

LWF

Wissen

80

Beiträge zur Fichte

BAYERISCHE
FORSTVERWALTUNG 




ZENTRUM WALD FORST HOLZ
WEIHENSTEPHAN

Berichte der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft

Beiträge zur Fichte

Impressum

ISSN 2198-106X

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

**Herausgeber und
Bezugsadresse**

Bayerische Landesanstalt
für Wald und Forstwirtschaft (LWF)
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 1
85354 Freising
Telefon: +49 (0) 81 61 / 71-4801
Fax: +49 (0) 81 61 / 71-4971
poststelle@lwf.bayern.de
www.lwf.bayern.de

Verantwortlich

Olaf Schmidt, Leiter der Bayerischen Landesanstalt
für Wald und Forstwirtschaft

Redaktion

Stefan Geßler

Layout

Mano Wittmann, Komplizenwerk

Titelfoto

M. Luckas

Druck

Bosch-Druck GmbH, Ergolding

Auflage

1.000 Stück

Copyright

Bayerische Landesanstalt
für Wald und Forstwirtschaft
September 2017



Die Schutzgemeinschaft Deutscher Wald – LV Bayern ist regelmäßiger Kooperationspartner bei der Vorbereitung und Durchführung der gemeinsamen Tagungen zum Baum des Jahres in Bayern.

Vorwort

Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

die Fichte ist der Baum des Jahres 2017. Hohe Erträge beim Holzverkauf und massive Schäden durch Sturm- und Borkenkäferkalamitäten scheinen Freunden und Skeptikern dieser Baumart gleichermaßen Recht zu geben. Mit der Fichte wurde zweifellos nicht nur die bedeutendste, sondern auch die am meisten diskutierte Baumart Bayerns gewählt.

Für die Fichte gibt es zahlreiche Bezeichnungen. Befürwortern ist sie der »Brotbaum der deutschen Forstwirtschaft«. Kritiker sehen in ihr eine »Tabu-Baumart«. Umso mehr begrüße ich, dass LWF Wissen diese polarisierende Baumart in einer Ausgabe aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet. Das Heft enthält neben Ergebnissen wissenschaftlicher Untersuchungen auch wichtige Erfahrungen aus der Praxis. Nach einem Leitartikel »Fichte – ja gerne, aber mit Vernunft!« werden morphologische und genetische Aspekte beleuchtet und ihre Perspektiven angesichts des Klimawandels erörtert. Ein soziokultureller, forstgeschichtlicher Beitrag geht den Ursachen für den heutigen hohen Fichtenanteil in Bayern auf den Grund.

Wie kann mit der Fichte auch in Zukunft ökologisch verantwortungsvoll und ökonomisch sinnvoll Forstwirtschaft betrieben werden? Das Heft bietet für diese Frage Lösungsvorschläge aus Sicht der Bayerischen Forstverwaltung sowie großer Staats-, Privat- und Kommunalwaldbetriebe. Beiträge zu Biodiversität, Waldschutz, der Bedeutung der Fichte als Rohstofflieferant und zu betriebswirtschaftlichen Aspekten in Mischbeständen runden die Ausgabe ab.

Der künftige Stellenwert der Fichte in unseren Wäldern hängt von vielen Faktoren ab. Das Klima, die Holznachfrage, aber auch die Entwicklung forstlicher Schädlinge sind sicher einige Wesentliche davon. Unerlässlich werden aber auch in Zukunft der Sachverstand und ein verantwortungsvoller Weitblick von Waldbesitzern und Forstleuten sein, um die Fichte ihrem Potenzial entsprechend einzusetzen.

Ich bin mir sicher, dass die Fichte ein wichtiger Bestandteil unseres Bayerischen Wegs in der Forstwirtschaft bleiben wird. Dabei hilft das vorliegende Heft, mit verschiedenen Perspektiven Chancen und Risiken einer künftigen Waldbewirtschaftung mit der Fichte aufzuzeigen und einen konstruktiven Dialog anzustoßen.



Helmut Brunner

Bayerischer Staatsminister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten



Inhaltsverzeichnis

Impressum	2
Vorwort	3
Inhaltsverzeichnis	4
Fichte – ja gerne, aber mit Vernunft!	6
Franz Brosinger	
1. Grundlagen	
Die Fichte (<i>Picea abies</i>): Verwandtschaft, Morphologie und Ökologie	13
Gregor Aas	
Aspekte zur Genetik und zum Vermehrungsgut der Fichte	20
Eva Cremer, Randolph Schirmer und Michael Luckas	
Die Fichte – aktuelle Vorkommen in Bayern und standörtliche Anbaueignung im Klimawandel	26
Hans-Joachim Klemmt, Wolfgang Falk, Birgit Reger, Christoph Straub, Rudolf Seitz und Wolfgang Stöger	
Die Fichte in der Wald- und Forstgeschichte – eine soziokulturelle Betrachtung	35
Uwe Eduard Schmidt	
2. Waldbau und Waldumbau	
Zwischen Leistung und Risiko – die Fichte in der waldbaulichen Beratung	43
Stefan Tretter, Ottmar Ruppert und Wolfram Rothkegel	
Die Fichte im Bayerischen Staatswald	51
Walter Falzl, Hans Mages, Markus Neufanger, Alexander Schnell, Matthias Ernst und Christoph Riegert	
Fichtenwirtschaft aus Sicht eines Betriebsleiters im Privatwald	64
Raimund Friderichs	
Die Fichte im Wald der Stadt Augsburg	73
Jürgen Kircher	
Die Bedeutung der Fichte in und für Thüringen	81
Wolfgang Arenhövel, Nico Frischbier und Corinna Geißler	

3. Ökologie – Waldschutz – Bergwald

Fichtenwälder in Bayern und ihre Biodiversität	89
Stefan Müller-Kroehling	
Waldschutzrisiko der Fichte	100
Cornelia Triebenbacher, Ludwig Straßer und Ralf Petercord	
Bayerische Alpen – ein denkbare Rückzugsgebiet für die Fichte im Klimawandel?	108
Franz Binder und Sebastian Höllerl	

4. Aus Wissenschaft und Forschung

Das Holz der Fichte – Eigenschaften und Verwendung	117
Klaus Richter und Gabriele Ehmcke	
Das Wurzelwerk der Fichte	125
Hans-Jürgen Gulder	
Effekt der Mischung auf die Struktur, die Dichte und das Ertragsniveau von Fichtenbeständen	131
Hans Pretzsch, Peter Biber und Gerhard Schütze	
Betriebswirtschaftliche Chancen und Risiken der Fichtenwirtschaft im Klimawandel	139
Thomas Knoke	

Kurzbeiträge

Prof. Dr. Helmut Schmidt-Vogt	41
Der Frankenwald – Waldgebiet des Jahres 2017	62
Die Fichte in der Naturheilkunde	114
Gedichte	72, 80, 130
Die Fichte oder Rothtanne, aus E. U. Roßmäßler: Der Wald (1881)	145
Bäume des Jahres	146
Anschriften der Autoren	147

Fichte – ja gerne, aber mit Vernunft!

Franz Brosinger

Schlüsselwörter: Fichte, Baum des Jahres 2017, Holzland Bayern, Anbaurisiko, Waldbau, Waldumbau

Zusammenfassung: Die Wahl der Fichte zum Baum des Jahres 2017 bietet die Chance, die teils kontroversen Diskussionen über die Zukunft dieser Baumart und der Forstwirtschaft in unserem Land zu versachlichen. In Bayern ist die Fichte mit einem Anteil am Waldaufbau von derzeit 42 % die wichtigste Baumart. Ihr Anteil ist seit Jahren rückläufig und wird aufgrund des Klimawandels weiter zurückgehen. Für den Waldbau bedeutet dies jedoch keine völlige Abkehr von dieser Baumart. Bayern weist ein breites Standortspektrum auf, das auch künftig Möglichkeiten für den Anbau der Fichte bietet. Diese müssen vor allem nach dem zu erwartenden Anbaurisiko dieser Baumart beurteilt werden. Mit dem Standortinformationssystem BaSIS steht der Bayerischen Forstverwaltung ein auf den neuesten Erkenntnissen der Wissenschaft beruhendes Beratungsinstrument zur Verfügung, das eine entsprechende Differenzierung zulässt. So kann die Fichte in den kühlen und niederschlagsreichen Lagen weiterhin als führende Baumart empfohlen werden. In Bereichen mit mittlerem Anbaurisiko können Mischwälder mit Fichte das waldbauliche Ziel sein. Bei sehr hohem und hohem Risiko hingegen kommt lediglich eine Beimischung in sehr geringen bzw. geringen Anteilen oder mit verkürzter Umtriebszeit (Fichte auf Zeit) in Betracht. Auf dem Weg zum Mischwald sind die Waldbesitzer in Bayern, unter anderem auch dank der gezielten Beratung und Förderung durch die Bayerische Forstverwaltung, in den letzten Jahren bereits ein gutes Stück vorangekommen. Im Hinblick auf das durch den Klimawandel voranschreitende Anbaurisiko muss der Waldumbau von Fichtenreinbeständen hin zu stabilen Mischwäldern mit klimatoleranten Baumarten weiter zügig vorangetrieben werden. Dabei können und sollten auch andere Nadelbaumarten Verwendung finden, wie zum Beispiel die heimische Baumart Tanne oder die eingebürgerte und zuwachsstarke Douglasie.

Die »Gemeine Fichte« als Baum des Jahres 2017? Provokation oder längst überfällig? Zumindest gab die Wahl der Dr. Silvius Wodarz Stiftung Anlass für heftige Diskussionen; denn es geht dabei nicht nur um die wichtigste Baumart in Bayern, sondern in hohem Maße auch um die Akzeptanz der Waldbewirtschaftung und Holznutzung seitens unserer Gesellschaft und damit letztlich um die Zukunft der Forstwirtschaft in unserem Land.

Die Wahl der Fichte zum Baum des Jahres 2017 bietet die Möglichkeit, ihre heutige und künftige Rolle auf der Grundlage fundierter Erkenntnisse der Wissenschaft und Praxis zu erklären und zu beschreiben. Wir können die vielfach auf Gefühlen und Traditionen beruhenden Meinungen durch objektive Fakten ersetzen und bestehende Missverständnisse ausräumen. Ein wissenschaftsbasierter Blick auf die Fichte eröffnet aber auch die Chance, die Vorstellungen von Wald und Forstwirtschaft in unserem Land zu überdenken und weiter zu entwickeln.

Fichte: Baum des Jahres 2017 – eine gute Wahl

Die beiden wichtigsten Fragen, die sich die für den Wald Verantwortlichen heute stellen müssen, lauten:

- Was erwartet unsere Gesellschaft in der Zukunft vom Wald?
- Aus welchen Baumarten sollen diese Wälder zusammengesetzt sein?

Die Antwort auf die erste Frage ist relativ einfach: Unsere Wälder sollen unsere Lebensgrundlagen und die Biodiversität erhalten, den Auswirkungen des Klimawandels standhalten und dessen Folgen mindern, den Bürgern als wertvoller Erholungsraum dienen, den umweltfreundlichen Rohstoff Holz liefern und selbstverständlich nicht zuletzt auch den Waldbesitzern und der Holzwirtschaft ihr Einkommen gewährleisten. Wesentlich schwieriger zu beantworten ist jedoch die zweite Frage; denn Zusammensetzung und Aufbau unserer künftigen Wälder hängen von vielen Faktoren ab: dem künftigen Anbaurisiko der jeweiligen Baumarten,

den Standortbedingungen, den waldbaulichen Ausgangssituationen, den jagdlichen Verhältnissen und vor allem den Entscheidungen der einzelnen Waldbesitzer.

Die Fichte – nach wie vor die wichtigste Baumart Bayerns

Wie keine andere Baumart prägt die Fichte die Forst- und Holzwirtschaft Bayerns. Nach den Ergebnissen der Bundeswaldinventur 2012 (BWI III) nimmt sie 42 % der bayerischen Waldfläche ein (LWF 2014). Noch deutlicher ist ihre Dominanz beim Holzvorrat mit rund 50 %, beim Holzeinschlag erreicht sie sogar einen Anteil von 68 %. Sie ist das wirtschaftliche Rückgrat vieler Forstbetriebe und wichtigster Rohstoff für die heimische Sägeindustrie. Die starke Stellung des Clusters Forst und Holz in Bayern stützt sich ganz wesentlich auf diese Baumart. Ohne die Fichte wäre Bayern nicht Deutschlands Holzland Nummer eins.

Der relativ hohe Anteil der Fichte in Bayern hat mehrere Gründe: Die Fichte kommt in Bayern natürlich vor. Fichtenwälder bilden die Waldgesellschaften in den Hochlagen der Alpen und einiger Mittelgebirge sowie in Kaltluftsenken und auf Hochmoorrändern. Darüber hinaus ist die Fichte mit nennenswerten Anteilen in Bergmischwäldern (Buche-Tanne-Fichte mit Bergahorn) und in Tannen-Fichtenwäldern beteiligt. Von dort reicht sie in tiefer gelegene Gebiete als Mischbaumart bis in Buchenwaldgesellschaften hinein. Der wesentliche Grund ist aber, dass unsere Vorfahren sie weit über ihr natürliches Vorkommensgebiet hinaus angebaut haben: Die übernutzten, durch Waldweide und Streunutzung devastierten Waldflächen wurden vor mehr als 200 Jahren mit schnellwachsenden Baumarten wie Fichte und Kiefer aufgeforstet. Nur so konnte der steigende Bedarf an Bau- und Brennholz im Zuge der beginnenden Industrialisierung im 19. Jahrhundert gedeckt werden. Der Wiederaufbau der Wälder in der damaligen Zeit stellt rückblickend eine enorme Kulturleistung dar, von der wir heute noch profitieren. Obwohl man die mit der Fichte verbundenen Risiken schon früh erkannt hatte, wurde ihr Anbau vor allem wegen der hohen Produktivität und Robustheit dieser Baumart bis in die 1970er Jahre weiter forciert. Parallel führten auch steigende und überhöhte Wildbestände sowie eine negative Einstellung gegen »verdämmendes« Laubholz dazu, dass Mischbaumarten zurückgingen oder ganz verschwanden und auf großen Flächen Nadelholzreinbestände entstanden.

Eine Trendwende setzte ein, als unter anderem mit dem Inkrafttreten des Waldgesetzes für Bayern (BayWaldG) im Jahr 1975 die Schutz- und Erholungsfunktionen des Waldes in unserer Gesellschaft mehr und mehr in den Vordergrund rückten. Es entwickelte sich das Leitbild einer naturnahen Forstwirtschaft, stabile, strukturreiche und leistungsfähige Mischwälder wurden das waldbauliche Ziel auf allen hierfür geeigneten Standorten. Auch der Waldumbau von nicht standortgerechten Nadelholzreinbeständen hin zu laubbaumreichen Mischbeständen wurde bereits damals angestoßen. Massiv verstärkt hat sich dieser Umschwung durch die seit Anfang dieses Jahrtausends deutlich erkennbaren Auswirkungen des Klimawandels auf unsere Wälder: Die flachwurzelnde Fichte wird vermehrt Opfer von Stürmen, bei anhaltenden Hitzeperioden setzen ihr Trockenheit und Borkenkäfer schwer zu.

Wie der Vergleich zwischen der Bundeswaldinventur I (1987) und der Bundeswaldinventur III (2012) zeigt, ging der Fichtenanteil in dieser Zeit von 47,6 % auf 41,9 % zurück; dies entspricht einer Fläche von rund 150.000 ha. Gleichzeitig stieg der Anteil der Laubbäume von 25,9 % auf heute 35,7 %. Dazu beigetragen haben – neben der nachhaltigen Waldbewirtschaftung des Staatswaldes – vor allem die intensive Beratung der privaten und körperschaftlichen Waldbesitzer durch die Bayerische Forstverwaltung sowie die finanzielle Förderung entsprechender waldbaulicher Maßnahmen in den letzten 40 Jahren. Die Veränderung unserer Wälder in den letzten Jahrzehnten ist aus waldbaulicher Sicht im Hinblick auf die notwendige Anpassung an den Klimawandel überaus positiv zu sehen. Trotz dieser erfreulichen Entwicklung bleibt jedoch noch viel zu tun. Aufgrund der zu erwartenden Zunahme von Witterungsextremen werden die Gefährdungen für die Fichte zunehmen und die Grenzen ihrer Anbaueignung sich weiter verschieben. In großen Teilen Bayerns gibt es sowohl im Staatswald als auch im Privatwald noch zahlreiche Fichtenreinbestände, die in stabile, klimatolerante Mischwälder umgebaut werden müssen.

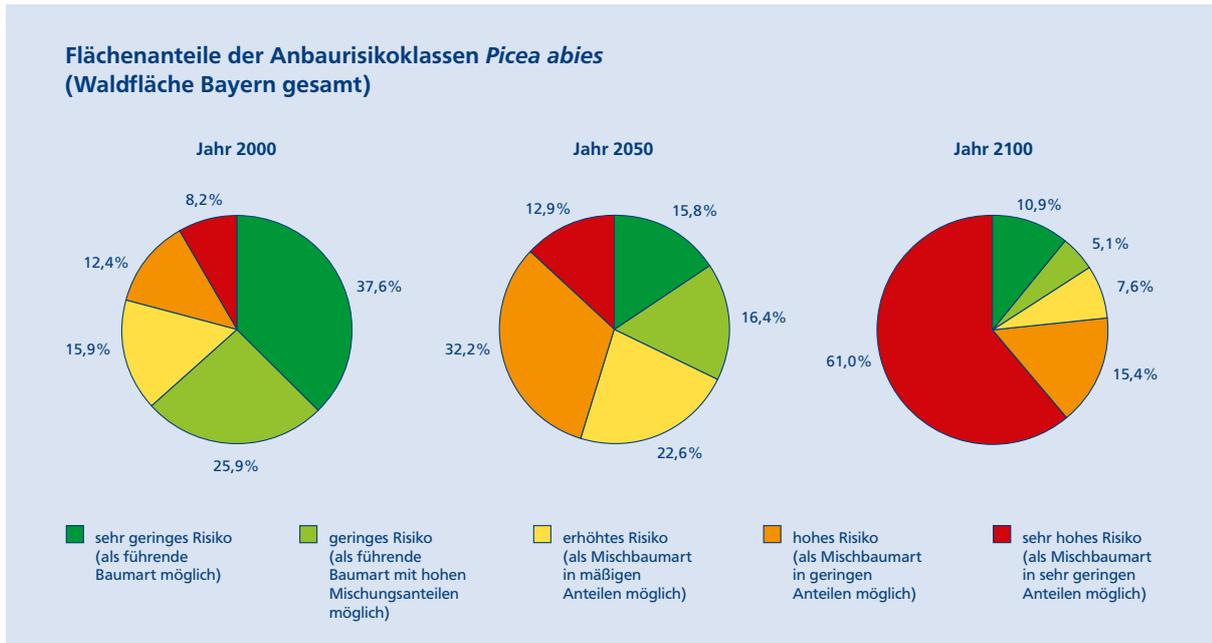


Abbildung 1: Entwicklung (2000, 2050, 2100) der Anbauriskoklassen für die Fichte in Bayern

Quelle: Bayerisches Standortinformationssystem (BaSIS)

Klimawandel – das Anbaurisiko für Fichte steigt

Mit dem Bayerischen Standortinformationssystem (BaSIS) hat die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) ein modernes, auf den neuesten Erkenntnissen der Wissenschaft beruhendes Beratungsinstrument erstellt. Es liefert wichtige Informationen für die Waldbewirtschaftung, insbesondere die Wahl standortgemäßer, zukunftsfähiger Baumarten, indem es deren klimatische Anbaurisiken aufzeigt. Um einen Eindruck über die Anbaueignung der Fichte zu erhalten, empfiehlt sich ein Blick auf das Anbaurisiko dieser Baumart heute (Referenzjahr 2000) und in den Jahren 2050 und 2100. Das Anbaurisiko steigt kontinuierlich und wird vor allem in der zweiten Hälfte unseres Jahrhunderts ein besorgniserregendes Ausmaß annehmen: Während für die Fichte im Jahr 2000 auf 63,5% der Waldstandorte Bayerns ein sehr geringes oder geringes Anbaurisiko herrschte, ist dies im Jahr 2050 nur noch auf 32,2% und im Jahr 2100 auf lediglich 16% zu erwarten. Für 61% der Standorte weist die Fichte dann laut dieses Prognoseinstrumentes ein sehr hohes Anbaurisiko auf. Hier ist ihr Anbau nur noch als Mischbaumart in sehr geringen Anteilen oder mit verkürzter Umtriebszeit (Fichte auf Zeit) zu empfehlen (Abbildung 1).

