orientierten, auf Nutzung ausgerichteten und waldbaulich retardierenden Unternehmen *Bayerische Staatsforsten*. Vielmehr werden neue Ziele gesetzt und innovative Wege gesucht. Es ist mir deshalb eine Freude, dieses Vorwort zu schreiben und die wichtigsten Elemente des Konzeptes zu kommentieren.

Die Abkehr von der Fichtenreinbestandswirtschaft im Flachland und in den Mittelgebirgen ist angesichts erlittener Schäden und prognostizierter Klimaänderungen nur konsequent. Über die Richtigkeit dieser Abkehr dürfte deshalb kaum eine Meinungsverschiedenheit bestehen. Dagegen gibt es sicher vielfältige Meinungen dazu, ob und wie eine Umwandlung aus bestehenden Fichtenbeständen heraus möglich ist, ob strukturfördernde Durchforstung und Zielstärkennutzung Erfolg versprechende Ansätze sind, oder ob die ökologischen Eigenschaften der Fichte die angestrebten dauerwaldartigen Strukturen überhaupt hergeben. Auf diese berechtigten Überlegungen und Fragen antworten die Urheber des Konzeptes mit einer ausgewogenen, waldbaulichen Empfehlung.

Sie streben einen Mittelweg an zwischen dem lockeren Z-Baum-Fichtenwald von P. Abetz oder G. Kenk und relativ hoher Dichtehaltung zur Maximierung der Gesamtwuchsleistung nach E. Assmann. Das geschieht durch punktuelle Förderung eines eng bemessenen Teilkollektivs bei gleichzeitiger Belassung dichter Zwischenfelder. Das Konzept greift Waldbauverfahren der Umwandlung von A. Möller, H. Krutzsch und H. Reininger auf, bringt deren qualitativ dargelegten waldbaulichen Konzepte aber auf eine zahlenmäßige Grundlage. Das Konzept skizziert Möglichkeiten des Quereinstiegs in dauerwaldartige Strukturen wie sie J. P. Schütz in seinem Entscheidungsbaum für die Umwandlung festgeschrieben hat; und die Möglichkeiten und Grenzen der Umwandlung werden anhand einer umfangreichen Serie von Musterflächen in Bayern anschaulich gemacht. Kurz gesagt, machen die Urheber des neuen Fichtenbehandlungskonzeptes nützliche Anleihen bei den Kerndisziplinen der Forstwissenschaft, vor allem bei Waldwachstumskunde, Waldbau, Forstbenutzung und Waldökologie und entwickeln daraus ein Konzept mit den folgenden Vorzügen.

Mit der konsequenten Ausformung von Mehrschichtigkeit, und künftig auch der Ungleichaltrigkeit, werden Nachhaltigkeit und Resilienz<sup>1</sup> des Systems gleich mehrfach gefördert. Bei Einzel- oder Nesterwürfen kann eine intakte Zwischen- oder Unterschicht eventuelle Zuwachseinbußen auffangen. Denn durch Überlappung von Vor- und Folgebestand werden

temporäre Freiflächen oder extreme Auflichtung vermieden. Die für die dauerhafte Mehrschichtigkeit erforderliche Vorratsbegrenzung steigert gleichzeitig die Einzelbaumstabilität und mindert die Eintrittswahrscheinlichkeit von Sturmschäden.

Zu der vertikalen kommt eine horizontale Strukturierung. Bestandespartien mit geförderten und konsequent freigestellten Z1-Bäumen wechseln mit bewusst dichter gehaltenen Parteien ab. Die Z1-Bäume werden im Zuwachs angeregt und in der Alterung beschleunigt, was gleichbedeutend mit einer früheren Abnahme der Kroneneffizienz<sup>2</sup> ist. Z2-Bäume erwachsen gebremst, erhalten dadurch ihre Zuwachseffizienz länger, wodurch sich Bestände permanent aus besonders zuwachseffizienten jungen und weniger zuwachsstarken älteren Bäumen aufbauen. Das ist gleichbedeutend mit einer Streckung der Bestandesentwicklungsphase mit hoher Zuwachsleistung. Klares Ziel ist der Übergang zu dauerwaldartigen, gemischten Bestandesstrukturen, die gleichsam die ökologischen, ökonomischen und sozio-ökonomischen Leistungen und Wirkungen des Waldes fördern.

Die Urheber und Anwender des Konzeptes möchten aber sicher nicht nur Bestätigung, sondern auch Ansätze für die fortlaufende Verbesserung und Ausreifung des Konzeptes hören. Gemäß dem üblichen wissenschaftlichen Diskurs seien deshalb auch kritische Punkte angesprochen.

Es bestehen noch erhebliche Wissenslücken darüber, wie man mögliche Z2-Bäume erkennt und wie deren Zuwachsverhalten und Stabilität einzuschätzen ist. Da eben diesen Z2-Bäumen für das Funktionieren des Systems, insbesondere beim Umbau und beim Übergang zur Mehrschichtigkeit eine Schlüsselrolle zukommt, sollten begleitende Forschungsarbeiten die Erkennbarkeit solcher Zuwachsträger verbessern.

Das vielleicht wichtigste Forschungsergebnis auf langfristigen Fichtenstandraum- und Fichtendurchforstungsversuchen ist, dass die anfängliche Standfläche, festgelegt durch die Begründungsdichte, einen besonders starken Einfluss auf die Größenentwicklung der Fichte ausübt. Spätere Maßnahmen der Durchforstung bleiben in der Wirkung stark hinter dem Zins eines großen Anfangsstandraumes zurück. Wichtig erscheinen mir deshalb die frühen Standraum erweiternden Pflegeeingriffe, insbesondere bei dichter Naturverjüngung. Solche Eingriffe steigern zugleich die für das Gelingen des Konzeptes wesentliche Größen- und Strukturdiversifizierung.

Das Gelingen der Umwandlung hängt maßgeblich von einem erfolgreichen Einbringen von Mischbaumarten ab, die zur Anpassung der Wälder an Klimaveränderungen, zur Streuung des Risikos, Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit, und Steigerung der Resilienz beitragen können. Im Konzept wird die waldbauliche Vorgehensweise hierzu vergleichsweise knapp ausgeführt; umso wichtiger wird die Erläuterung der Vorgehensweise im Rahmen von Schulungen. Bisher werden beim waldbaulichen Verfahren, bei der Anzahl von Z1-, Z2-Bäumen oder der

Vorratshöhe standörtliche Unterschiede nicht explizit berücksichtigt. Begleitende Messungen von Ausgangszuständen, Dokumentation der Eingriffe und Aufzeichnung der Strukturveränderung und Zuwachsreaktionen dürften dazu beitragen, das Konzept nach und nach standörtlich feiner zu differenzieren.

Natürlich hilft selbst der beste Hochglanzdruck nicht, wenn er nur ins Regal zu den anderen Leitfäden und Papiertigern kommt. Aber die Aussicht, dass diesmal nicht nur ein weiterer Papiertiger ins Regal wandert, sondern ein Konzept zum Nutzen der Forstwirtschaft wirklich auf die Fläche gebracht wird, ist groß. Denn bereits in die Entwicklung des Konzepts wurde ein breiter Kreis von Praktikern und Wissenschaftlern einbezogen. So konnten Überzeugungsarbeit geleistet, Schwachstellen beseitigt und Kritik vorweg genommen werden. Es wurden mit breitem Standortspektrum in Waldsassen, Zusmarshausen und Wasserburg Musterflächen für die Entwicklung des Konzeptes angelegt. Sie stehen künftig für Training, Schulung, Übung, und Kontrolle zur Verfügung und können der eventuell notwendigen weiteren Anpassung und standörtlichen Differenzierung des Konzeptes dienen.

Das vorgelegte Konzept für die großflächige Umwandlung von Fichtenaltersklassenwäldern in dauerwaldartige Fichten-Laubholz-Mischbestände berücksichtigt wissenschaftliche Erkenntnis wie Erfahrungswissen. Es erscheint mir als gelungenes Konzept einer lernenden sich entwickelnden Organisation. Dieser wünsche ich großen Erfolg und das notwendige Glück bei der Umsetzung des neuen Konzeptes.

Freising-Weihenstephan

01. September 2008

Hans Pretzsch

---

Prof. Dr. Dr. h. c. Hans Pretzsch, Lehrstuhl für Waldwachstumskunde,  
Technische Universität München, Am Hochanger 13, D-85354 Freising-Weihenstephan, Deutschland,  
Tel.: ++49 8161 71-4710, Fax: ++49 8161 71-4721,  
E-Mail: H.Pretzsch@lrz.tum.de, <http://www.wwk.forst.tu-muenchen.de>

---

<sup>1</sup> Unter Resilienz verstehen wir die wichtige Fähigkeit eines Ökosystems, sich nach vorübergehender störungsbedingter Abweichung wieder in einen gleichgewichtsnahen Zustand zurückzuentwickeln.

<sup>2</sup> Kroneneffizienz bezeichnet den Volumenzuwachs pro Kronenschirmfläche und zeigt an, wie wirksam Baumkronen ihren Flächenverbrauch in Zuwachs umsetzen.





# Inhalt

## Vorwort

von Prof. Dr. Dr. h. c. Hans Pretzsch, Lehrstuhl für Waldwachstumskunde,  
Technische Universität München Freising-Weihenstephan Hans Pretzsch

<b>1. Einleitung</b> .....	<b>Seite 09</b>
<b>2. Grundsätzliche Zielsetzung</b> .....	<b>Seite 11</b>
<b>3. Die Bedeutung der Fichte bei den Bayerischen Staatsforsten</b> .....	<b>Seite 13</b>
<b>4. Natürliche Verbreitung und Standortansprüche der Fichte</b> .....	<b>Seite 17</b>
4.1 Natürliche Verbreitung .....	Seite 17
4.2 Standortansprüche .....	Seite 18
4.3 Ökologische Amplitude .....	Seite 19
<b>5. Waldschutz</b> .....	<b>Seite 21</b>
5.1 Schadholtzanfälle .....	Seite 21
5.2 Anpassungsstrategien an den Klimawandel .....	Seite 22
<b>6. Ertragskundliche Aspekte</b> .....	<b>Seite 23</b>
6.1 Durchmesser .....	Seite 24
6.2 Höhe .....	Seite 25
6.3 Kronenentwicklung .....	Seite 26
6.4 Eingriffsstärke .....	Seite 27
6.5 Bestandesdichte und Zuwachs .....	Seite 28
6.6 Effizienz von Durchforstung .....	Seite 30
6.7 Wachstumsänderungen in Waldbeständen .....	Seite 31
6.8 Literaturangaben .....	Seite 32
<b>7. Naturschutzaspekte</b> .....	<b>Seite 33</b>
<b>8. Produktionsziele</b> .....	<b>Seite 35</b>
<b>9. Technische Eigenschaften und Verwendung</b> .....	<b>Seite 37</b>
<b>10. Pflegegrundsätze und Verjüngungskonzept</b> .....	<b>Seite 39</b>
10.1 Pflege- und Verjüngungsgrundsätze auf stabilen, risikoarmen Standorten ....	Seite 40
10.2 Pflege- und Verjüngungsgrundsätze für Fichtenbestände auf labilen, risikoreichen Standorten (s. a. Anlage 1 b) .....	Seite 47
10.3 Pflege- und Verjüngungsgrundsätze für Fichtenbestände auf Risikostandorten durch den Klimawandel .....	Seite 49

10.4	Anpassung von Pflege und Verjüngung bei sonstigen Risiken und auf Sonderstandorten .....	Seite 50
<b>11.</b>	<b>Modellrechnungen mit dem Wachstumsmodell SILVA .....</b>	<b>Seite 53</b>
11.1	Das Wachstumsmodell SILVA .....	Seite 53
11.2	Datenbasis .....	Seite 54
11.3	Durchforstung .....	Seite 54
11.4	Ergebnisse der SILVA-Simulationen .....	Seite 55
11.5	Stammzahlhaltungen und Entwicklung der Vorräte .....	Seite 55
11.6	Nutzungspotenziale und -vorgaben .....	Seite 57
11.7	Entwicklung der Zuwächse .....	Seite 58
11.8	Ökonomische Aspekte .....	Seite 59
11.9	Allgemeine Erkenntnisse aus den SILVA-Simulationen .....	Seite 62
<b>Anlagen:</b>	.....	<b>Seite 63</b>
<b>Anlage 1: Kurzübersichten</b>	.....	<b>Seite 65</b>
1.1	Übersicht zu den Grundsätzen für die Bewirtschaftung von Fichten- und Fichtenmischbeständen (Grundkonzept – Risiko normal) .....	Seite 65
1.2	Übersicht zu den Grundsätzen für die Bewirtschaftung von Fichten- und Fichtenmischbeständen (Labile Standorte – Risiko hoch) .....	Seite 66
<b>Anlage 2: Auswahl und Auszeichnen</b>	.....	<b>Seite 67</b>
2.1	Anforderungen an die Bestände .....	Seite 67
2.2	Anforderungen an die Zielbäume .....	Seite 67
2.3	Auswahl der Zielbäume (Z1) .....	Seite 68
2.4	Mischbestände .....	Seite 69
2.5	Auswahl der Z2 .....	Seite 69
2.6	Zufällige Ergebnisse (ZE) .....	Seite 69
2.7	Beschädigung von Zielbäumen .....	Seite 70
<b>Anlage 3: Technik und Arbeitsverfahren</b>	.....	<b>Seite 71</b>
3.1	Jugendpflege .....	Seite 71
3.2	Jungdurchforstung, Altdurchforstung, Verjüngungsnutzung .....	Seite 72
<b>Anlage 4: Herkunftsempfehlungen</b>	.....	<b>Seite 75</b>
<b>Anlage 5. Entscheidungstabelle zum Quereinstieg</b>	.....	<b>Seite 77</b>
<b>Anlage 6: Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen</b>	.....	<b>Seite 79</b>
<b>Anlage 7: Verzeichnis der Abkürzungen</b>	.....	<b>Seite 81</b>

## 1. Einleitung

Die vorliegenden neuen Grundsätze für die Bewirtschaftung von Fichten- und Fichtenmischbeständen bauen auf Erfahrungen unserer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter und den Grundsätzen für die waldbauliche Behandlung der Fichte aus den 1990er Jahren auf. In einem breit angelegten Dialog mit vielen Beschäftigten der *Bayerische Staatsforsten*, der Forstverwaltung und der forstlichen Lehre, entstand ein Durchforstungs- und Verjüngungskonzept, das auf Tradition, verantwortungsvoller Innovation und zeitgemäßer Technik fußt. Es bietet den örtlichen Wirtschaftlern Handlungsspielräume für regionale Besonderheiten und unterschiedliche Standortverhältnisse.

Eine der größten Herausforderungen der nächsten Jahrzehnte wird für die *Bayerische Staatsforsten* die Anpassung der Wälder an den prognostizierten Klimawandel sein. In den vergangenen 20 Jahren war die Fichtenwirtschaft im Bayerischen Staatswald durch ZE-Anteile von rund 50 % am Gesamfichteneinschlag geprägt. Ein derart hoher ZE-Anteil ist für jeden Forstbetrieb ein erhebliches wirtschaftliches Risiko, das ein planmäßiges Handeln nur mehr sehr eingeschränkt zulässt.

Unser Augenmerk gilt einem reich strukturierten, gemischten Wald. Dieser kann die sich ständig weiterentwickelnden ökologischen, sozialen und ökonomischen Anforderungen unserer Zeit am flexibelsten erfüllen.

Besonderer Dank gilt folgenden Mitgliedern der Arbeitsgruppe Waldbau, die maßgeblich an den neuen Grundsätzen mitgewirkt haben: Rudolf Habereeder, Markus Neufanger, Reinhard Schröpfer, Dr. Heinz Utschig, Thomas Zanker, Daniel Zippert.

Regensburg im März 2009



Reinhardt Neft  
Vorstand



Walter Faltl  
Bereichsleiter Waldbau, Naturschutz,  
Jagd und Fischerei



## 2. Grundsätzliche Zielsetzung

Vorliegendes Konzept stellt die Behandlungsmaßnahmen von Fichtenbeständen mit und ohne Begleitbaumarten vor. Letztlich zielt das Konzept auf die großflächige Überführung der heutigen Fichtenreinbestände in mischbaumartenreiche, dauerwaldartige Waldaufbauformen ab. Innerhalb der nächsten Jahrzehnte geht es vorrangig darum, die zahlreich vorhandenen, meist gleichaltrigen, einschichtig aufgewachsenen, fichtenreichen Bestände zu stabilisieren und aus ihnen mischbaumartenreiche, dauerwaldartige Strukturen zu entwickeln. Dies gilt auch für heute vorhandene Fichtenbestände, deren Standorte aufgrund von Klimaprognosen zukünftig nicht mehr für Fichte geeignet sind und welche vorsorglich in laubholzreiche Mischbestände oder Laubholzbestände umgebaut werden. Die Maßnahmen des vorgelegten Konzepts sind insbesondere auch für risikoreiche und klimasensible Gebiete vorgesehen: Förderung von Stabilität und Struktur, Einbringung und Etablierung von Mischbaumarten ins Bestandsgefüge, ggf. bis hin zur Ablösung der Fichte als führende Baumart, geringere Entnahmemengen pro Eingriff, Begrenzung der Höhe des stehenden Vorrates, die rechtzeitige Einleitung der Verjüngung, der langfristige Verjüngungsgang und das Erreichen von dauerwaldartigen Strukturen.

Mit zunehmender Annäherung an dieses Ziel werden dann die heute noch nach Nutzungsarten (JP, JD, AD und VJN) differenzierten Phasen der Behandlung obsolet. Vielmehr nehmen die Bestände dann Mehrschichtigkeit, Strukturreichtum und Mischung an, so dass ihr Vorrat in ein Fließgleichgewicht überführt wird, Eingriffe immer mehreren Zwecken (Ernte, Verjüngung, Strukturförderung usw.) dienen, keine Freiflächen mehr entstehen und bei Störungen im oberen Kronendach Zuwachsverluste durch darunter vorhandene Bestandesschichten abgepuffert werden.

In Fichten- und Fichtenmischbeständen finden künftig konsequente und frühzeitige Pflegeeingriffe statt, wobei die Entnahmen in mäßiger Stärke bei häufigem Turnus erfolgen. Verjüngungsgänge werden frühzeitig eingeleitet und mit rechtzeitiger Einbringung von Mischbaumarten über Zeiträume von mehreren Jahrzehnten fortgeführt. Baumartenreiche Mischungen werden nicht zuletzt als Anpassungsstrategie in Zeiten des Klimawandels, aus Gründen der biologischen Vielfalt und der Risikoverteilung erhalten und ausgebaut. Biotische und abiotische Schäden sollen dadurch minimiert, die Betriebssicherheit und Wirtschaftlichkeit der Bestände erhöht werden.

Mit folgenden Schlagworten können die Eingriffe beschrieben werden:

Schlagwort	Eingriff
1. Durchforstungsart	Hochdurchforstung – Strukturdurchforstung
2. Durchforstungsbeginn	früh
3. Entnahmestärke	mäßig
4. Turnus	oft
5. Verjüngungsgang	langfristig – dauerhaft

Ziel ist das Herausarbeiten von zunächst 100 vitalen, gesunden und gut geformten Zielbäumen (= Z1) je Hektar. Die Zielbäume rekrutieren sich aus Fichten und Mischbaumarten.

Die Holzentnahmen erfolgen zuwachsoptimal: Durch Entnahme echter Konkurrenten werden die Zielbäume (Z1) konsequent gefördert und später aus dem Bereich eines Zielstärkenkorridors schrittweise genutzt. Gleichzeitig werden im Zwischenfeld Bäume in unterschiedlichen Konkurrenzsituationen erhalten, die einen hohen flächenbezogenen Zuwachs leisten.

Aus dem Zwischenfeld rekrutiert sich später die nächste Generation der Zielbäume (= Z2), die sukzessive die Z1-Bäume ersetzen. Die hier zur Anwendung kommende Form der Hochdurchforstung wird als „Strukturdurchforstung“ (strukturfördernde Durchforstung) bezeichnet, in der Z2-Bäume ab der Altdurchforstungsphase als Z1-Nachfolger gezielt begünstigt werden. Das vorliegende Konzept eröffnet auch die Möglichkeit des „Quereinstiegs“, d. h. die Pflege von Beständen, die in der Vergangenheit noch gar nicht, oder nach anderen Grundsätzen behandelt wurden. Mischbaumarten können in das Behandlungskonzept problemlos integriert werden. Bei der Baumart Fichte wird die Produktion von Standardware (normale B/C-Mischqualität) angestrebt.

### 3. Die Bedeutung der Fichte bei den *BaySF*

Die Baumart Fichte ist die häufigste Baumart in den Wäldern der Bayerischen Staatsforsten. Sie weist gemäß den *BaySF*-Inventuren (Stand Dezember 2008) einen Flächenanteil von 45 % und einen Vorratsanteil von 54 % auf (Abb. 1). Im Geschäftsjahr 2008 lag der Anteil Fichte am Gesamthiebsatz der Bayerischen Staatsforsten bei 62 %.

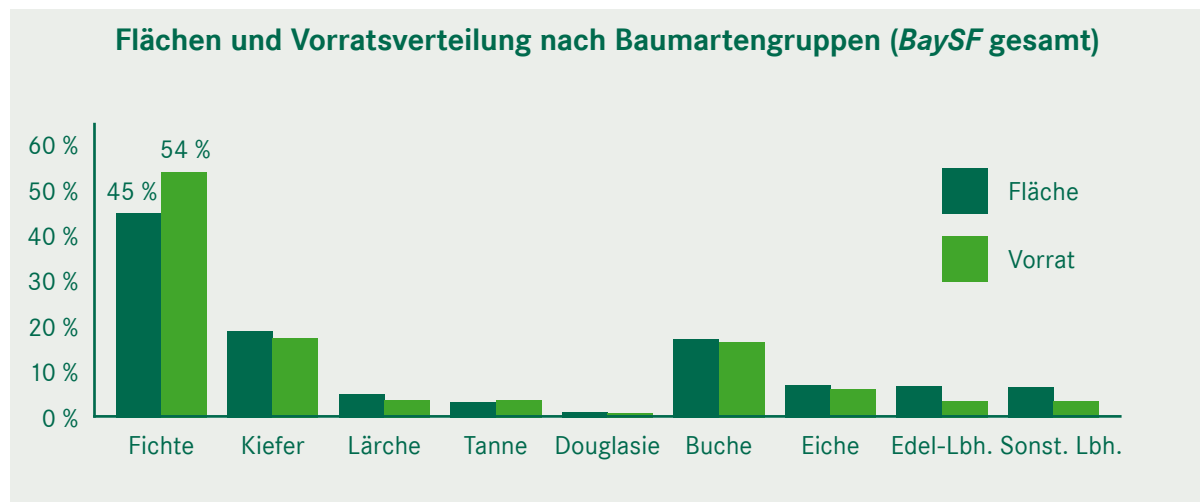


Abb.1: Flächen- und Vorratsanteile der Baumarten im Bayerischen Staatswald der Bayerischen Staatsforsten, gesamte Holzbodenfläche 722.000 Hektar

Auf rund 220.000 Hektar der *Bayerische Staatsforsten*-Holzbodenfläche (722.000 Hektar) stocken Fichtenbestände mit über 80 % Fichtenanteil (Auswertung der Inventurpunkte mit Fichte > 80 %, Stand Dezember 2008). Betrachtet man die Hochlagen der Alpen und des Bayerischen Waldes als natürliche Fichtenstandorte, so verbleiben rund 208.000 Hektar Fichtenreinbestände, die außerhalb des natürlichen Verbreitungsgebietes stocken. Das ist knapp ein Drittel der Waldfläche der Bayerischen Staatsforsten. Fichtenreinbestände besitzen aufgrund ihrer Schadensanfälligkeit bei Sturm und Insektenbefall in der Regel ab dem Alter 40 ein hohes Risikopotenzial. Die Flächenanteile der Fichtenreinbestände bezogen auf die Altersklassen zeigt Abb. 2. In der ersten Altersklasse sind dies rund 17.000 Hektar. Die größten Flächenanteile nimmt mit rund 44.000 Hektar die Altersklasse III (41 bis 60 Jahre) ein.

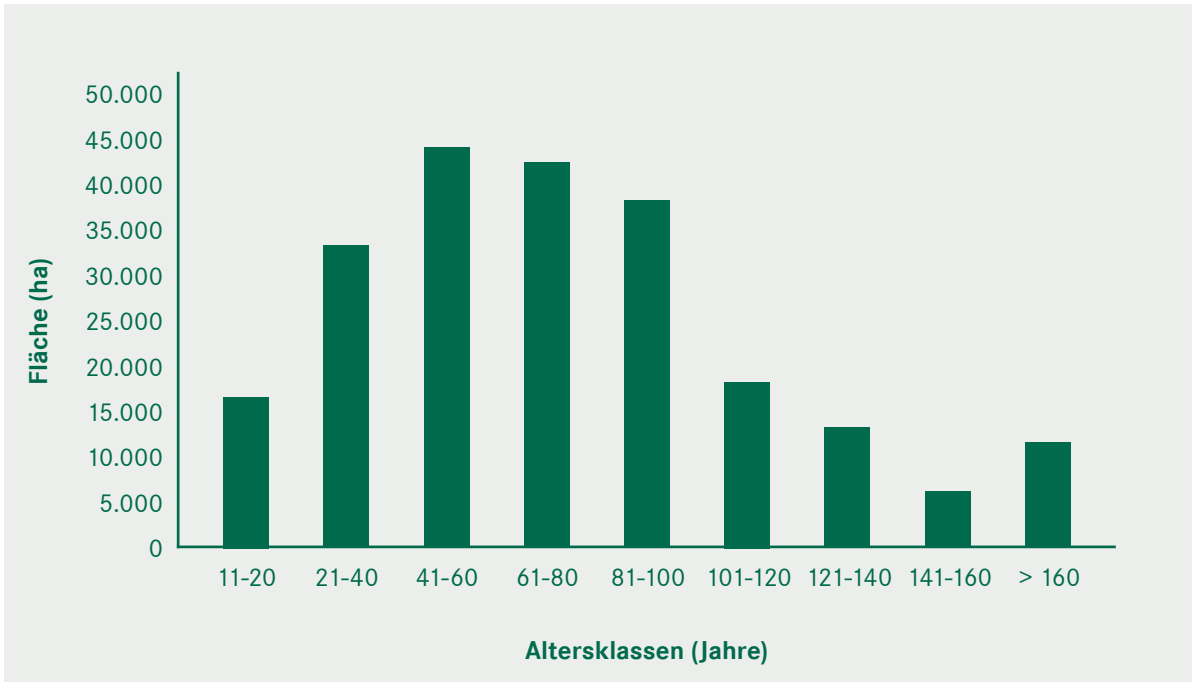


Abb. 2: Flächen (ha) der Fichtenreinbestände nach Altersklassen  
(Bayerische Staatsforsten gesamt, incl. Hochgebirge, Stand Dezember 2008)

Die Analyse der Vorratsstruktur zeigt, dass in allen BHD-Stufen die Vorratsanteile der Fichte bezogen auf alle anderen Baumarten mindestens 50 % betragen (s. a. Abb. 3). Die höchsten Vorratsanteile stocken in den BHD-Stufen von 30 bis 41 cm. Der Gesamtvorrat aller Baumarten beträgt derzeit (Stand Dezember 2008) rund 206 Mio. Efm, davon rund 112 Mio. Efm Fichte.