Die Entwicklung des Risikos und damit der Anpassungsbedarf unserer Wälder an den Klimawandel sind

in den verschiedenen Regionen Bayerns naturgemäß sehr unterschiedlich. Unter den klimatischen Bedingungen in der Untermainebene war der Anbau der Fichte immer schon sehr risikobehaftet. Dementsprechend gering ist dort ihr Anteil am Waldaufbau. In den Alpen und in den höheren Lagen der ostbayerischen Grenzgebirge hingegen werden noch im Jahre 2100 Temperaturen und Niederschläge prognostiziert, die auf knapp zwei Drittel der Standorte ein sehr geringes und geringes Risiko für die Fichte erwarten lassen. Drastisch steigt das Risiko für den Anbau der Fichte bis Ende des Jahrhunderts allerdings in vielen Bereichen, in denen sie heute noch ein gutes Wachstum zeigt. So werden zum Beispiel im flächenmäßig bedeutsamen Tertiären Hügelland die Anbauriskoklassen »hohes Risiko« und »sehr hohes Risiko« von 14,2% auf 100% steigen (Abbildung 2).

Das steigende Anbaurisiko und die daraus resultierende Anpassung unserer Wälder an den Klimawandel werden zweifellos zu einem weiteren Rückgang der Fichte führen. Waldumbau bedeutet aber keinesfalls eine völlige Abkehr von dieser Baumart. Dies ist weder ökologisch noch ökonomisch erforderlich und zielführend. Denn Bayern weist ein breites Spektrum von Standortsbedingungen auf, das auch künftig Möglichkeiten für den Anbau dieser Baumart bietet. In kühleren, niederschlagsreicheren Lagen (z. B. Mittelgebirge) wird das Anbaurisiko nur moderat steigen. Da-

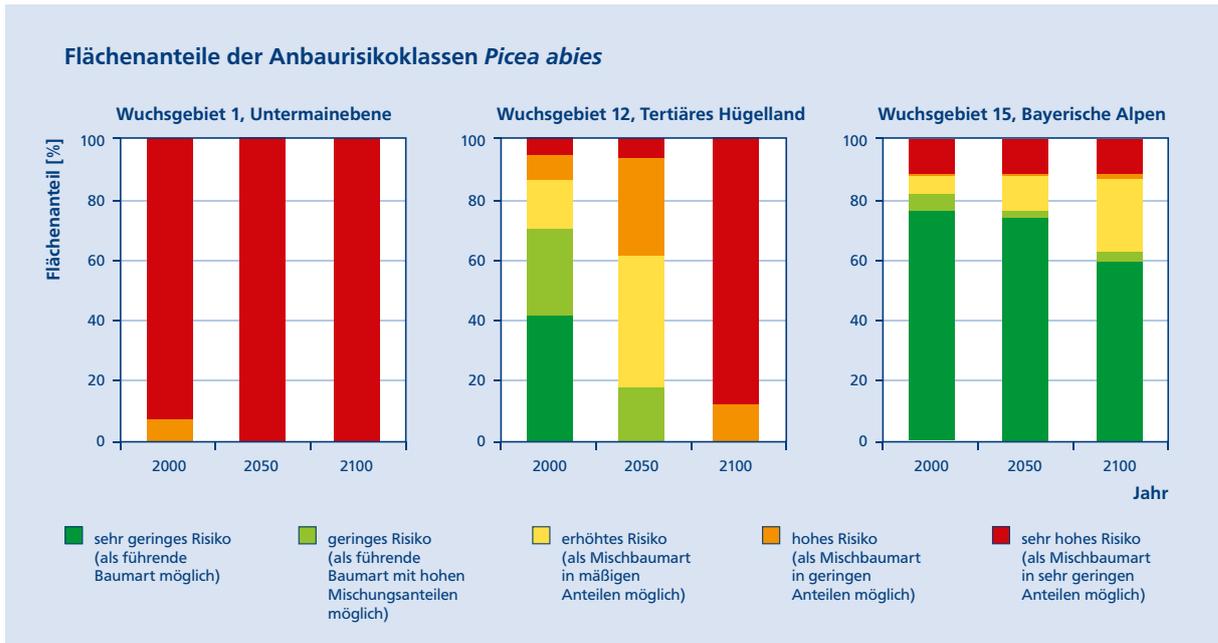


Abbildung 2: Entwicklung (2000, 2050, 2100) der Anbaurisiko­klassen für die Fichte in den Wuchsgebieten Untermainebene, Tertiäres Hügelland und Bayerische Alpen Quelle: Bayerisches Standortinformationssystem (BaSIS)

her kann dort die Fichte weiterhin als führende Baumart empfohlen werden. In Gebieten mit erhöhtem und hohem Risiko kann sie eine wichtige Mischbaumart mit mehr oder weniger großen, nach Standort und Risiko differenzierten Anteilen sein. Selbst bei sehr hohem Anbaurisiko kann sie in sehr geringem Umfang bzw. als Zeitmischung beteiligt werden. Die Fichte kann und soll in Bayern daher auch künftig in Zeiten des Klimawandels einen Beitrag zu einer naturnahen und leistungsfähigen Forstwirtschaft und damit zur Erzeugung des umweltfreundlichen Rohstoffs Holz leisten.

Trotz Klimawandel – die Fichte, ein wichtiger Bestandteil unserer Wälder

Diese Einschätzung darf jedoch nicht dazu verleiten, nun sorglos mit der Fichte nach dem Motto »Eine Generation Fichte geht schon noch« zu verfahren. Im Gegenteil: Eine kritische Auseinandersetzung und eine differenzierte Betrachtungsweise beim Umgang mit dieser Baumart sind heute mehr denn je notwendig. Denn die Verhältnisse werden nicht einfacher, sondern schwieriger. Die Verjüngung und Pflege von Fichtenbeständen sollten sich in erster Linie an der Ausgangssituation und nach ihren Zukunftsaussichten richten. Aufgrund der starken naturräumlichen Unterschiede sind regional differenzierte Strategien in Bayern notwendig:

- In den höheren und mittleren Lagen der Mittelgebirge und der Alpen werden künftig die Schwerpunkte des Fichtenvorkommens liegen. Grundsätzlich können hier die bewährten Handlungsgrundsätze weiter angewendet werden, wobei der Erhalt und die Schaffung von Mischwäldern insbesondere mit Tanne und Buche eine größere Rolle spielen sollten als bisher. Dabei darf jedoch nicht übersehen werden, dass viele dieser Wälder Schutzwald nach dem BayWaldG sind. Deswegen und aufgrund der vielfach schwierigen topografischen Verhältnisse werden viele dieser Fichtenwälder jedoch auch künftig teilweise nur eingeschränkt bewirtschaftbar sein.
- Für Bestände mittleren und jüngeren Alters auf aktuell gut wasserversorgten und wuchskräftigen Standorten können waldbauliche Übergangsstrategien mit verkürzter Umtriebszeit sinnvoll sein. Allerdings darf diese Möglichkeit nicht als Rechtfertigung für die Fortführung einer Reinbestandswirtschaft dienen. Denn nur durch gemischte Wälder kann langfristig die Ertragskraft der Böden erhalten und das Risiko gesenkt werden. Eine Verkürzung der Umtriebszeit sollte man daher nur in Verbindung mit einer zeitigen Einbringung stabilisierender Mischbaumarten ins Auge fassen. Die Verjüngung sollte so rechtzeitig begonnen werden, dass sich Schattbaumarten etablieren können, bevor der Altbestand Borkenkäfern oder Trockenheit zum Opfer fällt.



Abbildung 3:
Gute Beratung ist außerordentlich wichtig. Sie hilft den Waldbesitzern, eigenverantwortlich zu entscheiden, auf welchen Standorten und in welchem Umfang sie Fichten, Buchen, Eichen und andere Baumarten am Aufbau ihrer künftigen Wälder beteiligen.

Foto: D. de Hasque

- In Gebieten mit derzeit geringem und künftig mittlerem Anbaarisiko sollten jüngere Fichtenbestände regelmäßig und intensiv gepflegt werden, damit sie eine möglichst hohe Stabilität aufweisen und ihre Zieldurchmesser möglichst früh erreichen. Ein rechtzeitiger Voranbau von Mischbaumarten darf aber nicht versäumt werden.
- In Regionen mit heute guter Wuchsleistung, aber künftig deutlich höherem Risiko besteht ein relativ hoher Handlungsbedarf (z. B. Tertiäres Hügelland, tiefere Mittelgebirgslagen, Juraabdachung, Voralpenland). Vorhandene ältere Fichtenbestände sollten rasch und gezielt zu Mischbeständen mit mäßigen bis geringen Fichtenanteilen – differenziert nach der Wasserversorgung des jeweiligen Standorts – entwickelt werden.
- In warm-trockenen Gebieten werden auch künftig Laubwälder dominieren. Die Fichte sollte dort sinnvollerweise nur in sehr begrenztem Umfang als Zeitmischung beteiligt werden. Bestände mit führender Fichte sollten rasch und konsequent in Wälder mit klimatoleranten Baumarten umgebaut werden.

Tanne, Douglasie & Co. – Alternativen zur Fichte

Modellierungen zum künftigen Holzaufkommen (Cluster-Initiative Forst und Holz in Bayern 2015) zeigen eine weitere Verschiebung in Richtung Laubholz. Für die Fichte wird ein Rückgang von rund einem Viertel pro-

gnostiziert. Die stofflich orientierten Holzverbraucher beobachten diese Entwicklung mit großer Sorge. Ob sie in diesem Umfang und in dieser zeitlichen Schiene so eintreten wird, ist schwer vorhersehbar, denn der tatsächliche Fichtenholzeinschlag wird erfahrungsgemäß durch eine Vielzahl von Faktoren beeinflusst, angefangen von dem Auftreten von Schadereignissen (Sturm, Käferkalamitäten oder Nassschnee) über den Holzpreis bis hin zur Bereitschaft der Waldbesitzer zum Waldumbau. Unstrittig ist jedoch der langfristige Trend einer Abnahme des Fichtenholzaufkommens in Bayern.

Eine leistungsfähige Forst- und Holzwirtschaft benötigt auch in Zukunft Nadelholz in angemessenem Umfang. Zurückgehende Anteile der Fichte sollten daher zum Teil von anderen Nadelbaumarten übernommen werden. Vor allem die Möglichkeiten der heimischen Nadelbaumart Tanne sowie der bewährten, eingebürgerten Douglasie können stärker ausgeschöpft werden als bisher. Dieser Weg erscheint erfolgsversprechender zu sein, als auf die Züchtung von trockenresistenten Fichten zu hoffen. Da aber auch alternative Nadelbaumarten nicht ohne Risiko sind, sollten diese nur in Mischbeständen und mit nicht zu hohen Anteilen eingebracht werden. Für die fernere Zukunft bieten eventuell Nadelbaumarten aus Klimabereichen, wie sie für Bayern erwartet werden, gewisse Chancen. Um Risiken in ökologischer und wirtschaftlicher Hinsicht auszuschließen, sollte dies jedoch nur auf der Grundlage von fundierten Erfahrungen aus Anbauversuchen

erfolgen. Hierzu laufen verschiedene Forschungsprojekte, vor allem an der LWF und am Bayerischen Amt für Forstliche Saat- und Pflanzenzucht (ASP).

Der auf vielen Standorten erforderliche Waldumbau und die Erhöhung des Mischbaumartenanteils auch in Bereichen, in denen die Fichte weiterhin eine wichtige Rolle spielen wird, erfordern vielfach aufwendige Pflanzmaßnahmen. Für die Sicherung dieser Investitionen, aber auch für das Gelingen einer natürlichen Verjüngung sind angepasste Schalenwildbestände eine wesentliche Voraussetzung. Die Wahl der Fichte zum Baum des Jahres kann daher nicht als eine Abkehr vom Waldumbau und als Begründung für überhöhte Schalenwildbestände interpretiert werden, im Gegenteil.

Ausblick

Die Fichte war lange Zeit der »Brotbaum der Forstwirtschaft« in Bayern und ist es in weiten Bereichen auch heute noch. Diese Rolle verliert sie jedoch im Zuge des Klimawandels immer mehr, vor allem dort, wo sie weit über ihr natürliches Verbreitungsgebiet hinaus angebaut wurde. Nach den aktuell vorliegenden, in zahlreichen Projekten erarbeiteten wissenschaftlichen Erkenntnissen wird das Anbaurisiko für diese Baumart weiter steigen. Dennoch kann und soll die Fichte auch künftig ein wichtiger Bestandteil der Wälder in Bayern sein. Bei der Diskussion über die Zukunft der Fichte sollten wir nicht in Schwarz-Weiß-Malerei verfallen, sondern vernünftig und differenziert vorgehen. Dazu ist es vor allem notwendig, den Waldbesitzern gut verständliche Informationen und überzeugende Empfehlungen zu geben, damit sie eigenverantwortlich entscheiden können, auf welchen Standorten und in welchem Umfang sie die Fichte am Aufbau ihrer künftigen Wälder beteiligen. So kann die Fichte auch weiterhin »Brotbaum« bleiben – allerdings als eine Brotbaumart unter mehreren. Fichte – ja gerne, aber mit Vernunft!

Literatur

Biermayer, G.; Tretter, S. (2016): Wie viel Fichte geht noch im Klimawandel? LWF aktuell 108, Freising, S. 44–49

LWF – Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (Hrsg.) (2014): Nachhaltig und naturnah – Wald und Forstwirtschaft in Bayern – Ergebnisse der dritten Bundeswaldinventur. 32 S.

Cluster-Initiative Forst und Holz in Bayern (Hrsg.) (2016): Clusterstudie Forst, Holz und Papier 2015 – Klimaschutz, Wirtschaftswachstum und Zukunftschance für Bayern und seinen ländlichen Raum. 56 S.

Keywords: Norway spruce, tree of 2017, timber land, cultivation risk, silviculture, forest reconstruction

Summary: The choice of Norway spruce (*Picea abies* L. Karst) to be the tree of 2017 allows a more objective discussion about the tree species future and the future of forest management in Bavaria. Spruce is still one of the most important tree species in our forests and remains to be a silviculture asset. Nevertheless, over the years the contribution of spruce, currently 42 %, constantly decreased and most likely will continue to decrease due to climate change. In terms of silviculture, spruce will not be replaced completely, because Bavaria holds a broad spectrum of sites which will still be suitable for spruce in the future. However, the establishment of spruce needs to be reconsidered for sites where the conditions are not favorable and therefore it is necessary to carry out a risk assessment for spruce. The Bavarian site information system (Bayerisches Standortinformationssystem, BaSIS) allows the evaluation of different risk scenarios to determine suitable sites for spruce, based on latest scientific findings. At sites with cooler temperatures and higher precipitation rates, spruce can be still considered a preferred tree species, for example. However, at sites with a medium risk assessment, the silviculture goal should be a stand consisting of spruce mixed well with other tree species. When an assessment for a site results in a high or very high risk for spruce, only a small or very small percentage of spruce should be considered for such a site. Private forest owners already made progress converting pure spruce stands to mixed forest stands with specific support and financial assistance provided by the Bavarian Forest Administration. Overall, growing spruce remains a risk in times with faster fluctuations of climate conditions. Therefore, the conversion of pure spruce forest stands to mixed tree species stands, resulting in stands with more tolerance to faster fluctuating climate conditions, is of major importance and should be implemented further. Native conifers like Silver fir, or naturalized conifers like the fast growing Douglas fir, are also suitable alternatives.

1 Grundlagen

Die Fichte (*Picea abies*): Verwandtschaft, Morphologie und Ökologie

Gregor Aas

Schlüsselwörter: *Picea abies*, Taxonomie, Morphologie, Verbreitung, Ökologie

Zusammenfassung: Die Gewöhnliche Fichte (*Picea abies*, Familie Pinaceae) ist eine in Nordeuropa und im nördlichen Osteuropa weit verbreitete Baumart der borealen Nadelwälder. Disjunkt davon kommt sie von Natur aus in Gebirgen Mittel-, Süd- und Südosteuropas vor. Darüber hinaus wird sie auf großen Flächen forstlich angebaut und ist dadurch die häufigste Baumart Mitteleuropas. Vorgestellt werden einige in Mitteleuropa häufiger kultivierte fremdländische *Picea*-Arten und insbesondere die Morphologie, Ökologie und Reproduktionsbiologie von *Picea abies*.



Abbildung 1: Fichten prägen weite Gebiete des borealen Nadelwalds auf der Nordhemisphäre. Hier ein Bestand mit *Picea mariana* (Schwarz-Fichte, Black Spruce) im herbstlichen Alaska. Diese Fichte ist transkontinental im nördlichen Nordamerika von Alaska bis Labrador verbreitet. Foto: R. Zimmermann

Die Gattung *Picea* in Europa

Die Fichten (*Picea*) sind mit rund 35 Arten nach *Pinus* (Kiefer) und *Abies* (Tanne) die artenreichste Gattung der Familie der Pinaceae (Kieferngewächse; Schmidt 1998). *Picea*-Arten prägen auf riesigen Flächen die borealen Nadelwälder der Nordhemisphäre (die »dunkle« Taiga, Abbildung 1) und die Nadelwaldstufe in den Gebirgen der temperaten und teilweise auch der meridionalen Zone.

Einzig bei uns einheimischer Vertreter der Gattung ist *Picea abies* (L.) H. KARST., die Gewöhnliche Fichte (engl. Norway Spruce). Sie ist forstwirtschaftlich die wichtigste Baumart Mitteleuropas, die über ihre natürlichen Vorkommen hinaus auf großer Fläche und oft auf für sie ungeeigneten Standorten angebaut ist. Ihr Anteil beträgt in Deutschland derzeit rund 26% (BWI 2012), wobei sie in den letzten Jahren an Fläche verloren hat.

Neben der heimischen hat die Sitka-Fichte (*P. sitchensis*, engl.: Sitka Spruce, Abbildung 2) in Europa größere forstliche Bedeutung. Sie ist im westlichen Nordamerika entlang der Küste von Alaska bis ins nordwestliche Kalifornien beheimatet, mit Baumhöhen bis zu 90 m die größte und wüchsigste aller Fichtenarten und nach der Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*) die forstlich



Abbildung 2: Typisch für die aus dem pazifischen Nordamerika stammende *Picea sitchensis* (Sitka-Fichte) sind die flachen, sehr schmalen, stehend spitzigen und unterseits grauweißen Nadeln. Foto: G. Aas

wichtigste nicht heimische Baumart in Europa (Nygaard und Øyen 2017). Sitka-Fichten kommen von Natur aus in den temperaten Regenwäldern am Pazifik unter extrem regen- und vor allem nebelreichen, kühl-humiden Klimabedingungen vor. Im atlantischen West- und Nordeuropa, vornehmlich in küstennahen Gebieten Frankreichs, Belgiens und der Niederlande sowie auf den Britischen Inseln, in Dänemark, auf Island und in Norwegen ist sie mit einer Fläche von insgesamt etwa 1,3 Mio. Hektar die häufigste eingeführte Baumart

(Nygaard und Øyen 2017). In weit geringerem Umfang gedeihen Sitka-Fichten auch in Deutschland, hauptsächlich küstennah oder in regenreichen Mittelgebirgslagen (Weller und Meiwes 2015). In Schleswig-Holstein und in Niedersachsen wächst *P. sitchensis* auf einer Fläche von jeweils rund 5.000 ha (3,1 % bzw. 0,5 % der Waldfläche, BWI 2012).

Neben *Picea sitchensis* erlangte *P. pungens* (Stechoder Blau-Fichte, Blue Spruce) zumindest für kurze Zeit eine gewisse forstliche Relevanz in Mitteleuropa. Die in den Rocky Mountains beheimatete Bergwaldart wurde versuchsweise in den 1980er und 1990er Jahren für Aufforstungen auf Waldschadensflächen, insbesondere im Erzgebirge verwendet. Blau-Fichten, vor allem silbergrau bis blauweiß benadelte Sorten, sind bei uns beliebte Zierbäume. Ebenfalls gartenbauliche Bedeutung haben darüber hinaus die schmalkronig wachsende *P. omorika* (Omorika- oder Serbische Fichte, Abbildung 3), die von Natur aus in einem extrem kleinen Areal auf dem Balkan vorkommt und *P. orientalis*, die Kaukasus- oder Orientalische Fichte, die in der nordöstlichen Türkei und im Kaukasus zusammen mit *Fagus orientalis* und *Abies nordmanniana* imposante Bergwälder bildet.



Abbildung 3: *Picea omorika* mit männlichen Blüten. Die Omorika-Fichte hat abgeflachte Nadeln, die oberseits glänzend grün sind und unterseits zwei grauweiße Längsstreifen (Stomatabänder) haben. Foto: G. Aas



Abbildung 4: Gruppe von *Picea abies* nahe der Radspitze im tief verschneiten Frankenwald. Foto: G. Aas

Morphologie

Picea abies ist ein 30 bis 50 m (max. 60 m) hoher, immergrüner Baum (Abbildung 4). Kennzeichnend für die Kronenarchitektur ist eine bis ins Alter durchlaufende, gegenüber den Ästen klar dominierende Hauptachse (Stamm) und eine bis ins hohe Alter spitz kegelförmige Krone (habituellem Unterschied zur Weiß-Tanne!). Bedingt durch eine ausgeprägte, zeitlebens anhaltende apikale Kontrolle und Akrotonie ist im Normalfall der Gipfeltrieb der kräftigste und längste aller Jahrestriebe und der einzige aufrechte. Alle Seitenachsen wachsen dagegen waagrecht oder schräg abstehend (plagiotrop). Bei älteren Ästen richtet sich die Spitze oft bogenförmig auf. Unmittelbar unterhalb der Terminalknospe eines Jahrestriebes sitzen gehäuft Seitenknospen, die zu kräftigen Seitentrieben auswachsen. Dies führt zu der für Fichten (und Tannen) vor allem in der Jugendphase charakteristischen Wuchsform mit regelmäßig jahrgangsweise in Etagen angeordneten Astquirlen und dazwischen deutlich kürzeren Seitentrieben (Abbildung 5).

Das Längenwachstum der Fichte erfolgt gebunden, das heißt der neue Spross ist komplett in der Knospe angelegt (präformiert) und treibt im Mai aus, zunächst meist die Seitentriebe, danach der Gipfeltrieb. Die Streckung der anfangs oft abwärts gekrümmten Triebe zur vollen Länge ist nach etwa sechs Wochen abgeschlossen. Diesjährige Triebe bleiben unverzweigt. Nur bei jungen, vitalen Fichten unter guten Lichtverhältnissen kann der Maitrieb durch sogenanntes »freies Wachstum« weiter in die Länge wachsen und sich der Gipfeltrieb während seiner Streckung sylleptisch (vorgezogen) verzweigen.

Mit zunehmendem Alter bestimmen mehr und mehr sogenannte »Proventivtriebe« das Kronenbild (Abbildung 6). Dabei handelt es sich um den Austrieb schlafender Knospen älterer Äste (nie am Stamm!). Mit Hilfe dieser neuen Sprosse (Reiterationen) sind Fichten in der Lage, ihre Benadelung innerhalb der bestehenden Krone zu erneuern, um den Verlust von Nadeln durch altersbedingten Nadelfall oder durch Schädigungen (z. B. Krankheiten) zu kompensieren, aber auch, um durch eine Vergrößerung der Blattmasse flexibel auf veränderte Umweltbedingungen zu reagieren. Proventivtriebe stellen bei älteren Bäumen oft den Großteil (bis 90 %) der am Baum vorhandenen Nadeln (Bartels 1993).

Die Baumkrone von *Picea abies* ist trotz eines klar festgelegten Bauplans variabel und anpassungsfähig. Man unterscheidet verschiedene Kronenformen, die durch die Länge der Äste 1. Ordnung und die Ausrichtung ihrer Seitenzweige bestimmt sind (Priehäusser 1958).



Abbildung 5: An jungen Fichten lässt sich der Bauplan der Krone gut erkennen. Der Leit- oder Gipfeltrieb ist der einzig aufrechte und bildet die dominierende Stammachse, die seitlichen Triebe sind dieser untergeordnet und stehen waagrecht bis schräg ab. Durch den jedes Jahr an der Hauptachse gebildeten Quirl kräftiger Äste entsteht der etagenförmige Aufbau der Krone. Foto: G. Aas



Abbildung 6: Austrieb schlafender Knospen an einem etwa 35 Jahre alten Ast. Mittels dieser proventiven Erneuerungstriebe sind Fichten in der Lage, fortwährend den Nadelfall an älteren Trieben durch Bildung neuer Nadeln zu kompensieren. Foto: G. Aas



Abbildung 7: Kammfichten zeichnen sich durch lang und schlaff (»lamettaartig«) am Ast hängende Zweige aus. Foto: G. Aas

»Kammfichten« haben relativ lange Äste mit schlaff herabhängenden Seitenzweigen (Abbildung 7), »Plattenfichten« hingegen eher kurze Äste und mehr oder weniger horizontal in einer Ebene stehende Zweige. Intermediär zwischen diesen beiden Formen steht der »Bürstentyp« mit abstehenden bis hängenden Zweigen. Plattenfichten mit besonders kurzen Ästen und schmalen, tief beasteten Kronen (Säulenformen, »Spitzfichten«) finden sich vor allem in höheren Gebirgslagen als Anpassung an hohe Schneelasten (Abbildung 8). Der Verlust des Gipfeltriebes (z. B. bei Wildverbiss oder Stammbrüchen) führt zur Aufhebung der apikalen Kontrolle und zum Aufrichten von Seitenästen (Reiterationen) und somit zu Zwieselbildungen oder kandelaberartiger Mehrstämmigkeit.



Abbildung 8: Subalpiner Bestand von Fichten mit auffallend säulenartigen Kronen als Anpassung an große Schneemassen (Bödmerenwald, Muotatal, Kanton Schwyz, Schweiz). Foto: G. Aas



Abbildung 9: Sprossabschnitt von *Picea abies*. Typisch für alle Fichtenarten ist, dass die Nadeln auf einem kurzen rindenfarbenen Stiel sitzen. *Picea abies* hat im Querschnitt annähernd vierkantige Nadeln mit Stomata (Spaltöffnungen) auf allen vier Seiten. Foto: G. Aas

Die Blätter (Nadeln) der Fichte stehen einzeln und spiralig an Langtrieben. Typisch für alle *Picea*-Arten und ein gutes Unterscheidungsmerkmal zu anderen »tan-nenähnlichen« Koniferen-Gattungen wie *Abies*, *Pseudotsuga* und *Tsuga* ist der Ansatz der Nadeln an der Sprossachse (Abbildung 9). Sie sitzen bei Fichten stets auf einem rindenfarbenen, höcker- oder stielartigen Fortsatz, der fest mit der Rinde verwachsen ist. Nach dem Blattfall verbleiben diese »Nadelstielchen« an der Sprossachse, die dadurch raspelartig rau wird. Die Nadeln von *P. abies* sind im Querschnitt mehr oder weniger rhombisch mit Spaltöffnungen auf allen vier Seiten (äquifaziales, amphistomatisches Laubblatt) und deshalb ringsum etwa gleichfarbig (im Unterschied zu *P. omorika* und *P. sitchensis*, aber auch zu vielen *Abies*-Arten). Ihre Lebensdauer variiert je nach Wuchsbedingungen und Vitalität des Baums zwischen vier und zehn Jahren.

Verbreitung und Ökologie

Picea abies ist eine hauptsächlich nordisch-kontinental verbreitete Art (Abbildung 10). In Skandinavien und im nördlichen Osteuropa bis nach Sibirien ist sie auf großen Flächen ein wichtiger Bestandteil borealer Nadelwälder. Östlich davon, in weiten Teilen Sibiriens bis nach Kamtschatka und in die Mongolei, wird sie von der ähnlichen *Picea obovata* LEDEB., der Sibirischen Fichte, abgelöst, die oft als Unterart der Gewöhnlichen Fichte angesehen wird (*P. abies* ssp. *obovata* [LEDEB.] HULTÉN). Beide Arten bastardieren bei sympatrischer Verbreitung miteinander (*P. × fennica* [REGEL] KOM.). Disjunkt von ihrem nordischen Areal ist *P. abies* präalpin in vielen Gebirgen Mittel-, Süd- und Südosteuropas verbreitet. In Mitteleuropa beschränken sich die natürlichen Vorkommen auf die hochmontane und subalpine Stufe der Alpen sowie auf die höheren Lagen im südlichen Jura und Schwarzwald, vom Bayerischen Wald bis zum Fichtelgebirge, Frankenwald und Thüringer Wald sowie im Erzgebirge, den Sudeten und im Harz. Die Grenzen der vertikalen Verbreitung liegen in den Nord- und Südalpen an der Baumgrenze bei etwa 2.200 m bzw. 2.300 m ü. NN, im Bayerischen Wald bei 1.400 m, im Erzgebirge bei etwa 1.200 m und im Harz bei 1.050 m (Zoller 1981).

Von Natur aus kommt die Halbschattbaumart Fichte bei uns in kühl-humiden Lagen über 800 m Meereshöhe auf frischen bis nassen, basenarmen bis -reichen, humosen bis modrig-torfigen, lockeren, steinig-sandigen Lehm- und Tonböden vor (Mayer 1992; Oberdor-

fer 1994). Vereinzelte Vorkommen in tieferen Lagen finden sich nur an Sonderstandorten wie in extremen Kaltluftlagen oder auf nährstoffarmen, staunassen Böden mit mächtigen Humusaufgaben. Insbesondere auf nassen und dicht gelagerten Böden bildet die Fichte ein tellerartig flaches Wurzelsystem.

Über die Grenzen ihrer natürlichen Verbreitung hinaus ist die Fichte großflächig forstlich angebaut. In vielen westlichen und südlichen Bundesländern Deutschlands ist sie die häufigste Waldbaumart (Anteil an der Waldfläche: Deutschland 26 %, Bayern 42 %, Baden-Württemberg 34 %, Thüringen 38 %, Brandenburg 2 %; BWI 2012).

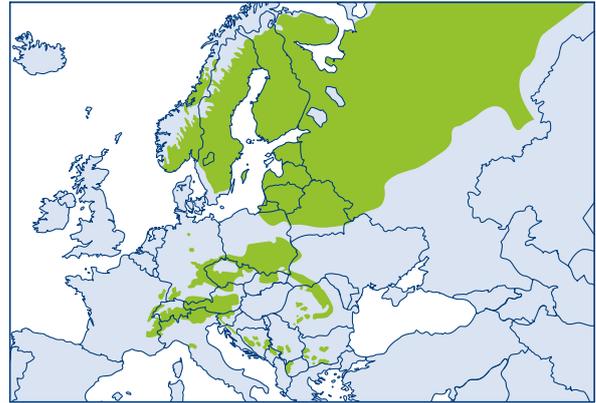


Abbildung 10: Natürliche Verbreitung von *Picea abies* (verändert nach EUFORGEN).

Steckbrief Gewöhnlich Fichte (*Picea abies*)

Gestalt

Bis 40 m (max. bis 60 m) hoher Baum, Brusthöhen-durchmesser (BHD) bis 1,5 (2) m, Krone spitz kegelförmig mit durchgehendem Stamm, Äste in regelmäßigen Scheinquirlen (Etagen)

Triebe

Sprossachse meist kahl, braun, längs gefurcht; nach dem Abfallen der Nadeln sind die Zweige durch die bleibenden »Nadelstielchen« raspelartig rau

Knospen

Kegelförmig, hellbraun, ohne Harz; Terminalknospe durch einige Nadeln von den in Scheinquirlen angeordneten obersten Seitenknospen getrennt

Nadeln

Einzel spiralg an Langtrieben, sitzen auf einem rindenfarbenen, höcker- oder stielartigen, fest mit der Rinde verwachsen Fortsatz der Sprossachse (»Nadelstielchen«); 1–2,5 cm lang, zweigoberseits ± radial abstehend, unterseits ± gescheitelt; im Querschnitt stumpf vierkantig und auf allen Seiten gleichfarbig, an Schattenzweigen mitunter auch abgeflacht

Rinde

Anfangs glatt, Borke hell- bis rotbraun, mit dünnen, abgerundeten Schuppen

Blüten

Ende April bis Mai; einhäusig verteilt, windbestäubt; männliche Einzelblüten über die ganze Krone verteilt, ± aufrecht, in den Achseln von Nadeln vorjähriger Triebe, ei- bis walzenförmig, 1,5–3 cm lang, erst rot, dann gelb; weibliche Blütenstände (Zäpfchen) meist nur im oberen Kronenbereich, aufrecht, endständig an vorjährigen Trieben, 2–5 cm lang, rötlich

Zapfen und Samen

Zapfen hängend, 8–16 cm lang, 3–4 cm dick, nur Samenschuppen sichtbar, anfangs grünlich oder rötlich, zur Reife braun; Samen grau bis dunkelbraun, 3–5 mm lang, tränenförmig mit ausgezogener Spitze, sitzen lose in einer löffelartigen Vertiefung des häutigen, 10–16 mm langen Samenflügels; bei der Reife öffnen sich Zapfen durch Spreizen der Schuppen, Ausbreitung der ausfallenden Samen durch den Wind, Zapfen fallen danach als Ganzes ab

Bewurzelung

Flaches Senkerwurzelsystem

Höchstalter

Bis 400 Jahre

Chromosomenzahl

2n = 24





Abbildung 11: Die Fichte blüht einhäusig. Im Vordergrund drei weibliche Blütenstände, im Hintergrund männliche Einzelblüten. Foto: G. Aas



Abbildung 12: Männliche Blüten von *Picea abies* zur Zeit des Stäubens. Foto: G. Aas



Abbildung 13: Reifende Zapfen von *Picea abies*. Vor allem in höheren Lagen der Gebirge sind die Zapfenschuppen während der Zeit der Samenreife oft rötlich. Foto: G. Aas

Reproduktionsbiologie

Die einhäusig verteilten Blüten der Fichte (Abbildung 11) erscheinen im Frühjahr an den vorjährigen Trieben, die männlichen einzeln in den Achseln von Nadeln (Abbildung 12), die weiblichen in zapfenartigen Blütenständen endständig an der Zweigspitze. Die Samenschuppen der weiblichen Einzelblüten sind grünlich bis purpurrot und schon zur Blüte länger als die kleinen, unscheinbaren Deckschuppen. Die Bestäubung erfolgt durch den Wind. Die weiblichen Blütenstände krümmen sich gleich nach der Bestäubung durch einseitiges Wachstum ihres kurzen Stiels nach unten, so dass die Zapfen am Zweig hängen (Abbildung 13). Während ihrer Reife sind diese rot oder grün (rot vorwiegend im höheren Gebirge, grün oft in tieferen Lagen), zur Samenreife im Herbst des Blühjahres hellbraun. Die Samenschuppen sind fest mit der Zapfenspindel verwachsen, ihre Form variiert von abgerundet (*obovata*-Form, häufiger im Norden des Areals und in höheren Gebirgslagen) bis spatelförmig mit oft welliger, ausgerandeter Spitze (*acuminata*-Form, häufiger im Süden des Areals und eher in tieferen Lagen, Mayer 1992; Schmidt-Vogt 1977). *Picea abies* zeigt ein ausgeprägtes Mastverhalten, das heißt die Intensität der Blüte und die Menge produzierter Samen schwankt in Fichtenbeständen von Jahr zu Jahr erheblich. Die Ausbreitung der Samen erfolgt durch den Wind. Fichtensamen haben keine endogene Keimhemmung, keimen aber erst bei Temperaturen über 7–8 °C. Die Keimung erfolgt epigäisch mit 7–10 Keimblättern.

Vor allem an Standorten nahe der Baumgrenze kann sich die Fichte vegetativ durch Absenker vermehren, wobei sich tief am Baum ansetzende Äste bei Bodenkontakt bewurzeln und zu eigenständigen Individuen entwickeln. Auf diese Weise entstehen dichte klonale »Fichtenfamilien« (Abbildung 14), die zusammen mit aus Samen entstandenen Baumgruppen typisch sind für die Struktur von Fichtenbeständen an der Waldgrenze (Rottenstruktur).



Abbildung 14:
Durch Bewurzelung
bodennaher Äste eines
Mutterbaums ent-
standene Gruppe von
Fichten (eine klonale
»Fichtenfamilie«) nahe
der Waldgrenze im
Riesengebirge.

Foto: G. Aas

Literatur

- Bartels, H. (1993): Gehölzkunde. Ulmer. 336 S.
- BWI 2012: www.bundeswaldinventur.de
- Gayer, K. (1882): Der Waldbau. 2. Aufl. Parey, Berlin. 592 S.
- Mayer, H. (1992): Waldbau auf soziologisch-ökologischer Grundlage. 4. Auflage, Fischer, Stuttgart, 522 S.
- Nygaard, P.H.; Øyen, B.-H. (2017): Spread of the Introduced Sitka Spruce (*Picea sitchensis*) in Coastal Norway. *Forests* 8, doi:10.3390/f8010024
- Oberdorfer, E. (1994): Pflanzensoziologische Exkursionsflora. Ulmer, Stuttgart. 1050 S.
- Priehäusser, G. (1958): Die Fichtenvariationen und -kombinationen des Bayerischen Waldes nach phänotypischen Merkmalen mit Bestimmungsschlüssel. *Forstwiss. Centralblatt* 77: S. 151–171
- Schmidt, P.A. (1998): *Picea* A. Dietr., 1824. In Schütt, P. et al. (Hrsg.): *Enzyklopädie der Holzgewächse*, 14 S.
- Schmidt-Vogt, H. (1977): Die Fichte. Band I. Parey, Hamburg und Berlin. 647 S.
- Weller, A.; Meiwes, K.-J. (2015): Potenzial und Risiken der Sitka-fichte im deutschen Anbaugebiet. *Forstarchiv* 86: S. 3–12
- Zoller, H. (1981): *Picea*. In: Hegi, G. (Hrsg.): *Illustrierte Flora von Mitteleuropa*. Band I. Parey: S. 45–62

Keywords: *Picea abies*, taxonomy, morphology, distribution, ecology

Summary: Norway Spruce (*Picea abies*, Pinaceae) is widely distributed in the boreal coniferous forests of Northern and Eastern Europe. In Central Europe it is native only in higher montane regions, however beyond this Norway Spruce is widely cultivated and thus the most important tree species in forestry. Presented are some exotic *Picea*-species that are widely cultivated in Central Europe, and in particular the morphology, ecology, and reproductive biology of Norway spruce.