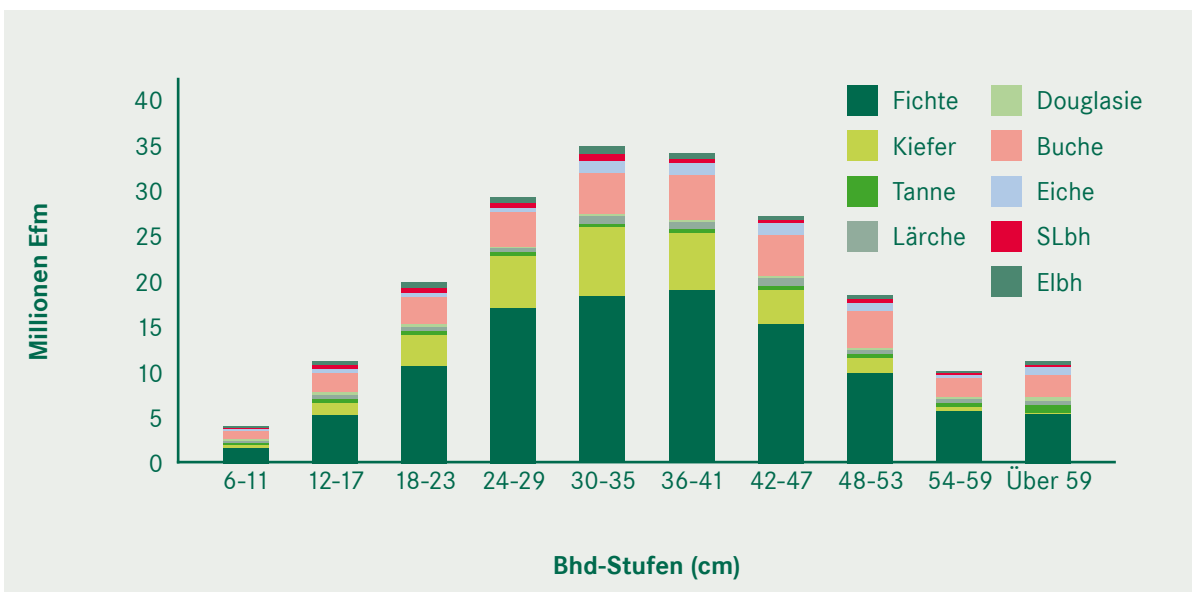


Abb. 3: Vorratsverteilung (Efm) nach BHD-Stufen (cm)  
Bayerische Staatsforsten gesamt, Stand Dezember 2008



Die Hiebsatz- und Einschlagsentwicklung seit dem Jahr 1990 kann der Abb. 4 entnommen werden. Die tatsächlichen Einschläge lagen seit 1990 u. a. sturm- und borkenkäferbedingt z. T. deutlich über dem Hiebsatz. Der Gesamthiebsatz wurde bereits ab den 1990er Jahren auf der Basis neuer Inventur- und Forsteinrichtungswerke schrittweise an das tatsächliche Nutzungspotenzial herangeführt. Diese Entwicklung ist mittlerweile abgeschlossen.

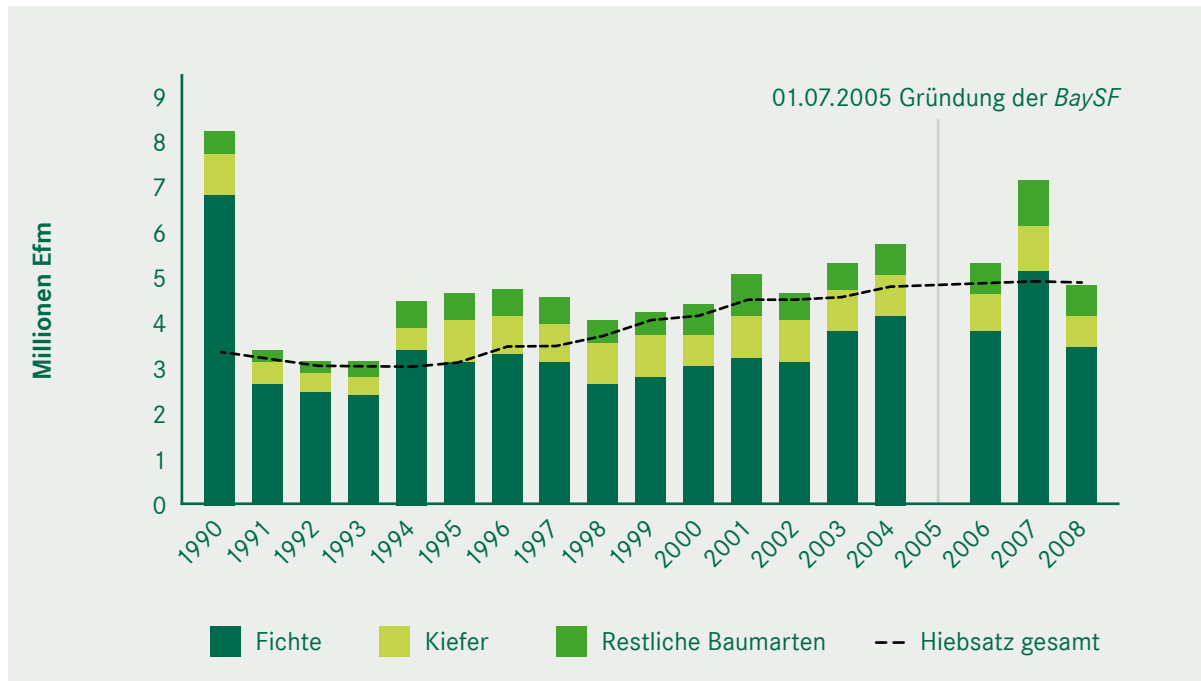


Abb. 4: Einschlag und Hiebsatz (Fichte, Kiefer, restliche Baumarten)



## 4. Natürliche Verbreitung u. Standortansprüche der Fichte

### 4.1 Natürliche Verbreitung

Die Karte der natürlichen Waldgesellschaft in Bayern (s. a. Abb. 5) verdeutlicht die Dominanz von Buchen- und Laubwaldgesellschaften in Bayern. Die Baumart Fichte war vor menschlich bedingter Einbringung in Flachlandbereiche im Wesentlichen auf die Gebiete der Hochlagenfichtenwälder und Bergmischwälder der ostbayerischen Mittelgebirge sowie der bayerischen Alpen begrenzt. Hinzu kam eine natürliche Verbreitung in Teilen des Alpenvorlandes sowie in Moorbereichen. Die derzeitigen Fichtenanteile pro Wuchsgebiet können ebenfalls der Abb. 5 entnommen werden.

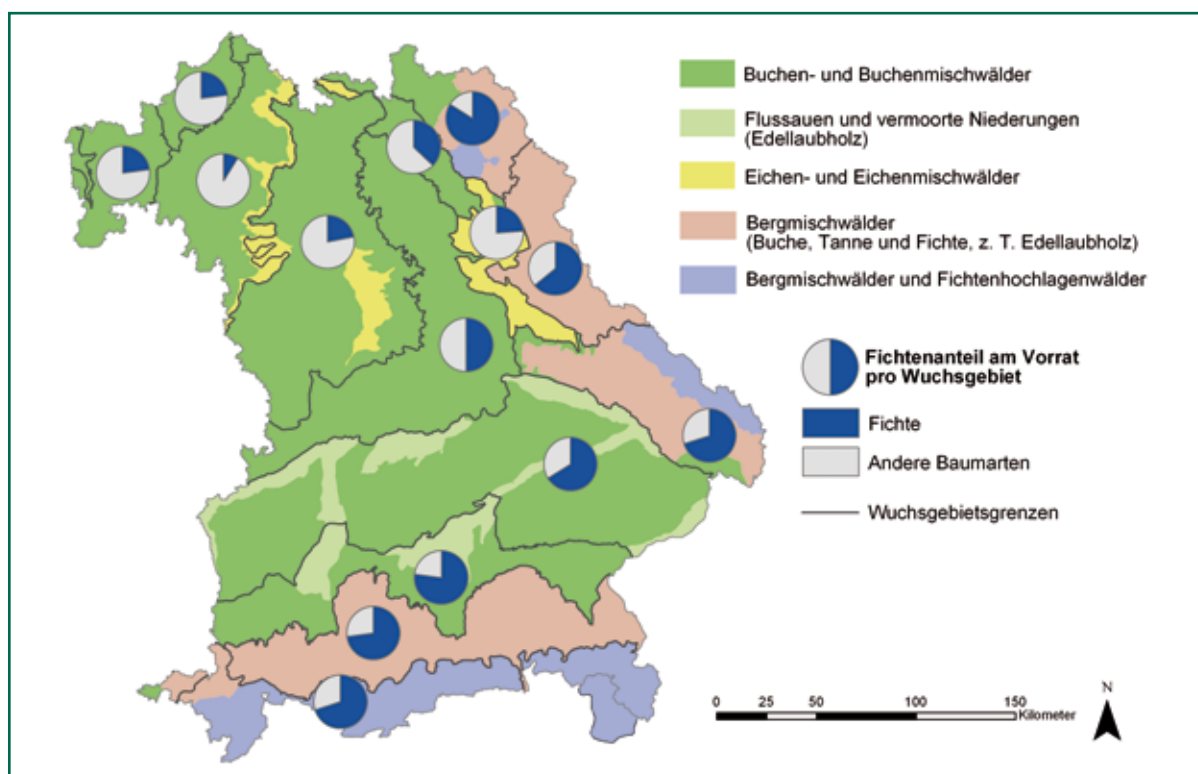


Abb. 5: Regionale natürliche Waldzusammensetzung, verändert nach Walentowski et al (2001). Dargestellt sind die dominierenden Waldgesellschaften innerhalb eines Wuchsgebietes und dessen aktueller Fichtenanteil am Vorrat in der *Bayerische Staatsforsten* (Stand 2008). Sonderstandorte sind nicht berücksichtigt.

## 4.2 Standortansprüche

Die Fichte ist grundsätzlich eine kontinentale bzw. alpine Baumart. Die höchste Wachstumsleistung liegt jedoch im ozeanischen Klimabereich.

Die Wärme- und Wasseransprüche einer Baumart sind immer in Kombination zu sehen: Mit zunehmender Erwärmung steigt auch der Wasserbedarf in der Vegetationszeit. Im bayerischen Klimabereich (Jahresdurchschnittstemperaturen 4 - 9° C, Mittelgebirge bis Flachland) benötigt die Fichte mindestens 300 mm Niederschlag in der Vegetationszeit. Bekannt ist die ausgeprägte Empfindlichkeit der Fichte gegen Sommertrockenheit. Deshalb benötigt sie eine ausreichende Speicherfähigkeit des Bodensubstrates bzw. dauerhaften Wurzelanschluss an Grund- oder Stauwasser.

Optimaler Zuwachs wird ab 450 mm Niederschlag in der Vegetationszeit geleistet. In der Literatur ist die Abhängigkeit des Durchmesserzuwachses der Fichte von den Vegetationszeit-Niederschlägen vielfach beschrieben. Sowohl die in der Vegetationszeit auftretenden Niederschlagsdefizite als auch eine verzögerte Nachwirkung von geringen Niederschlägen beeinflussen in Abhängigkeit vom Standort das Wachstum und die Anfälligkeit der Fichte für Borkenkäferbefall.

Die Nährstoffansprüche der Fichte sind gering, hohe pH-Werte können Rotfäule verursachen.

### 4.3 Ökologische Amplitude

Die Klimawerte des natürlichen Verbreitungsgebietes der Fichte sind in Abb. 6 als „Klimahülle“ dargestellt.

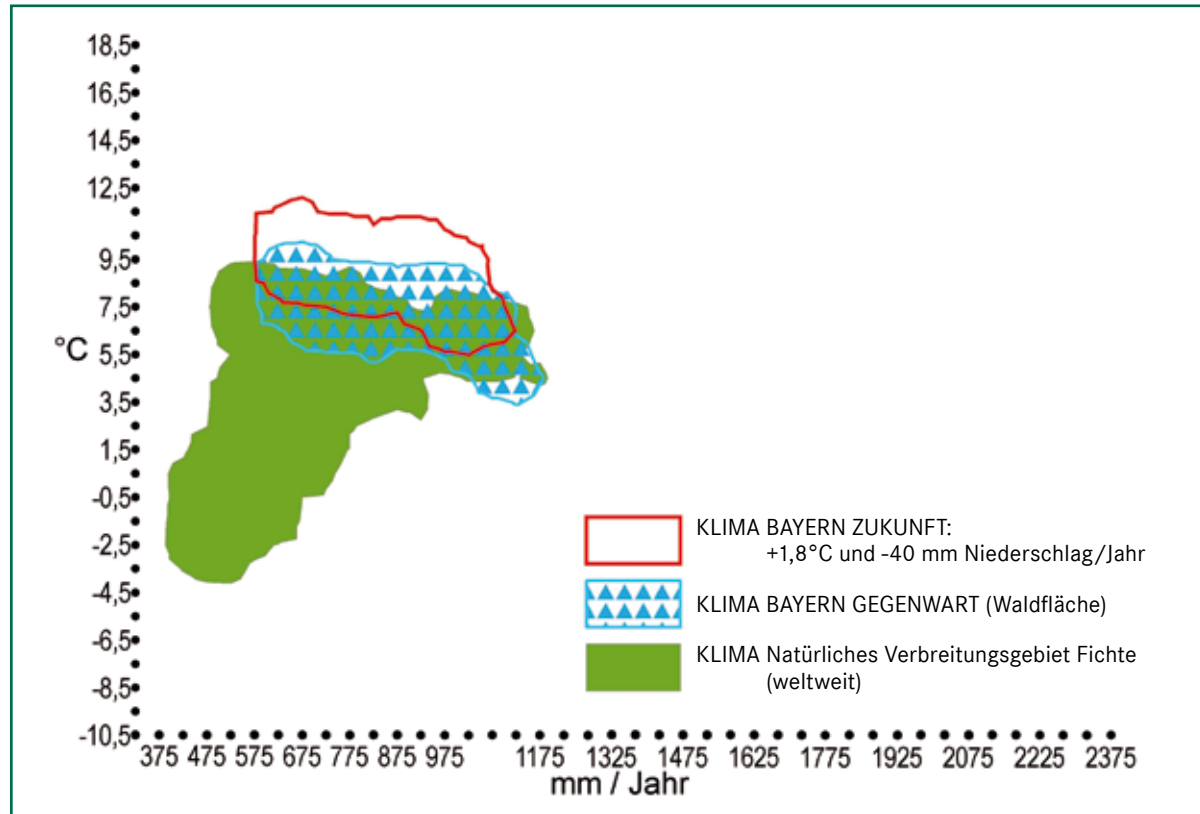


Abb. 6: Klimahülle Fichte: Temperatur- und Niederschlagswerte (Jahresdurchschnitt) des natürlichen Verbreitungsgebietes (95 %-Bereich) der Fichte im Vergleich zu den aktuellen und zukünftigen Klimawerten Bayerns (Kölling 2007)

Für die Klimahülle werden gemessene Klimawerte des natürlichen Verbreitungsgebietes einer Baumart erfasst und in ein Koordinatensystem eingetragen. Beschränkt man sich wie hier auf zwei Kriterien (Jahresdurchschnittstemperatur, Jahresniederschlagssumme), ergibt sich eine zweidimensionale Häufigkeitsverteilung, d. h. die Klimahülle wird als Fläche dargestellt. Zur vereinfachten Darstellung und Korrektur der Ausreißer wurden nur 95 % der häufigsten Werte dargestellt. Werden weitere Parameter hinzugenommen, z. B. Strahlung oder Niederschläge in der Vegetationsperiode, entsteht daraus eine mehrdimensionale Klimahülle.

In Abb. 6 ist ein mögliches Klimaszenario als „Klima Bayern Zukunft“ für die Waldfläche, auf der Fichten stocken, eingezeichnet. Damit wandert die Klimahülle der Fichte weiter aus dem bisher festgestellten Existenzspektrum hinaus. Je mehr die zukünftigen Klimawerte über die Klimahülle hinausragen, umso höher kann das Anbaurisiko für die Baumart eingeschätzt werden. Die Klimawerte Bayerns liegen bereits heute – insbesondere in warm-trockenen Gebieten – im Randbereich bzw. außerhalb der Klimahülle Fichte. Das deutet auf eine erhöhte Schadanfälligkeit der Fichte in Bayern hin (Kölling 2007).

Klimaforscher prognostizieren für Bayern bis zum Jahr 2100 höhere Jahresdurchschnittstemperaturen von mind. +2°C. Die Niederschlagsmengen werden voraussichtlich etwa gleich bleiben, jedoch vermehrt als Starkregen niedergehen. Dazwischen können ausgedehnte Trockenphasen liegen. An regionalisierten Klimamodellen wird derzeit von Seiten der Forschung gearbeitet.

Bereits heute zeichnet sich ab, dass Bestände mit führender Fichte in Bayern in den Gebieten trocken-warm und medium vermehrten Borkenkäferbefall und steigende ZE Anteile aufweisen. Die Abb. 7 verdeutlicht die betroffenen Gebiete.

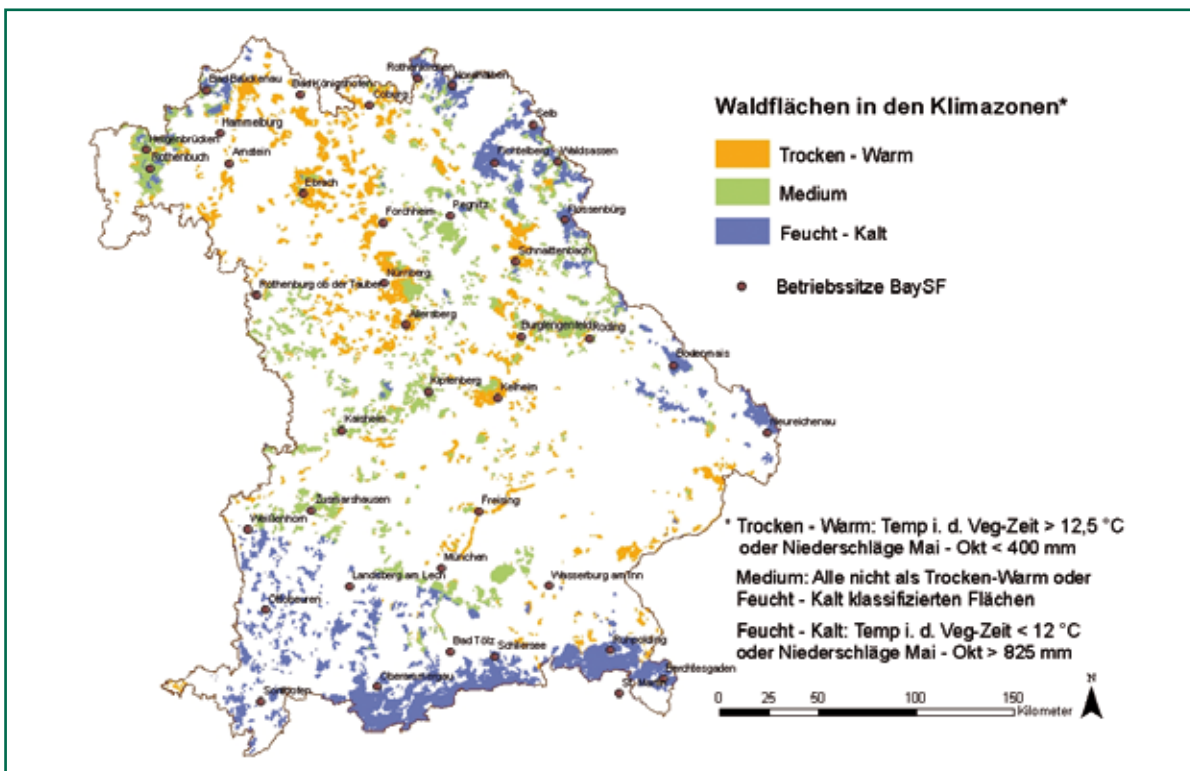


Abb. 7: Waldflächen der Bayerischen Staatsforsten in den Klimazonen, verändert nach Kölling (2006); die Waldflächen sind etwas vergrößert dargestellt

Um fichtenreiche Bestände in klimakritischen Gebieten zu stabilisieren und in laubholzreiche Mischbestände umzubauen, werden weiterhin große Anstrengungen und Aufwendungen erforderlich sein (s. a. Kapitel 5.2).

## 5. Waldschutz

### 5.1 Schadholtzanfälle

Von 1990 bis 2008 lag der ZE-Anteil am gesamten Fichteneinschlag (inkl. Stürme) bei rund 50 %. Hohen ZE-Mengen infolge Sturm folgten in den Jahren danach stets hohe ZE-Mengen durch Borkenkäferbefall.

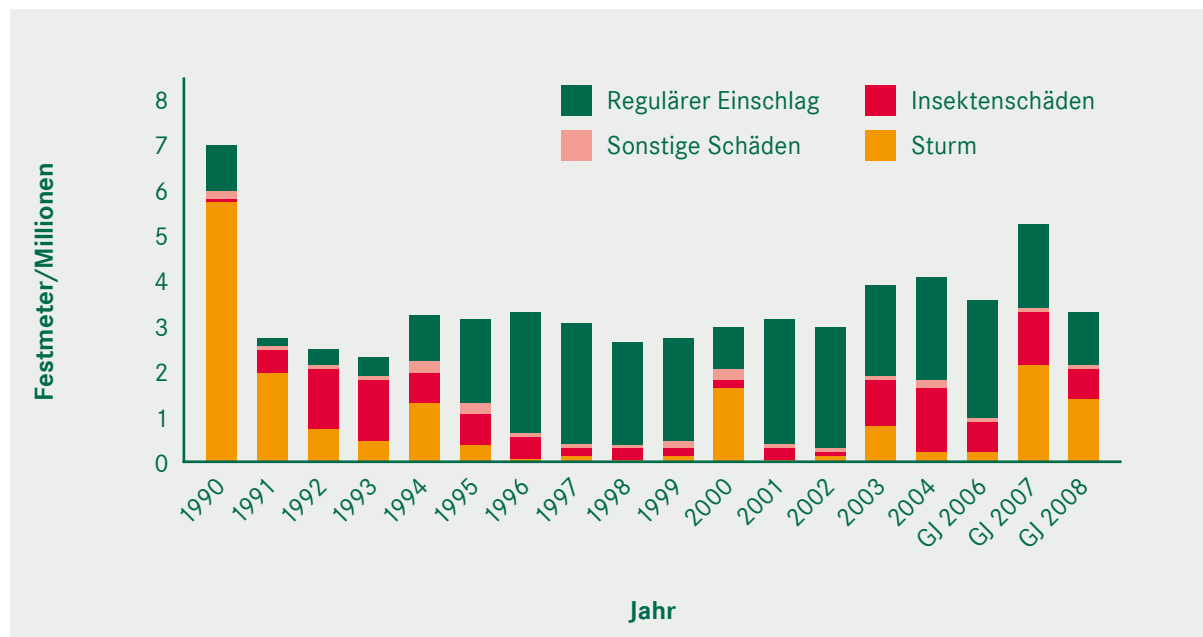


Abb. 8: ZE-Anteile am Fichtengesamteinschlag im Bayerischen Staatswald

Die zusätzlichen Kosten eines Festmeters ZE-Holz lassen sich überschlägig durch folgende Rechnung ausdrücken:

Für höhere Aufarbeitungskosten, Mehrkosten für die Bringung, zusätzliche Folgekosten durch Forstschutz, Kulturmaßnahmen, Pflege etc. sowie Holzerlöseinbußen summieren sich Aufwendungen und entgangene Erlöse auf mindestens 30,- € je Efm. (Wissenschaftliche Arbeiten kommen sogar auf Beträge um 50,- €/Efm).

Bei einem Fichtenhiebsatz von 3,2 Mio. Efm und im langjährigen Schnitt 50 % ZE-Anteil sind das jährliche Zusatzkosten bzw. entgangene Erlöse von  $1,6 \text{ Mio. Efm} \times 30 \text{ €} = 48 \text{ Mio. €}$  je Jahr.