Aspekte zur Genetik und zum Vermehrungsgut der Fichte

Eva Cremer, Randolph Schirmer und Michael Luckas

Schlüsselwörter: Vermehrung, Herkunft, genetische Untersuchung, Hochlagenfichte

Zusammenfassung: Die Vermehrung der windbestäubten und windverbreiteten Baumart Fichte als wichtigste Wirtschaftsbaumart Bayerns ist unproblematisch. Das Fichtensaatgut wird primär in amtlich zugelassenen Saatguterntebeständen gewonnen. Dabei ist das richtige Herkunftsgebiet, das sich bei Fichte unter anderem nach der Höhenlage abgrenzt, zu berücksichtigen. Nach-eiszeitliche Rückwanderung, Bestandesgeschichte und lokale Anpassungsprozesse haben zu verschiedenen Herkünften geführt. In den letzten Jahrhunderten war der Einfluss auf Fichtenpopulationen allerdings so groß (z. B. durch forstliche Nutzung, Sturm- und Borkenkäferkalamitäten), dass die natürlichen Fichtenpopulationen in ihrer (genetischen) Zusammensetzung verändert wurden. Oft ist daher nicht mehr nachvollziehbar, ob es sich um autochthone oder nicht autochthone Populationen handelt und aus welchen Höhenlagen das Vermehrungsgut ursprünglich stammt (z. B. im Bayerischen Wald). Gerade die Berücksichtigung der Höhenlage ist aber für den wirtschaftlichen Erfolg und auch aus Naturschutz- und Generhaltungsaspekten wichtig. Genetische Studien, Ergebnisse aus Herkunftsversuchen sowie Züchtungen helfen, die verschiedenen Aspekte näher zu beleuchten und Handlungsempfehlungen zu geben.

Saatgut und Vermehrung

Fruktifikation

Die Blütezeit der Fichte, die in unterschiedlicher Intensität alle zwei bis vier Jahre vorkommen kann, ist nicht zu übersehen. Kilometerweit werden die gelben Pollenstaubwolken zwischen Ende April bis Anfang Juni übers Land geweht (Abbildung 1). Etwa einmal im Jahrzehnt, bei der sogenannten Vollmast, ist dieses Schauspiel besonders heftig. Da die Fichte einhäusig ist, trägt jeder Baum männliche und weibliche Blüten, die in aufrechter Zapfenform angeordnet sind. Zu einer Selbstbestäubung oder Inzucht kommt es aber nicht, weil an einem Baum meist die weiblichen und männlichen Blüten zeitlich unterschiedlich aufblühen.



Abbildung 1: »Schwefelregen« – Pollenflug bei Fichte
Foto: M. Luckas

In der Regel ist es also der Blütenstaub einer anderen Fichte, der die Bestäubung bewirkt.

Samenreife und Ernte

Nach der Bestäubung erfolgt die Befruchtung der Samenanlagen in den weiblichen Zapfen. Bald ändern diese ihre aufrechte Stellung und neigen sich mit fortlaufender Reifung seitwärts. Im Herbst hängen die ausgewachsenen und reifen Samenzapfen schließlich herab, schwer und fast fünfzehn Zentimeter lang. Unterschreitet der Wassergehalt in den Zapfen den Wert von 40% sind auch die Samen reif. Dies ist je nach Höhenlage – in Tieflagen früher, in Hochlagen später – meist ab Mitte des Herbstes der Fall. Von Oktober bis Februar erstreckt sich deswegen der Saatgut-Erntezeitraum. Ausgebildete Zapfenpflücker klettern in die Baumkronen von amtlich zugelassenen Erntebeständen und ernten dabei ca. 25 kg, im optimalsten Fall sogar bis zu 60 kg Zapfen pro Baum. Kritisch kann es für Erntemaßnahmen im Bergland werden. Die verspätete Reifung des Saatguts, die erschwerte Zugänglichkeit und ungünstige Witterungsverhältnisse machen nicht selten Erntevorhaben zunichte. Einerseits sind es vorzeitige Wintereinbrüche andererseits plötzliche Föhnwetterlagen, die Ernten unmöglich machen.

Von Natur aus ist die Windverbreitung des Saatguts vorgesehen. Beträgt der Wassergehalt der Zapfen weniger als 18%, öffnen sich die Zapfenschuppen und der Wind trägt die beflügelten Samen. Dies geschieht in

der Regel im Spätwinter. Föhn trocknet nun vorzeitig die Zapfen und der stürmische Föhnwind bläst das Saatgut unkontrolliert weg. Dies ist neben der Genhaltung auch der Grund, warum in Bayern für die schwer zugänglichen Hochlagenherkünfte des Bayerischen Waldes und der Alpen Fichten-Samenplantagen zur Ergänzung der für diese Lagen so bedeutenden Saatgutversorgung angelegt worden sind.

Aufbewahrung und Versorgungslage

Fichtensamen sind absolut unkompliziert in der Behandlung und Aufbewahrung. Sie besitzen eine ausgesprochene Austrocknungstoleranz und eine extreme Kälteresistenz. Dadurch ergibt sich eine sehr lange Lagerungsmöglichkeit. So wurde z. B. für Fichtensamen, die bei einem Wassergehalt von 3–6% und einer Temperatur von $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ luftdicht eingelagert wurden, nach über 30 Jahren eine kaum nachlassende Keimfähigkeit festgestellt. Zahlreiche Erntemöglichkeiten, hohe Mengen und Ausbeuten pro Ernte und die relativ einfache und lange Bevorratung begründen das Fehlen von Versorgungsempfängen bei Fichtensaatgut.

Aufbereitung und Aussaat

Zur Vorbereitung des eingelagerten Saatgutes wird zunächst ein Vorquellen in reinem Wasser empfohlen. Bei anschließender Aussaat und einer flachen Überdeckung (ca. 0,5–1 cm) entstehen binnen 10–20 Tagen die Keimlinge. Erfahrungsgemäß kann dabei eine hohe Keimfähigkeit erzielt werden.

Steckbrief Fichtensamen:	
1 Zapfen	1 – 1,8 g Samen
1 kg Samen	ca. 130.000 Samen
1 kg Samen	ca. 50.000 Sämlinge
1 Same	ca. 2 × 4 mm
Tausendkorngewicht:	7,5–8,0 g

Genetik

Allgemein weisen Nadelbäume (Koniferen) die größten und komplexesten Genome (= gesamte Erbinformation eines Lebewesens) im Pflanzenreich auf. Das der Fichte befindet sich dabei unter den größeren der Nadelbäume, gebündelt in Erbgutpäckchen von 24 Chromosomen ($2n$), und ist ca. 10-mal größer als das Genom des Menschen. Koniferen stellen evolutionsbiologisch eine äußerst interessante Gruppe dar, da sie phylogenetisch sehr alt sind. In vielen Ökosystemen ist die Fichte seit 200 Mio. Jahren die dominie-

rende Baumart, wie z. B. in den borealen Wäldern der Nordhalbkugel (Fladung al. 2013). Genetische Analysen basierend auf Isoenzym-Genmarkern zeigten, verglichen mit anderen Baumarten, nur geringe Differenzierungen zwischen Fichtenpopulationen über ihr Verbreitungsgebiet (Bergmann und Ruetz 1991). Mittels Organellen-DNA-Markern konnte allerdings ein klarer genetischer Unterschied zwischen den nordöstlichen borealen Fichtenwäldern und den zentraleuropäischen Fichten gefunden werden, was auf eine Trennung der beiden Linien über verschiedene Eiszeiten hinweg zurückzuführen ist (Fluch et al. 2011; Tollesfud et al. 2008). Auch die mittels DNA-Markern aus dem Zellkern gefundenen genetischen Unterschiede zwischen Fichtenpopulationen sind größer als die Unterschiede ausgehend von den weniger variablen Isoenzym-Markern (Konnert et al. 2014). Dies zeigte beispielsweise eine Untersuchung innerhalb Bayerns. Zudem konnte mit diesem DNA-Markertyp eine geringere genetische Variabilität in den Fichtenpopulationen am südwestlichen Rand der Verbreitung (Spanien) im Vergleich zum Hauptverbreitungsgebiet festgestellt werden. In Bayern wurden bisher mehr als 60 Fichtenbestände in den Alpen, dem Tertiären Hügelland, dem Frankenswald und dem Bayerischen Wald genetisch untersucht (Konnert et al. 2014). Dabei zeigte sich, dass die genetische Vielfalt in den ostbayerischen Mittelgebirgen etwas höher ist als im Alpenraum. In diesen beiden Gebieten ist die Fichte vor ca. 5.000 Jahren aus zwei unterschiedlichen Refugien zurück gewandert: aus den Dinarischen Gebirgen in die Alpen und aus den rumänischen Südkarpaten nach Nord-Ostbayern.

Herkunftsaspekte

Das natürliche Verbreitungsgebiet der Fichte umfasst in Bayern die Alpen, Teile des Alpenvorlandes sowie die höheren Lagen der ostbayerischen Mittelgebirge. Nach der nacheiszeitlichen Rückwanderung haben sich in einem langen Selektions- und Anpassungsprozess seitdem Populationen entwickelt, die der jeweiligen Höhenlage, der Exposition und den lokalen Standortbedingungen angepasst sind. Diese »natürlichen« Unterschiede zwischen Fichtenpopulationen wurden durch intensive Forstwirtschaft beeinflusst und das Mosaik der Standortstrassen bzw. Fichtenherkünfte dadurch grundlegend verändert. Nach Kahlschlägen wurden häufig Pflanzen unbekannter bzw. ungeeigneter Herkunft ausgebracht, die später starke Schäden, vor allem durch Schneebruch aufwiesen. Zusätzlich wurde die Fichte in großem Umfang auch außerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebietes angebaut. Heute stocken vor allem in den Hochlagen der Alpen

(über ca. 1.300 m ü. NN) und im Bayerischen Wald noch autochthone Bestände. Aufgrund der verbreiteten Verwendung von unbekanntem Saat- und Pflanzgut insbesondere in Kulturen, die zwischen 1860 und 1920 entstanden sind, hat sich ein anthropogen bedingtes Gemenge verschiedener Fichtenherkünfte entwickelt.

Nacheiszeitliche Rückwanderung, Bestandesgeschichte sowie ökologische Gegebenheiten sind für die derzeitige genetische Zusammensetzung der Bestände verantwortlich. Dabei spielen vergangene und aktuelle lokale Anpassungsprozesse eine wichtige Rolle. Vor allem die Anpassung an die Höhenlage ist durch zahlreiche Versuche nachgewiesen. Herkunftsversuche sowie Frühtests im Baumschulstadium bestätigen die Differenzierung von Hoch- und Tieflagenherkünften vor allem in den Eigenschaften Austrieb, Wüchsigkeit und teilweise auch in der Kronenform. Die Anpassung an das regionale Klima zeigt sich beispielsweise durch die positive Korrelation der Temperatur des Herkunftsortes mit der Baumhöhe (Schmidt-Vogt 1986).

Hochlagenherkünfte sind an die Bedingungen der Gebirgsstandorte angepasst indem sie spät austreiben, keinen Johannistrieb bilden und das Wachstum früh abschließen. Diese Eigenschaften schützen sie gegen Frostschäden. Hinsichtlich der Kronenform treten in den Hochlagen vorwiegend die schlanken Standortsrassen der Bürsten- bzw. Plattenfichten auf, die widerstandsfähiger gegen Schneebruch sind. Die sehr wüchsigen, breitkronigen Kammfichten sind vorrangig im Tiefland zu finden. Hochlagenfichten wachsen langsamer.

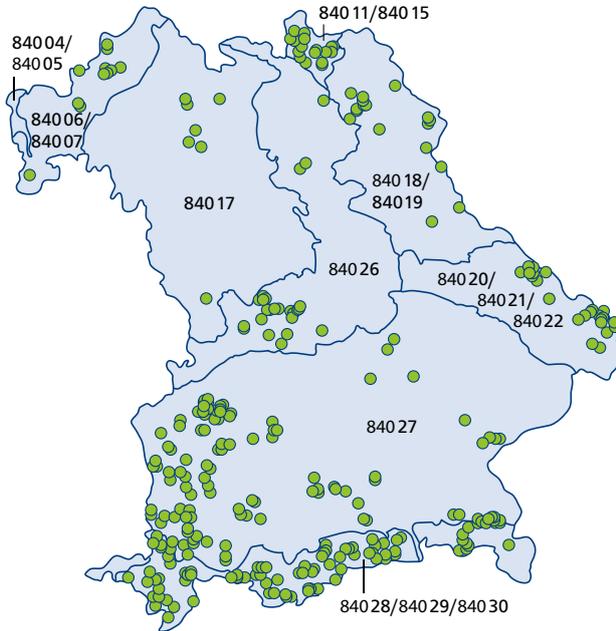
Tieflagenherkünfte sind dagegen an eine längere Vegetationsperiode angepasst und nutzen diese besser aus, werden deutlich höher und fruktifizieren häufiger. Obwohl von diesen Herkünften mehr Saatgut verfügbar ist, darf es keinesfalls in den Hochlagen verwendet werden. Wegen der breiteren Krone würden Schneebruchschäden die Bestände in erheblichem Umfang gefährden. Diese Herkünfte sind an Spätfröste angepasst. Herkünfte aus dem östlichen Verbreitungsgebiet sind durch besonders späten Austrieb gekennzeichnet.

In bayerischen Herkunftsversuchen zeigen sich Herkünfte aus Nord- und Ostbayern sowie aus den Karpaten (Rumänien) und den Beskiden (Polen) besonders wüchsig. Diese Herkünfte kombinieren hohe Wuchsleistungen mit ausreichender Resistenz gegen Schneebruch. Dagegen eignen sich die wüchsigen Herkünfte aus dem Baltikum nicht für Bayern, da sie aus einem kontinental getönten Gebiet mit vorwiegend Trockenschnee kommen und daher dem Schneedruck nicht angepasst sind.

Diese gesammelten Erkenntnisse wurden bei der Abgrenzung der Herkunftsgebiete nach dem Forst-

Abbildung 2: Saatguterntebestände (grüne Punkte) und Herkunftsgebiete (mit Nummern bezeichnet) der Fichte in Bayern

Datenquelle: Bayerisches Erntezulassungsregister, Stand April 2017



vermehrungsgutgesetz (FoVG) und auch bei den Herkunftsempfehlungen berücksichtigt. Von 17 in Bayern ausgeschiedenen Herkunftsgebieten für die Fichte sind daher zehn nach Höhenzonen abgegrenzt.

Derzeit sind in Bayern über 350 Bestände zur Saatguternte zugelassen (Abbildung 2). Auch im Bereich der Alpen und Mittelgebirge sind ausreichend Saatguterntebestände vorhanden, sodass keine Notwendigkeit besteht auf Ersatzherkünfte aus dem nördlicheren und östlichen Europa auszuweichen.

Neueste Untersuchungen zeigen, dass Fichtenherkünfte auf höhere Temperaturen mit Zuwachssteigerungen reagieren, aber nicht alle gleichermaßen von einer Temperaturzunahme profitieren (Schüller und Kapeller 2010). So ist bei Fichtenherkünften aus wärmeren Regionen nur eine geringe bzw. keine Zuwachssteigerung zu erwarten und im Extremfall bei zu hohen Temperaturen sogar Zuwachsrückgänge möglich. Die aktuell wüchsigsten Herkünfte sind daher nicht zwangsläufig auch die wüchsigsten Herkünfte der Zukunft. Besonders auf trockenen und warmen Standorten werden Faktoren wie Trockenstress und Schädlingsbefall künftig die herkunftsbedingten Eigenschaften überlagern. Die vorhandenen Herkunftsversuche müssen deshalb unter dem Aspekt des Klimawandels ausgewertet werden, um die Herkunftsempfehlungen den Entwicklungen des Klimawandels anpassen zu können.

Aktuelle (Forschungs)schwerpunkte

Generhaltung bei der Fichte

Obwohl die Fichte keine seltene Baumart darstellt und großflächig vertreten ist, spielt auch hier Generhaltung eine Rolle. Eine große genetische Vielfalt ist grundlegende Voraussetzung zur Sicherung der zahlreichen Waldfunktionen dieser auf über 40 % der Fläche Bayerns stockenden Baumart. Die Bedeutung der Hochlagenherkünfte für die Resistenz gegenüber Schneebruch ist ein Beispiel für die Wichtigkeit der Generhaltung zur Sicherung der ökologischen Stabilität der Fichte in den Alpen und den Mittelgebirgen. Der Schutz des Erbguts von standortangepassten, ursprünglichen (autochthonen) Fichtenpopulationen ist von hoher Bedeutung, da von diesen Beständen aufgrund der hohen Bewirtschaftungsintensität und Kalamitätsereignissen nur noch sehr wenige vorhanden sind. Die notwendigen Maßnahmen sind im Generhaltungskonzept für Bayern aufgeführt (ASP 2015). Die Erhaltung der genetischen Variabilität autochthoner Bestände ist auch zur Sicherung von Ausgangsmaterial für Züchtungen von großer Bedeutung (Schmidt-Vogt 1986).

Züchtung

Die Fichte ist die wichtigste Wirtschaftsbaumart in Bayern. Vor dem Hintergrund steigenden Holzbedarfs und dem Einfluss des Klimawandels werden seit 2013 züchterische Maßnahmen ergriffen, um angesichts dieser Herausforderungen verbessertes Vermehrungsgut für die Praxis bereitstellen zu können (Liesebach 2013).

Ziel ist die Selektion und Vermehrung von Fichten, die höhere Massenleistungen erbringen bei gleichzeitig guten Form- und Holzeigenschaften. Es werden getrennte Züchtungspopulationen für Hochlagen und trockenstressgeprägte Tieflagen aufgebaut.

Züchtungsmaßnahmen für einen verbesserten ökonomischen Nutzen einerseits und Generhaltungsmaßnahmen zum Schutzes autochthoner Bestände andererseits sind wichtige Anliegen bei der Fichte, die nebeneinander berücksichtigt werden können und sollten und sich nicht gegenseitig ausschließen.