Allein diese überschlägige Rechnung zeigt, wie wichtig auch aus wirtschaftlicher Sicht jeder Versuch ist, schrittweise die hohen ZE-Anfälle durch waldbauliche Maßnahmen zu verringern.

## 5.2 Anpassungsstrategie an den Klimawandel

Die *Bayerische Staatsforsten* hat sich generell zum Ziel gesetzt, innerhalb der nächsten 20 bis 30 Jahre alle Bestände, die mehr als 80 % Fichte und/oder Kiefer aufweisen und älter als 40 Jahre (Fichte) bzw. 80 Jahre (Kiefer) sind, in Mischbestände mit mindestens 30 % Laubholz und/oder Tanne umzuwandeln. Standorte und Gebiete mit natürlichen Fichten- und Kiefernwaldgesellschaften, z. B. in den Hochlagen der Bayerischen Alpen über 1.400 m ü. NN, sind dabei ausgenommen.

Die laufend neuen Forschungsergebnisse zur Anbaueignung der Fichte in Bayern ermöglichen es, das derzeitige Konzept „Waldumbau zur Anpassung an den Klimawandel“ in den nächsten Jahren zu überarbeiten, anzupassen und als zentrale Planungsgrundlage in unsere Forstbetriebsplanung/Forsteinrichtung zu integrieren. Ein so überarbeitetes Klimakonzept wird z. B. auch die Herleitung von Umbauszenarien in Hektar pro Region enthalten. Dieses Klimakonzept wird jedoch unabhängig und als separates Konzept zu den vorliegenden Grundsätzen für die Bewirtschaftung von Fichten- und Fichtenmischbeständen behandelt. Letztlich muss der Waldumbau nicht nur in Fichtenbeständen, sondern generell in Nadelholreinbeständen (so z. B. auch der Baumart Kiefer), umgesetzt werden.

In der Klimaforschung sind laufend neue wissenschaftliche Erkenntnisse zu erwarten (z. B. im Jahr 2009 die „Soforthilfe Baumarteneignung“ der Bayerischen Forstverwaltung). Diese sich ändernden Erkenntnisse werden regelmäßige Anpassungen des Waldumbaukonzeptes der Bayerischen Staatsforsten erfordern, die separat abgebildet und publiziert werden.

Durch Durchforstungen mit hohen Entnahmemengen kommen Licht und Wärme relativ gleichmäßig in die Bestände. Dies fördert in Fichtenbeständen die Entwicklung von Borkenkäferpopulationen, die Windwurf-, Schneedruck- und je nach Standort, auch die Verunkrautungsdisposition.

Das Ziel der vorgestellten Behandlung von Fichten und Fichten-Mischbeständen ist insgesamt eine verringerte Windwurf- und Schneebruchgefahr und dadurch eine Reduktion der ZE-Mengen am Gesamteinschlag durch:

- a) verbesserte Einzelbaum- und Bestandesstabilität
- b) differenzierten Licht- und Wärmeeinfall.

Ein differenzierter Licht- und Wärmeeinfall im Gesamtbestand lässt zudem eine geringere Borkenkäferdisposition als bei flächigen Auflichtungen erwarten. Die in den letzten Jahren eingeführten konsequenten Waldschutzmaßnahmen (z. B. Hacken und energetische Nutzung von bruttauglichem Gipfelmateriale, Holzlagerung außerhalb des Waldes und Nasslager) werden ausgebaut und fortgeführt.



## 6. Ertragskundliche Aspekte

Die Effizienz einer Durchforstung kann vor allem am Wachstum der verbleibenden Bäume beurteilt werden. In Waldbeständen gibt es dafür zwei Beurteilungsebenen:

- den Einzelbaum mit z. B. den Merkmalen Durchmesser, Höhe und Krone
- den Bestand, der die Einzelbaumgrößen auf flächenbezogene Größen, wie z. B. den Zuwachs oder den Vorrat akkumuliert.

Bei der Betrachtung dieser Größen ist es wichtig, sich realistische Vorstellungen über die zusätzliche Wirkung der Durchforstung auf den kurzfristigen Zuwachs und das langfristige Wachstum der Bäume zu machen. Der Zuwachs von Baum und Bestand ist darüber hinaus ein wichtiger Bioindikator zur Beurteilung von Umwelteinflüssen auf den Wald.

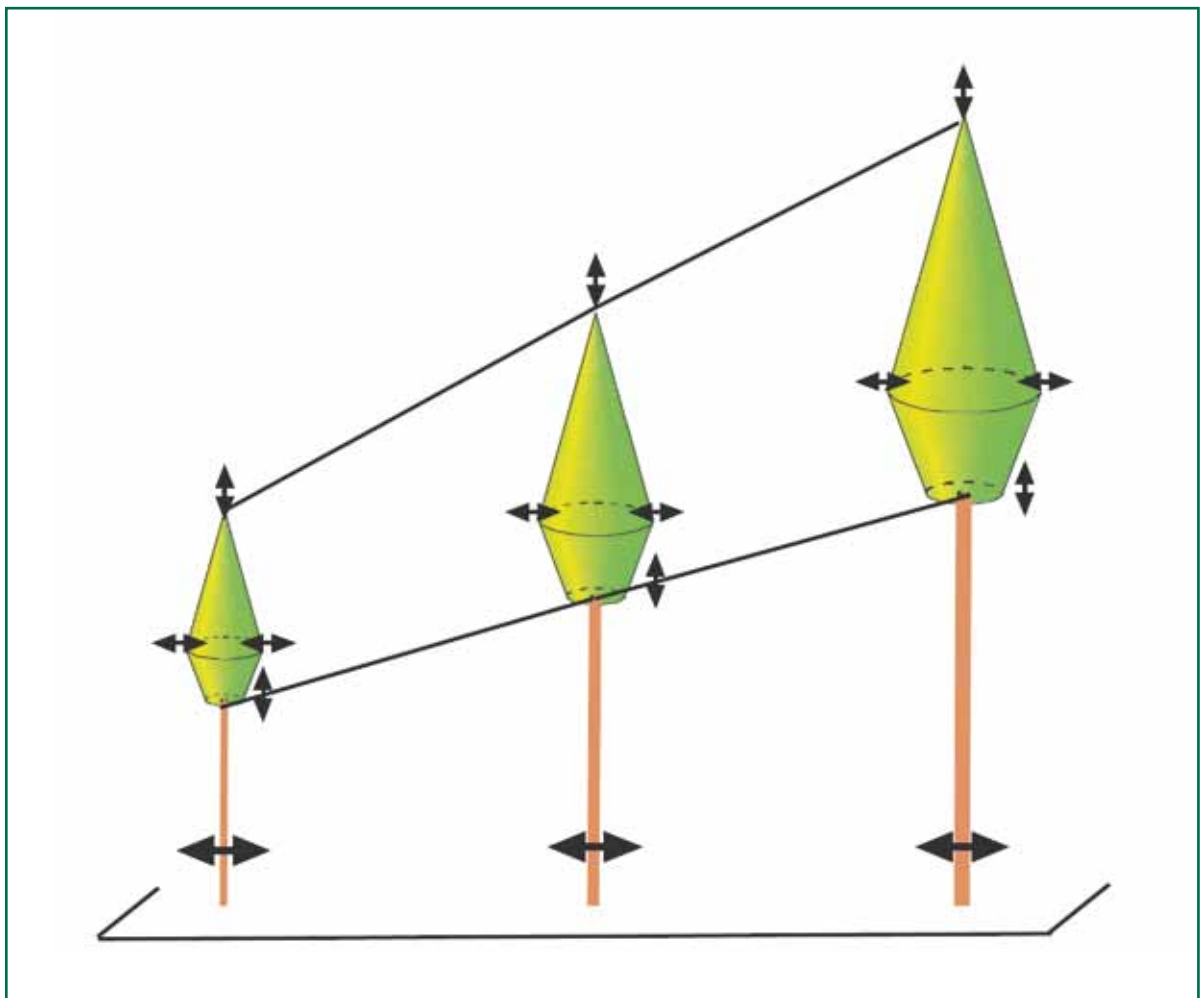


Abb. 9: Mögliche Dimensionsveränderung eines Baumes im Zeitverlauf

Die Grafik (Abb. 9) zeigt die möglichen Veränderungen eines Baumes im Zeitverlauf. Der Durchmesser nimmt zu, der Baum wächst in die Höhe, der Kronenansatz verschiebt sich leicht nach oben, die absolute Kronehöhe und der Kronenradius werden größer.

## 6.1 Durchmesser

Der Durchmesser ist der wichtigste Indikator für die Produktivität eines Baumes. In der Regel kulminiert der Durchmesserzuwachs relativ früh und sinkt dann, je nach baumarttypischen Wachstumsmustern, mit zunehmendem Alter ab. Anstelle der altersbezogenen Betrachtung kann dieser Zusammenhang auch über dem Ausgangsdurchmesser angetragen werden. Werden unter Konkurrenzdruck stehende Bäume gefördert, so steigt der Durchmesserzuwachs phasenweise stark an. Diese Reaktionsfähigkeit ist auch bei der Fichte über die gesamte Lebenspanne eines Baumes gegeben. Die Erfahrungen aus Forstrevieren und Forstbetrieben, die bereits lange Zeit ihre Bestände dauerwaldartig behandeln, bestätigen diese Feststellung.

Die vorgestellte spätere Förderung der Z2-Bäume nutzt dieses lang anhaltende, positive Reaktionsvermögen in den Phasen „Differenzierte Zielbaum- und Strukturdurchforstung“ und „Zielstärkennutzung“. Einschränkend muss gesagt werden, dass in älteren Beständen immer nur ein Teil der potenziellen Z2-Bäume die Fähigkeit haben wird, „positiv umzusetzen“. Wissenschaftliche Autoren sprechen davon, dass mind. 50 % der Bäume das Potenzial zur Umsetzung haben. Dieser Anteil ist für das Ziel eines strukturreichen Waldes jedoch ausreichend. Es besteht nicht der Anspruch, künftig flächendeckend geeignete Z2-Bäume zu erzielen. Diese ergeben sich automatisch aus der konsequenten Umsetzung des Konzepts. Vielmehr wird mit dem bestehenden Konzept der Einstieg in die Stufigkeit initiiert.

Zeitgleich mit der Einführung des Konzepts in die Praxis wurde ein begleitendes Versuchsprogramm zur Entwicklung von Z2-Bäumen in den angelegten Versuchsflächen der Forstbetriebe Waldsassen, Wasserburg und Zusmarshausen unter Federführung des Lehrstuhls für Waldwachstumskunde der Technischen Universität München sowie des Fachbereichs Waldbau, Waldwachstum der Fakultät für Wald- und Forstwirtschaft an der Fachhochschule Weihenstephan gestartet. Damit wird das Konzept wissenschaftlich begleitet, um weitere Erkenntnisse zu erlangen.

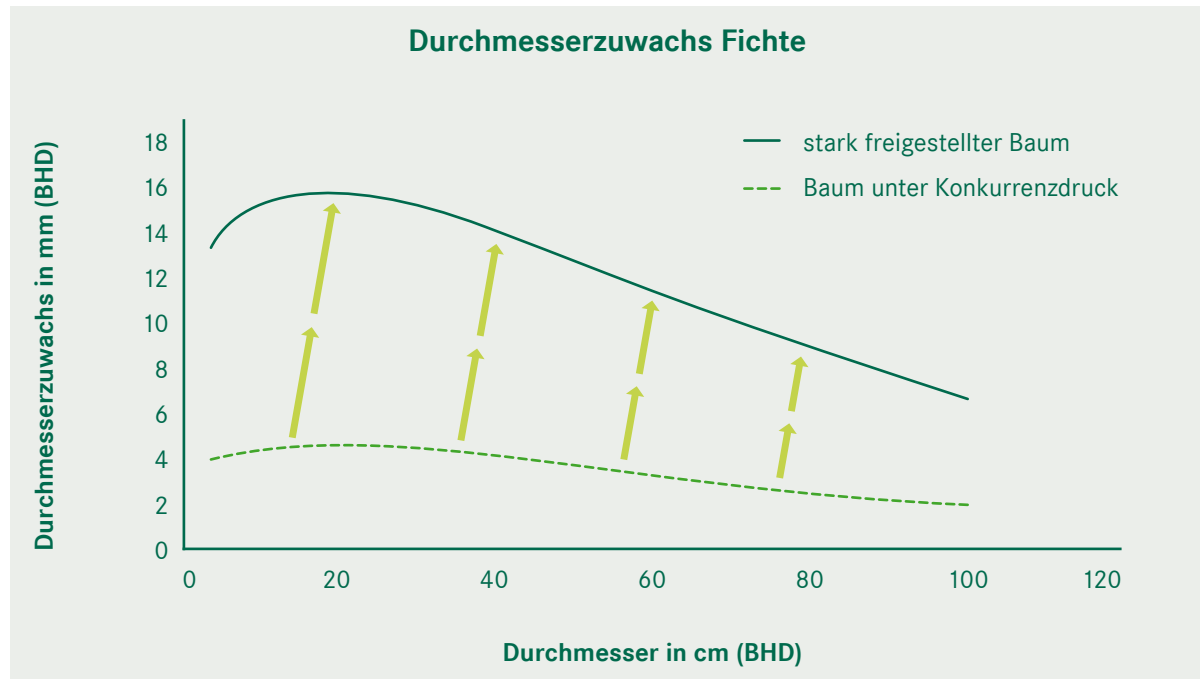


Abb. 10: Beispiel für den Durchmesserzuwachs von stark freigestellten und unter Konkurrenzdruck erwachsenen Bäumen sowie mögliche Übergangsstadien

Die beispielhafte Darstellung des Durchmesserzuwachses von stark freigestellten sowie unter Konkurrenzdruck erwachsenen Bäumen zeigt, dass bei Verringerung des Konkurrenzdrucks durch Durchforstung der Durchmesserzuwachs rasch ansteigt.

Insgesamt ist es bereits ein großer Erfolg, wenn bei gegebenem Produktionszeitraum (z. B. 80 Jahre) der Erntedurchmesser der Zielbäume durch konsequente Durchforstung um 10 bis max. 20 cm gegenüber einem undurchforsteten Vergleichskollektiv gesteigert werden kann. Nur bei solitärem Wachstum ist ein darüber hinausgehendes Durchmesserwachstum möglich.

## 6.2 Höhe

Die Höhe und der Höhenzuwachs eines Baumes sind von der Durchforstung weitgehend unabhängig. Das Höhenwachstum einer Baumart ist daher eine gute Beurteilungsgröße für die Wuchskraft des Standortes. Deswegen wird in vielen Ertragstafeln die Höhenwuchsleistung als Maßstab für die Bonitierung herangezogen.

### 6.3 Kronenentwicklung

Die Kronenlänge beschreibt den Anteil der grünen Krone am Stamm. Je länger und breiter die grüne Krone ist, umso größer wird die assimilierende Oberfläche einer Baumkrone. Andererseits veratmet (respiert) eine große grüne Krone nicht nur absolut, sondern auch relativ mehr als eine Krone mittlerer Größenordnung. Zur Erklärung kann auch die Oberflächen-Inhaltsregel von RUBNER herangezogen werden, nach der die Assimilation (Aufbaukomponente) proportional zur Oberfläche, die Respiration (Abbaukomponente) proportional zum Volumen der Krone erfolgt. Da das Oberflächen-Inhaltsverhältnis von Baumkronen jedoch mit zunehmender Baumdimension ungünstiger wird, geht auch ihr Zuwachs zurück (PRETZSCH et al., 2002). Der Stammzuwachs von Bäumen steigt daher nicht proportional zur Zunahme der Kronengröße. Aus diesem Grundzusammenhang ist – wie es z. B. das Mitscherlich-Gesetz zeigt – (vgl. 6.4) die begrenzte Wirkung von Standraumerweiterung bei Durchforstung ableitbar (ASSMANN, 1961; PRETZSCH et al., 2002). Aus dem Blickwinkel der Produktivität eines Bestandes sind maximale Kronengrößen nicht vorteilhaft. Daher werden in dem vorliegenden Behandlungskonzept Kronenlängen bis maximal 60 % der Baumhöhe und mittlere Kronenbreiten angestrebt.

Im Gegensatz zu Durchmesser und Höhe ist die Gestalt der grünen Krone, deren Länge und Durchmesser sehr effektiv durch die Stärke und Intensität der Durchforstung steuerbar. Ein konsequent geförderter, herrschender Zielbaum hat über seine gesamte Lebensspanne bei einem  $h/d$ -Wert  $< 70$  mindestens eine Kronenlänge von 50 % (Abb. 11a).

Bis zu einer bestimmten Höhe können auch aus dem unbehandelten Zwischenfeld stabile Zielbäume (Z2) erzogen werden. So kann z. B. ein Baum aus dem Zwischenfeld mit 24 m Höhe und 30 – 40 % grüner Krone bis zu einer Höhe von 32 m durch entsprechende Förderung immer noch eine grüne Krone von 50 % der Baumhöhe erreichen. 50 % grüne Krone sind bei vorherrschenden Bäumen ein Indikator für stabile  $h/d$ -Werte im Bereich 70 (s. a. Abb. 11b).

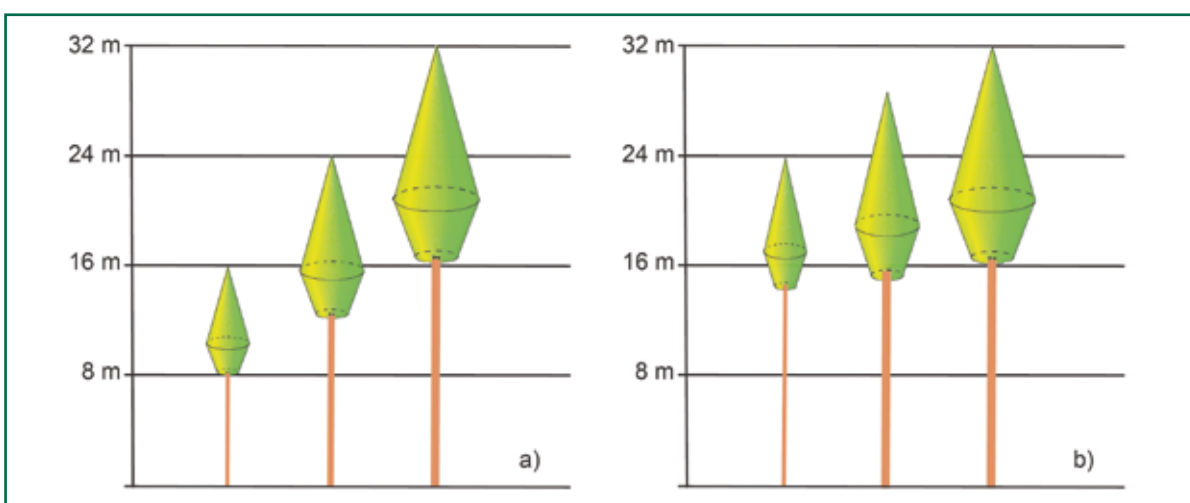


Abb. 11: Entwicklung eines herrschenden Zielbaumes mit 50 % grüner Krone in 3 Höhenstadien (a) und eines mitherrschenden Baumes mit einer Höhe von 24 m und 40 % grüner Krone zu Beginn der Betrachtung (b).

## 6.4 Eingriffsstärke

Eine früh einsetzende starke Durchforstung führt immer nur zu einer temporären Beschleunigung des Durchmesserzuwachses. Der positive Effekt einer Wuchsbeschleunigung ist nur für einen kurzen Zeitraum nutzbar (PRETZSCH et al., 2002). Dies lässt sich durch das Mitscherlich-Gesetz anschaulich beschreiben (Abb. 12). Der Zuwachs strebt in Abhängigkeit von den zur Verfügung stehenden Ressourcen (z. B. Standraum) innerhalb eines bestimmten Zeitraums einem Maximalwert (= Asymptote) zu. Erfolgt eine Vergrößerung des Standraums, ist die Wirkung auf das Ergebnis (= Zuwachs) bestimmbar. Dieser Zuwachseffekt wird mit jedem folgenden Eingriff geringer.

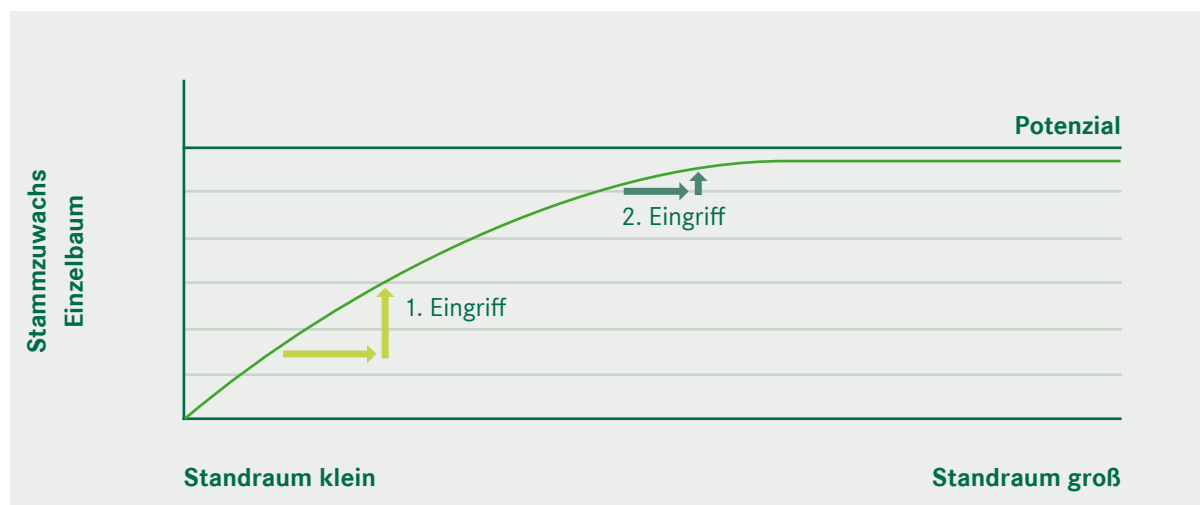


Abb. 12: Gesetz des abnehmenden Grenznutzens nach Mitscherlich hinsichtlich des Zuwachses bei zunehmendem Standflächenangebot (verändert nach PRETZSCH et al., 2002)

### Für zu durchforstende Waldbestände lassen sich daraus folgende Schlüsse ziehen:

1. Die Entnahme des ersten Konkurrenten hat die höchste Wirkung.
2. Die Wirkung der Entnahme sinkt mit zunehmendem Alter.
3. Bei kurzem Eingriffsintervall und moderater Entnahme bleibt die Reaktionsfähigkeit des Bestandes lange erhalten.

### 6.5 Bestandesdichte und Zuwachs

Auf Bestandesebene ist der Zusammenhang zwischen Zuwachs und Dichte für die Bewirtschaftung von Wäldern von besonderem Interesse. Unter Dichte kann hier z. B. die Grundfläche oder der stehende Vorrat eines Bestandes betrachtet werden.

Grundsätzlich steigt mit zunehmender Dichte der Zuwachs an. Werden je nach Baumart und Alter ca. 60 - 80 % der maximalen Grundfläche erreicht, flacht die Kurve ab. Der Zuwachs hat seinen oberen Leistungsbereich erreicht. Häufig gibt es ein Zuwachsoptimum bei ca. 80 - 90 % der maximalen Grundfläche, danach sinkt der Zuwachs oftmals wieder leicht ab. Dieser Grundzusammenhang wurde von ASSMANN (1961) und PRETZSCH (2002) eingehend beschrieben und interpretiert. Der in der Abb. 13 eingezeichnete grüne Bereich zeigt beispielhaft eine Zone zuwachsoptimaler Bestandesdichte ( $\geq 70\%$ ), bei der die Zuwachsleistung noch mindestens 90 % im Vergleich zur maximalen Dichte beträgt.

Sinkt die Dichte auf 50 % ab, so werden nur noch ca. 65 % des Zuwachses erreicht. Dies kann für die Praxis Erhebliches bedeuten: Büßt ein größerer Forstbetrieb mit 15.000 Hektar Waldfläche durch zu starke Eingriffe und damit übermäßiger Absenkung der Bestandesdichte einen Zuwachs von 1 Efm/ha/Jahr ein, summiert sich das zu einer Reduktion des Hiebsatzes von 15.000 Efm pro Jahr.

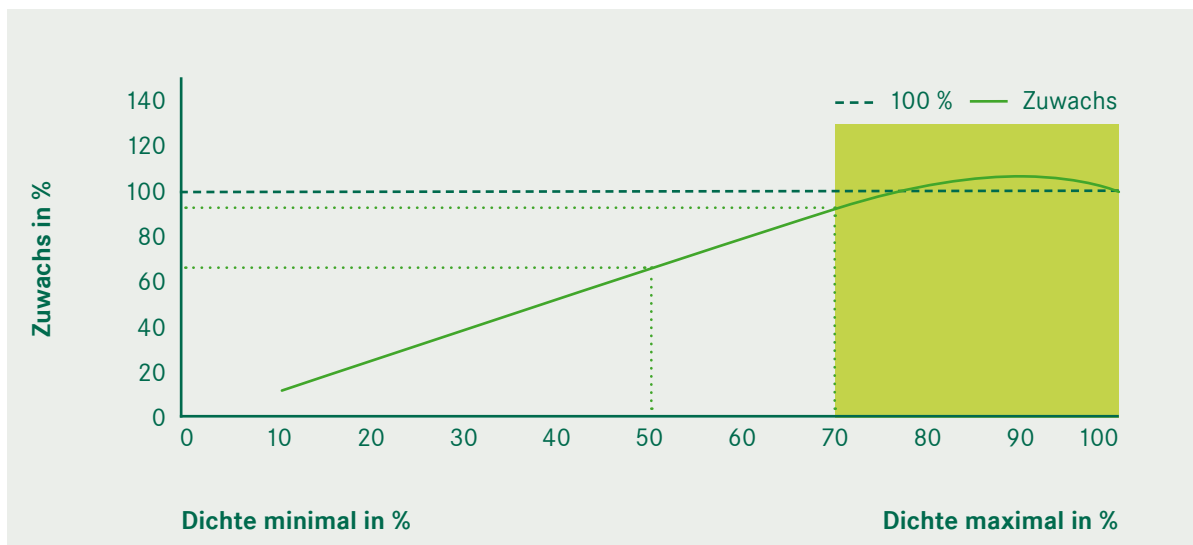


Abb. 13: Exemplarische Darstellung des Zusammenhangs zwischen Bestandesdichte und Zuwachs

Die Standflächeneffizienz von Bäumen (Volumenzuwachs pro qm Standfläche) steigt mit zunehmender Größenentwicklung zunächst stark an, kulminiert und geht dann rasch wieder zurück. Diese Erkenntnis resultiert aus vielen Durchforstungsversuchen, mit denen man Kronenanalysen ausgeführt hat und sie kann für das vorliegende Fichtenpflegekonzept folgendermaßen nutzbar gemacht werden: Die Behandlung zielt auf eine permanente Ausstattung der Bestände mit Bäumen unterschiedlicher Effizienz. Es wird ein permanenter Mix von Bäumen unterschiedlicher Größe angestrebt, so dass immer kleine Bäume vorhanden sind, die erst in höhere Effizienz hineinwachsen, mittelgroße Bäume vorhanden sind, die maximale Kroneneffizienz aufweisen, und große Bäume gehalten werden, die in der Effizienz schon wieder abfallen und der Ernte entgegen gehen. Ein solcher Mix von Größenklassen unterschiedlicher Effizienz ermöglicht eine Optimierung von Bestandsdichte und Zuwachsleistung, sowie eine Abpufferung von Ausfällen in der Oberschicht.

**Je struktureicher ein Bestand ist, desto besser kann er Zuwachsverluste durch die Entnahme stärkerer Bäume kompensieren. Die in Abb. 13 eingetragene Kurve würde flacher verlaufen und der grüne Bereich mit nur geringen Zuwachsverlusten bei abnehmender Dichte wäre in struktureichen Beständen breiter.**

#### **Für die Bewertung eines Durchforstungsprogramms kann daraus abgeleitet werden:**

1. Der Grad der Absenkung der Dichte durch die Durchforstung hat eine Rückwirkung auf den flächenbezogenen Zuwachs.
2. Bleiben nach einer Durchforstung noch 60 – 70 % der Dichte im Vergleich zur maximalen Dichte übrig, dann sind die künftigen Zuwächse weiterhin hoch.
3. Zuwachsverluste gegenüber dem maximal möglichen Zuwachs im Bereich von 10 - 20 % sind durchaus tolerabel.
4. Werden sehr starke Eingriffe geführt, können sich die Zuwachsverluste auf mehrere Festmeter pro Hektar und Jahr belaufen.
5. Je struktureicher ein Bestand ist, umso besser und schneller kann er Zuwachsverluste durch die Entnahme stärkerer Bäume kompensieren.

## 6.6 Effizienz von Durchforstung

Bei der Bewirtschaftung von Waldbeständen muss immer eine Abwägung erfolgen, was auf der Einzelbaumseite „gewonnen“ (Wertsteigerung, Dimensionssteigerung, Steigerung der Stabilität) und auf der Bestandesebene „verloren“ wird (flächenbezogener Zuwachs, Massenleistung, Vornutzungsmenge).

Diese Abwägung wird in der Ökologie auch als „Trade-off“ beschrieben. Damit ist eine negative, wechselseitige Abhängigkeit zweier Aspekte gemeint. Ein Trade-off liegt dann vor, wenn man eine Verbesserung des einen Aspektes nur unter Inkaufnahme der Verschlechterung des anderen Aspektes erreichen kann. Trade-off kann auch mit dem Begriff „Zielkonflikt“ oder mit den Begriffen „Kompromiss“ und „Ausgleich“ des Zielkonfliktes umschrieben werden. In der Ökonomie beschreibt Trade-off auch die wechselseitige Abhängigkeit von Kosten und Qualität, z. B. den Effekt, dass bei Kostensenkung auch die Qualität sinkt.

In unserem Fall handelt es sich um den Zielkonflikt zwischen Wachstum des gesamten Bestandes und dem maximalen Zuwachs des Einzelbaumes. In jungen Jahren ist der Trade-off besonders gering. Daher kann durch frühe Förderung einzelner Bäume ein durchaus bemerkenswerter Durchmesser- und Zuwachsgewinn für die Zukunft erreicht werden, den man in späterem Alter nicht mehr bekommt (PRETZSCH, 2006).

In Waldbeständen ist bei dieser Betrachtung zusätzlich wichtig, welche „Grenzen des Wachstums“ den Bäumen gesetzt sind. Ist der Standort nährstofflimitiert, können die Einzelbäume nur bedingt eine Zunahme des Standraums durch Mehrzuwachs kompensieren. Anders ist es, wenn der Standort nur lichtlimitiert ist. Dann sind genügend Nährstoffe für ein Mehr an Wachstum vorhanden. Durchforstung steuert im Wesentlichen nur das Licht (PRETZSCH, 2004).



## 6.7 Wachstumsänderungen in Waldbeständen

Werden die Auswirkungen von Durchforstung ohne geeignete biologische Referenzsysteme beurteilt, kann es leicht zu Fehleinschätzungen kommen. In Abb. 14 ist wiederum der Zusammenhang zwischen Dichte und Zuwachs dargestellt. Die 100 %-Linie ist dabei der Zuwachs bei maximaler Dichte bevor der Umwelteffekt aufgetreten ist. Der aktuell feststellbare Zuwachs ist aufgeteilt in den Umwelteffekt und den Durchforstungseffekt (PRETZSCH, 2004). Die Durchforstung kann bei der Baumart Fichte den Zuwachs um bis zu 10 % steigern. Der Umwelteffekt überlagert dagegen das gesamte Spektrum mit einem Zuwachsplus von ca. 30 %. Würden wir die heutige, in manchen bayerischen Wuchsregionen sehr rasante Reaktion unserer Fichten auf Durchforstungseingriffe ohne den Umwelteffekt (Temperaturänderung, Stickstoffeintrag etc.) betrachten, würden wir zu völlig falschen Schlüssen über die Wirkung von Durchforstungseingriffen auf das Wachstum von Waldbeständen kommen.

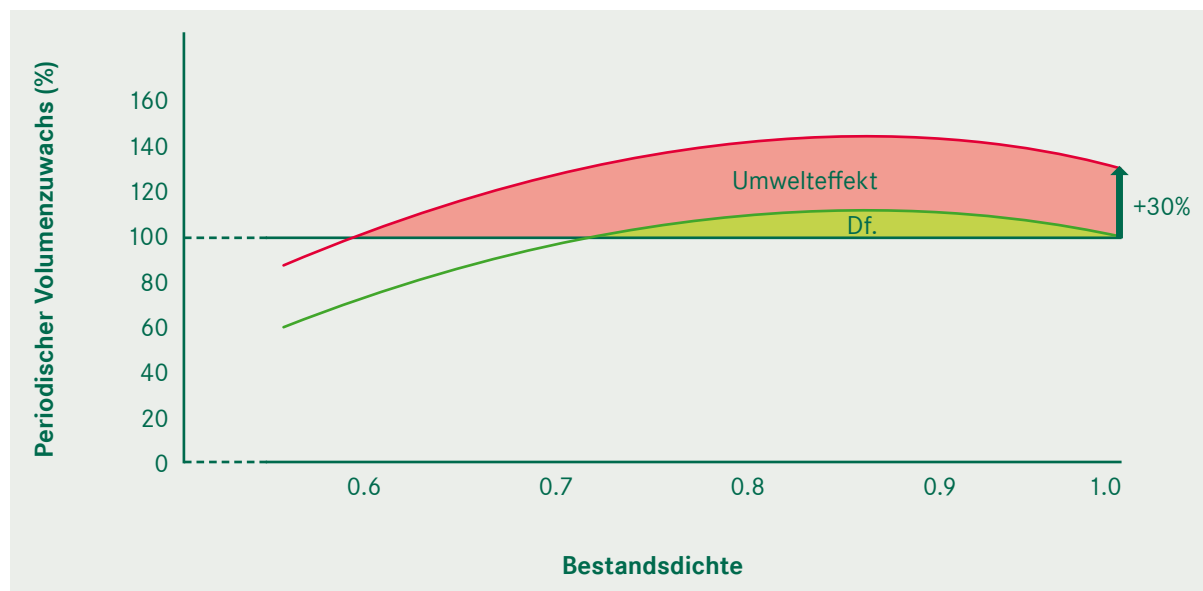


Abb. 14: Zusammenhang zwischen der Dichte (Grundfläche oder Vorrat) in einem Bestand und dem Zuwachs, aufgeteilt in die Komponenten Umwelteffekt und Durchforstungseffekt (verändert nach PRETZSCH, 2005)

### Schlussfolgerungen:

1. Durchforstungs- und Umwelteffekt überlagern sich.
2. Die Steigerung des Zuwachses durch Umwelteffekte verbessert derzeit den Zuwachs im gesamten Handlungsspektrum.
3. Eine weitere Zunahme des Zuwachses durch positiv wirkende Umwelteffekte ist in vielen Regionen eher unwahrscheinlich.
4. Der Durchforstungseffekt ist bei der Fichte im Vergleich zum Umwelteffekt eher gering.
5. Unter den geänderten Umweltbedingungen wachsen die Bäume in der Regel schneller. Die Durchforstung heute verlagert den Zuwachs effektiver auf „geförderte“ Bäume. Damit wird die Stabilität noch rascher als in der Vergangenheit gefördert.

## 6.8 Literaturangaben

Assmann, E. (1961): Waldertragskunde. BLV Verlagsgesellschaft, München, Bonn, Wien, S. 490

Pretzsch, H., Utschig, H., Bachmann, M. (2002): Innovation durch Kontinuität – das Ertragskundliche Versuchswesen in Bayern. In: BLEYMÜLLER, H. et al. (Hrsg.), 250 Jahre Bayerische Staatsforstverwaltung – Rückblicke, Einblicke, Ausblicke. Mitteilungen aus der Bayerischen Staatsforstverwaltung. Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, München, pp. 425 - 443

Pretzsch, H. (2001): Modellierung des Waldwachstums. Parey Buchverlag, Berlin, S. 341

Pretzsch, H. (2002): Grundlagen der Waldwachstumsforschung. Blackwell Verlag, S. 414

Pretzsch, H. (2004): Gesetzmäßigkeiten zwischen Bestandesdichte und Zuwachs. Lösungsansatz am Beispiel von Reinbeständen aus Fichte (*Picea abies* [L.] Karst.) und Buche (*Fagus sylvatica* L.). Allgemeine Forst- und Jagdzeitung. 175. Jg., Heft 12, S. 225 - 234

Pretzsch, H. (2005): Wachstum von Rein- und Mischbeständen bei veränderten Umweltbedingungen. AFZ – Der Wald 9 (2005): S. 465 - 468

Pretzsch, H. (2006): Von der Standflächeneffizienz der Bäume zur Dichte-Zuwachs-Beziehung des Bestandes. Beitrag zur Integration von Baum- und Bestandesebene. Allg. Forst- und Jagdzeitung. 177. Jg (2006), Heft 10, S. 188 - 199

## 7. Naturschutzaspekte

Der potenzielle natürliche Fichtenanteil an der Waldfläche Bayerns beträgt ca. 10 %, der Anteil von natürlichen Nadelwäldern mit Fichte als führender Baumart beträgt ca. 5 % (Walentowski et. al. 2006). Diese kommen flächiger in den Hochlagen des Bayerischen Alpenraums sowie der Ostbayerischen Mittelgebirge vor. Außer auf Sonderstandorten (v. a. Moore) ist die Fichte im Flachland natürlicherweise nicht vertreten. Diese Sonderstandorte besitzen jedoch eine hohe naturschutzfachliche Bedeutung und sind z. T. nach Art. 13d BayNatSchG oder als Lebensraumtyp nach der FFH-Richtlinie geschützt. Erwähnenswert sind auch die im natürlichen Fichtenverbreitungsgebiet vorhandenen Blockhaldenwälder mit den schützenswerten Moos- und Flechtengesellschaften.

Als Lebensraumtyp nach der FFH-Richtlinie sind zu nennen:

- 9410 Bodensauere Nadelwälder
- 91D0 Fichten-Moorwald

In der Regel sind die Wuchsleistung und die Holzqualität dort sehr eingeschränkt, so dass der Erhalt der Struktur und der Schutz der Standorte oberste Priorität besitzen.

In den Hochlagen-Fichtenwäldern ist Totholz als Keimbett für die natürliche Verjüngung zwingend erforderlich.

Als typische Arten der natürlichen Fichtenwälder können genannt werden:

Auerwild, Dreizehenspecht, Ringdrossel. Daneben gibt es eine spezielle Insektenfauna (z. B. gestreifter Bergwald-Bohrkäfer), die auf die klimatischen Verhältnisse angepasst ist.

Außerhalb des natürlichen Verbreitungsgebietes hat die Fichte aufgrund ihrer Häufigkeit auch eine gewisse naturschutzfachliche Bedeutung. Nicht mehr fängisches Totholz kann zur Strukturanreicherung erhalten werden. Insbesondere Horst- und Höhlenbäume genießen als Lebensstätten einen rechtlichen Schutz. Fichtenunterständer bieten die notwendige Deckung im Bereich von Brutplätzen von Vogelarten wie Sperlingskauz, Raufußkauz, Sperber. Rossameisen besiedeln gerne rotfaule Fichten, deren Larven wiederum Nahrungsgrundlage für Spechte sind.

Das Belassen von Fichtentotholz muss immer mit den Erfordernissen des Waldschutzes abgewogen werden. In den Fichtenforsten sollten möglichst viele Mischbaumarten als Elemente der Vielfalt und als zukünftige Samenbäume erhalten werden.



## 8. Produktionsziele

Als Produktionsziel wird bei Fichte Standardware der Qualität B/C angestrebt, beigemischtes Laubholz soll im unteren Stammstück mindestens die Qualität B erreichen. Nur bei Astung von Fichtenzielbäumen ist die Qualität A vorgesehen. Die Fichtenastung beschränkt sich auf langfristig ausreichend stabile Standorte mit entsprechender Werterwartung. Mischbaumarten wie Douglasie, Lärche oder Kirsche hingegen werden bei entsprechender Anzahl i. d. R. immer geastet.

Differenziert nach Standort und Risiko gelten für die Z1-Bäume der Fichte folgende Zielstärken:

**a) Stabile Standorte:**

- Mittleres Wuchspotenzial: 45 cm BHD
- Hohes Wuchspotenzial: 50 cm BHD

**b) Labile Standorte/geschädigte Bestände:**

- Mittleres Wuchspotenzial: 40 cm BHD
- Hohes Wuchspotenzial: 45 cm BHD

Die definierten Zielstärken kennzeichnen den Beginn der Z1-Nutzung. Diese erstreckt sich über mehrere Jahrzehnte, so dass der überwiegende Teil der Zielbäume stärkere Dimensionen erreichen wird. Die Z1-Nutzung findet somit im Rahmen eines Zielstärkenkorridors statt.



## 9. Technische Eigenschaften und Verwendung

Die Holzqualität der Fichte wird von den Faktoren Jahrringbreite, Abholzigkeit und Astigkeit bestimmt. Daneben sind Holzfehler wie Harzgallen, Risse und Reaktionsholz qualitätsbeeinflussende Faktoren.

Nach der europäischen Norm ENV 1927-1 (Tab.1) ermöglichen Jahrringbreiten bis 4 mm, Holz in die Güteklasse A zu sortieren. Die Obergrenze der mittleren Jahrringbreite für die Güteklasse B liegt im Mittel bei 7 mm. Bei guten Wuchsbedingungen und stärkerer Durchforstung ist es leicht möglich, die Qualitätskriterien für die Güteklasse A dauerhaft zu überschreiten. Die Grenze von 7 mm Jahrringbreite für Güteklasse B kann dauerhaft nur auf besonders leistungsfähigen Standorten mit extremer Freistellung von Z-Bäumen überschritten werden. Die Anforderungen der DIN 4074 an das Schnittholz sind etwas strenger als die der EN 1927-1. Hier fordert die Schnittholzgüteklasse S10 im Mittel 6 mm Jahrringbreite.

Äste			Jahrringbreite		
	gesunde, verwachsene	nicht verwachsene	faule		
A	keine	keine	keine	A	≤ 4 mm im Mittel
B	≤ 4 cm	≤ 3 cm	keine	B	≤ 7 mm im Mittel
C	erlaubt	≤ 6 cm	≤ 6 cm	C	unbegrenzt

Risse		Harzgallen		
	Mittendurchmesser o. R. < 35 cm	Mittendurchmesser o. R. ≥ 35 cm		
A	keine	≤ 1/2 ∅	A	nicht erlaubt
B	keine	≤ 1/2 ∅	B	1 pro Schnitt
C	≤ 1/2 ∅	≤ 1/2 ∅		

DIN 4074 (Bauholzsortierung nach Tragfähigkeit)				
Astigkeit			Jahrringbreite	
S13	bis 1/5 der Querschnittslänge		S13	≤ 4 mm im Mittel
S10	bis 2/5 der Querschnittslänge		S10	≤ 6 mm im Mittel
S7	bis 3/5 der Querschnittslänge		S7	≤ 6 mm im Mittel

Tab. 1: Sortiergrenzen für die Einwertung der Holzqualität in Güteklassen (A bis C) nach der europäischen Norm ENV 1927-1 bzw. Schnittholzgüteklassen S13-S7 nach der DIN 4074

Nach der neuen europäischen Rundholznorm ENV 1927-1 sind bei Fichte in der Güteklasse A keine Äste zulässig. Daraus ist zu folgern, dass nur geastete Stämme als Holz der Güteklasse A eingewertet werden können (Ausnahmen gelten für Bloche aus dem Hochgebirge). Für die Einwertung in die Güteklasse B liegt der Maximaldurchmesser für verwachsene Grünäste bei 4 cm, bei toten, nicht verwachsenen Ästen bei 3 cm. Die Grenze für die Güteklasse C liegt für nicht verwachsene Totäste bei 6 cm.

Die angesprochenen Grenzwerte für Äste können bei sehr starker und andauernder Freistellung mühelos überschritten werden. Im Interesse einer hohen Holzqualität sollte die Ausbildung zu starker Äste vermieden werden. Besonders im Laufe der Bestandesentwicklung absterbende, relativ starke Kronenäste stellen ein Problem für die Holzqualität dar. Daher sollte auf eine stetige Entwicklung der grünen Krone geachtet werden.

Aus den derzeitigen Erfahrungen des Bereichs Holz der Bayerischen Staatsforsten ist bei der Baumart Fichte insgesamt eine geringe Qualitätsdifferenzierung bei den Holzverarbeitern die Regel. Nur wirklich grobe Fehler führen zu einer Absortierung aus der Qualität B.

#### Schlussfolgerungen:

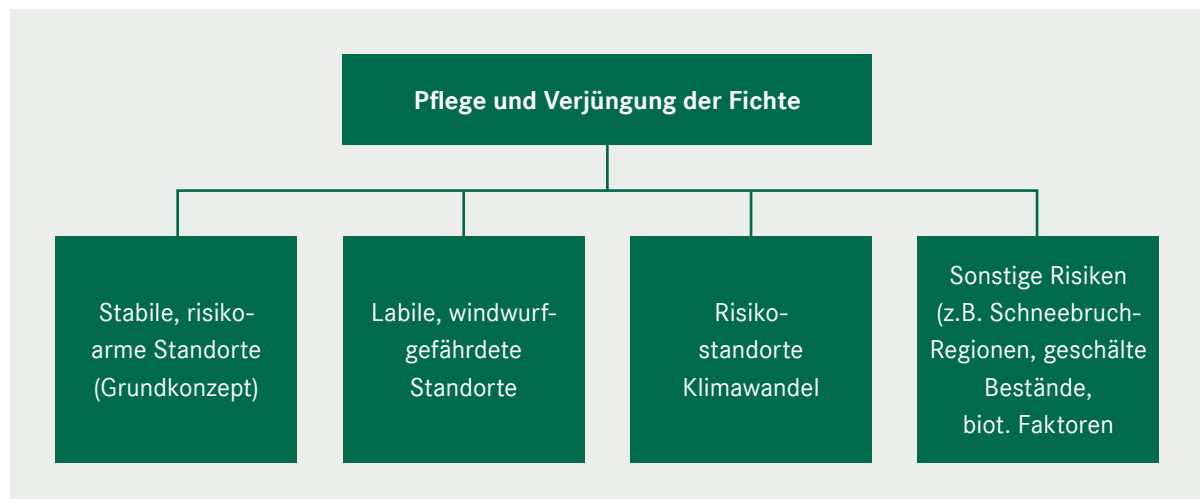
1. Die Jahrringbreiten für Qualität B werden mit mäßigen bis starken Durchforstungseingriffen nicht überschritten.
2. Aststärken, die C-Qualität bedingen, sind nur durch starke bis sehr starke Freistellungen erreichbar.
3. Absterbende Äste sind ein Qualitätsproblem, daher ist der Erhalt einer grünen Krone wichtig.
4. Nur grobe Holzfehler führen zu einer Absortierung aus der durchschnittlichen Qualität.



## 10. Pflegegrundsätze und Verjüngungskonzept

Die Pflegegrundsätze und das Verjüngungskonzept für Fichten- und Fichtenmischbestände basieren auf einem Grundkonzept, das die Bewirtschaftung auf potenziell fichtentauglichen, stabilen Standorten darstellt. Das Konzept ist so angelegt, dass es auch auf Mischbestände angewendet werden kann. Je nach standörtlichen und regionalen Besonderheiten unterliegt die Fichtenwirtschaft zahlreichen Risiken. Vornehmlich standörtliche Voraussetzungen, z. B. labile, windwurfgefährdete Böden oder mäßige Wasserversorgung, setzen einer regulären Fichtenbewirtschaftung Grenzen. Auch regionale klimatische Besonderheiten (z. B. Schneebruchzonen), Steillagen, stark vom Rotwild geschälte Bestände oder besondere biotische Faktoren (z. B. Bereiche mit Fichtenblattwespenbefall) müssen in den Bewirtschaftungskonzepten berücksichtigt werden.

Entsprechend ist das Grundkonzept zur Bewirtschaftung von Fichten- und Fichtenmischbeständen jeweils individuell an die verschiedenen regionalen und standörtlichen Gegebenheiten und Risiken anzupassen bzw. zu modifizieren.



Das Grundkonzept ist mit Kennzahlen der Ertragstafel Assmann-Franz, Oberhöhenbonität 40 hinterlegt; es bildet so die Wuchskraft der Fichte in großen Teilen Bayerns ab. Für Fichtenbestände auf weniger wuchskräftigen Standorten können die angegebenen Altersangaben nach oben, die Oberhöhenwerte nach unten abweichen.

Grundsätze der Bayerischen Staatsforsten für die Bewirtschaftung von Fichten- und Fichtenmischbeständen im Bayerischen Staatswald – Orientierungshilfe Grundkonzept –				
Alter (Jahre)	10                      25                      45                      65			
Bestandsoberhöhe	12 m                      25 m                      32 m			
Nutzungsart	<b>JP</b> 	<b>JD</b> 	<b>AD</b> 	<b>VJN</b> 
Wichtige Pflegeeingriffe	Jungwuchspflege	Zielbaumdurchforstung	Differenzierte Zielbaum- und Strukturdurchforstung	Verjüngung/Zielbaumnutzung
Maßnahmen	Mischbaumartenpflege/Mischwuchsregulierung, Standortraumregulierung	Förderung Z1 aus Fichte <b>und</b> Mischbaumarten. Keine Maßnahmen im Zwischenfeld	Förderung Z2 (Struktur-Durchforstung im Zwischenfeld), ggf. noch Z1 Förderung.	Rechtzeitiger Voranbau von Ta und Bu
Zielstammzahl		100 Z1	100 Z1 und 100 Z2	
Zahl der Eingriffe	(1)	5	3	mehrere
Entnahmemenge		max. 50-60 Efm/ha und Eingriff	max. 60-70 Efm/ha und Eingriff. Ggf. beginnende Zielstärkennutzung	max. 80 Efm/ha u. Eingriff, max. 20 % der Z1 je Eingriff bzw. 30 % der Z1 im Jahrzehnt. <b>Vorrat auf Niveau halten, lfd. Zuwachs abschöpfen</b>

Abb. 15: Übersichtsschema des Grundkonzepts (Höhenentwicklung nach der Ertragstafel Assmann-Franz, Oberhöhenbonität 40)

### 10.1 Pflege- und Verjüngungsgrundsätze auf stabilen, risikoarmen Standorten (Grundkonzept)

Die grundsätzlichen Ziele in der Pflege- und Durchforstungsphase der Fichte liegen in:

- der konsequenten Erhaltung bzw. Förderung erwünschter Mischbaumarten,
- der Erzielung einer hohen Einzelbaum- und Bestandesstabilität durch mäßige, aber häufig wiederkehrende Eingriffe (i. d. R. alle 5 Jahre) sowie
- der Erhaltung bzw. Schaffung eines hohen horizontalen und vertikalen Strukturreichtums zur Gewährleistung eines fließenden Übergangs in die Verjüngungsphase mit langfristigen Überschirmungszeiträumen und damit Vermeidung größerer Kahlfächen.

### 10.1.1 Jungbestandspflege (Oberhöhenbereich bis ca. 12 m)

**Ziel:** Bis zum Ende der Jungbestandspflege soll eine differenzierte Dichtung mit einer ausreichenden Anzahl an stabilen, vitalen Einzelbäumen heranwachsen, in der die erwünschten Mischbaumarten, soweit vorhanden, gesichert sind. Ein vorhandener Altbestandsschirm soll dabei möglichst lange zur Sicherstellung einer natürlichen Differenzierung der Fichtennaturverjüngung erhalten bleiben.