Hochlagenfichte im Bayerischen Wald

In den Hochlagen des Nationalparks Bayerischer Wald stehen Fichten-Restbestände, die nach den Borkenkäferkalamitäten der letzten Jahre übrig geblieben sind. Aus den oben bereits beschriebenen Gründen (anthropogene Einflüsse im Zuge der Waldwirtschaft) ist auch im Bayerischen Wald in großen Teilen nicht mehr nachvollziehbar, um welche Herkünfte es sich handelt: ursprünglich-autochthone Fichten oder eingebrachte Fichten anderer Herkünfte z. B. aus tieferen Lagen. Um diese Frage zu klären, wurde in einer kürzlich durchgeführten Studie eine genetische Charakterisierung der Fichtenbestände im Bayerischen Wald vorgenommen und Möglichkeiten der Differenzierung von Hoch- und Tieflagenherkünften erarbeitet, um die Restbestände in den Hochlagen bewerten zu können. Dafür hat das ASP in enger Zusammenarbeit mit dem Nationalpark Bayerischer Wald eine Aufnahme ausgewählter Fichtenbestände im Bayerischen Wald aus drei Höhenstufen durchgeführt: Tieflagen (submon-

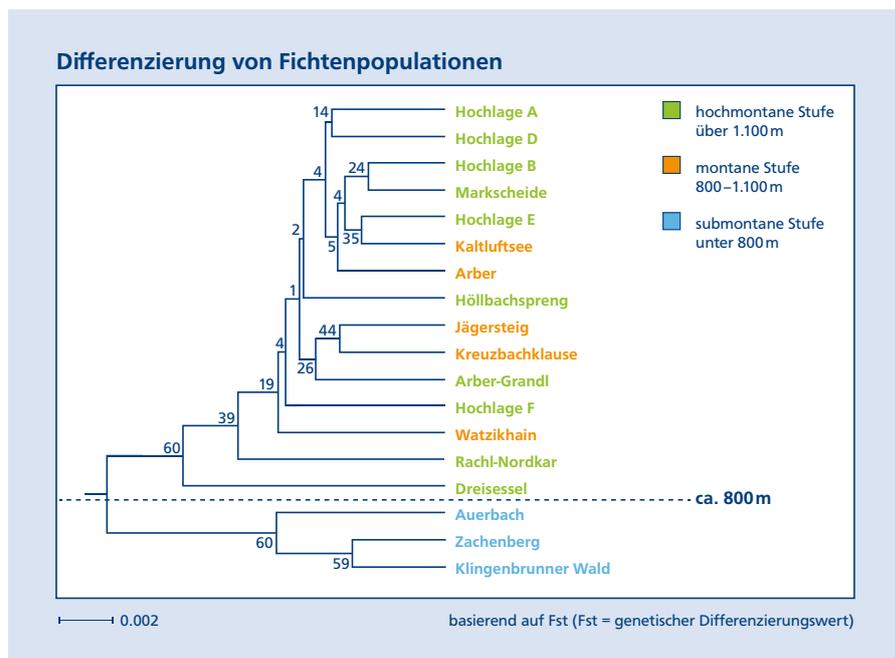


Abbildung 3: Dendrogramm auf Basis der genetischen Daten, in dem 18 Fichtenpopulationen aus 3 verschiedenen Höhenlagen des Bayerischen Waldes zueinander dargestellt sind

tan), Mittellagen (montan) und Hochlagen (hochmontan). Es kamen dabei genetische Analysen, aber auch Baumschulfrühtests zum Einsatz.

Die Ergebnisse haben folgendes gezeigt: Die Fichtenpopulationen der submontanen Stufe unterhalb von ca. 800 m ü. NN grenzen sich deutlich in ihrer genetischen Struktur von den Fichtenpopulationen der mittleren und höheren Lagen (oberhalb von ca. 800 m) ab (Abbildung 3). Die untersuchten Hochlagenbestände im Bereich von 800 m bis 1.300 m ü. NN sind genetisch allerdings nicht homogen und ohne klare Differenzierung (z. B. entlang eines Höhengradienten). Das untermauert die Annahme, dass in den mittleren und höheren Lagen des Bayerischen Waldes ein Gemisch aus autochthonen Fichten und gepflanzten Populationen vorliegt.

Dieses Ergebnis konnte mit den Auswertungen des Frühtests bestätigt werden, bei dem die in Zusammenhang zur Wuchsleistung stehenden Merkmale Austrieb, Augusttrieb Bildung, Sprosslänge und Triebabschluss im Bezug zur jeweiligen Höhenlage betrachtet wurden (Abbildung 4). Abbildung 5 zeigt beispielhaft für das Merkmal Sprosslänge, dass die Fichtensämlinge aus den tieferen Lagen unter gleichen Umweltbedingungen in der Baumschule ein stärkeres Höhenwachstum aufweisen als solche aus den höheren Lagen. Für Fichtensämlinge einzelbaumweiser Nachkommenschaften eines Hochlagenbestands unbekannter Autochthonie ließen sich dagegen deutliche, statistisch signifikante Unterschiede in der Sprosslänge erkennen, sodass hier kein eindeutiger Schluss auf die Herkunft gezo-



Abbildung 4: Höhenmessung an Fichten-Sämling des Frühtests Foto: ASP

gen werden konnte. Das heißt, die kombinierte Untersuchung mit genetischen Markern und phänotypischen Merkmalen erhärtet die Vermutung, dass sich autochthone Fichten und Fichten unbekannter Herkunft in den höheren Lagen des Bayerischen Waldes vermischt haben.

Als Schlussfolgerungen aus dieser Untersuchung lässt sich festhalten, dass die Herkunftsgebiete der mittleren und höheren Lagen gegenseitig als Ersatzherkünfte dienen können und dass bevorzugt Vermehrungsgut aus den entsprechenden Samenplantagen für die Wiederaufforstung in den höheren Lagen des Bayerischen Waldes verwendet werden sollte.

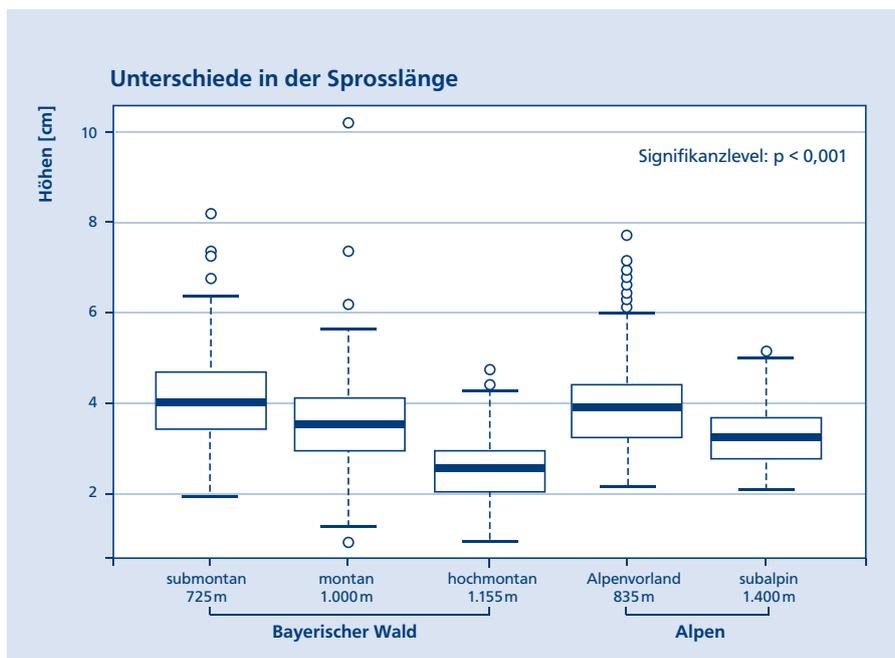


Abbildung 5: Sprosslängen (in cm) von je 100 einjährigen Sämlingen aus fünf Fichtenbeständen unterschiedlicher Höhenlagen des Bayerischen Waldes und der Alpen dargestellt in box plots

Fazit – Fichte ist nicht gleich Fichte

Innerhalb der Fichte lassen sich aufgrund von natürlichen, historischen Faktoren (nacheiszeitliche Rückwanderung, Anpassungs- bzw. Selektionsprozesse) Unterschiede festmachen, die Ursachen für die Ausbildung verschiedener Herkünfte sind. Dabei ist besonders die Differenzierung von Hoch- und Tieflagenherkünften hervorzuheben. Überlagert wurden diese »natürlichen« Strukturen bzw. Differenzierungen von menschlichen Einflüssen durch teilweise intensive Forstwirtschaft. Die durchgeführte Fallstudie im Bayerischen Wald bestätigt die Differenzierung zwischen Hoch- und Tieflagen in den genetischen Strukturen und mit Baumschul-Frühtests, legt aber auch in einigen Flächen die Vermutung eines »hausgemachten« Gemisches verschiedener Herkünfte nahe. Vor diesem Hintergrund ist es für die künstliche Vermehrung bei der Fichte besonders wichtig, herkunftsgerechtes Vermehrungsgut zu verwenden, das aus ursprünglichen Beständen des jeweiligen Herkunftsgebietes stammt und identitätsgesichert ist. Nur so kann gewährleistet werden, dass es bei der Fichte nicht zu weiteren ungeeigneten Mischungen kommt, die negative wirtschaftliche und ökologische Folgen haben. Die Abgrenzungen von Herkunftsgebieten und die entsprechenden Herkunftsempfehlungen sind daher zu berücksichtigen.

Literatur

ASP (2015): Konzept zum Erhalt und zur nachhaltigen Nutzung forstlicher Genressourcen in Bayern, 105 S.

Bergmann, F.; Ruetz, W. (1991): Isozyme genetic variation and heterozygosity in random tree samples and selected orchard clones from the same Norway spruce populations, *Forest Ecology and Management* 46: 39–47.

Fladung, M.; Genhardt, K.; Kersten, B. (2013): Erbgut verschiedener Nadelbäume vollständig entschlüsselt; *AFZ* 20/2013, S. 13–15

Fluch, S.; Burg, A.; Kopecky, D.; Homolka, A.; Spiess, N.; Vendramin, G.G. (2011): Characterization of variable EST SSR markers for Norway spruce (*Picea abies* L.), *BMC Res Notes*. 2011; 4:401

Liesebach, M. et al (2013): Strategie zur mittel- und langfristigen Versorgung mit hochwertigem forstlichen Vermehrungsgut durch Züchtung in Deutschland; Thünenreport 7; Thüneninstitut Braunschweig (Hrsg.), 69 S.

Konnert, M.; Cremer, E.; Fussi, B. (2014): Genetische Variation wichtiger Waldbaumarten in Bayern, *LWF Wissen* 74, S. 14–21

Schüler, S.; Kapeller, S. (2010): Klima-Response von Fichtenherkünften im Alpenraum. Eine Adaptionsmöglichkeit für die österreichische Forstwirtschaft. Endbericht von StartClim2009.B in StartClim2009: Anpassung an den Klimawandel: Beiträge zur Erstellung einer Anpassungsstrategie für Österreich, Auftraggeber: BMLFUW, BMWF, BMWFJ, ÖBF

Schmidt-Vogt, H. (1986): Die Fichte, Band I und II, Verlag Paul Parey

Tollefsrud, M.M.; Kissling, R.; Gugerli, F.; Johnson, O.; Skroppa, T.; Rachid, C. (2008): Genetic consequences of glacial survival and postglacial colonization in Norway spruce: combined analysis of mitochondrial DNA and fossil pollen, *Molecular Ecology* 17: 4134–4150

Keywords: Reproduction, provenance, genetic analysis, spruce of higher altitudes

Summary: The reproduction of the wind-polluted and wind-dispersed tree species Spruce as the most important economic tree species in Bavaria is without any difficulty. Spruce seeds are primarily obtained in officially approved seed stands. For this, the correct provenance region has to be considered, e.g. depending on the altitude. Postglacial migration, stand history and local adaptation processes have led to different provenances. In the last centuries, however, the influence on spruce populations was strong (caused by forest use and storm or bark beetle calamities) resulting in a change of the genetic composition of natural spruce populations. Therefore, it is often not clear whether the populations are autochthonous or non-autochthonous, and which altitude the reproductive material originates from. However, considering the altitude is important for economic success of spruce populations as well as for nature conservation and conservation aspects. Genetic studies, results from provenance trials and breeding programs can help to research into the different aspects and to give practical recommendations.

Die Fichte – aktuelle Vorkommen in Bayern und standörtliche Anbaueignung im Klimawandel

Hans-Joachim Klemmt, Wolfgang Falk, Birgit Reger, Christoph Straub, Rudolf Seitz und Wolfgang Stöger

Schlüsselwörter: Fichte, *Picea abies*, Vorkommen, Bundeswaldinventur, Standort, Anbaueignung, Bayern

Zusammenfassung: Die Fichte (*Picea abies* L.) ist die flächen- und massenmäßig betrachtet wichtigste Baumart in Bayern. Sie hat unterschiedliche Verbreitungsschwerpunkte, ist anbaubedingt aber in ganz Bayern zu finden. In vielen Regionen Bayerns wie z. B. den nordostbayerischen Grenzgebirgen und den bayerischen Alpen gehört sie als führende Baumart zur natürlichen Waldgesellschaft, in anderen Regionen ist sie als Nebenbaumart am natürlichen Waldaufbau beteiligt.

Im Zuge des sich vollziehenden Klimawandels werden sich auch spürbare Auswirkungen auf das Vorkommen und den Anbau der Fichte in Bayern ergeben. Die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft hat hierzu in den letzten Jahren wichtige Planungshilfsmittel wie eine satellitendatenbasierte Verbreitungskarte der Fichte sowie standörtliche Anbauempfehlungen für sich ändernde Anbaubedingungen entwickelt. Diese finden Eingang in das digitale Standortinformationssystem BaSIS der Bayerischen Forstverwaltung. Die Fichte wird als wichtigste Baumart in bayerischen Wäldern sicher erhalten bleiben, wenn auch – je nach Region und Umweltbedingungen – zukünftig häufiger als Mischbaumart in geringerem Umfang bzw. nur noch auf einem Teil der forstlichen Standorte einer Region. Aktuelle Hochrechnungen zufolge sind in Bayern rund 210.000 ha mit mehr als 50 % Fichte bestockt, welche im Jahr 2100 mit einem sehr hohen Risiko eingestuft werden.

Die Fichte in Bayern in Zahlen

Nach den Ergebnissen der Bundeswaldinventur 2012 (BWI 2012) ist die Fichte die flächen- und massenbedeutsamste Baumart in Bayern. Bei dieser Aussage kann vernachlässigt werden, dass über die BWI 2012 unsere Gemeinen Fichten (*Picea abies* L.) mit anderen Fichten zu einer Baumartengruppe zusammengefasst wurden, da von den 30.465 aufgenommenen Fichten lediglich drei Bäume nicht Gemeine Fichten waren. Berechnet man die Standflächenanteile aller Baumarten, so ergibt sich eine absolute Fichtenfläche von 1.017.672 ha in Bayern, was einem Flächenanteil von 41,8% entspricht (Tabelle 1). Vergleicht man die absolute Fichtenfläche mit dem bundesdeutschen Vergleichswert (rund 2,76 Mio. ha) so zeigt sich, dass 37% der Fichtenfläche der Bundesrepublik Deutschland in Bayern zu finden ist. Kein anderes Bundesland hat eine größere Fichtenfläche als Bayern. Die Bedeutung dieser Baumart wird noch deutlicher, wenn man verschiedene dendrometrische Zustands- und Veränderungsgrößen für die Baumarten in Bayern betrachtet. Im Jahr 2012 wurde in Bayern ein Fichtenvorrat von 489,7 Mio. Vorratsfestmeter Derbholz (VfmD) geschätzt. Damit besitzt Bayern rund 40,6% der bundesdeutschen Fichtenvorräte. Bezieht man den Gesamtvorrat auf die mit Fichten bestockte Fläche, so ergibt sich ein durchschnittlicher Hektarvorrat von 472 VfmD.

Betrachtet man die Flächen- und Vorratsentwicklung rückblickend (Tabelle 1), so zeigt sich sowohl in der Fläche als auch im Vorrat ein Rückgang seit 1986. Die Gründe hierfür sind vielfältig. Zum einen wurden seit der letzten Bundeswaldinventur deutliche Anstrengungen unternommen, Holz aus heimischen Wäldern zu

Jahr	Fichtenfläche			Fichtenvorrat		
	Tsd. ha	in % der Gesamtwaldfläche	Veränderung zum Vorwert	Mio. VfmD	in % des Gesamtvorrates	Veränderung zum Vorwert
1986	1.131	47,6		452	57	
2002	1.064	44,6	-6 %	523	53	-4 %
2012	1.018	41,8	-4 %	490	50	-3 %

Tabelle 1: Entwicklung der Fichtenfläche (ideelle Standflächenanteile) sowie der Fichtenvorräte in Bayern nach den Ergebnissen der Bundeswaldinventuren der Jahre 1986, 2002 und 2012.

mobilisieren. Zum anderen haben verschiedene biotische und abiotische Schädigungen dazu geführt, dass auch die Fichtenvorräte zurückgegangen sind. Als dritter wichtiger Punkt sind aktive Waldumbaubemühungen aufgrund des sich wandelnden Klimas zu nennen.

Regionale Unterschiede

Innerhalb von Bayern gibt es Schwerpunkte der Fichtenverbreitung. Abbildung 1 zeigt über der Karte der forstlichen Wuchsgebietsgliederung für Bayern (Wal-

towski et al. 2001) die Inventurpunkte der Bundeswaldinventur 2012, an denen ein Standflächenanteil der Fichte von über 75 % am Punkt errechnet wurde. Deutlich fichtendominierte Waldbestände sind über ganz Bayern verteilt zu finden. Derartige Waldflächen treten verstärkt dort auf, wo die Fichte als Hauptbaumart Teil der potenziellen natürlichen Verjüngung in Bayern ist. Die in Abbildung 1 unten aufgeführten relativen Flächenanteile der Fichte in den verschiedenen Wuchsregionen Bayerns verdeutlichen diese Einschätzung noch einmal quantitativ. Während in den nordwestbayerischen Wuchsregionen die Fichte unterreprä-

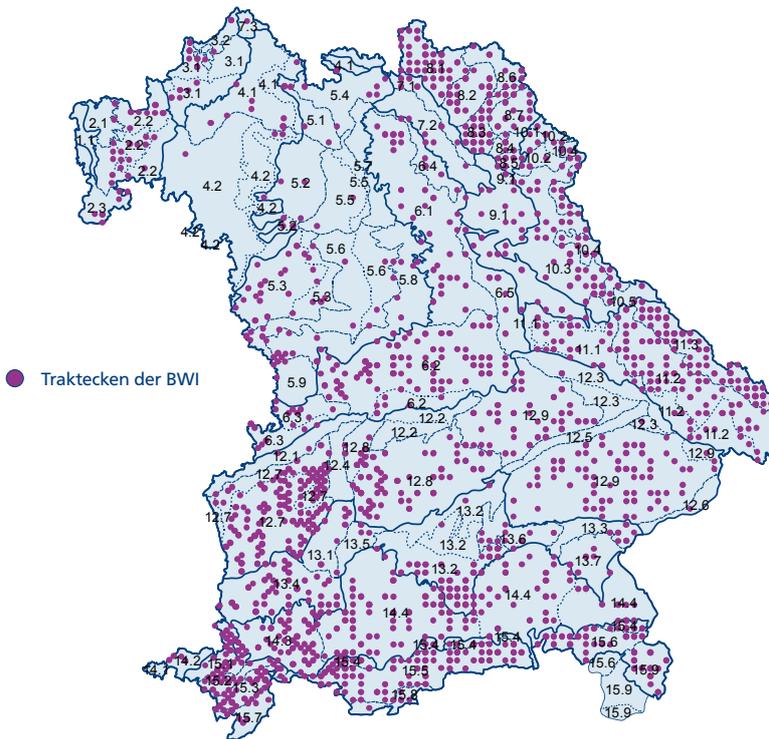


Abbildung 1:
(links): Inventurpunkte der Bundeswaldinventur 2012 mit Fichte über der Karte der regionalen forstlichen Wuchsgebietsgliederung in Bayern nach Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (Walentowski et al. 2001),
(unten): tabellarische Übersicht der relativen Standflächenanteile der Fichte in Bayern nach den Ergebnissen der Bundeswaldinventur 2012

Nr.	Wuchsgebietsbezeichnung	Rel. Fichtenanteil [%], BWI 2012
1+2	Unterrainebene, Spessart-Odenwald	21,9
3	Rhön	21,2
4	Fränkische Platte	8,0
5	Fränkischer Keuper und Albvorland	15,9
6	Frankenalb und Oberpfälzer Jura	34,5
7	Fränkisches Triashügelland	26,4
8	Frankenwald, Fichtelgebirge, Steinwald	72,3 = Spitzenreiter!
9	Oberpfälzer Becken- und Hügelland	24,9
10	Oberpfälzer Wald	53,9
11	Bayerischer Wald	50,6
12	Tertiäres Hügelland	54,9
13	Schwäbische-Bayerische Schotterplatten- und Altmoränenlandschaft	56,6
14	Schwäbisch-Bayerische Jungmoräne und Molassevorberge	54,9
15	Bayerische Alpen	57,7

sentiert ist, weist sie relativ hohe Flächenanteile in den nordostbayerischen Grenzgebirgen sowie in den Wuchsregionen im Süden der Donau auf. Die höchsten Fichtenanteile in Bayern finden sich nach der letzten Bundeswaldinventur im Wuchsgebiet 8 »Frankenwald, Fichtelgebirge und Steinwald«, dessen Wuchsbezirk 8.1 »Frankenwald« nicht zuletzt aufgrund der großen Bedeutung der Baumart Fichte und der Notwendigkeit des Waldumbaus im Klimawandel dort im Jahr 2017 zum Waldgebiet des Jahres durch den Bund Deutscher Forstleute (BDF) ausgewiesen wurde (Schmidt 2017).