#### Mögliche Maßnahmen:

1. Mischbaumartenregulierung
2. Standraumregulierung in der Fichte
3. Zurücknahme überdichten Weichlaubholzschirms

Vor jeder Maßnahme ist deren Notwendigkeit, individuell für jeden Bestand, eingehend zu prüfen.

- Priorität in der Jungbestandspflege hat die **Mischungsregulierung**. Die erwünschten Mischbaumarten werden je nach Bedrängungsgrad durch die Fichte mehr oder minder intensiv gefördert. In Abhängigkeit vom Mischungsverhältnis kann dies einzeln (besonders bei wenigen Mischbaumarten) bzw. durch Ausformung von Gruppen/Trupps erfolgen.
- In überdicht aufwachsenden, abgedeckten Fichtennaturverjüngungen, die keine Selbstdifferenzierung aufweisen bzw. erwarten lassen, ist meist eine frühzeitige **Stammzahlreduzierung** unerlässlich. Als Anhaltswert gilt ein Bestand dann als ausreichend differenziert, wenn sich eine bemessene Anzahl von Bäumen im Abstand von ca. 6 - 7 m zu mindestens der Hälfte ihrer Höhe über das allgemeine Niveau hervorhebt. Sind Maßnahmen zur Förderung der Differenzierung erforderlich, so sollen diese möglichst frühzeitig (solange die Flächen noch überschaubar sind) erfolgen. Arbeitsverfahren zur Standraumregulierung sind in Anlage 3 beschrieben.
- In standraumgerecht begründeten Fichtenpflanzungen (rund. 2.500 Bäume je Hektar) ist keine Stammzahlreduktion erforderlich.
- Führt ein dichter, stark vorwüchsiger **Weichlaubholzschirm** (v. a. aus Birke, Aspe, Schwarzerle) dazu, dass die Fichte darunter zu verhocken droht, so sind die Weichlaubhölzer zurückzunehmen. Niemals sollen allerdings alle Weichlaubhölzer entnommen werden, da sie ökologisch wertvolle Mischbaumarten darstellen.

Grundsätzlich sollten die notwendigen Maßnahmen zeitlich so geplant und durchgeführt werden, dass **1 Pflegeeingriff** in der Phase der Jungbestandspflege genügt.

### 10.1.2 Jungdurchforstung (Oberhöhenbereich ca. 12 – 25 m)

**Ziel:** Bis zum Erreichen einer Oberhöhe von ca. 25 m sollen die Bestände etwa 100 stabile, vitale und gesunde Zielbäume (Z1) je Hektar aufweisen. Durch frühe und mäßige Eingriffe in häufiger Wiederkehr wird die Bestandesstabilität gewährleistet. Erwünschte Mischbaumarten werden in das Zielbaumkollektiv integriert, die Anzahl der Zielbäume (Z1) bleibt bei 100 Stück je Hektar.

#### Maßnahmen:

1. Anlage der Feinerschließung
2. Zielbaumdurchforstung an 100 ausgewählten Bäumen
3. Förderung von Mischbaumarten (zusätzlich oder als Z1)
4. Ggf. Astung

Der Einstieg in die Jungdurchforstung sollte idealerweise mit einer Anzahl von max. 2 000 - 2 500 Bäumen je Hektar erfolgen.

Bei der **Zielbaumdurchforstung** werden je Hektar ca. 100 vitale, gesunde und gut geformte Fichten oder Mischbaumarten (= Zielbäume = Z1) im Abstand von ca. 8 - 12 m ausgewählt (positives Auszeichnen!) und in regelmäßigen Zeitabständen (i. d. R. alle 5 Jahre) gezielt durch die Entnahme von 1 - 2 Bedrängern gefördert. Ziel ist es, stabile Einzelbäume mit einem h/d-Verhältnis von < 70 und einer Kronenlänge von 50 - 60 % zu erreichen. Die Entnahmen am Einzelbaum sollen nach dem Grundsatz „früh - mäßig - oft“ geführt werden, von einer dauerhaften Einzelbaumumlichtung ist abzusehen. Damit werden Einzelbaum- und Bestandesstabilität gewährleistet, ein zu hoher Vorratsaufbau durch die häufige Wiederkehr vermieden und die Holzqualität nicht negativ beeinflusst.

In den Zwischenfeldern erfolgen während dieser Durchforstungsphase grundsätzlich keine Maßnahmen, um ein gleichförmiges „Hochziehen“ der Zwischenfeldbäume mit den Z1-Bäumen zu verhindern und um damit Strukturelemente zu erziehen. Die Bäume des Zwischenfeldes profitieren - v. a. im Randbereich - direkt von der Entnahme der Konkurrenten an den Z1-Bäumen sowie von einzelnen „Zwangsentnahmen“, die sich im Zuge der Holzerntemaßnahmen beim Zugriff auf die Bedränger des Z1 ergeben. Im Zwischenfeld kann sich so im Regelfall eine ausreichende Stabilität entwickeln, gleichzeitig wird eine Gleichförmigkeit des Bestandesaufbaus verhindert.

In der Phase der Jungdurchforstung (Altersbereich ca. 25 - 45 Jahre, Oberhöhe 12 - 25 m) sind i. d. R. 5 Eingriffe in Zeitintervallen von 5 Jahren vorgesehen. Die Anzahl der zu entnehmenden Bedränger je Z1-Baum nimmt mit zunehmendem Alter ab (Faustzahlen: beim Ersteingriff Entnahme von durchschnittlich 2 Bedrängern, beim letzten Eingriff Entnahme von 1 Bedränger je Z1-Baum). Der Entnahmesatz je Eingriff soll 50 - 60 Efm je Hektar nicht übersteigen, um Destabilisierung, Lichtstellung etc. zu vermeiden. In Beständen mit besonders hohen Zuwächsen (nahe 30 Efm je Jahr und Hektar) sind die Entnahmen auf 3 Eingriffe je Jahrzehnt zu verteilen, um die Bestände nicht durch zu starke Einzeleingriffe zu destabilisieren sowie die Vorräte nicht unkontrolliert ansteigen zu lassen. Siehe auch Abb. 20.

Von besonderer Bedeutung für die künftige Entwicklung ist der frühzeitige Beginn der Durchforstung im Oberhöhenbereich von 12 m (**bis maximal 15 m**), einer Phase höchsten Reaktionsvermögens der Fichte. Je nach Bestandesstabilität wird bei diesem ersten Eingriff die Feinerschließung gleichzeitig mit der Durchforstung angelegt. Bei späteren Quereinstiegen ist die Feinerschließung zeitlich getrennt 2 - 3 Jahre vor dem eigentlichen Eingriff anzulegen.

**Mischbaumarten**, welche die Zielbaumkriterien erfüllen, können zum Z1-Baumkollektiv gehören und erfahren eine baumartenspezifische Förderung. In Beständen mit sehr geringem Mischbaumartenanteil ist dieser zu erhalten bzw. zu fördern. Hier sind auch schlechtere Baumformen als Z1 zu übernehmen, ggf. auch Biotopbäume, um später deren Verjüngungspotenzial nutzen zu können. Bei gruppenweisen Beimischungen werden mehrere Individuen aus diesem Mischbaumartenkollektiv nebeneinander als Z1-Bäume ausgewählt, um so die innerartliche Konkurrenz zu erhalten. Auch in **Mischbeständen** sind 100 Z1-Bäume auszuwählen. Damit kann das Modell auch dort angewendet werden.

Die **Astung** von Fichtenzielbäumen ist nur bei Wertholzerwartung vorgesehen. Beigemischte Baumarten wie Douglasie oder Lärche, welche als Z1-Bäume ausgewählt werden, sind dagegen - entsprechende Anzahl vorausgesetzt - stets zu asten.

In Abhängigkeit vom Bestandaufbau muss v. a. in älteren, bisher anders behandelten Beständen individuell abgewogen werden, ob die Zielbaumdurchforstung über einen Quereinstieg zur Anwendung kommen kann. Wesentliche Entscheidungskriterien dafür sind die Einzelbaumstabilität einer ausreichenden Anzahl an Individuen sowie das Vorhandensein von Horizontal- und Vertikalstrukturelementen. Liegt der h/d-Wert der potenziellen Z1-Bäume im stabilen Bereich ( $< 80$ ), dann ist der Quereinstieg i. d. R. bedenkenlos möglich. Bei instabilen, dann meist auch einschichtigen Beständen (h/d-Wert  $> 80$ ), müssen im Zweifelsfall die stabilsten Individuen eher behutsam weitergepflegt und der Bestand schließlich frühzeitig verjüngt werden. Je instabiler ein Bestand ist, desto geringer ist die Entnahmemenge je Eingriff, aber umso häufiger die Wiederkehr. In der Anlage ist eine Entscheidungshilfe zur Beurteilung von Beständen für den Quereinstieg beigefügt (Anlage 5).

### 10.1.3 Altdurchforstung (Oberhöhenbereich ca. 25 – 32 m)

**Ziel:** Die ausgewählten Zielbäume (Z1) erreichen durch weitere stetige Kronenbegünstigung als stabile Bestandeselemente (Kronenlänge mind. 50 %) ihren Zielstärkenkorridor.

In den Zwischenfeldern etabliert sich eine ausreichende Anzahl von stabilen Z2-Bäumen (h/d-Wert < 80, Kronenlänge mind. 40 %) sowie weitere Strukturelemente im Unter- bzw. Zwischenstand und gewährleisten so einen fließenden Übergang in eine langfristige Verjüngungsphase. Mischbestände werden weiter gemäß ihrem Charakter gepflegt. Je nach standörtlicher Wuchskraft sollte der Durchschnittsvorrat gegen Ende der Altdurchforstungsphase 400 - 500 Efm je Hektar nicht überschreiten.

#### Maßnahmen:

1. Fortführung der Zielbaumdurchforstung an 100 Z1-Bäumen
2. Strukturdurchforstung in den Zwischenfeldern durch Auswahl von 100 Z2-Bäumen
3. Erhalt und Förderung von Mischbaumarten
4. Ggf. beginnende Zielstärkennutzung

Durch Fortführung der **Zielbaumdurchforstung** an den 100 vorherrschenden Z1-Bäumen soll die Kronenlänge von mind. 50 % erhalten bleiben. Die Eingriffe erfolgen weiterhin stetig und mäßig. In dieser Durchforstungsphase (Altersbereich ca. 45 – 65 Jahre) sind 3 Eingriffe mit Entnahmen von 0 - 1 Bedrängern je Z1-Baum in Zeitintervallen von 5 - 6 Jahren vorgesehen.

Gegen Ende der Altdurchforstungsphase können bereits einzelne Z1-Bäume mit erreichter Zielstärke geerntet werden (max. 10 % des Z1-Kollektivs). Je nach Situation beginnt der Voranbau von Tanne. Der Übergang in die Verjüngung erfolgt fließend.

Ab einer Oberhöhe von ca. 25 m setzt die **Strukturdurchforstung** in den bisher unbehandelten Zwischenfeldern ein. Es wird mit der Auswahl von ca. 100 vitalen, möglichst stabilen Bäumen mit ausbaufähigen Kronen (= Z2-Bäume) in den Zwischenfeldern begonnen und diese durch Entnahme des jeweils stärksten Bedrängers stetig, jeweils in etwa Fünfjahresintervallen gefördert. Durch diese Maßnahme werden Zwischen- und Unterstand begünstigt und die bisher unbehandelten Zwischenfelder strukturiert.

Als Orientierungswert gilt, bei den vorgesehenen 3 Eingriffen in dieser Phase jeweils 1 Bedränger je Z2-Baum zu entnehmen.

**Mischbaumarten** werden – ob als Z1- oder als Z2-Baum – weiter baumartenspezifisch in der Krone umlichtet und sollen später auch als Samenbäume dienen. Siehe auch 10.1.2.

Die maximale **Entnahmemenge** je Eingriff soll 60 - 70 Efm nicht überschreiten (in 10 Jahren max. 120 Efm je Hektar).

Wie bei der Jungdurchforstung muss auch in der Altdurchforstung bei bisher abweichend behandelten Beständen individuell abgewogen werden, ob über einen **Quereinstieg** das Zielbaum- und Strukturdurchforstungskonzept zumindest teilweise Anwendung finden kann (siehe Ziff 10.1.2 Jungdurchforstung). In der Altdurchforstung sollte zudem besonders geprüft werden, ob die Zwischenfelder bereits nach den Grundsätzen der Strukturdurchforstung behandelt werden können oder ob zunächst die Standraumsituation der 100 Z1-Bäume noch verbessert werden muss. Ist dies notwendig, so konzentriert sich der Eingriff zunächst auf die Z1-Bäume. Erst im Folgeeingriff beginnt die Strukturdurchforstung in den Zwischenfeldern. In der Anlage ist eine Entscheidungshilfe zur Beurteilung von Beständen für den Quereinstieg beigefügt (Anlage 5).

### 10.1.4 Verjüngungsnutzung (Oberhöhenbereich ab ca. 32 m)

**Ziel:** Grundsätzliches Ziel ist die Etablierung strukturreicher Mischbestände – möglichst aus Naturverjüngung. Bei fehlenden Naturverjüngungsmöglichkeiten ist rechtzeitig die künstliche Einbringung der gewünschten Mischbaumarten vorzusehen. In reinen Fichtenbeständen werden in einem ersten Schritt Laubholzanteile von mind. 30 % (inkl. Tanne) angestrebt. Aus der Durchforstungsphase erfolgt ein fließender Übergang in die Verjüngungsphase mit dauerhafter Überschirmung. Durch die Übernahme der Z2-Bäume sowie vitaler Unter- und Zwischenschichtbäume kann die Verjüngung unter dem Schutz des Altbestandes aufwachsen. Der Durchschnittsvorrat je Hektar soll nicht weiter ansteigen.

#### Maßnahmen:

1. Zielstärkennutzung
2. Fortführung der Strukturdurchforstung in den Zwischenfeldern
3. Abschöpfen des laufenden Zuwachses und Halten des Vorrats
4. Rechtzeitiger Voranbau von Buche und Tanne
5. Natürliche Verjüngung der Fichte

Mit Erreichen der Zielstärke setzt – unter Schonung der Z2-Bäume sowie des Zwischen- und Unterstandes – spätestens jetzt die Ernte einzelner Z1-Bäume ein. Die Entnahme der Z1-Bäume erfolgt über mehrere Jahrzehnte verteilt. Die Erntemenge liegt pro Eingriff nicht über 20 % der Anzahl der ursprünglich vorhandenen Z1-Bäume und nicht über 30 % in 10 Jahren. Vorhandene Mischbaumarten werden zur Förderung von Naturverjüngung weiter in den Kronen umlichtet.

Zeitgleich mit der Zielstärkennutzung wird die **Strukturdurchforstung** fortgeführt. Hierbei ist auf den Erhalt einer möglichst großen Durchmesserstreuung und einer ausgeprägten Höhendifferenzierung zu achten. Die Maßnahmen erfolgen in mehreren Eingriffen je Jahrzehnt. Die **Entnahmemenge** soll je Eingriff nicht über 80 Efm je Hektar liegen und den laufenden Zuwachs abschöpfen.



Bereits nach der Ernte der ersten Z1-Bäume kann – unter Berücksichtigung der räumlichen Ordnung – frühzeitig in den entstehenden Lücken der gruppen- bis truppweise **Voranbau von Buche und Tanne** erfolgen. Bei gruppenweiser Ausformung der Pflanzungen kann zur Herstellung einer lichten Schirmstellung auch eine bemessene Auflichtung der Zwischenfelder notwendig werden. Je nach Bestandesstabilität, Zielbaumreife und Verjüngungsziel kann die Pflanzung sukzessive entsprechend der Zielbaumernte über mehrere Jahre/Jahrzehnte fortgeführt oder auch in größerem Umfang sofort realisiert werden. Die gewünschten **Fichtenanteile** stellen sich später aus **Naturverjüngung** ein.

Im Idealfall ist nach etwa 20 Jahren in der Verjüngungsnutzung ein mit Schattbaumarten Buche und Weißtanne vorausverjüngter, strukturreicher und stabiler Fichten- bzw. Fichtenmischbestand herangewachsen. Die Naturverjüngung aller im Ausgangsbestand vorhandenen Baumarten stellt sich ein oder ist bereits vorhanden. Die natürliche Differenzierung der Verjüngung erfolgt unter dem Schirm des Altbestandes („biologische Automation“) wodurch Jugendpflegemaßnahmen kaum notwendig sein werden. Die weitere Behandlung dieser Wälder erfolgt durch die permanente Entnahme reifer Z1- und später auch Z2-Bäume. Die darauf folgenden Generationen der Zielbäume (Z3, Z4 usw.) werden sich teilweise bereits aus der Verjüngung rekrutieren.

In bisher abweichend bewirtschafteten Fichtenbeständen ab einer Oberhöhe von 32 m (älter 65 Jahre) wird i. d. R. – außer in wirklich stabil erzogenen, strukturreichen Beständen – das skizzierte Vorgehen nicht anwendbar sein. Hier ist die frühzeitige Verjüngung der Bestände in den klassischen Verjüngungsverfahren (Femelschlag, Saumfemelschlag, bayerisch kombiniertes Verfahren etc.) mit der rechtzeitigen Einbringung der Mischbaumarten zielführend.

## **10.2 Pflege- und Verjüngungsgrundsätze für Fichtenbestände auf labilen, risikoreichen Standorten (s. a. Anlage 1 b)**

Labile Standorte (z. B. wechselfeuchte Böden, Weichböden) setzen einer regulären Fichtenbewirtschaftung Grenzen. Mit zunehmender Baumhöhe steigt die Gefährdung, insbesondere die Gefahr von Windwurf und -bruch, deutlich an.

**Ziel:** Bis zum Eintritt in die Verjüngungsphase ca. im Alter 50 soll durch häufige Eingriffe mit jeweils begrenzten Entnahmemengen eine hohe Einzelbaum- und Bestandesstabilität erreicht werden, so dass ein längerfristiger Umbau in tannenreiche Mischbestände (mit höchstens 50 % Fichtenanteil) gewährleistet werden kann.





Grundsätze der Bayerischen Staatsforsten für die Bewirtschaftung von Fichten- und Fichtenmischbeständen im Bayerischen Staatswald – Orientierungshilfe für labile Standorte –				
Alter (Jahre)	10                      25                      35                      50			
Bestandsoberhöhe	12 m                      19 m                      26 m			
Nutzungsart	<b>JP</b>	<b>JD</b>	<b>AD</b>	<b>VJN</b>
				
Wichtige Pflegeeingriffe	Jungwuchspflege	Zielbaumdurchforstung	Differenzierte Zielbaum- und Strukturdurchforstung	Verjüngung/ Zielbaumnutzung
Maßnahmen	Mischbaumartenpflege/Mischwuchsregulierung, Standortraumregulierung	Förderung Z1 aus Fichte <b>und</b> Mischbaumarten. Keine Maßnahmen im Zwischenfeld	Förderung Z1 aus Fichte und Mischbaumarten. Strukturdurchforstung im Zwischenfeld ohne gezielte Auswahl von Z2-Bäumen.	Förderung vorherrschender Individuen (Z2/Strukturdurchforstung im Zwischenfeld), rechtzeitiger Voranbau von Ta und Bu
Zielstammzahl		100 Z1	100 Z1	
Zahl der Eingriffe	(1)	3	3	mehrere
Entnahmemenge		max. 50-60 Efm/ha und Eingriff	max. 60-70 Efm/ha und Eingriff	max. 80 Efm/ha und Eingriff, max. 30 % der Z1 je Eingriff. <b>Vorrat auf Niveau halten, lfd. Zuwachs abschöpfen</b>

Abb. 16: Übersichtsschema für labile Standorte (Höhenentwicklung nach der Ertragstafel Assmann-Franz Oberhöhenbonität 40)

Prinzipiell entsprechen die Durchforstungsmaßnahmen denen, die im Grundkonzept beschrieben sind. Allerdings erfolgt der Einstieg in die Altdurchforstungs- und Verjüngungsphase deutlich früher. Grundsätzlich sollte aus Stabilitätsgründen auf labilen Standorten auf eine gezielte Auswahl und Förderung von Z2-Bäumen in der Altdurchforstung verzichtet werden. Erst in der Verjüngungsphase werden die Z2-Bäume behutsam herausgearbeitet. Besonderes Augenmerk gilt dem frühzeitigen Voranbau von Mischbaumarten (v. a. von Tanne).

Der Quereinstieg ist auf labilen Standorten besonders sorgfältig zu prüfen. Nur bei einer ausreichenden Anzahl wirklich stabiler Z1-Bäume kann das Konzept Anwendung finden.

### 10.3 Pflege- und Verjüngungsgrundsätze für Fichtenbestände auf Risikostandorten durch den Klimawandel

Fichtenbestände in klimasensiblen Bereichen werden vorrangig in Bestände mit hohen Laubholzanteilen umgebaut. In der Klimazone „trocken-warm“ und „medium“ wird im Rahmen der Forsteinrichtung auf allen Standorten mit zeitweise auftretenden Wassermangel (i. d. R. trocken, mäßig trocken, mäßig frisch und wechsell trocken) das Verjüngungsziel auf einen Fichtenanteil von höchstens 50 % begrenzt. Die aktive Einbringung von Laubhölzern erfolgt bereits ab dem Alter 50 und wird im Rahmen der Forsteinrichtung einzelbestands- und baumartenweise geplant.

**Ziel:** Durch hohe Einzelbaum- und Bestandesstabilität zum Eintritt in die Verjüngungsphase wird eine langfristige Verjüngung auf laubholzreiche Mischbestände gesichert.

Grundsätze der Bayerischen Staatsforsten für die Bewirtschaftung von Fichten- und Fichtenmischbeständen im Bayerischen Staatswald – Orientierungshilfe für Klimaumbaubestände –				
Alter (Jahre)	10                      25                      35                      50			
Bestandsoberhöhe	12 m                      19 m                      26 m			
Nutzungsart	<b>JP</b>	<b>JD</b>	<b>AD</b>	<b>VJN</b>
Wichtige Pflegeeingriffe	Jungwuchspflege	Zielbaumdurchforstung	Differenzierte Zielbaum- und Strukturdurchforstung	Verjüngung/ Zielbaumnutzung
Maßnahmen	Mischbaumartenpflege/Mischwuchsregulierung, Standortraumregulierung	Förderung Z1 aus Fichte <b>und</b> Mischbaumarten. Keine Maßnahmen im Zwischenfeld	Förderung Z1 aus Fichte und Mischbaumarten. Förderung Z2 (Strukturdurchforstung im Zwischenfeld).	Rechtzeitiger Voranbau von Bu und weiteren Mischbaumarten
Zielstammzahl		100 Z1	100 Z1 und 100 Z2	
Zahl der Eingriffe	(1)	3	3	mehrere
Entnahmemenge		max. 50-60 Efm/ha und Eingriff	max. 60-70 Efm/ha und Eingriff	max. 80 Efm/ha u. Eingriff, max. 30 % der Z1 je Eingriff <b>Vorrat auf Niveau halten, lfd. Zuwachs abschöpfen</b>

Abb. 17: Übersichtsschema für Risikostandorte durch den Klimawandel (Höhenentwicklung nach der Ertragstafel Assmann-Franz Oberhöhenbonität 40)

Die Durchforstungsinhalte entsprechen denen, wie sie im Grundkonzept beschrieben sind. Markantester Unterschied ist der deutlich frühere Einstieg in die Altdurchforstung und die Verjüngung (siehe Übersichtsschema). In der Verjüngungsphase erfolgt die Einbringung der Mischbaumarten (v. a. der Buche) in größerem Umfang als auf stabilen Standorten; damit erhöht sich auch die Anzahl der Z1-Bäume, die je Eingriff entnommen werden können.

Quereinstiege sind auch hier individuell zu prüfen. Die frühzeitige Einleitung der Verjüngung ab ca. Alter 50 erfolgt jedoch immer.

#### **10.4 Anpassung von Pflege und Verjüngung bei sonstigen Risiken und auf Sonderstandorten**

Bei folgenden Bestandessituationen ist zur Minimierung des Risikos bzw. zur Anpassung an klimatische und bodenbedingte Besonderheiten eine Abweichung in der Behandlung der Fichte nach dem Grundkonzept notwendig:

##### **Bestände mit**

- starken Schälschäden in (ehemaligen) Rotwildgebieten
- mit einem hohen Anteil an Rückeschäden
- in schnee- und eisbruchgefährdeten Regionen
- mit Fichtenblattwespenbefall
- auf Moorstandorten

##### **10.4.1 Bestände mit hohem Schäl- oder Rückeschäden**

In Beständen mit hohem Schäl- bzw. Rückeschadensanteil werden durch Pilzbefall und daraus resultierender Fäule die Stabilität sowie die Qualität mit zunehmendem Alter deutlich herabgesetzt. Je höher das Schadensausmaß ist, desto geringer ist die Möglichkeit der langfristigen Bewirtschaftung.

In stark geschädigten Beständen ist eine frühe Dimensionierung der 100 am wenigsten geschädigten Bäume (Z1) sowie die frühzeitige Einleitung der Verjüngung ab ca. Alter 50 zielführend. Eine dauerwaldartige Bewirtschaftung dieser Fichtenbestände nach dem Grundkonzept ist nur dann möglich, wenn auch eine genügende Anzahl von Z2-Bäumen keine Schäden aufweist.

Je geringer das Schadensausmaß ist, umso mehr kann das Grundkonzept Anwendung finden. Bei Vorhandensein einer ausreichenden Anzahl von nicht geschädigten Bestandegliedern (ca. 100 potenzielle Z1-Bäume) können geschädigte Bestände durch Pflegemaßnahmen soweit verbessert werden, dass sie, angelehnt an das Grundkonzept, bewirtschaftet werden können.

#### 10.4.2 Bestände in Regionen mit Schnee- und Eisbruchgefahr

Bestände in Regionen mit starker Schnee- und Eisbruchgefahr bedürfen einer frühzeitigen Stabilisierung der Einzelbäume. Eine dauerhafte Festlegung auf Zielbäume ist in diesen Beständen nicht zielführend! Grundsätzlich werden die Weichen für die Bestandesstabilität in der Jugend gelegt. Ein früher und starker Eingriff bis zum Ende der JP ist sinnvoll. Die Intensität der Eingriffe sollte mit zunehmendem Alter absinken.

Die frühzeitige Einleitung der Verjüngung ist in solchen Beständen ratsam, da mit zunehmender Kronengröße auch die Anfälligkeit für Schneedruck bzw. Duftanhang ansteigt. Die Mischbaumarten können dann in Lücken, die ggf. bereits durch Schadereignisse entstanden sind, frühzeitig eingebracht werden. Ziel ist auch hier ein strukturreicher Waldaufbau.

#### 10.4.3 Bestände mit Fichtenblattwespenbefall

Die Kleine Fichtenblattwespe tritt zurzeit vor allem im Bereich Ober- und Niederbayern auf und führt teilweise zu deutlichen Vitalitätsverlusten. Oberstes Ziel in stark geschädigten Beständen ist die frühzeitige Einleitung der Verjüngung mit gezielter Einbringung von Mischbaumarten. Es kann davon ausgegangen werden, dass ab einem Fichtenanteil von weniger als 30 bis 40 % kaum noch eine Verbreitungsgefahr der Fichtenblattwespe von diesen Beständen ausgeht.

In der Durchforstungsphase orientieren sich die Maßnahmen am Grundkonzept mit Förderung von Z1- und Z2-Bäumen.

Unabhängig vom Alter werden die Bestände je nach Befallsgrad bzw. Borkenkäferbedrohung in die Verjüngungsnutzung genommen. Spätestens ab dem Alter 50 beginnt jedoch die Einbringung der Mischbaumarten, um Kulturhindernisse wie flächige Fichtennaturverjüngung, Verunkrautung etc. zu vermeiden.

#### 10.4.4 Sonderstandorte (Moore)

Auf mineralischen Weichböden und Niedermooren ist keine den Grundsätzen für die Bewirtschaftung von Fichten- und Fichtenmischbeständen konforme Behandlung der Fichte möglich. Vielmehr müssen „Rottenstrukturen“ entwickelt werden. Dabei werden die Träufe der Rotten (Durchmesser unterschiedlich, von 10 bis 30 m) kräftig freigeschnitten (auf 4 bis 7 m Zwischenraum). In diesem Pflegezustand können die Bestände über längere Zeit auch der Selbstdifferenzierung überlassen werden.

Die Gruppendurchforstung lässt sich dabei nicht durch Eingriffsstärke oder Eingriffsart beschreiben. Das Ziel ist hier die Stabilität der einzelnen Gruppen (Rotten) zu erhalten. Die Verjüngung dieser Bestände erfolgt dann durch die Entnahme einzelner Gruppen.



# 11. Modellrechnungen mit dem Wachstumsmodell SILVA

## 11.1 Das Wachstumsmodell SILVA

Bereits seit Anfang der neunziger Jahre laufen am Lehrstuhl für Waldwachstumskunde der TU München die Entwicklungsarbeiten am Waldwachstumsmodell SILVA. Mit diesem computergestützten Wachstumsmodell ist es möglich, die Bestandesentwicklung von Waldbeständen auf der Grundlage des Wachstums von Einzelbäumen für Rein- und Mischbestände zu prognostizieren. Die Wachstumsfunktionen im Wachstumsmodell sind aus den umfangreichen Daten des Bayerischen Ertragskundlichen Versuchswesens abgeleitet worden (PRETZSCH, 2001). Das Wachstumsmodell SILVA wurde in den letzten Jahren soweit an die Bedürfnisse der forstlichen Praxis angepasst, dass SILVA-Simulationen als Basis für Szenarioanalysen auf Betriebsebene inzwischen zu einer wichtigen Planungsunterstützung für die Forsteinrichtung im Unternehmen *Bayerische Staatsforsten* geworden sind.

Im Rahmen einer Studie wurden die hier vorgestellten neuen Grundsätze für die Bewirtschaftung von Fichten- und Fichtenmischbeständen mit dem Wachstumsmodell SILVA auf seine Umsetzbarkeit hin untersucht. Ziel der Studie war die Nachbildung des Konzeptes unter modellhaften Bedingungen (100 % Fichte; Ersteingriff, keine Störungen) von der JD-Phase (Oberhöhe ca. 12 m) bis zu einem Alter von 100 Jahren. Als Ergebnisgrößen liefert das Modell Einzelbauminformationen (Höhe, Durchmesser, Krone) und daraus abgeleitete, flächenbezogene Naturaldaten (Vorrat, Zuwachs, Entnahmemenge etc.). Auf der Grundlage von allgemeingültigen Wuchsgesetzmäßigkeiten können somit Entwicklungstendenzen aufgezeigt, Extreme ausgetestet und optimale Handlungsspielräume definiert werden.

## 11.2 Datenbasis

Die Simulationen erfolgten ausgehend von sechs unterschiedlichen Startbeständen (siehe Abb. 18) auf einer Fläche von jeweils einem Hektar. Diese wurden basierend auf Daten real existierender Fichtenflächen aus dem bayerischen ertragskundlichen Versuchsflächennetz generiert. Damit konnte ein breites Spektrum möglicher Ausgangssituationen hinsichtlich der Bestandesdichte in Kombination mit einer guten und einer mittleren Wuchsleistung dargestellt und daraus resultierende Wechselwirkungen mit den Behandlungsschemata aufgezeigt werden.

Bestand Nr.	Baumart	Anteil	Alter	Standort	dg [cm]	hg [m]	h/d-Wert (Bestand)	Stz/ha	G/ha [m <sup>2</sup> ]
1	Fichte	100 %	20	gut	12,5	10	80	1.500	18,41
2	Fichte	100 %	20	gut	10,5	10	95	2.500	21,65
3	Fichte	100 %	20	gut	9,5	10	105	5.000	35,44
4	Fichte	100 %	20	mittel	11,1	10	90	1.500	14,52
5	Fichte	100 %	20	mittel	9,5	10	105	2.500	17,71
6	Fichte	100 %	20	mittel	8,3	10	120	5.000	27,05

Abb. 18: Waldwachstumskundlicher Kennwerte der Startbestände für die SILVA-Simulationen

## 11.3 Durchforstung

Die in der forstlichen Praxis üblichen Durchforstungskonzepte sind in einem Programmmodul von SILVA integriert. Jedes Konzept im Modul basiert auf Regeln, die zur Förderung oder Entnahme einzelner Bäume im Bestand führen. Die Intensität, die Eingriffshäufigkeit und Beschränkungen, wie zum Beispiel eine Höchstgrenze für die Entnahmemengen, sind für jede Simulation individuell einstellbar. Die Vorgaben der neuen Grundsätze für die Bewirtschaftung von Fichten- und Fichtenmischbeständen konnten somit sehr exakt in die Simulationen übernommen werden. In Verbindung mit den simulierten Ersteingriffen erfolgte auch immer ein Aufhieb von Rückegassen im Abstand von 30 Metern.



#### 11.4 Ergebnisse der SILVA-Simulationen

Im Rahmen der Studie wurden, ausgehend von den idealtypischen Startbeständen, zahlreiche Varianten gerechnet, um Handlungsspielräume und Grenzwerte zu identifizieren. Dabei wurde die Umsetzung der Behandlungsstrategie sowohl unter der Vorgabe stabiler wie labiler Standorte simuliert. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wird hier auf die detaillierte Darstellung der Auswertungen einzelner Prognoserechnungen verzichtet. Stattdessen werden am Beispiel der Vorgaben für stabile Standorte in grafischer Form Handlungs- und Entwicklungskorridore aufgezeigt. Diese stellen das Ergebnisspektrum aller simulierten Varianten dar, die sich aus waldwachstumskundlicher Sicht als realisierbar und im Sinne der Grundsätze für die Bewirtschaftung von Fichten- und Fichtenmischbeständen als zielführend herausgestellt haben.

Da die modellhafte Abbildung von Einwüchsen aus der Verjüngungsschicht noch mit großen Unsicherheiten behaftet ist, blieben diese bei den eigentlichen Modellrechnungen unberücksichtigt. Um dadurch, insbesondere im letzten Drittel des Simulationszeitraums, keinen Bruch der Entwicklungsgänge entstehen zu lassen, wurden für den Einwuchs Schätzwerte ermittelt und in die Ergebnisse der Prognoserechnungen integriert. Die hier vorgestellten auf Modellrechnungen basierenden Ergebnisse sind als mögliche Entwicklungstrends unter idealtypischen Bedingungen und nicht als Vorhersage exakter Werte zu verstehen.

#### 11.5 Stammzahlhaltungen und Entwicklung der Vorräte

Die Variantenstudie mit SILVA hat sehr klar aufgezeigt, dass die Bestandesdichten und Stammzahlen gegen Ende der JP-Phase einen kritischen Faktor für die weitere Bestandesentwicklung darstellen können. In dichten Naturverjüngungen ist deshalb eine Höhendifferenzierung notwendig (der kritische Faktor liegt darin, dass durch die hohen Stammzahlen die Zuwachs- und Vorratsentwicklung durch mäßige und häufige Eingriffe nicht zielgerecht gesteuert werden können). Bestände, die aus Pflanzungen mit 2.000 bis 3.000 Stück je Hektar hervor gegangen sind, stellen die einfachsten Startbedingungen dar (Abb. 19).

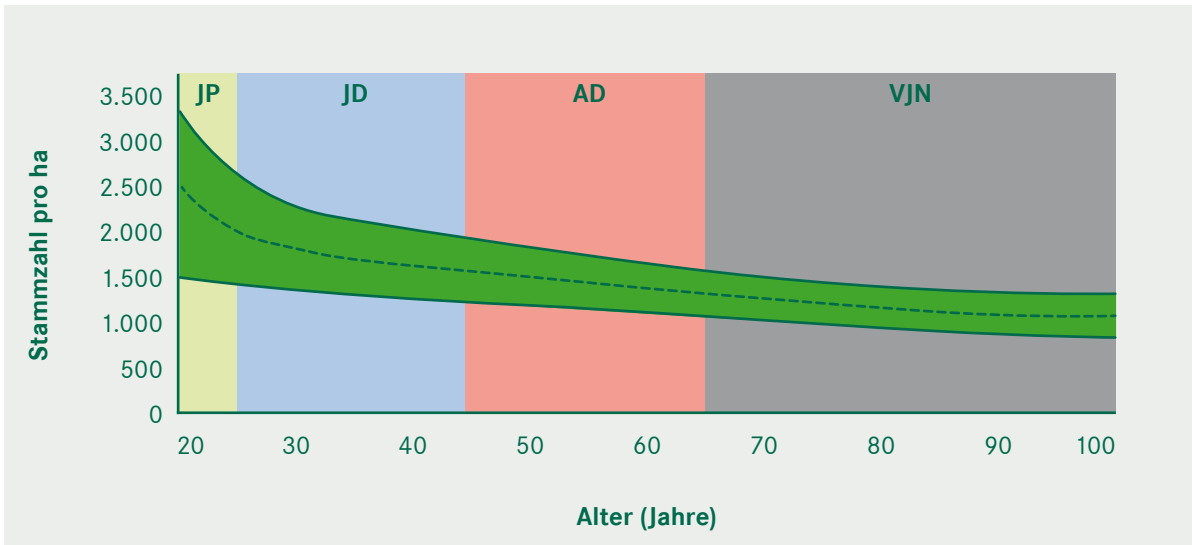


Abb. 19: Entwicklungskorridor optimaler Stammzahlhaltungen bei stabilen Standorten aus SILVA-Simulationen.

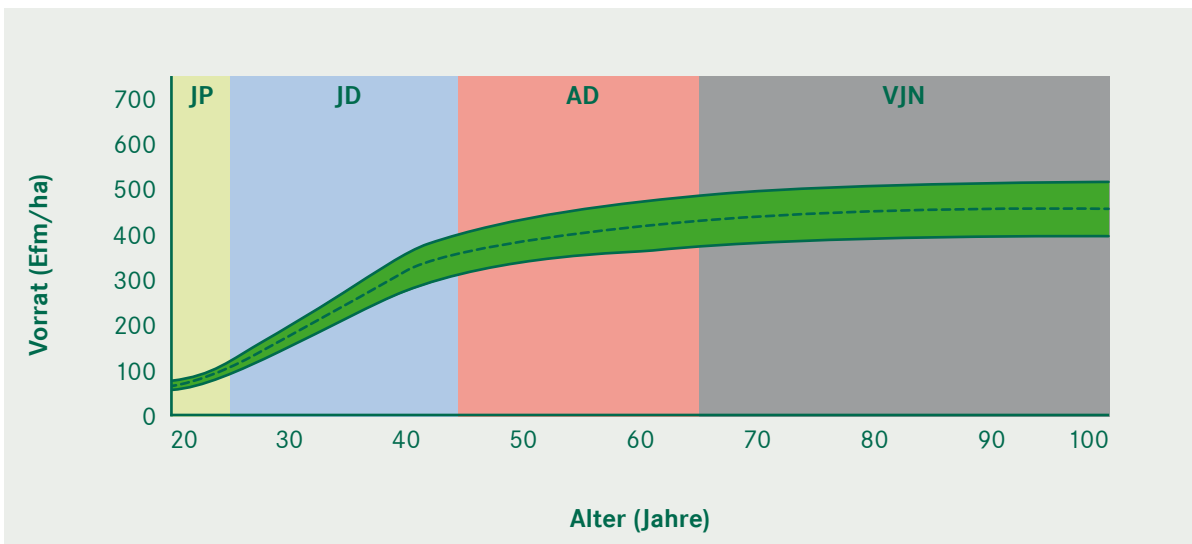


Abb. 20: Entwicklungskorridor für Vorratshaltung bei stabilen Standorten aus SILVA-Simulationen.

Je stammzahlreicher der Ausgangsbestand und je wüchsiger der Standort, desto höher werden die Vorräte am Ende der AD- und Beginn der VJN-Phase sein (Abb. 20). Bereits ab dem Alter 70 bis 80 Jahre lässt sich ein Zielvorrat durch Zielstärkennutzung in Verbindung mit Z2-Förderung dauerhaft halten.

## 11.6 Nutzungspotenziale und -vorgaben

Häufige Wiederkehr und konsequente Förderung der Z-Stämme führen auch schon in der JD-Phase zu ausreichenden Nutzungsmengen, die sich in der Regel in der AD-Phase noch deutlich steigern (Abb. 21).<sup>\*</sup> Wenn der Generationenwechsel von Z1 zu Z2 vollzogen wird, sollten sich auch die Nutzungen, gespeist aus Zielstärkennutzung und Förderung der Nachfolger, dauerhaft auf einem Niveau in Höhe des laufenden Zuwachses einpendeln.

<sup>\*</sup> Hier zeigt sich der Unterschied zu einem klassischen Z-Baumprogramm, bei dem typischerweise die ersten Eingriffe durch hohe Entnahmemengen und die Phase der AD durch schwache Entnahmen gekennzeichnet sind.

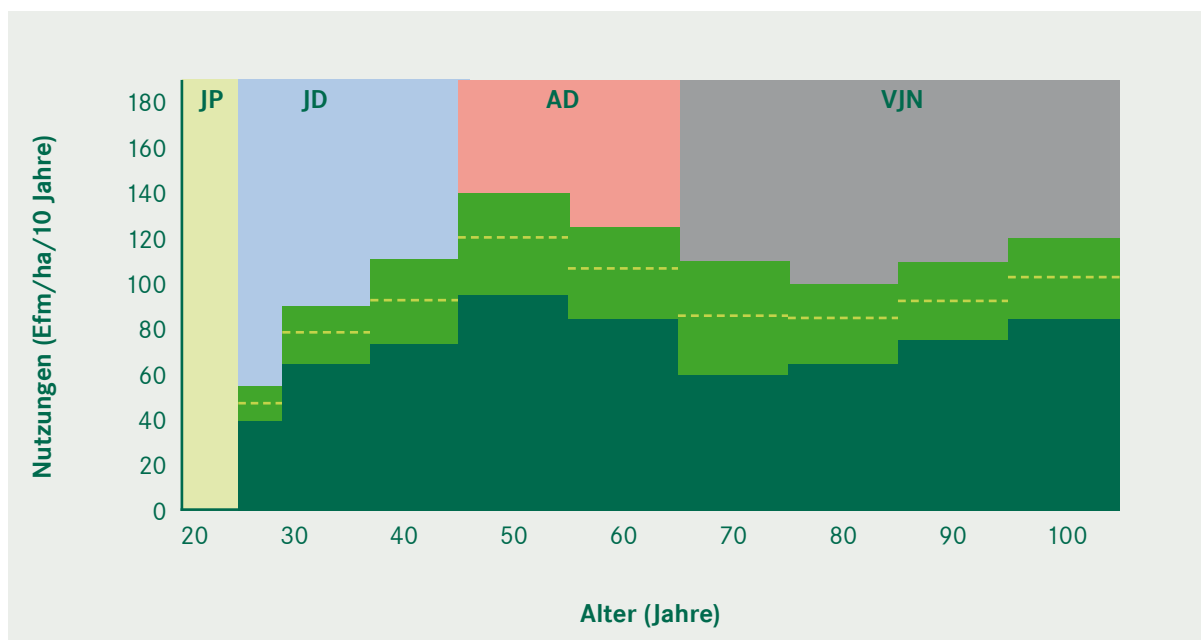


Abb. 21: 10-jährige Nutzungsmengen Obergrenzen (hellgrün), Mindestmengen (dunkelgrün) und Mittel (gestrichelte Linie) bei stabilen Standorten aus SILVA-Simulationen.

### 11.7 Entwicklung der Zuwächse

Das Ausgangsniveau der Zuwächse ist natürlich stark abhängig von den jeweiligen standörtlichen Gegebenheiten und der Stammzahl der Bestände am Ende der JP-Phase. Die selektiven Eingriffe um die Z-Stämme in Verbindung mit den unbehandelten Zwischenfeldern führen nie zu kritischen Zuwachseinbußen. In der Phase mit den ersten Zielstärkennutzungen zusammen mit der Förderung der Z2-Kollektive kommt es zu einem Zuwachstief. Mit dem Übergang zu den angestrebten dauerwaldartigen Strukturen werden sich auch die laufenden Zuwächse auf einem Niveau stabilisieren (Abb. 22), das zwar deutlich unter den Höchstwerten einer Fichten-JD, aber auch über dem klassischer Fichtenendnutzungsbestände liegen wird.

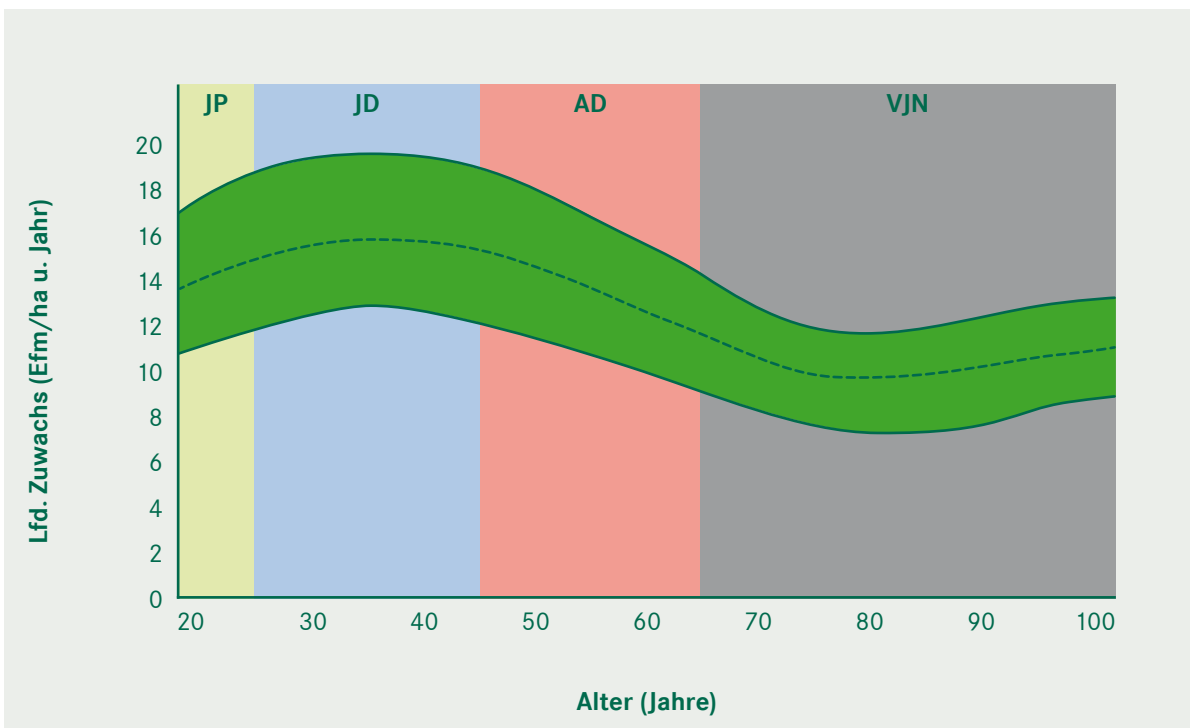


Abb. 22: Entwicklungstrends der Zuwachsniveaus bei Umsetzung des neuen Fichtenkonzeptes auf stabilen Standorten, abgeleitet aus SILVA-Simulationen.

## 11.8 Ökonomische Aspekte

Für die Betrachtung ökonomischer Gesichtspunkte wurden anhand der Einzelstammdaten aus den virtuellen Beständen mit Hilfe des Programms „Holzernte“ der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg in Freiburg Sortenverteilungen errechnet. Basierend auf diesen Sortierungen war es möglich, sowohl die einzelnen Nutzungen als auch die stehenden Bestände monetär zu bewerten. Die hierbei unterstellten Holzpreise sind Mittelwerte für Fichtenholz aus dem betrieblichen Rechnungswesen der Bayerischen Staatsforsten, gleiches gilt für die Erntekosten. Organisations- und Verwaltungskosten, sowie „Risikokosten“ (Siehe auch 5.1) wurden nicht mit in die Berechnungen einbezogen.

Um beurteilen zu können, inwieweit die Umsetzung der neuen Behandlungsgrundsätze zu veränderten Geldflüssen und Wertentwicklungen führen würde, wurden auch Referenzen für die aktuell übliche Vorgehensweise simuliert. Grundlage hierfür waren die identischen Startbestände. Im Gegensatz zu den Simulationen der neuen Behandlungsgrundsätze fanden die ersten Durchforstungen später und in Form einer Auslesedurchforstung statt. In der AD-Phase erfolgten hochdurchforstungsartige Eingriffe, welche dann in eine Endnutzung führten.

### 11.8.1 Gesamtwertleistung

Die Gesamtwertleistung ist die ökonomische Ableitung der Gesamtwuchsleistung. Sie ergibt sich somit aus der Aufsummierung aller Kosten und Erträge des stehenden Bestandes und der Nutzungen, jeweils bis zum Zeitpunkt  $t$ . Auch diese Auswertungen zeigen, dass der Verlauf der Trendlinien stark von der Ausgangsstammzahl der Startbestände abhängig ist. In der JP- und JD-Phase ist die Wertentwicklung in erster Linie von der Bestandesdichte und dem daraus resultierenden Vorrat abhängig. Die Bestände mit hoher Ausgangsstammzahl (rote Linie) schneiden hier gegenüber den Beständen mit niedriger Ausgangsstammzahl (grüne Linie) klar besser ab (Abb. 23). Das Verhältnis kehrt sich jedoch im Laufe der AD-Phase um, da die höheren Wertigkeiten der einzelnen Stämme den Massenvorteil mehr als ausgleichen.

Die Auswertungen der als Referenz simulierten Auslesedurchforstungen zeigen diesbezüglich die gleichen Entwicklungstrends (Abb. 23 schraffierter Korridor). Der spätere Ersteinriff und die größere Zahl freigestellter Bäume führen aber anfänglich zu einer höheren Wertentwicklung als bei Umsetzung der neuen Grundsätze für die Bewirtschaftung von Fichten- und Fichtenmischbeständen. Je länger jedoch der Betrachtungszeitraum, desto geringer ist der Unterschied der Gesamtwertleistungen der Bestände, trotz unterschiedlicher Behandlungsstrategien.