Diese regionalen, quantitativen Erkenntnisse bestätigen auch die Ergebnisse des LWF-Fernerkundungsprojektes Treeldent, welches zum Ziel hatte, die an den Klimawandel anpassungsnotwendigen Fichten- und Kiefernbestände in Bayern auf Basis von digitalen Satellitendaten kleinräumig differenziert zu identifizieren. Im Rahmen des Projektes wurde ein zweistufiges Verfahren entwickelt, in welchem mithilfe von WorldView- und Landsat-Satellitendaten Fichten- und Kiefernanteile in 100 m × 100 m großen Rasterzellen über ganz Bayern automatisiert mit einer hohen Genauigkeit bestimmt werden können (Immitzer et al. 2015). In Abbildung 2 ist grau hinterlegt das Projektergebnis dargestellt für die Baumart Fichte.

Standörtliche Anbaueignung

Die oben beschriebene Verbreitung der Fichte in Bayern ist neben dem Einfluss des Menschen insbesondere von der Eignung der Standorte für den Anbau geprägt. Grundsätzlich hat die Fichte ein natürliches Verbreitungsgebiet, das weite Bereiche Europas und damit eine weite Spanne an Standorten abdeckt: Von der Baumgrenze in der borealen Zone bis nach Griechenland, von Frankreich bis zum Ural. Die natürliche Verbreitung wird durch mehrere Faktoren begrenzt (nach Schmidt-Vogt 1977): In ozeanisch getönten westlichen Gebieten wird die Verbreitung durch die Konkurrenz mit den an eine unzureichende Wasserversorgung in den Sommermonaten besser angepassten Laubmischwäldern begrenzt. Trockenperioden im Sommer begrenzen auch in anderen Gebieten wie in kontinentalen Klimaten die Fichtenverbreitung. Wuchsgebiete in Bayern mit warm-trockenen Sommern und daher geringen Fichtenanteilen sind die »Untermainebene« und die »Fränkische Platte« (Abbildung 2). Zusätzliche klimatische Faktoren, die die Verbreitung bremsen, sind Standorte mit erhöhter Neigung zu Frostrocknis und spätfrostgefährdete Lagen. Nach Schmidt-Vogt (1977) scheint eine ausreichende Winterkälte zur Vegetationsruhe erforderlich, auch wenn Anbauten in der

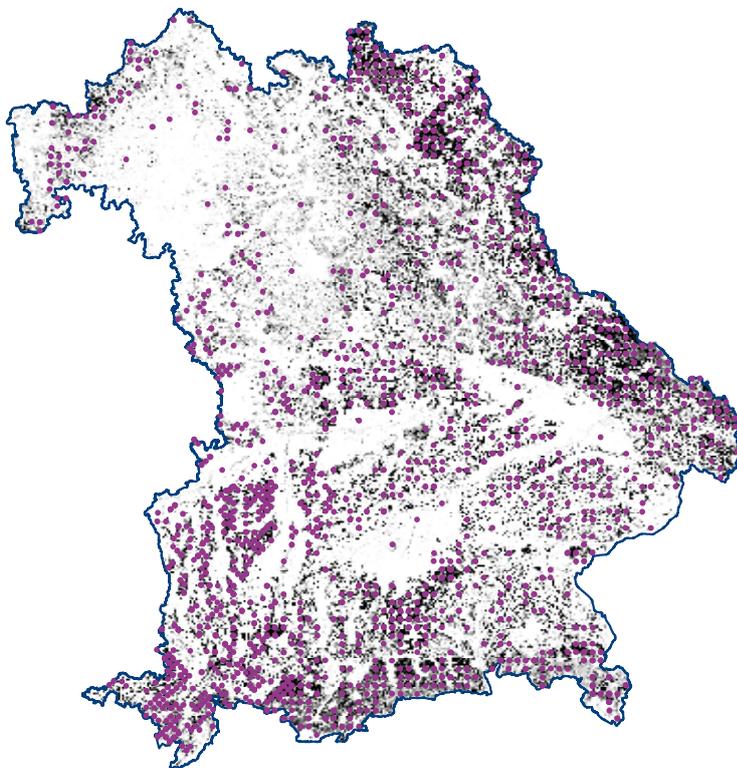


Abbildung 2: Punkte der Bundeswaldinventur 2012 mit einem Grundflächenanteil der Baumart Fichte über 75 % über der Fichtenverbreitungskarte für Bayern, abgeleitet aus Satellitendaten im Rahmen des Projektes Treeldent. Dunkle Flächen in der Treeldent-Basiskarte repräsentieren relativ hohe Fichtenvorkommen. Die vereinte Kartendarstellung der Daten aus zwei unterschiedlichen Datenquellen zeigt eine sehr gute Übereinstimmung. Deutlich gehen die Verbreitungsschwerpunkte der Fichte in Bayern übereinstimmend aus beiden Datenquellen hervor.

Bretagne mit Januartemperaturen deutlich über 0 °C zeigen (Mayer 1992), dass damit nicht unbedingt strenge Winterfröste gemeint sein müssen. Die nacheiszeitliche Wanderung der Fichte wurde vermutlich durch Gebirgsbarrieren, edaphische Faktoren und Insekten gestört, wodurch die Fichte im natürlichen Areal nicht ihr ganzes Potenzial ausschöpft. Neben natürlichen Verlagerungen in tiefere Lagen, die durch Ausbreitung ins nördliche Alpenvorland oder die Entstehung der Fichtenstufe im Mittelgebirge belegt sind (mittelalterlicher Fichtenvorstoß), ist die Ausbreitung schon frühzeitig stark anthropogen geprägt (Mayer 1992). Heute reicht die Verbreitung weit über das natürliche Areal hinaus und Fichtenbestände sind auch in warm-trockenen nur bedingt geeigneten Gebieten zu finden. Die Fichte fehlt im atlantischen Westen, in submediterranen Tieflagen und kontinentalen Trockengebieten. Zusammengefasst sind fichtenfreie Waldgesellschaften bedingt durch Konkurrenz von Schattbaumarten (Buche, Tanne), durch zu warm-trockene Standortbedingungen (Eichenwald), durch zu geringe Bodenentwicklung (Kiefer) oder durch zu lange Überschwemmungsdauer (Hartholz-Auwald). Mayer (1992) beschreibt trockenheitsresistentere Ökotypen (Trauerbis Kammfichtentyp mit besonders intensivem Wurzelwerk), die an der südlichen Verbreitungsgrenze in Russland und in Schlesien auftreten. Grenzwerte der Verbreitung sind laut Mayer (1992) 500 mm Jahresniederschlag, wobei die Verbreitung der Fichte durch eine große Amplitude an Niederschlägen gekennzeichnet ist (500–2.000 mm). Als Temperaturspanne wird –3 °C bis 9 °C Jahresdurchschnittstemperatur genannt. Die Werte, die wie eine rechteckige Klimahülle gedacht werden können, decken sich mit Auswertungen von Kölling (2007) aus europäischen Verbreitungsdaten. In der 2007 veröffentlichten Klimahülle wird gleichzeitig die Wechselwirkung von Niederschlag und Temperatur dargestellt: Bei niedrigeren Jahrestemperaturen wie beispielsweise in Gebieten in Skandinavien mit Fichtenvorkommen bei < 2 °C sind auch geringere Niederschläge ausreichend.

Tieflandvorkommen bei geringen Niederschlägen (<600 mm/a) sind laut Mayer (1992) oft an nährstoffarme, staunässebeeinflusste Sandböden mit starker Humusaufgabe gebunden. Vernässte Rohhumusböden sind auch für Tieflandvorkommen auf der Böhmischo-Mährischen Höhe typisch. Auf sandigen Standorten Schlesiens mit nur ca. 450 mm pro Jahr kommt laut Mayer (1992) eine extrem schmalkronige Tiefland-Sandfichte vor. An der südlichen Verbreitungsgrenze in Griechenland gedeiht die Fichte nahezu nur

auf schattseitigen Silikatstandorten. Die Verbreitungsgrenzen müssen vom Wuchsoptimum unterschieden werden. Besondere Wuchseleistungen benötigen sowohl höhere Temperaturen als auch höhere Niederschläge. Mayer (1992) nennt Temperaturen von 6–8 °C und Niederschlagssummen von 800–1.200 mm.

Brandl et al. (2014) beschreiben modellhaft die Höhenwuchseleistung der Fichte für Bayern aus Daten der Bundeswaldinventur. Nach dieser Auswertung sind die besten Höhenwuchseleistungen (Site-Index [SI]) in Gebieten mit Jahrestemperaturen zwischen 7–9 °C und Niederschlägen zwischen 700–1.300 mm zu finden. Beim Vergleich von wüchsigen (10 % Trakte mit höchstem Site-Index) mit weniger wüchsigen BWI-Punkten (übrige Trakte) können signifikante Unterschiede bei den Temperaturen und beim Speichervermögen der Böden gefunden werden: Ein höherer SI geht im Schnitt mit höheren Temperaturen und größerem Bodenwasserspeicher einher. Bei den Niederschlagssummen sind keine Unterschiede feststellbar. Diese bundesweite Auswertung ist allerdings mit größeren Unsicherheiten bei den erklärenden Daten behaftet. Die Wertespannen der Klimawerte für die Standorte mit den größten Oberhöhen bestätigen die genannten Bereiche.

Die Fichte hat neben geringen Wärme- auch geringe Nährstoffansprüche und somit eine weite Standortamplitude. Sie gedeiht auf sauren (Optimum-pH von 4–5) und alkalischen Böden. Sie benötigt eine ausgeglichene, relativ hohe Bodenfeuchtigkeit mit laut Schütt et al. (1992) mindestens 40 mm Niederschlag pro Monat in der Vegetationsperiode (Mayer 1992: 300 mm April bis September). Optimale Wuchseleistungen sind an tiefgründige, bodenfrische, sandig-lehmige, braunerdeartige Böden mittlerer Basenversorgung gebunden. Eine gute Versorgung mit Stickstoff und vor allem Phosphor ist für hohe Wuchseleistungen von Bedeutung, wie unter anderem eine Auswertung bayerischer Inventurpunkte von BWI und Bodenzustandserhebung (BZE) zeigen konnte (Falk et al. 2015). Umgekehrt wird das Wachstum durch diejenige Ressource begrenzt, die im Mangel ist (Wasser, Wärme, bestimmte Nährstoffe etc.). Die geringen Nährstoffansprüche der Fichte spiegeln sich in der Ernährungssituation in Bayern wider, wie sie im Rahmen der BZE untersucht wurde: Über weite Bereiche ist die Fichtenernährung, gemessen in den Blattspiegelwerten des ersten Nadeljahrgangs, im Normalbereich (Stetter 2015). Ernährungsprobleme wie Stickstoff- oder Phosphormangel beschränken sich auf das Wuchsgebiet »Bayerische Alpen« mit einer teils

sehr speziellen Bodenchemie sowie auf Moore. Phosphormängel treten bei Fichte im BZE-Kollektiv an 9% der bayerischen Inventurpunkte auf. Flachgründige und damit edaphisch trockene Dolomitstandorte in den Alpen sind hierbei stark vertreten. Sie haben eine bodenbedingt geringe Phosphorverfügbarkeit und zugleich einen Magnesiumüberschuss. Magnesiummangel hingegen tritt im Rahmen der BZE nur an 3,6% der Inventurpunkte mit Fichte auf. Regional ist kein klares Muster zu erkennen. Es gibt zwei typische Situationen für möglichen Magnesiummangel: Stark versauerte Böden aus basenarmem Ausgangsgestein (z. B. Bayerischer Wald) und Böden aus magnesiumarmen Kalken in den Alpen. Aus Sicht der Ernährung gibt es nur wenige Einschränkungen für den Fichtenanbau in Bayern.

Den geringen Ansprüchen der Fichte stehen abiotische Gefährdungen gegenüber, die bei der Standortwahl berücksichtigt werden sollten (nach Mayer 1992):

- Windwurf – auf nassen und nährstoffreichen Böden ist die Fichte durch Flachwurzeligkeit anfällig gegen Windwurf. Neben Pseudogleyen sind auch trockene, podsolierte Böden, dicht gelagerte Skelettböden sowie tonige Böden (insbesondere Pelosole) für die Bildung von Senkerwurzeln schwierig.
- Spätfrost – die winterfrostharte Fichte ist in Tieflagen mäßig spätfrostgefährdet und eignet sich nicht für typische Spätfrostlagen (Herkunftsfrage).
- Hitze und Dürre – Fichte ist auf trockenen, vor allem wechselfeuchten Böden gefährdet durch starke Wurzelverluste im intensiv durchwurzelten Oberboden verbunden mit einem Vitalitätsrückgang. Damit steigt die Anfälligkeit gegenüber Schädlingen.
- Rotfäule – verstärkte Gefährdung durch höheren Nährstoffgehalt, Kalkreichtum (z. B. Rendzina), basenreiche Feuchtigkeit auf wechselfeuchten Standorten (Pseudogley); besondere Gefährdung bei flacher Bewurzelung, Bodenaustrocknung, stark karbonathaltigem Oberboden, kalkreichem Hangwasser oder

stickstoffreichem Boden in Ackeraufforstungen. Im subalpinen Arealzentrum sind Schäden unbedeutend, die in Tieflagen mit zunehmender Standortwidrigkeit der Fichte unverhältnismäßig anwachsen.

Im Bayerischen Standortinformationssystem (BaSIS) der Bayerischen Forstverwaltung (Taeger und Kölling 2016) wird unter anderem das standörtliche Anbaurisiko der Fichte dargestellt. Neben einem klimatischen Risiko geht in die Gesamtbewertung noch eine Einschätzung hinsichtlich der Anbaurisiken aufgrund von besonderen Bodeneigenschaften ein (Abbildung 3, Taeger et al. 2016). Das Anbaurisiko wird auf Standorten mit Wassereinfluss (Stau- und Grundwasser, Überflutungsbereiche, Moore) je nach Art und Stärke des Einflusses in die ungünstigere Kategorie abgestuft. Bei der Basenausstattung wird die Gefährdung für Rotfäule abhängig von dem klimatischen Schwellenwert 7,5 °C Jahresdurchschnittstemperatur bewertet.

Herausforderung Klimawandel

Ungewöhnlich trockene Jahre wie der Sommer 2003 geben einen Hinweis darauf, welchen Risiken die Fichte im Klimawandel auf warm-trockenen Standorten ausgesetzt ist: »In der Folge des ungewöhnlich trockenen Jahres 2003 erreichten im westlichen Teil Mittelfrankens die beiden Borkenkäferarten Buchdrucker und Kupferstecher eine sehr hohe Dichte. Dies führte in den Folgejahren zu einem großflächigen Befall auch jüngerer (ca. 35-jähriger) Fichtenbestände« (Ammer et al. 2006). Das standörtliche Risiko wird nicht allein durch das Klima bestimmt (Biermayer 2017), warm-trockene Bedingungen sind aber ein zentraler Aspekt. Abschätzungen, in welchen Regionen das Klima für einen Fichtenanbau riskant ist, können über den grundsätzlichen Zusammenhang aus Verbreitung und Klima gewonnen und in Form von Karten dargestellt werden.

Baumart	Stauwasser		Grundwasser		Überflutung		Moore ²⁾				Basenverlaufstyp					
	mäßig	stark	geneigt	eben (< 5°)	mäßig	stark	K-N	br N	ba N	HM	1+	1-	2	3	4	5
Fichte	3	5	3	4	3	5	5	3	3	4	1 ¹⁾ 3 ¹⁾	1 ²⁾ 3 ²⁾	1	1	1	1

Abbildung 3: Einfluss besonderer Standortfaktoren auf das Anbaurisiko der Fichte im Standortinformationssystem BaSIS.

- 1 sehr geringes Anbaurisiko
- 2 geringes Anbaurisiko
- 3 erhöhtes Anbaurisiko
- 4 hohes Anbaurisiko
- 5 sehr hohes Anbaurisiko

¹⁾ Geringeres Anbaurisiko bei einer Jahresmitteltemperatur < 7,5 °C

²⁾ N = Niedermoore; K = Kalk-; br = basenreich; ba = basenarm; HM = Hochmoore

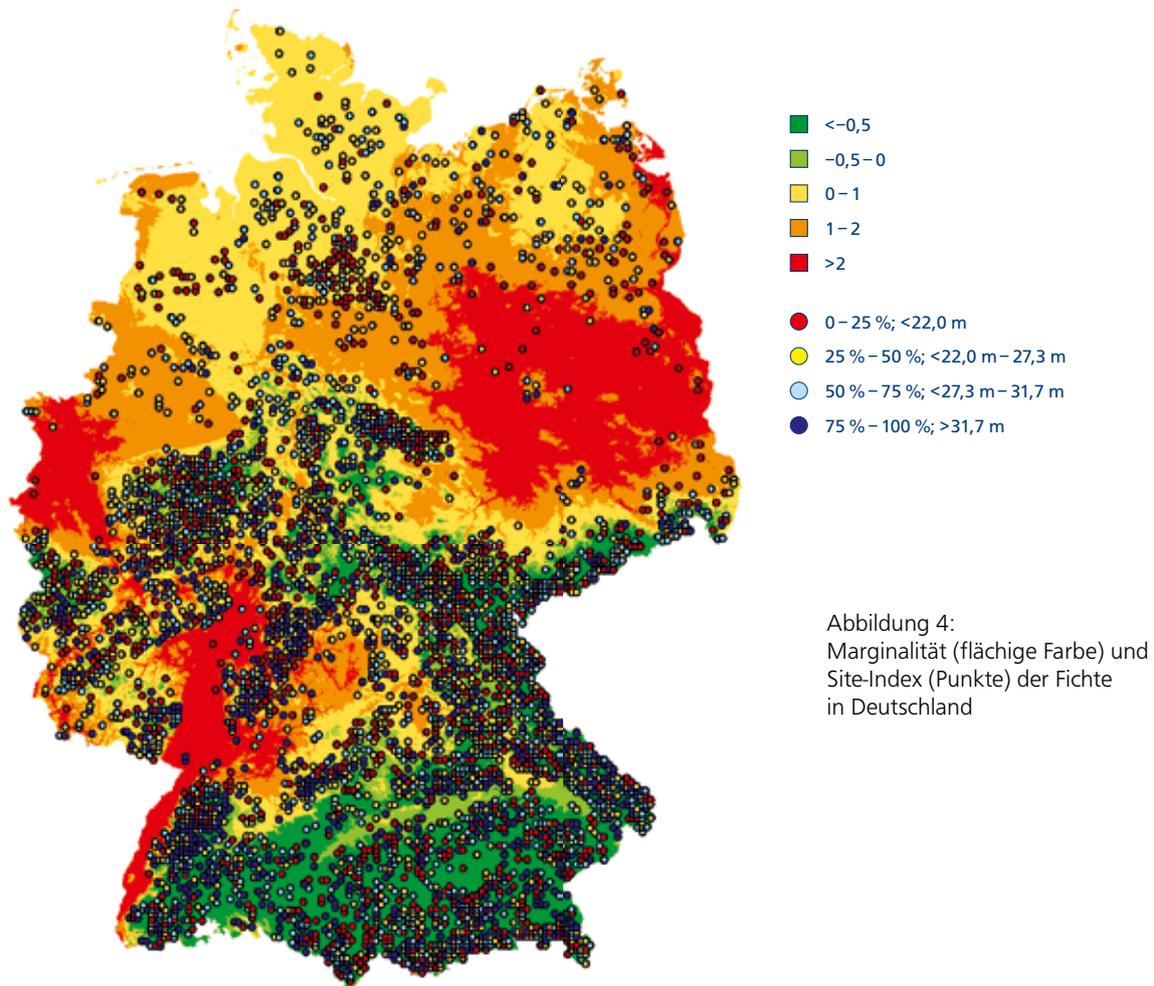


Abbildung 4:
Marginalität (flächige Farbe) und
Site-Index (Punkte) der Fichte
in Deutschland

Der Bayerischen Forstverwaltung stehen dafür Anbaurisikoarten (Falk et al. 2013) im Standortinformationssystem BaSIS zur Verfügung. Das Anbaurisiko ist dabei abgeleitet aus europäischen und bayerischen Vorkommen der Fichte und setzt sich aus der klimatischen Risikobewertung und den in Abbildung 3 dargestellten besonderen Standortfaktoren zusammen. Dabei »sticht« der Boden das Klima, das heißt es erfolgt in jedem Fall die ungünstigere Einwertung, wenn die Anbauriskoeinwertung ungünstiger ausfällt als die Klimarisikoeinwertung. Die bisherigen Ansätze wurden in den letzten Jahren noch weiter entwickelt (Mellert et al. 2015): Der Abstand zu einem Schwellenwert der Verbreitung wird berechnet und als Maßzahl angegeben. Je weiter die Art an einem Standort mit seinen konkreten klimatischen Bedingungen vom Verbreitungsrand entfernt ist, desto eher kann sie Veränderungen ertragen. Der Abstand zum warm-trockenen Verbreitungsrand ist also wie ein Sicherheitspuffer im Klimawandel. In Abbildung 4 ist die Marginalität – die quantitativ bestimmte Entfernung zum Verbreitungsrand – der Fichte in Deutschland dargestellt. Grün sind die Bereiche eingefärbt, die sich relativ zentral

im Nischenraum der Fichte befinden und daher auch bei Realisierung des Klimawandels noch längere Zeit als geeignet erscheinen. Je weiter sich die Standorte dem Nischenrand nähern, desto gelber wird die Karte. Im orangen und roten Bereich befindet sich die Fichte bereits außerhalb der Nische und damit typischen Verbreitung. Hier ist das Ausfallrisiko erhöht und Ausfälle wie von Ammer et al. (2006) beschrieben, können in besonders warm-trockenen Jahren oder als Folge davon auftreten. Im Klimawandel werden sich je nach Ausmaß der Temperaturerhöhung die Risikobereiche ausweiten, und der Fichtenanbau wird im Flachland schwieriger. Die Fichte wird hier die teils führende Stellung einbüßen. In klimatisch geeigneten Mittelgebirgs- und Gebirgslagen wird sie jedoch weiterhin eine zentrale Rolle spielen.

In Abbildung 4 sind zusätzlich Abschätzungen der Höhenbonität an den BWI-Punkten mit Fichte im $4\text{ km} \times 4\text{ km}$ -Raster dargestellt. Der Site-Index (Höhenwuchsleistung einer Baumart am Inventurpunkt) wurde für das Alter 100 und die höchsten 20% des Bestandes bestimmt. Aus der Verteilung kann zweier-

lei abgeleitet werden: In Gebieten mit hoher Marginalität (hohem Anbaorisiko) sind grundsätzlich bereits heute weniger Fichten zu finden. Der Fichtenanbau in Deutschland spiegelt die Gefährdung an ungeeigneten Standorten wider. Außerdem sind die Höhenwuchsleistungen der Fichte an den eher marginalen Standorten nicht optimal. Abschätzungen, wie sich das Höhenwachstum im Klimawandel entwickeln wird, sind auf Basis dieser Daten grundsätzlich möglich (Brandl et al. 2016). Sie ermöglichen ein Abwägen zwischen Risiko und Ertrag (Kölling et al. 2016). Werden jedoch Anbauschwellenwerte überschritten, so steigt das Risiko, dass die gewünschten Erträge nicht mehr realisiert werden können.

Zusammenfassend kann nochmals Mayer (1992) zitiert werden: »Im montanen Wuchsoptimum ist die Fichte eine vitale und gesunde Mischbaumart, die bei künstlicher Dominanz in Tieflagen infolge klimatisch reduzierter Vitalität labil wird.« Im Klimawandel werden sich die Anbauggebiete mit klimatisch bedingter reduzierter Vitalität vergrößern und auch bisher stabile Bestände erfassen. Hier gilt es, waldbaulich vorausschauend zu agieren (z. B. Biermayer und Tretter 2016).

Waldumbaupotenzial der Fichte in Bayern

Der Klimawandel gefährdet den Fichtenanbau nicht nur am warm-trockenen Rand der Fichtenverbreitung, sondern im Laufe der Zeit auch auf den bisherigen Optimalstandorten. Die Risiken fichtenreicher Bestände zeigen sich bereits heute schon in einem im langjährigen Mittel deutlich höheren Anteil an Zwangsanfällen beim Holzeinschlag vor allem durch Sturm und Borkenkäfer (Biermayer und Tretter 2016). Der Klimawandel zwingt deshalb zu einer waldbaulichen Neuorientierung und Abwägung zwischen Risiken und Chancen der Fichte. Unter dem Gesichtspunkt eines notwendigen Waldumbaus hin zu anpassungsfähigen und klimatoleranten Wäldern liegt ein besonderes Augenmerk auf einem, den standörtlichen Möglichkeiten angepassten, Forstwirtschaftskonzept insbesondere auch für klimaempfindliche Fichtenreinbestände außerhalb der Hochlagen.

An der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft wird aktuell auf der Grundlage der flächenmäßigen Einschätzung des Anbaorisikos und der fernerkundungsbasiert ermittelten, aktuellen Verbreitung der Fichte ein Planungshilfsmittel für den Waldumbau entwickelt. Dabei wird die Anbaorisikokarte für die

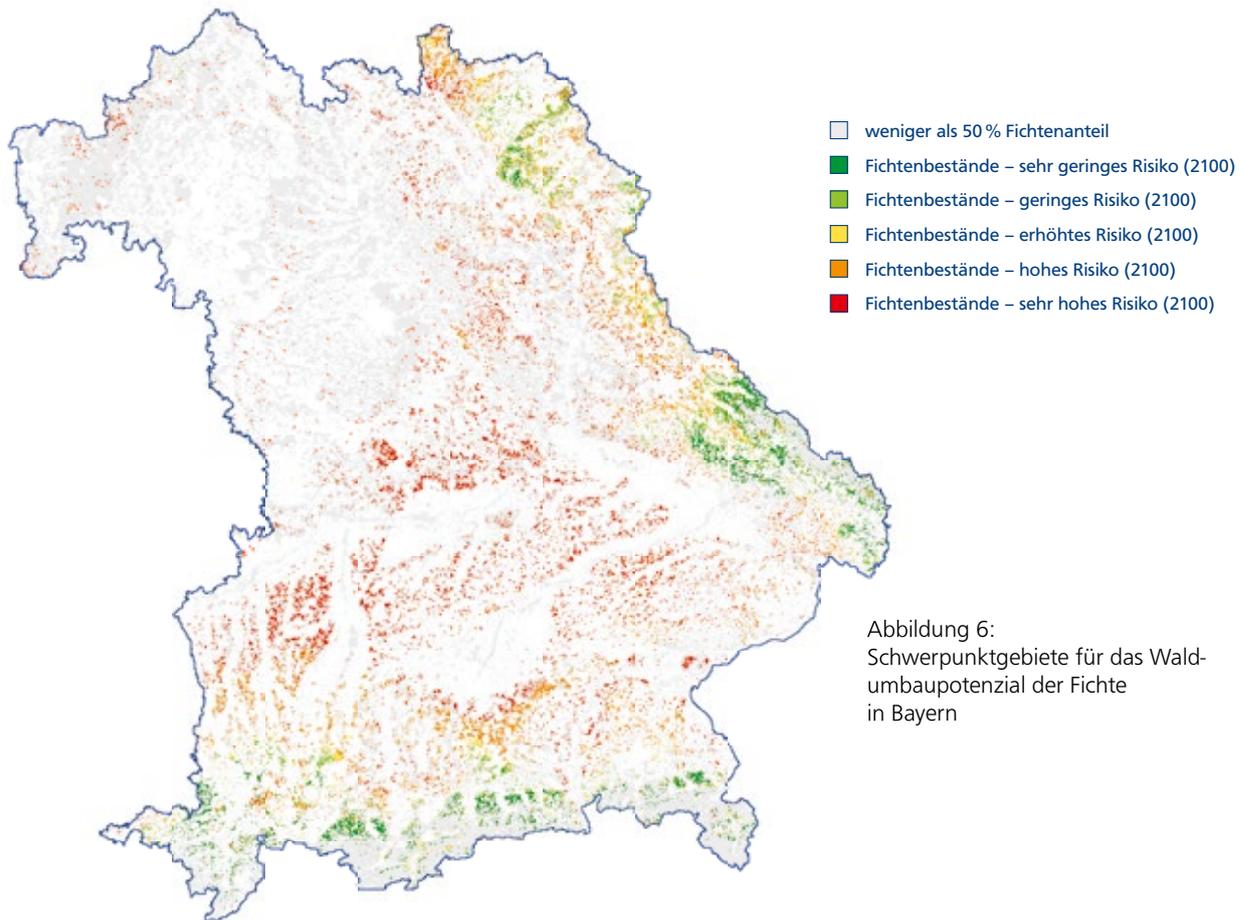
Fichte im Jahr 2100 (BaSIS, Taeger und Kölling 2016) mit der TreeIdent-Verbreitungskarte der Fichte (Immitzer et al. 2015) verschnitten und ein Waldumbaupotenzial für die Fichte abgeleitet. Bereits eingeleitete Umbaumaßnahmen durch Voranbau bzw. Verjüngung unter Schirm werden in der Verbreitungskarte allerdings in der Regel nicht erfasst. Das Waldumbaupotenzial wird auf Flächen als »hoch« bewertet, wenn die Flächen für 2100 ein sehr hohes Anbaorisiko aufweisen und gegenwärtig mit $\geq 50\%$ Fichte überschirmt werden. Die zahlenmäßige, summarische Einwertung der Fichtenfläche nach Anbaorisikoklassen ist in Abbildung 5 dargestellt. Hiernach ergibt sich ein Waldumbaupotenzial auf ca. 207.000 ha.

Die Ergebnisse der Verschneidung beider Karten Grundlagen für die Baumart Fichte in Bayern sind in Abbildung 6 dargestellt. Die Schwerpunkte des hohen Waldumbaupotenzials liegen hiernach vor allem im Wuchsgebiet 12 »Tertiäres Hügelland« sowie im Wuchsgebiet 6 »Frankenalb und Oberpfälzer Jura«.

Die Ergebnisse zum Waldumbaupotenzial der Fichte werden künftig bayernweit der Forstverwaltung im Bayerischen Waldinformationssystem (BayWIS) zur Verfügung gestellt und können in der revierübergreifenden strategischen Planung des Waldumbaus und der Ressourcensteuerung genutzt werden. Für eine flächenscharfe Charakterisierung einzelner Bestände sind die Ergebnisse mit einer Auflösung von $100\text{ m} \times 100\text{ m}$ jedoch zu grob. Dies bedeutet bei der waldbaulichen Behandlung ein differenziertes Vorgehen (vgl. Brosinger in diesem Heft): in Gebieten mit hohem Waldumbaupotenzial für die Fichte ist der Umbau hin zu stabilen Mischwäldern eine prioritäre Aufgabe. Hier wird von der Forstverwaltung ein rascher Umbau



Abbildung 5: Flächenstatistik des Anbaorisikos der Fichte 2100 in Bayern mit einem Überschirmungsanteil von $\geq 50\%$ Fichte.



mit Baumartenwechsel empfohlen. In Bereichen mit mittlerem Waldumbaupotenzial werden für jüngere Bestände Übergangsstrategien mit intensiver Pflege und rechtzeitigem Voranbau und für mittlere und ältere Bestände ein Waldumbau in Mischbestände mit angemessenen Fichtenanteilen, differenziert nach dem Risiko empfohlen. In Gebieten mit geringem Waldumbaupotenzial können die bewährten Behandlungsgrundsätze angewendet werden, jedoch sollte auch hier – soweit standörtlich möglich – die Fichte in Mischbeständen erzogen werden.

Ausblick

Die Fichte (*Picea abies* L.) ist die wichtigste Baumart in Bayern. Sie spielt auch im bundesweiten Kontext insbesondere für die Rohholzversorgung eine zentrale Rolle. Im Gegensatz zu vielen anderen Bundesländern gehört die Fichte als Haupt- oder Nebenbaumart in Bayern in vielen Regionen zur natürlichen Waldgesellschaft. Aktuell ist sie in Bayern anbaubedingt mit unterschiedlichen Verbreitungsschwerpunkten zu finden, wobei die Anteile insbesondere in Regionen, in denen sie von Natur aus vorkäme, besonders hoch sind.

Im Zuge des sich vollziehenden Klimawandels werden sich auch spürbare Veränderungen für das Vorkommen und den Anbau der Fichte in Bayern ergeben. Auch in Bayern ist ein weiterer Rückgang der Fichtenfläche zu erwarten. Dies wird insbesondere dort erfolgen, wo aktuell fichtendominierte Bestände zu finden sind und gleichzeitig das standörtliche Anbaurisiko in der Zukunft als sehr hoch angesehen wird. Die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft hat hierzu in den letzten Jahren wichtige Planungshilfsmittel wie eine satellitendatenbasierte Verbreitungskarte sowie standörtliche Anbauempfehlungen für sich ändernde Anbaubedingungen entwickelt. Diese finden Eingang in das digitale Standortinformationssystem BaSIS der Bayerischen Forstverwaltung. Aktuelle Hochrechnungen zufolge sind in Bayern rund 210.000 ha mit mehr als 50 % Fichte bestockt, welche im Jahr 2100 mit einem sehr hohen Risiko eingestuft werden.

Die Fichte wird als wichtigste Baumart in bayerischen Wäldern sicher erhalten bleiben, wenn auch – je nach Region und Umweltbedingungen – zukünftig häufiger als Mischbaumart in geringerem Umfang bzw. zukünftig nur noch auf einem Teil der forstlichen Standorte einer Region.

Literatur

Ammer, C.; Dully, I.; Faißt, G.; Holland-Moritz, H.; Immler, T.; Kölling, C.; Marx, N.; Seidl, G.; Seitz, R.; Wolf, M.; Wolferstetter, T. (2006): Hinweise zur waldbaulichen Behandlung von Borkenkäferkalamitätsflächen in Mittelfranken. LWF-Wissen 54, 60 S.

Biermayer, G. (2017): Borkenkäfer an der Fichte. LWF aktuell 1/2017, S. 23–25

Biermayer, G.; Tretter, S. (2016): Wie viel Fichte geht noch im Klimawandel? LWF aktuell 1/2016, S. 44–49

Brandl, S.; Falk, W.; Klemmt, H.-J.; Stricker, G.; Bender, A.; Rötzer, T.; Pretzsch, H. (2014): Possibilities and limitations of spatially explicit site index modelling for spruce based on national forest inventory data and digital maps of soil and climate in Bavaria (SE Germany). Forests 5 (11), S. 2026–2046

Brandl, S.; Falk, W.; Klemmt, H.-J.; Rötzer, T.; Pretzsch, H. (2016): Standortliche Wachstumspotenziale. AFZ-Der Wald 4/2016, S. 19–23

Falk, W.; Mellert, K.; Bachmann-Gigl, U.; Kölling, C. (2013): Bäume für die Zukunft: Baumartenwahl auf wissenschaftlicher Grundlage. LWF aktuell 94, S. 8–11

Falk, W.; Stetter, U.; Klemmt, H.-J. (2015): Ernährungssituation und Wachstum der Fichte in Bayern. In: Schubert, A; Falk, W.; Stetter, U. (Hrsg.): Waldböden in Bayern – Ergebnisse der BZE II. Forstlicher Forschungsbericht 213, S. 101–106

Immitzer, M.; Atzberger, C.; Einzmann, K.; Böck, S.; Mattiuzzi, M.; Wallner, A.; Seitz, R.; Pinnel, N.; Müller, A.; Frost, M. (2015): Fichten- und Kiefernkarte für Bayern. LWF aktuell 106, S. 30–34

Kölling, C. (2007): Klimahüllen für 27 Waldbaumarten. AFZ-Der Wald 23/2007, S. 1242–1245

Kölling, C.; Mette, T.; Knoke, T. (2016): Waldertrag und Anbau-risiko in einer unsicheren Klimazukunft. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 167 (1), S. 29–38.

Mellert, K.H.; Ewald, J.; Hornstein, D.; Dorado-Liñán, I.; Jantsch, M.; Taeger, S.; Zang, C.; Menzel, A.; Kölling, C. (2016): Climatic marginality: A new metric for the susceptibility of tree species to warming exemplified by *Fagus sylvatica* (L.) and *Elleberg's* quotient. European Journal of Forest Research 135, S. 137–152

Mayer, H. (1992): Waldbau – auf soziologisch-ökologischer Grundlage. 4. Aufl., Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 522 S.

Schmidt, O. (2017): Bayerns grüne Krone – Der Frankenwald wird Waldgebiet des Jahres 2017. LWF aktuell 1/ 2017, S. 43–45

Schmidt-Vogt, H. (1977): Die Fichte. Ein Handbuch in zwei Bänden. I Taxonomie, Verbreitung, Morphologie, Ökologie, Waldgesellschaften. Verlag Paul Parey, Hamburg, Berlin, 647 S.