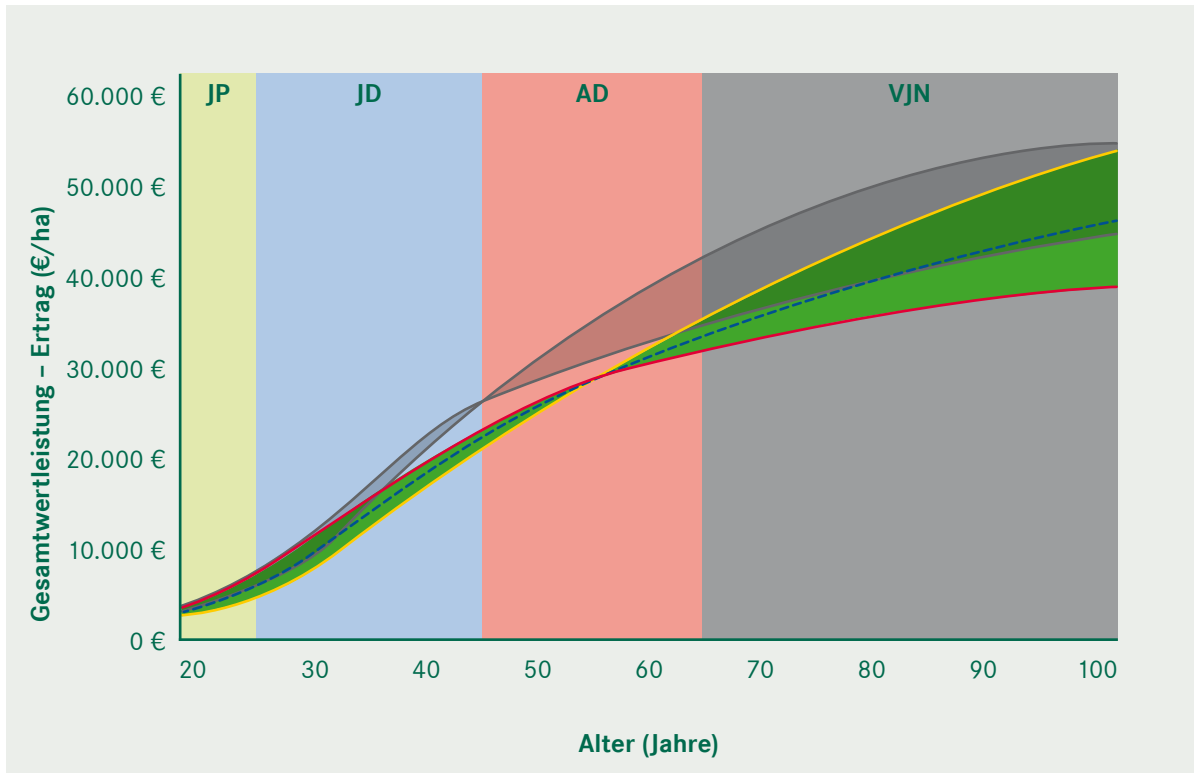


Abb. 23: Trends der Gesamtwertleistungen bei Umsetzung der neuen Bewirtschaftungsgrundsätze (grüner Korridor) bei hoher (rot), mittlerer (blau) und niedriger (gelb) Ausgangsstammzahl und bei herkömmlicher Behandlungsstrategie (grauer Korridor) auf stabilen Standorten, abgeleitet aus SILVA-Simulationen.

### 11.8.2 Sortierung

Aus den Grafiken in Abb. 24 ist ersichtlich, dass aus verwertungstechnischer Sicht vor allem die Ersteingriffe, die die neuen Grundsätze für die Bewirtschaftung von Fichten- und Fichtenmischbeständen vorsehen, kritisch sind. Insbesondere bei Beständen mit hohen Stammzahlen ergeben sich in den Nutzungen im Vergleich mit der klassischen Auslesedurchforstung höhere Anteile an Papierholz (bzw. Standardlängen 1a). Die in den neuen Grundsätzen für die Bewirtschaftung von Fichten- und Fichtenmischbeständen vorgesehenen, unbehandelten Zwischenfelder bevorraten sozusagen die schwachen Sortimente, welche dann im Zuge der Z2-Förderungen mobilisiert werden. Allerdings sind diese Anteile ökonomisch akzeptabel (siehe oben) und ihre Stetigkeit erleichtert eine angepasste Absatzstrategie.

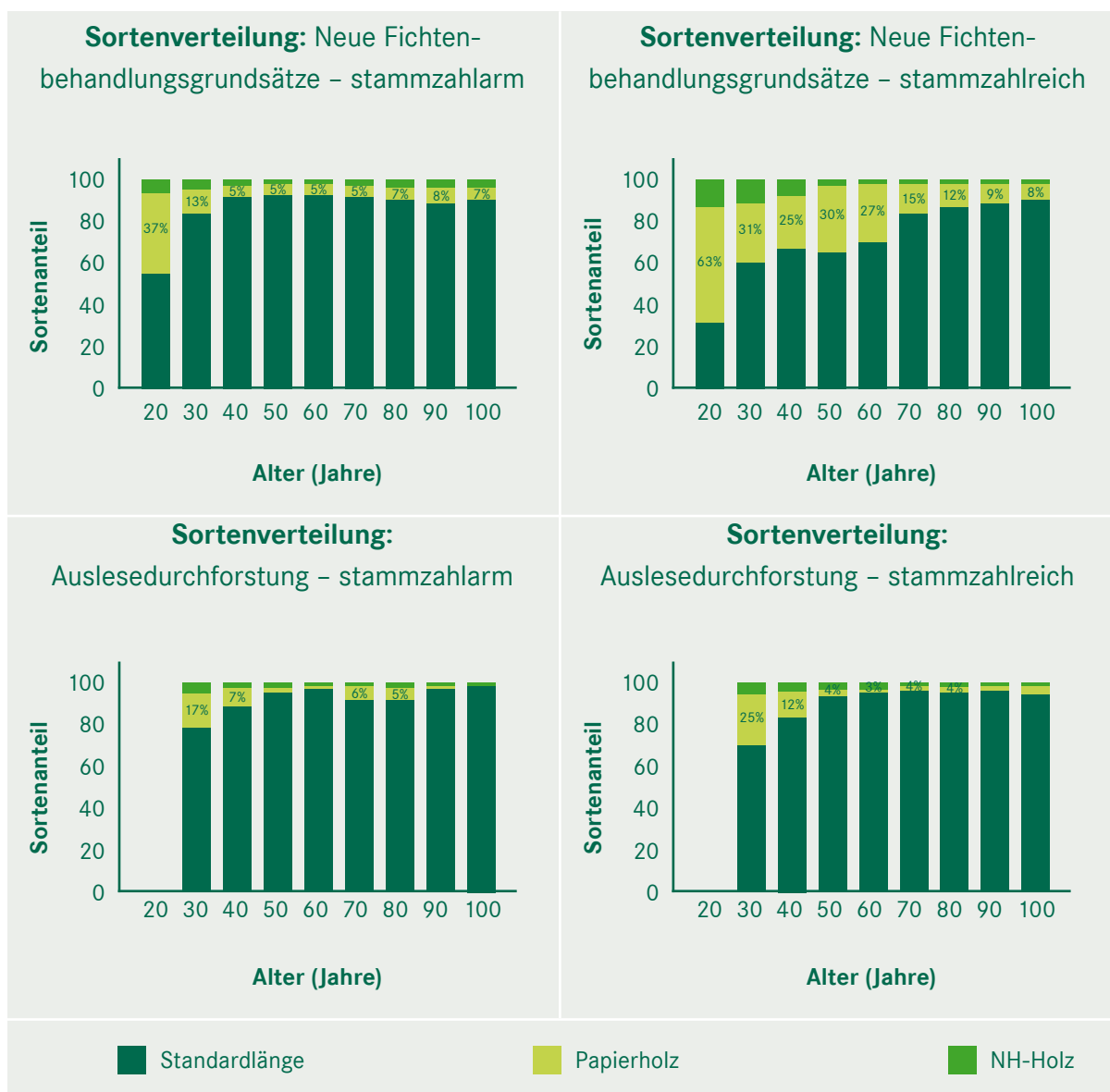


Abb. 24: Nutzungsmengenanteile von Standardlängen, Papierholz und NH bei Beständen mit niedriger (links) und hoher (rechts) Ausgangsstammzahl bei Umsetzung der neuen Grundsätze für die Bewirtschaftung von Fichten- und Fichtenmischbeständen (oben) und bei herkömmlicher Behandlungsstrategie (unten) auf stabilen Standorten, abgeleitet aus SILVA-Simulationen.

Die Sortenverteilung in Abb. 24 baut auf der Behandlung der Bestände nach den neuen Grundsätzen für die Bewirtschaftung von Fichten- und Fichtenmischbeständen ab den Ersteinriffen auf. Bei Eingriffen in Beständen, die bereits nach den Grundsätzen der Auslesedurchforstung mit wesentlich höheren Z-Stammzahlen durchforstet wurden (Querein- stiege), und in Mischbeständen kann der Sortenanfall davon abweichen (siehe auch Anlage 3 „Mengenleistungen bei Harvestereinsätzen“).

### **11.9 Allgemeine Erkenntnisse aus den SILVA-Simulationen**

Die Simulationen mit SILVA haben gezeigt, dass die neuen Grundsätze für die Bewirtschaftung von Fichten- und Fichtenmischbeständen in sich schlüssig und zielführend sind. Auch wenn die Grundsätze auf nur 100 Z1-Stämme abzielen, steht auf Grund von Synergieeffekten in der Fläche ein deutlich größeres Kollektiv an Bäumen mit entsprechenden Dimensionen zur einzelstammweisen Zielstärkennutzung zur Verfügung. Im Vergleich zur Auslesedurchforstung, würden sich aus der Umsetzung des neuen Konzeptes mittelfristig durch die Begrenzung des maximalen Vorrats auf 400 – 500 Efm/ha ökonomische Nachteile ergeben. Diese sind aber relativ gering und werden langfristig sogar wieder ausgeglichen. Zusätzlich erhält man mit der Behandlung der Bestände nach den neuen Grundsätzen mehr Struktur und eine höhere Bestandessicherheit für die Zukunft, die hier nicht ökonomisch bewertet wurden.

Die vorgestellte SILVA-Simulation ist die Grundlage für eine erste Evaluierung des Konzeptes, noch bevor es in der Praxis flächig umgesetzt wird. Derartige Verprobungen helfen Gedankenbrüche und Schwächen im Behandlungsprogramm auf der Basis von Wuchsgesetz- mäßigkeiten aufzuspüren.







# Anlage 1: Kurzübersichten

## 1.1 Übersicht zu den Grundsätzen der Bayerischen Staatsforsten für die Bewirtschaftung von Fichten- und Fichtenmischbeständen (Grundkonzept – Risiko normal, Oberhöhenbonität 40)

Nutzungsart	Oberhöhe (m) / Alter (Jahre)	Eingriffe/10J. / Entnahmemenge Efm/ha+ Jahrzehnt	Maßnahmen
<b>JP</b>	bis 12 m bis ca. 25 Jahre	0-1 Eingriff/10J.	<p><b>Standraumregulierung/Mischbaumartenpflege:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mischbaumarten trupp- bis gruppenweise ausformen</li> <li>Ausnutzung des Schirms zur natürlichen Differenzierung</li> <li>beigemischte Weichlaubhölzer in angemessenem Umfang zur natürlichen Differenzierung erhalten</li> <li>dichte Fichten – NVJ ohne absehbare Differenzierung auflockern</li> </ul> <p><b>Mögliche Fehler:</b> Zu starke Eingriffe, Verlust von Mischbaumarten</p>
<b>JD</b>	12 m bis 25 m 25 bis 45 Jahre	2 Eingriffe/10 J. 1-2 Bedränger/Eingriff bis 120 Efm/ha,10J. (max. 50-60 Efm/Eingr.)	<p><b>Zielbaumdurchforstung:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>gezielte Förderung von ca. 100 vitalen, gesunden und gut geformten Fichten (=Zielbäume=Z1) je ha (positives Auszeichnen!)</li> <li>Mischbaumarten, welche die Zielbaumkriterien erfüllen, können zum Z-Baumkollektiv zählen, ebenso Biotopbäume, die auch Samenbaumfunktion übernehmen können</li> <li>keine Maßnahmen in den Zwischenfeldern</li> <li>je Z1-Baum pro Eingriff 1-2 Bedränger entnehmen:</li> <li><b>*Alter 25 J.</b> Ersteingriff: Anlage der <u>Feinerschließung</u> und 2 Bedr./Z1-Baum entnehmen</li> <li><b>*Alter 30 u. 35 J.</b> je 1 Eingriff: 1-2 Bedr./Z1-Baum entn.</li> <li><b>*Alter 40 u. 45 J.</b> je 1 Eingriff: 1 Bedr./Z1-Baum entn.</li> <li>ggf. Astung</li> </ul> <p><b>Mögliche Fehler:</b> Zu viele Zielbäume ausgewählt, Zwischenfelder bearbeitet, Entnahmemengen zu hoch</p>
<b>AD</b>	25 m bis 32 m 45 bis 65 Jahre	2 Eingriffe/10 J. Z1: 0-1 Bedr./Eingriff Z2: 1 Bedr./Eingriff bis 140 Efm/ha,10J. (max. 60-70 Efm/Eing.)	<p><b>Differenzierte Zielbaum- und Struktur-Durchforstung:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ca. 100 vorherrschende <u>Z1-Bäume</u> je ha weiter in der Krone begünstigen. Ziel: Erhaltung einer Kronenlänge von ca. 50%</li> <li>beginnende Förderung von ca. 100 geeigneten Individuen mit ausbaufähiger Krone (=Z2) im Zwischenfeld durch Entnahme des stärksten Bedrängers (damit gleichzeitig Erhalt eines vitalen Zwischen- und Unterstands).</li> <li>Alter 50, 55, 60 J. je 1 Eingriff: 0-1 Bedr./Z1 u. 1 Bedr./Z2</li> <li>Entnahme einzelner Bäume mit erreichtem Zieldurchmesser (beginnende <u>Zielstärkennutzung</u>)</li> <li>Erhalt und Förderung der Mischbaumarten (z.B. Kronenausbau von Bu)</li> </ul> <p><b>Mögliche Fehler:</b> Zu späte oder zu starke Z2-Förderung</p>
<b>VJ</b>	ab ca. 32 m ab 65 Jahre	mehrere Eingriffe (max. 80 Efm/Eingr.; max. 20 % der Z1-Bäume/Eingriff, max. 30 % der Z1-Bäume/Jahrzehnt)	<p><b>Verjüngung/Zielstärkennutzung<sup>1)</sup>:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><u>Zielstärke Wuchspotenzial mittel:</u> BHD der Z1- Bäume bei 45 cm, Standardware</li> <li><u>Zielstärke Wuchspotenzial hoch:</u> BHD der Z1- Bäume bei 50 cm, Standardware</li> <li>rechtzeitiger <u>Voranbau</u> von Tanne und Buche</li> <li>Fi möglichst natürlich verjüngen</li> <li>mit Erreichen der Zielstärke Entnahme einzelner Z1-Bäume – <u>Zielstärkennutzung</u></li> <li>im Zwischenfeld bei Bedarf weitere mäßige Eingriffe zur Förderung geeigneter <u>Z2-Bäume</u> mit ausbaufähiger Krone und zum gezielten Erhalt vitaler und stabiler Zwischen- und Unterstände</li> <li>Ziel: Fließender Übergang aus der AD in die Verjüngung mit dauerhafter <u>Überschirmungsphase</u> durch Übernahme vitaler Z2- und U/Z-Bäume.</li> <li>lfd. Zuwachs abschöpfen, kein weiterer Vorratsaufbau, Strukturen erhalten.</li> <li>h/d-Wert der Z1/Z2 bei ca. 70</li> </ul> <p><b>Mögliche Fehler:</b> Zu rasches Vorgehen, Missachtung der räumlichen Ordnung</p>

Zielkriterien für Z1- und Z2-Bäume: **Z1:** gesund, vital, 50 % Kronenlänge, h/d ca. < 70, vorherrschend, (Verteilung)  
**Z2:** gesund, vital, ausbaufähige Krone, h/d < 70 erreichbar

## 1.2 Übersicht zu den Grundsätzen der Bayerischen Staatsforsten für die Bewirtschaftung von Fichten- und Fichtenmischbeständen (Labile Standorte – Risiko hoch, Oberhöhenbonität 40)

Nutzungsart	Oberhöhe (m) Alter (Jahre)	Entnahmemenge Efm/ha+ Jahrzehnt	Maßnahmen
<b>JP</b> Jungwuchspflege	bis 12 m bis ca. 25 Jahre	0-1 Eingriff/10J.	<p><b>Standraumregulierung/Mischbaumartenpflege:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mischbaumarten trupp- bis gruppenweise ausformen</li> <li>Ausnutzung des Schirms zur natürlichen Differenzierung</li> <li>beigemischte Weichlaubhölzer in angemessenem Umfang zur natürlichen Differenzierung erhalten</li> <li>dichte Fichten – NVJ ohne absehbare Differenzierung auflockern</li> </ul> <p><b>Mögliche Fehler:</b> Zu starke Eingriffe, Verlust von Mischbaumarten</p>
<b>JD</b>	12 m bis 19 m 25 bis 35 Jahre	2 Eingriffe /10J. 1-2 Bedränger/ Eingriff bis 120 Efm/ha,10J. (max. 50-60 Efm/ Eingr.)	<p><b>Zielbaumdurchforstung:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>gezielte Förderung von ca. 100 vitalen, gesunden und gut geformten Fichten (=Zielbäume=Z1) je ha (positives Auszeichnen!)</li> <li>Mischbaumarten, welche die Zielbaumkriterien erfüllen, können zum Z-Baumkollektiv zählen, ebenso Biotopbäume, die auch Samenbaumfunktion übernehmen können</li> <li>keine Maßnahmen in den Zwischenfeldern mit Ausnahme der Begünstigung von <u>Mischbaumarten</u></li> <li>je Z1-Baum pro Eingriff 1-2 Bedränger entnehmen: *Alter 25 J. Ersteingriff: Anlage der <u>Feinerschließung</u> und 2 Bedr./Z1-Baum entnehmen *Alter 30 u. 35 J. je 1 Eingriff: 1-2 Bedr./Z1-Baum entn.</li> </ul> <p><b>Mögliche Fehler:</b> Zu viele Zielbäume ausgewählt, Zwischenfelder bearbeitet, Entnahmemengen zu hoch</p>
<b>AD</b>	19 m bis 26 m 35 bis 50 Jahre	2 Eingriffe/10J. 1 (-2) Bedränger/ Eingriff bis 140 Efm/ha, 10J. (max. 60-70 Efm/ Eingr.)	<p><b>Differenzierte Zielbaum- und Struktur-Durchforstung:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ca. 100 vorherrschende <u>Z1-Bäume</u> weiter in der Krone begünstigen. Ziel: Erhaltung einer Kronenlänge von mind. 50%</li> <li>je Z1-Baum pro Eingriff 1-2 Bedränger entnehmen: *Alter 40 J. 1 Eingriff: 1-2 Bedr./Z1-Baum entn. *Alter 45 u. 50 J. je 1 Eingriff: 0-1 Bedr./Z1-Baum entn.</li> <li>in den Zwischenfeldern Strukturdurchforstung <u>ohne</u> gezielte Auswahl von Z2-Bäumen zum Erhalt bzw. zur Förderung der Strukturelemente; Entnahme von 0-1 Bedränger je Eingriff</li> <li>Erhalt und Förderung der Mischbaumarten</li> </ul> <p><b>Mögliche Fehler:</b> Zu hohe Entnahmemengen</p>
<b>VJ</b>	ab ca. 26 m ab ca. 50 Jahre	mehrere Eingriffe (max. 80 Efm/Eingr.; max. 30 % der Z1-Bäume/Eingriff)	<p><b>Verjüngung/Zielstärkennutzung<sup>1)</sup>:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><u>Zielstärke:</u> BHD der vorherrschenden Bäume bei 40 bzw. 45 cm, Standardware</li> <li>Bestockungsziel: tannenreiche Mischbestände</li> <li>rechtzeitiger Voranbau von Tanne (Laubholz, Buche)</li> <li>Fi möglichst natürlich verjüngen</li> <li>mit Erreichen der Zielstärke Entnahme einzelner Z1-Bäume – <u>Zielstärkennutzung</u></li> <li>im Zwischenfeld mäßige Eingriffe zur Förderung vorherrschender Individuen (<u>Z2</u>) und zum gezielten Erhalt vitaler und stabiler Zwischen- und Unterständer</li> <li>Ziel: möglichst fließender Übergang aus der AD in die Verjüngung mit dauerhafter Überschirmungsphase durch Übernahme vitaler Z2- und U/Z-Bäume</li> </ul> <p><b>Mögliche Fehler:</b> Zu rasches Vorgehen, Missachtung der räumlichen Ordnung</p>

Zielkriterien für Z1- und Z2-Bäume: **Z1:** gesund, vital, mind. 50% Kronenlänge, h/d <70, vorherrschend, (Verteilung)  
**Z2:** gesund, vital, h/d ca. <70 erreichbar

<sup>1)</sup> **Zielstärken:** Die definierten Zielstärken (siehe Kapitel 8 des Gesamttextes) kennzeichnen den Beginn der Z1-Nutzung. Diese erstreckt sich über mehrere Jahrzehnte, sodass der überwiegende Teil der Zielbäume stärkere Dimensionen erreichen wird. Die Z1-Nutzung findet somit im Rahmen eines Zielstärkenkorridors statt.

## Anlage 2: Auswahl und Auszeichnen

### 2.1 Anforderungen an die Bestände

Für den Einstieg in die differenzierte Zielbaum- und Strukturdurchforstung eignen sich alle Bestände ab Oberhöhen von 12 (-15) m (Alter ca. 25 Jahre – Beginn der JD) und Baumzahlen von rund 1.500 - 2.500 Stück je Hektar. In der Anlage 5 ist eine Entscheidungshilfe für den Quereinstieg in das Konzept beigefügt.

Sofern ältere, unstrukturierte Bestände noch nicht erschlossen sind, empfiehlt es sich, die Feinerschließung in einem separaten, vorgezogenen Arbeitsgang anzulegen. Dies gilt auch für ausreichend höhendifferenzierte Bestände aus Naturverjüngung mit höheren Baumzahlen.

### 2.2 Anforderungen an die Zielbäume

Die auszuwählenden 100 Zielbäume („Z1“) sollten folgende Kriterien erfüllen:

#### Kriterien:

1. Vital, gesund, stabil – möglichst aus dem Kollektiv der stärksten Stämme stammend
2. Länge der grünen Krone mindestens 50 %  
(bzw. noch 50 % bis zum Ende der JD erreichbar)
3. h/d-Werte unter 70 (bzw. noch erreichbar)
4. Die durchschnittlichen Abstände der Z1 sollen bei 8 m bis 12 m, im Durchschnitt 10 m liegen. Die Auswahl sollte nicht schematisch erfolgen.

## 2.3 Auswahl der Zielbäume (Z1)

Vorrangiges Auswahlkriterium ist die Länge der grünen Krone. Die grüne Krone muss eine Länge von annähernd 50 % der Baumhöhe haben, bzw. die 50 % bis zum Ende der JD-Phase erreichen können.

Die Z1 dürfen **nicht direkt an den Rückegassen** stehen, da hier die Gefahr der Beschädigung am größten ist. Bei einem Quereinstieg ab der AD kann davon abgewichen werden, wenn die Zielbäume bereits annähernd die Zielstärke erreicht haben. Ab diesem Alter sollten auch stabile und exponierte Rotten bzw. Trupps nicht mehr aufgelöst werden. Es wird sich nicht vermeiden lassen, gelegentlich auch Bäume in der Nähe der Bringungsgrenze als Zielbäume auszuwählen, zumal bei diesen Bäumen die Gefahr von Beschädigungen am geringsten ist. Die Bedränger dieser Zielbäume liegen evtl. außerhalb der Kranreichweite der eingesetzten Harvester. Bei den Ersteingriffen (Alter 20 und 25 Jahre), bei denen noch geringere Mengen anfallen, kann ggf. auf die Eingriffe in diesen Bereichen verzichtet werden. Motormanuelles Beifällen sollte sich in jungen Beständen auf Ausnahmen beschränken.

Die ausgewählten Z1-Bäume sind beim Auszeichnen deutlich zu **markieren** (positives Auszeichnen). Auf dauerhafte Kennzeichnung, die über den Folgeeingriff hinaus sichtbar bleibt und auf Kunststoffbänder sollte verzichtet werden. Sobald sich der Z1 nach mehreren Eingriffen deutlich herausdifferenziert hat, kann ein positives Auszeichnen unterbleiben. Entnahmebäume sind mit Farbe zu markieren (negatives Auszeichnen).

### Zeitbedarf für das Auszeichnen

Nach ausreichender Einarbeitung ist für das gesamte Auszeichnen (ohne Einfluchten der Rückegassen) etwa folgender Zeitaufwand zu veranschlagen:

- 1) Erstdurchforstung      3 - 5 Std. je Hektar
- 2) Quereinstieg            2 - 4 Std. je Hektar
- 3) Wiederholungseingriff   ca. 1 Std. je Hektar, sofern die Z1 vom vorausgegangenen Eingriff noch sichtbar sind.

Die Zeiten beinhalten das positive Auszeichnen mit Bändern oder Farbe sowie das negative Auszeichnen mit Farbe.\*

\* Die angegebenen Werte wurden mittels Zeitstudien am Forstbetrieb Wasserburg erhoben. Dort lag der Zeitaufwand eher an der Untergrenze der angegebenen Werte. In Abhängigkeit von Parametern wie z. B. Geländeausformung, Baumartenzusammensetzung, Baumartendichte ergeben sich in der Auszeichnenpraxis schwankende Werte beim Zeitaufwand.

## 2.4 Mischbestände

Mischbaumarten sind in den Kreis der Z1 einzubeziehen. In der JD dürfen Zielbäume in Laubholzgruppen nur sehr behutsam gefördert werden, damit die Astreinigung abgeschlossen werden kann. Auch schlecht geformte Mischbaumarten und Biotopbäume können Z1 sein, insbesondere, wenn sie eine Samenbaumfunktion erfüllen. Unter- und Zwischenstand wird durch das Licht, das bei der Zielbaumförderung in die Zwischenfelder gelangt, soweit gefördert, dass er erhalten bleibt.

## 2.5 Auswahl der Z2

Mit dem Ende der JD (Oberhöhen um 25 m, Alter etwa 45 Jahre) sind weitere bis zu 100 Zielbäume (Z2) – die Nachfolger der Z1 – aus den Zwischenfeldern auszuwählen. Sie müssen folgende Anforderungen erfüllen:

- vital, gesund, stabil
- Länge der grünen Krone um 50 % (bzw. noch erreichbar)
- h/d-Werte unter 70 (bzw. noch erreichbar)

Die Z2-Bäume rekrutieren sich überwiegend aus dem Zwischenstand. Bei der Auswahl ist einzukalkulieren, dass nicht alle ausgewählten Bäume in die herrschende und vorherrschende Schicht hineinwachsen (d. h. „positiv umsetzen“) werden. Je größer die grüne Krone, umso höher die Wahrscheinlichkeit, dass die Bäume „positiv umsetzen“ können. **Mischbaumarten** sind in den Kreis der Z2-Bäume einzubeziehen.

Die Auswahl der Z2-Bäume ist der Grundstein für den **Einstieg in einen langfristigen und naturnahen Verjüngungsgang**. Somit kommt ihr höchste Bedeutung zu. Positives und negatives Auszeichnen ist erforderlich.

## 2.6 Zufällige Ergebnisse (ZE)

ZE sind im üblichen Umfang (auch in den Zwischenfeldern) aufzuarbeiten. Größere Bestandeslücken können zur Einbringung von Mischbaumarten genutzt werden.

## 2.7 Beschädigung von Zielbäumen

Werden einzelne Zielbäume beschädigt, ist wie folgt vorzugehen:

- BHD nahe der gewünschten Zielstärke  
(Oberhöhen über 25 m, bzw. 20 m in labilen Beständen):
  - Bei Verletzungen des Stammfußes und der Wurzelanläufe: keine Maßnahme (bei Erreichen des Zieldurchmessers vor den gesunden Z1 ernten)
  - Bei leichten Kronenbrüchen ohne Gefahr des Absterbens und ohne Borkenkäfergefahr – ebenfalls wachsen lassen
  - Bei Kronenbrüchen mit weniger als 50 % Restkrone und damit auch folgender Borkenkäfergefahr: Bäume ernten und ggf. Mischbaumarten voranbauen. Keine Ersatz-Z1-Bäume auswählen.
  
- In Beständen mit Oberhöhen unter 25 m, bzw. 20 m in labilen Beständen:
  - bei Stammverletzungen mit Fäulegefahr den Z1 (Z2) zugunsten eines Ersatzzielbaumes entnehmen.
  - Kronenbrüche bis zu 1/3 der grünen Krone können – je nach örtlicher Erfahrung – toleriert werden (nicht bei den Z2).



## Anlage 3: Technik und Arbeitsverfahren

### 3.1 Jugendpflege

#### Wo ist eine Pflege notwendig?

- **Keine Pflege:**
  - Gepflanzte Flächen mit ca. 2.500 Stück je Hektar
  - Lockere, gut strukturierte NVJ  
(ausreichende Anzahl von Bäumen im Abstand von 6 - 7 m mit mindestens der Hälfte ihrer Höhe über dem allgemeinen Niveau)
- **Ein Pflegeeingriff erforderlich:**
  - Dichte, gleichförmige NVJ (meist zu früh abgedeckt)  
(Bei der Auswahl von 30 Demonstrations- und Schulungsflächen in neun Forstbetrieben waren nur in einer Fläche mehr als 3.000 Bäume je Hektar anzutreffen (nachweislich keine vorangegangene JP). Auch diese Fläche (Oberhöhe 12 - 15 m, Alter ca. 25 Jahre) lag im sog. „grünen Bereich“, der Ersteingriff war problemlos möglich).

#### Folgende Eingriffsmöglichkeiten werden empfohlen:

1. Systematische Auswahl von 200 kräftigen, möglichst schon über das allgemeine Niveau herausragenden Bäumen je Hektar (entspricht einem mittleren Abstand von 7 m). Um diese ausgewählten Bäume in einem Radius von 1,5 m - 2 m, je nach örtlicher Erfahrung, alle Bedränger, die größer sind als die halbe Höhe der ausgewählten Bäume, entfernen. Die Restfläche bleibt unbehandelt. Mit dieser Auswahl wird noch keine Festlegung auf spätere Zielbäume getroffen, sie dient hauptsächlich der Stammzahlreduktion und Differenzierung.

#### Mischbaumarten

- Beigemischte, erwünschte Nadelhölzer sind zu fördern.
  - Vitale Laubhölzer (ohne Weichlaubholz und Birke) gruppenweise ausformen. Um diese Gruppen in einem ca. 2 m breiten Streifen alle Nadelhölzer entfernen, die größer sind als die halbe Höhe des Laubholzes. Der Mindestabstand eines geförderten Nadelbaumes von den Laubholzgruppen sollte 4 m betragen.
  - Weichlaubhölzer sind in bemessenem Umfang, v. a. an den Wegrändern, zu belassen.
2. Schematische Eingriffe durch reihenweise Entnahme oder Gassenschnitte; Behandlung vorhandener Mischbaumarten wie vorher beschrieben.

Durchführung der Maßnahmen möglichst zu Zeitpunkten, an denen die Flächen noch überschaubar sind. Ziele der Eingriffe sind Stammzahlreduktion und Differenzierung in den Beständen.

Neben manuellen Pflegeverfahren sind auch maschinelle Verfahren denkbar:

- Anlage der Feinerschließung mit Mulchgeräten
- Einsatz von Geräten mit Mehrfachfällköpfen (Pkt. 3.2)

### **Pflegeaufwand**

Bei der manuellen Pflege sollte der Aufwand nur in begründeten Ausnahmefällen über 15 - 20 Stunden je Hektar hinausgehen. Maschinelle Verfahren, gekoppelt mit Energieholzernte lassen sich unter Umständen kostendeckend durchführen.

## **3.2 Jungdurchforstung, Altdurchforstung, Verjüngungsnutzung**

### **3.2.1 Ersteingriffe: Alter von 20 - 25 Jahre, Oberhöhen 12 (- 15) m:**

**Folgende Arbeitsverfahren werden empfohlen:**

- **Einsatz von Kleinselbstwerbern** zur Brennholzgewinnung, ggf. mit Aufschneiden der Rückegassen.
- **Harvestereinsatz** mit Anlage der Rückegassen zur Gewinnung von Standardlängen und Industrieholz. Bei Kranreichweiten von max. 10 m (Baggerharvester reichen weiter) verbleibt bei Rückegassenabständen von 30 m eine **unbearbeitete** Kranzweischenschonzone von 6 bis max. 10 m. In den vorwiegend noch dichten Beständen mit eingeschränkter Sicht muss dem Harvesterfahrer erlaubt sein, einige Bäume zusätzlich zu entnehmen, um mit dem Fällkopf an die markierten Entnahmebäume zu gelangen. Bei Versuchen lag die dabei zusätzlich anfallende Menge im tolerierbaren Bereich von 10 - 15 % der geplanten Entnahmemenge.  
Eine Kontrolle der Mehrentnahmen ist möglich, da Zielbaumanzahl und damit Anzahl der Entnahmebäume mit dem Harvesterprotokoll verglichen werden können.
- **Einsatz von Schleppern und Harvestern mit Mehrfachfällköpfen** zur Energieholzernte (z. B. für Rückegassenaufhiebe).

### 3.2.2 Folgeeingriffe und Eingriffe bei Quereinstiegen

- Harvestereinsatz zur Anlage der Rückegassen.
- Harvestereinsatz zur Gewinnung von Standardlängen und Industrieholz. Bei Kranreichweiten von max. 10 m (Baggerharvester reichen weiter) verbleiben bei Rückegassenabständen von 30 m Kranzwischenzonen von 6 bis max. 10 m, aus denen ggf. motormanuell beigefällt werden muss. In noch dichten Beständen mit eingeschränkter Sicht muss dem Harvesterfahrer erlaubt sein, einige Bäume zusätzlich zu entnehmen, um mit dem Fällkopf an die markierten Entnahmebäume zu gelangen. Die zusätzliche Entnahmemenge liegt bei 10 - 15 %.
- In der Verjüngungsnutzung wird neben dem Harvestereinsatz die motormanuelle Holzernte das geeignete Verfahren sein.

**Unabhängig von allen Eingriffsverfahren kommt der Einhaltung der Eingriffsintervalle ausschlaggebende Bedeutung zu. Wenn in einem Jahr in den Beständen 10 – 20 Efm je Hektar (in einigen Gebieten Bayerns noch mehr) zuwachsen, wird leicht verständlich, dass Folgeeingriffe, die mehrere Jahre verzögert durchgeführt werden, wieder stärkere Eingriffe mit allen Nachteilen zur Folge hätten. Grundsätzlich wird empfohlen, die entsprechenden Durchforstungen schwerpunktmäßig im Spätsommer und im Herbst durchzuführen.**

#### **Mengenleistungen bei Harvestereinsätzen**

In einem ca. 4 Hektar großen, 45-jährigen Mischbestand (34 % Fichte, 34 % Kiefer, 5 % Tanne, 5 % Lärche, 22 % Buche) wurde die Leistung eines Harvesters je Arbeitsstunde in einem herkömmlich ausgezeichneten Bestandesteil (Auslesedurchforstung) mit der Leistung in einem nach dem neuen Bewirtschaftungsgrundsätzen ausgezeichneten Bestandesteil verglichen (Quereinstieg). Dabei ergab sich in dem nach den neuen Bewirtschaftungsgrundsätzen ausgezeichneten Bestandesteil eine Leistungssteigerung von über 50 %. Nach dem neuen Bewirtschaftungsgrundsätzen werden potenzielle Bedränger der Z1 entnommen – vorwiegend herrschende und mitherrschende Bäume, schwächere Stämme nur, damit der Harvester die Entnahmebäume erreicht. Erst bei der Z2-Förderung werden in einer Strukturdurchforstung in den Zwischenfeldern auch schwächere Bäume entnommen.

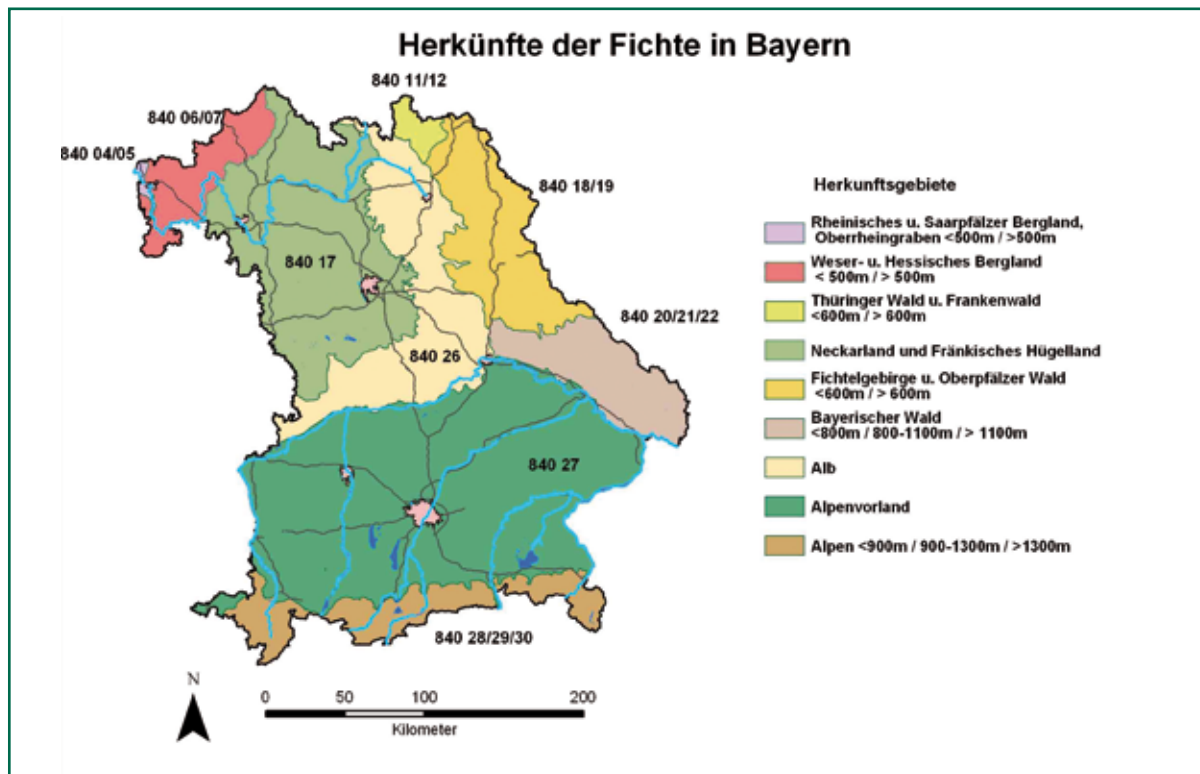
Damit erhöht sich in JD-Beständen der mittlere Durchmesser der entnommenen Bäume gegenüber konventionellen Konzepten. Somit steigt im kostenkritischen Bereich zwischen 14 und 20 cm mittlerer BHD des ausscheidenden Bestandes die Produktivität und gleichzeitig sinken die Erntekosten/Efm.

Wenn auch die Ergebnisse dieses Versuchs sicherlich nicht auf alle Durchforstungen übertragbar sind, zeigen sie doch, dass Bedenken bezüglich der Harvestermengenleistung grundsätzlich unbegründet sind.

## **Belastung der Rückegassen**

Die mäßigen Entnahmemengen von max. 50 - 60 Efm je Eingriff in der JD haben zur Folge, dass die Reisigmatratzen auf den Rückegassen entsprechend dünner und somit auch nicht so tragfähig sind. Aber auch die Holzmenge, die bewegt werden muss, ist geringer. D. h., es fallen entweder weniger Forwarderfahrten mit Volllast oder mehr Fahrten mit weniger Last an. Insgesamt also keine Mehrbelastung der Rückegasse. Beim Folgeeingriff verstärkt das neue Reisig die Matratze des Ersteingriffs. Deren Material ist nach 5 Jahren noch relativ gut erhalten. Gewissenhafte Planung und Kontrolle der Rückearbeiten ist jedoch – wie in der Vergangenheit – unerlässlich.

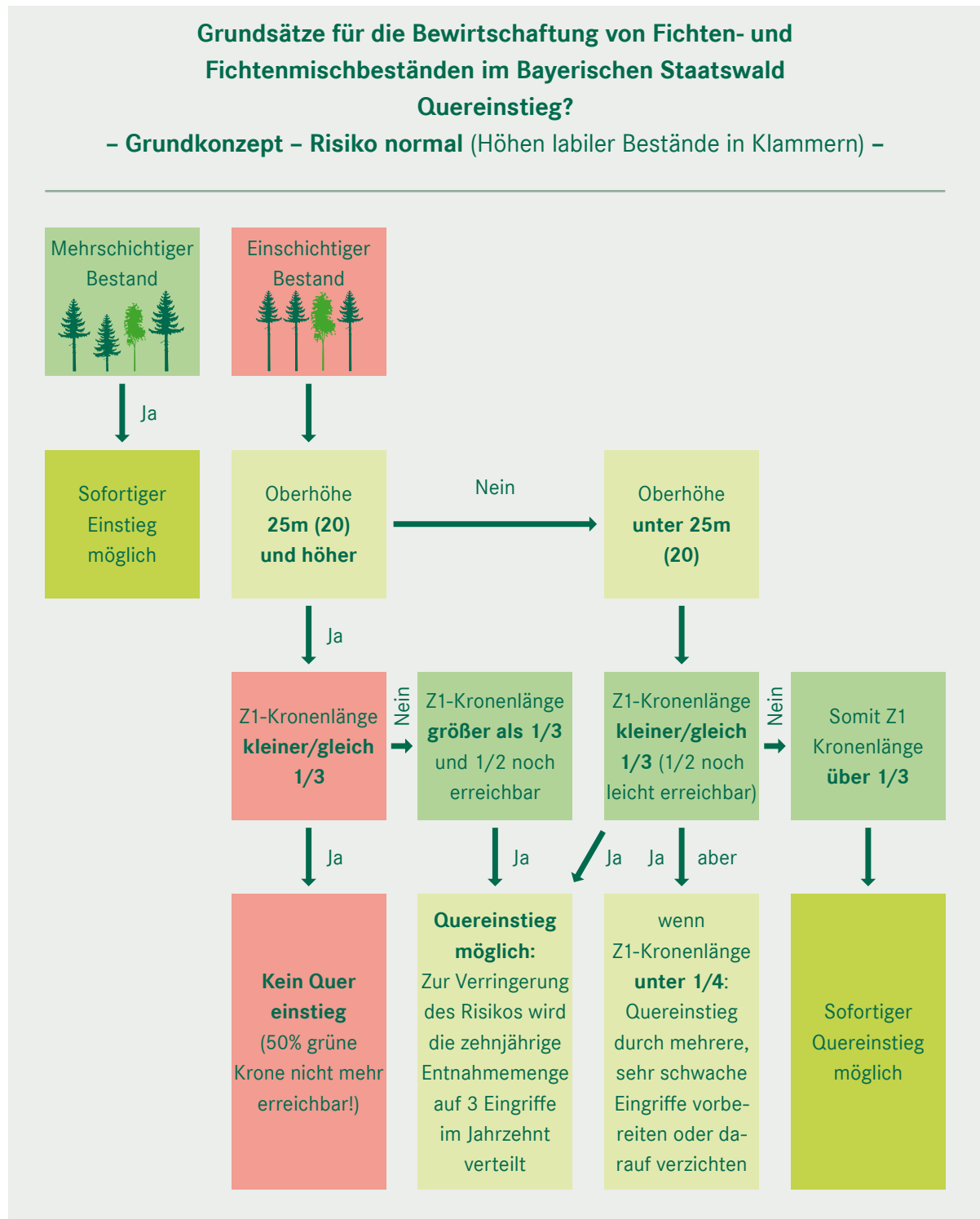
## Anlage 4: Herkunftsempfehlungen



Herkunftsgebiete für forstliches Vermehrungsgut der Baumart Fichte



## Anlage 5: Entscheidungstabelle zum Quereinstieg



### Anmerkungen zu dieser Entscheidungshilfe:

Wie schon der Name sagt, dieser Ablaufplan kann nur eine Hilfe sein. Er kann, schon aus Gründen der Übersichtlichkeit keineswegs alle möglichen Fälle abdecken. Die Entscheidung ob Quereinstieg oder nicht trifft der für die biologische Produktion Verantwortliche.





## Anlage 6: Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen

- Abb. 1:** Flächen- und Vorratsanteile der Baumarten im Bayerischen Staatswald . . . Seite 13
- Abb. 2:** Flächen (ha) der Fichtenreinbestände nach Altersklassen (*Bayerische Staatsforsten* gesamt, incl. Hochgebirge, Stand Dezember 2008) . . . . . Seite 14
- Abb. 3:** Vorratsverteilung (Efm) nach BHD-Stufen (cm); *Bayerische Staatsforsten* gesamt, Stand Dezember 2008 . . . . . Seite 14
- Abb. 4:** Einschlag und Hiebsatz in Efm (Fichte, Kiefer, sonstige Baumarten) . . . . . Seite 15
- Abb. 5:** Regionale natürliche Waldzusammensetzung, verändert nach Walentowski et al. (2001) . . . . . Seite 17
- Abb. 6:** Klimahülle Fichte: Temperatur- und Niederschlagswerte (Jahresdurchschnitt) des natürlichen Verbreitungsgebietes (95 %-Bereich) der Fichte im Vergleich zu den aktuellen und zukünftigen Klimawerten Bayerns (Kölling 2007) . . . . Seite 19
- Abb. 7:** Waldflächen der Bayerischen Staatsforsten in den Klimazonen, verändert nach Kölling (2006). . . . . Seite 20
- Abb. 8:** ZE-Anteile am Fichtengesamteinschlag im Bayerischen Staatswald . . . . . Seite 21
- Abb. 9:** Mögliche Dimensionsveränderung eines Baumes im Zeitverlauf . . . . . Seite 23
- Abb. 10:** Beispiel für den Durchmesserzuwachs von stark freigestellten und unter Konkurrenzdruck erwachsenen Bäumen sowie mögliche Übergangsstadien . . . . . Seite 25
- Abb. 11:** Entwicklung eines herrschenden Zielbaumes mit 50 % grüner Krone in 3 Höhenstadien und eines mitherrschenden Baumes mit einer Höhe von 24 m und 40 % grüner Krone zu Beginn der Betrachtung . . . . . Seite 26
- Abb. 12:** Gesetz des abnehmenden Grenznutzens nach Mitscherlich hinsichtlich des Zuwachses bei zunehmendem Standflächenangebot (verändert nach PRETZSCH et al., 2002) . . . . . Seite 27
- Abb. 13:** Exemplarische Darstellung des Zusammenhangs zwischen Bestandesdichte und Zuwachs . . . . . Seite 28

<b>Abb. 14:</b> Zusammenhang zwischen der Dichte (Grundfläche oder Vorrat) in einem Bestand und dem Zuwachs, aufgeteilt in die Komponenten Umwelteffekt und Durchforstungseffekt (verändert nach PRETZSCH, 2005) . . . . .	Seite 31
<b>Abb. 15:</b> Übersichtsschema des Grundkonzepts (Höhenentwicklung nach der Ertragstafel Assmann-Franz Oberhöhenbonität 40) . . . . .	Seite 40
<b>Abb. 16:</b> Übersichtsschema für labile Standorte (Höhenentwicklung nach der Ertragstafel Assmann-Franz Oberhöhenbonität 40) . . . . .	Seite 48
<b>Abb. 17:</b> Übersichtsschema für Risikostandorte durch den Klimawandel (Höhenentwicklung nach der Ertragstafel Assmann-Franz Oberhöhenbonität 40) . .	Seite 49
<b>Abb. 18:</b> Tabelle waldwachstumskundlicher Kennwerte der Startbestände für die SILVA-Simulationen . . . . .	Seite 54
<b>Abb. 19:</b> Entwicklungskorridor optimaler Stammzahlhaltungen bei stabilen Standorten aus SILVA-Simulationen . . . . .	Seite 56
<b>Abb. 20:</b> Entwicklungskorridor für Vorratshaltung bei stabilen Standorten aus SILVA-Simulationen . . . . .	Seite 56
<b>Abb. 21:</b> 10-jährige Nutzungsmengen Obergrenzen, Mindestmengen und Mittel bei stabilen Standorten aus SILVA-Simulationen . . . . .	Seite 57
<b>Abb. 22:</b> Entwicklungstrends der Zuwachsniveaus bei Umsetzung des neuen Fichtenkonzeptes auf stabilen Standorten, abgeleitet aus SILVA-Simulationen . . . .	Seite 58
<b>Abb. 23:</b> Trends der Gesamtwertleistungen bei Umsetzung der neuen Bewirtschaftungsgrundsätze bei hoher, mittlerer und niedriger Ausgangsstammzahl und bei herkömmlicher Behandlungsstrategie auf stabilen Standorten, abgeleitet aus SILVA-Simulationen . . . . .	Seite 60
<b>Abb. 24:</b> Nutzungsmengenanteile von Standardlängen, Papierholz und NH bei Beständen mit niedriger und hoher Ausgangsstammzahl bei Umsetzung der neuen Grundsätze für die Bewirtschaftung von Fichten- und Fichtenmischbeständen und bei herkömmlicher Behandlungsstrategie auf stabilen Standorten, abgeleitet aus SILVA-Simulationen . . . . .	Seite 61
<b>Tab. 1:</b> Sortiergrenzen für die Einwertung der Holzqualität in Güteklassen (A bis C) nach der europäischen Norm ENV 1927-1 bzw. Schnittholzgüteklassen S13-S7 nach der DIN 4074 . . . . .	Seite 37

## Anlage 7: Verzeichnis der Abkürzungen:

**BaySF:** Bayerische Staatsforsten

**BayNatSchG:** Gesetz über den Schutz der Natur, die Pflege der Landschaft und die Erholung in der freien Natur (Bayerisches Naturschutzgesetz)

**FFH-Richtlinie:** Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen. Es wird in Deutschland fast ausschließlich die Bezeichnung FFH-Richtlinie benutzt, die sich von Fauna (= Tiere), Flora (= Pflanzen) und Habitat (= Lebensraum) ableitet.

**Europäische Norm ENV 1927-1:** Diese Europäische Norm legt die Qualitätsklassen von Rundholz der verschiedenen Arten von Fichten und Tannen fest.

**DIN 4074:** Die Baubestimmungen nehmen Bezug auf die DIN 4074 - "Sortierung von Holz nach der Tragfähigkeit - Teil 1: Nadelschnittholz".

**JP:** Jugendpflege

**JD:** Jungdurchforstung

**AD:** Altdurchforstung

**VJN:** Verjüngungsnutzung

**ZE:** Zufällige Ergebnisse

**FE:** Forsteinrichtung

**ha:** Hektar

**Efm:** Erntefestmeter (80 % des Vorrats)

**BHD:** Brusthöhendurchmesser

**h/d-Wert:** Verhältnis der Baumhöhe zum BHD

**Z1:** Zielbäume – ca. 100 vitale, gesunde und gut geformte Fichten oder Mischbaumarten, die ab einer Bestandesoberhöhe von ca. 12 Metern ausgewählt und in regelmäßigen Zeitabständen gefördert werden (sog. Zielbaumdurchforstung)

**Z2:** Zielbäume – ca. 100 vitale, möglichst stabile Bäume mit ausbaufähigen Kronen, die ab einer Bestandesoberhöhe von ca. 25 Metern ausgewählt und in regelmäßigen Zeitabständen gefördert werden (sog. Strukturdurchforstung)

**Z3 }  
Z4 }** Nachfolgebäume von Z2-Bäumen

**SILVA-Waldwachstumsmodell:** Mit diesem computergestützten Wachstumsmodell ist es möglich, die Bestandesentwicklung von Waldbeständen auf der Grundlage des Wachstums von Einzelbäumen für Rein- und Mischbestände zu prognostizieren

**TUM:** Technische Universität München

**dg [cm]:** Durchmesser des Grundflächenmittelstammes

**hg [cm]:** Höhe des Grundflächenmittelstammes

**Stz/ha:** Stammzahl/ha

**G/ha [m<sup>2</sup>]:** Grundfläche der Bäume in m<sup>2</sup> gemessen auf Brusthöhendurchmesser 1,30 m