Schütt, P.; Schuck, H.J.; Stimm, B. (1992): Lexikon der Forstbotanik. ecomed Verlagsgesellschaft, Landsberg/L., 581 S.

Stetter, U. (2015): Waldernährung in Bayern – Ergebnisse der BZE II. In: Schubert, A; Falk, W.; Stetter, U. (Hrsg.): Waldböden in Bayern – Ergebnisse der BZE II. Forstlicher Forschungsbericht 213, S. 59–84

Taeger, S.; Jantsch, M.; Kölling, C. (2016): Einfluss besonderer Standortfaktoren auf die Baumartenwahl. AFZ-Der Wald 4/2016, S. 14–18

Taeger, S.; Kölling, C. (2016): Standortinformationssystem BaSIS. AFZ-Der Wald 4/2016, S. 10–13

Walentowski, H.; Gulder, H.-J.; Kölling, C.; Ewald, J.; Türk, W. (2001): Die regionale natürliche Waldzusammensetzung Bayerns. Berichte aus der LWF 32, 97 S.

Keywords: Norway spruce, *Picea abies*, occurrence, national forest inventory, site, suitability for cultivation, Bavaria

Summary: According to its area and its mass the Norway spruce (*Picea abies* L.) is the most important tree species in Bavaria. It has different main distribution areas, but it is found Bavaria-wide due to its cultivation. In many regions of Bavaria like e.g. the north-eastern Bavarian border mountain range and the Bavarian Alps it is the leading tree species of the natural forest community, in other regions it is part of the natural forest composition as secondary tree species.

In the course of changing climate noticeable changes for the occurrence and the cultivation of Norway spruce in Bavaria are expected. Within the last years the Bavarian State Institute of Forestry developed essential planning tools like a remote-sensing based distribution map of Norway spruce and site-related cultivation recommendations for changing conditions of cultivation. These are implemented in the digital site information system BaSIS of the Bavarian Forest Administration. As most important tree species in Bavarian forests the Norway spruce will be preserved. However, depending on the region and the environmental conditions in the future it will be more frequently used as mixed tree species to a lesser extent and only on some part of forest sites of a region respectively. According to current extrapolations, in Bavaria about 210,000 hectares with more than 50% Norway spruce are identified as areas with a very high cultivation risk in 2100.

Die Fichte in der Wald- und Forstgeschichte – eine soziokulturelle Betrachtung

Uwe Eduard Schmidt

Schlüsselwörter: Kunstgeschichte, Sozial- und Kulturgeschichte, Waldbewirtschaftungsgeschichte

Zusammenfassung: Die Fichte hat seit der Antike eine sehr hohe soziokulturelle Bedeutung. Sie spielte insbesondere in der deutschen Ikonografie des 18. und 19. Jahrhunderts eine wichtige Rolle. Während des 19. Jahrhunderts wurden Fichtenkulturen zum politischen Streitobjekt der 1848er Revolution; die Fichte als »Preußenbaum« zum Symbol des Kulturkampfes. Nationalsozialistische Filme und Reden laden den deutschen Wald und insbesondere die Baumart Fichte ideologisch auf. In der Nachkriegszeit wurden Fichtenreinbestände medial zum Topos der idealisierten Landschaft. In der Waldsterbensdebatte kam die Baumart Fichte auf den Prüfstand und gilt heute aufgrund des prognostizierten Klimawandels als die gefährdetste deutsche einheimische Baumart.

Bei keiner anderen Baumart gehen die Meinungen forstlicher Fachleute so stark auseinander wie bei der Fichte. In forstfachlichen Diskursen wird sie oft als »Brotbaum der deutschen Forstwirtschaft« bezeichnet und damit als Sinnbild einer weniger naturnahen, sondern überwiegend ökonomisch ausgerichteten Forstwirtschaft verstanden. Die Dr. Silvius Wodarz Stiftung, die seit 1989 den Baum des Jahres nach unterschiedlichen Kriterien ausruft, hat die in Deutschland prozentual am stärksten vertretene Baumart Fichte (25,4%) erst dieses Jahr als Baum des Jahres ausgelobt. Eine offenbar schwierige Entscheidung, die bei anderen Naturschutzverbänden, Waldeigentümern und Forstbewirtschaftungsbetrieben nicht ganz unumstritten aufgenommen wird.

Im nachstehenden Artikel wird nicht auf die Geschichte der verschiedenen Auffassungen von Waldbewirtschaftungen in Wissenschaft und Praxis näher eingegangen, sondern der ideelle bzw. soziokulturelle Wert der Baumart Fichte für den deutschsprachigen Raum aufgegriffen und weitgehend »jenseits von Aufwand und Ertrag« beleuchtet. Trotz dieser Prämisse kann eine retrospektiv ausgerichtete Betrachtung der Fichte nicht immer deren ökonomische Bedeutung völlig ausblenden. Vielmehr werden in der soziokulturell angelegten Studie zeitgleich existierende unterschiedliche Wertvorstellungen und deren Entwicklungen aufgezeigt, analysiert und bewertet.

Soziokulturelle Bedeutung der Fichte

Die soziokulturelle Bedeutung der Fichte reicht im europäischen Raum bis in die Antike zurück. Die siegreichen griechischen Athleten erhielten als Siegespreis einen Kranz, der aus wilden Ölbaum- und Lorbeerblättern und ab dem 4. Jahrhundert v. Chr. aus Fichtenzweigen gewunden wurde. Im Grabungsfeld des römischen »Vicus Belginum« im Hunsrück wurden Fichtenzweige als Grabbeigabe verwendet, deren kulturelle Bedeutung wissenschaftlich noch nicht abschließend geklärt ist. Darüber hinaus hatte die Fichte (lat. *picea*, der Harzbaum) aufgrund ihres harzreichen Holzes in der Volksmedizin des Mittelalters und der Neuzeit eine hohe Bedeutung. In Forstlexika und Kräuterbüchern des 18. und 19. Jahrhunderts wird die heilende und lindernde Wirkung des Fichtenharzes bei Skorbut, Muskel- und Nervenerkrankungen sowie Erkältungsbeschwerden herausgestellt. Zudem lassen sich mit frisch getriebenen Fichtenzweigen Lebensmittel geschmacklich verfeinern (z. B. Gelee, Liköre und Öle). Indirekt ist die Fichte »Vermittlerin« von Kulturgut, da das im Bergwald geerntete engringige Fichtenstammholz aufgrund der besonderen Klangeigenschaften seit Jahrhunderten zum Bau von Musikinstrumenten (Geige, Gitarre und Klavier) verwendet wird.

Die Fichte in der Romantik – Spiegel unterschiedlicher gesellschaftlicher Diskurse

Wald und Bäume sind prägende Elemente in der Kunst. Die Art der Darstellung spiegelt das Waldverständnis, aber auch die Symbolkraft verschiedener Baumarten der jeweiligen Epoche wider. Dies ist hauptsächlich aus der Sicht derjenigen Gesellschaftsgruppen dokumentiert, die sich aufgrund ihrer finanziellen Lebenssituation in der Kunst artikulieren konnten. In der bildenden Kunst des stark religiös geprägten Früh- und Hochmittelalters werden irdische Landschaften, Wälder und Bäume in der Regel nicht dargestellt. Bildhintergründe sind meist in Gold – der Farbe der Unvergänglichkeit – gemalt. Erst im ausgehenden Spätmittelalter und in der Frühen Neuzeit tauchen Wald und Bäume als Gegenstück zur zivilisierten Welt auf. In dem Gemälde »Donaulandschaft mit Schloss Wörth« (ca. 1522, Abbildung 1) von Albrecht Altdorfer, einem berühmten Vertreter der Regensburger Schule, erscheinen Fichtendarstellungen sehr naturgetreu. Bestehende Konflikte durch Nadelholzaufforstungen wurden in der bildenden Kunst nicht thematisiert, da die landesherrlich ausgerichtete Kunst an Gesellschaftskritik nicht interessiert war.

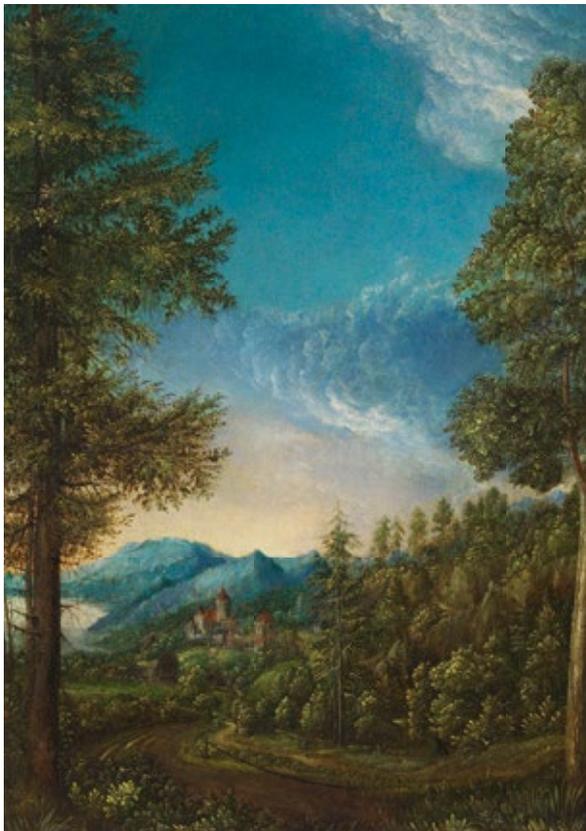


Abbildung 1: Donaulandschaft mit Schloss Wörth, Albrecht Altdorfer (ca. 1522) Foto: bpk | Bayerische Staatsgemäldesammlungen

In der Kunst und Literatur der Epoche »Sturm und Drang« des 18. Jahrhunderts und in der Romantik wurden Wald und Bäume in ihren Darstellungsformen sehr stark emotional aufgeladen. Die Malerei der Romantik bediente sich des symbolhaften Werts unterschiedlicher Baumarten. Caspar David Friedrich stellt beispielsweise in seinem Gemälde »Das Kreuz im Gebirge« (1811) verkümmerte, absterbende »heidnische Eichen« den zielstrebig in den »christlichen Himmel wachsenden Fichten« gegenüber. In diesem Kontext steht das seit dem 19. Jahrhundert belegte Sprichwort »Einen hinter die Fichten führen«, das synonym zu »Einen hinter das Licht führen« gebraucht wird. In der Zeit der Napoleonischen Kriege wurde der Fichtenwald in der deutschen Kunst zum übermächtigen Beschützer und Bewahrer des preussischen Staates hochstilisiert. Das Gemälde von Caspar David Friedrich »Der Chasseur im Walde« (1814) zeigt einen vereinsamten französischen Soldaten auf einer Lichtung des lebensbedrohlich wirkenden künstlich angelegten Fichtenreinbestands. Weitere Metapher des Todes, wie z. B. der als Leichentuch wirkende Neuschnee und der abgesägte Baumstumpf mit der schwarzen Krähe werden entsprechend in Szene gesetzt (Abbildung 2).



Abbildung 2: Der Chasseur im Walde, Caspar David Friedrich (1814) Foto: akg-images

Aufgrund der regional zum Teil stark übernutzten Waldbestände wurde seit Ende des 18. Jahrhunderts zunehmend mit der Baumart Fichte aufgeforstet, die bei ausgehagerten Standorten als anspruchslose Pionierbaumart fungierte und später durch andere Baumarten ergänzt bzw. ersetzt werden sollte. Die Frage, ob diese künstlichen Nadelholzbegründungen dem Allgemeinwohl dienlich waren, ist anhand zeitgenössischer Quellen unterschiedlich zu bewerten. Im Jahre 1781 hielt der aus Berlin stammende Aufklärer Friedrich Nicolai (1733–1811) auf seiner Kutschenfahrt von München Richtung Schwaben Folgendes in seinem Tagebuch fest: *»Hinter Biburg geht der Weg ziemlich bergan und erreicht bald ein Wäldchen von jungem Nadelholz (Fichte, d. Verf.), erfreuliches Zeichen für die sorgfältige Erhaltung der Wälder«*. Johann Wolfgang von Goethe (1749–1832) gelang es, die Nadelholzaufforstung der Muschelkalkberge in der Umgebung von Jena aus landschaftsästhetischen Gesichtspunkten zu verhindern, indem er bemerkte, dass es dasselbe wäre, als ob man der Venus von Milo Kleider anzöge. Der Komponist Abraham Peter Schulz (1747–1800) widmete seinem dreiteiligen Hauptwerk *»Lieder im Volkston«* (1782–1790) eine *»Serenada im Wald zu singen«*. Im Liedtext wird sich deutlich gegen Nadelholzaufforstungen ausgesprochen: *»Es pflegen wohl die reichen Leut' auch Wald zu machen gern. Da pflanzen dann die Läng' und Breit' die klug und weisen Herrn in eine Reihe hin gar künstlich Baum und Strauch und meinen dann in ihrem Sinn, sie hätten 's wirklich auch«*. Die Fichte, die im Gegensatz zu den fruchttragenden Laubbäumen weder für die Schweinemast, noch für sonstige bäuerliche Interessen von lebenswichtigem Nutzen war, wurde von der bäuerlichen Landbevölkerung größtenteils abgelehnt. Der Kampf der Bauern gegen Fichtenaufforstungen nahm im 19. Jahrhundert teilweise drastische Formen an. Als im Jahre 1819 im Regierungsbezirk Koblenz die zwangsweise Aufforstung von gemeindlichem Brach- und Ödland mit Fichte verfügt wurde, waren Pflanzarbeiter und Kulturen vor bäuerlichen Übergriffen bzw. Zerstörungen durch Militärpräsenz zu schützen.

1848er Revolution und Kulturkampf – die Fichte als Preußen- und Weihnachtsbaum

Zur Mitte des 19. Jahrhunderts wurde die soziale Not im deutschsprachigen Raum – und insbesondere in Preußen – aus Sicht sozial schwacher Bevölkerungsgruppen durch Missstände in der Waldbewirtschaftung verstärkt. In den durch Preußen annektierten Gebieten wurden systematisch durchgeführte Fichtenaufforstungen zum Symbol des von Zucht und Ordnung geprägten Preußentums. Dieses Phänomen wurde dadurch verstärkt, dass eine straff organisierte preußische Forstverwaltung diese Nadelholzbestände nicht nur bewirtschaftete, sondern auch bewachte und beschützte. Der unnachgiebig und streng von den preußischen Forstbeamten geahndete Forstfrevler hatte in vielen Fällen einen symbolischen Akt des politischen Aufbegehrens. Wilhelm Heinrich Riehl (1823–1897) schrieb in seiner Chronik auf das Jahr 1848: *»Man muss aber nicht glauben, dass die steten Holzfrevler und ähnliches aus eigentlicher Entsittlichung hervorgegangen wären. Das Landvolk hielt den Holzdiebstahl für ein neues Privileg, für einen Ausfluss an Freiheit«*.

In einem Artikel der Rheinischen Zeitung kritisierte Karl Marx vehement die *»Debatten über das Holzdiebstahlgesetz«*, die im Herbst 1842 auf dem 6. Rheinischen Landtag von den Vertretern des Adels formuliert wurden. Zugleich betrieb Karl Marx grundlegende Rechtsstudien am überwiegend mit Fichten bestandenen Gemeinschaftswald der Hunsrückgemeinde Thalfang, um seine Ideen für eine Gesellschafts-, Wirtschafts- und Staatstheorie anhand des Waldes zu untermauern.

In dem von Max Preßler 1858 publizierten Buch *»Der rationelle Waldwirth und sein Waldbau des höchsten Ertrags«* werden den Baumarten Fichte und Kiefer die beste Verzinsung bezogen auf den Boden bescheinigt. In den folgenden Jahren ließen sowohl der ökonomische Nutzen starkdimensionierter Fichtennutzholzsorimente für Masten und Gebäudekonstruktionen als auch moderne technische Verwendungsmöglichkeiten schwächerer Durchforstungshölzer in der aufkommenden Papier- und Zelluloseherstellung die Fichte zum Brotbaum der preußischen und sächsischen Forstwirtschaft werden.

Während der Zeit des Kulturkampfes (1860er und 1870er Jahre), in dem der Konflikt zwischen dem protestantischen Königreich Preußen bzw. späteren Deut-

schen Kaiserreich und der katholischen Kirche ausgetragen wurde, zeigt sehr deutlich, wie die Baumart Fichte mit dem Preußentum assoziiert wurde. In den preußisch annektierten Gebieten Deutschlands mit überwiegend katholischer Bevölkerung wurde bis zur Jahrhundertwende die preußische Sitte des Fichtenweihnachtsbaumes abgelehnt und weiterhin die Nikolausbescherung »ohne den Preußenbaum« favorisiert.

Die »Fichtenwelle« blieb bis ins 20. Jahrhundert dennoch in vielen Teilen Deutschlands ungebrochen, wirkte und wirkt heute noch zum Teil landschaftsprägend und zuweilen identitätsstiftend, wie z. B. für den Kulturraum Schwarzwald und seinem frühen Tourismus. Mark Twains Reisebericht »A Tramp Abroad« des Jahres 1878 wird zu einer literarischen Ode an die Schwarzwaldfichten: *»Von Baden-Baden aus machten wir den üblichen Abstecher in den Schwarzwald. Man kann diese edlen Wälder eben so wenig beschreiben wie die Empfindung, die sie hervorrufen. Diese Wälder erstrecken sich ohne Unterbrechung über ein riesiges Gebiet; und überall sind sie sehr dicht, sehr still, sehr harzig und duftend. Die Baumstämme sind stark und gerade gewachsen. Das satte Dämmerlicht einer Kathedrale durchdringt die Säulengänge«*. Zeitgleich schlugen sich in deutschsprachigen forstwissenschaftlichen Publikationen ökologische Forderungen nach einer Abkehr von Fichtenreinbeständen hin zu Apellen zur Durchführung natürlicher, gruppen- bis horstweiser Verjüngung von Mischbeständen nieder.

Der marschierende Fichtenwald – Wald bezogene Ideologie des Nationalsozialismus

Im »Dritten Reich« wurde der deutsche Wald sehr stark mit nationalsozialistischer Ideologie aufgeladen. Dabei hob man auf die Gleichsetzung der biologischen Ordnung des Waldes mit der sozialen Ordnung des deutschen Volkes ab. Dies wird in der von Franz Heske am 12. Juli 1933 vor der Tharandter Studentenschaft gehaltenen Erstsemesterveranstaltung sehr deutlich. In dieser Rede werden beispielsweise Waldbau- und Durchforstungsmodelle in Bezug zu Eugenetik und Volkshygiene gesetzt; der waffengewohnte Jäger wird gleichsam zum natürlichen Bruder des Soldaten. Der Kulturfilm »Ewiger Wald«, der von der 1934 gegründeten »Nationalsozialistischen Kulturgemeinde (NSKG)« als eines der ersten Filmprojekte in Auftrag gegeben wurde, stellt zugleich die längste »Großfilmproduktion« des Nationalsozialismus dar. In knapp 70 Minuten wird die gesamte deutsche Geschichte und Kultur anhand

des Waldes gespiegelt bzw. visualisiert. Die unzertrennliche Einheit von Wald und Volk wird zu Beginn des Filmes mit theatralischer Musikuntermalung und emotional getragenen Prolog hervorbeschworen: *»Ewiger Wald – Ewiges Volk. Es lebt der Baum wie du und ich, er strebt zum Raum wie du und ich. Sein ›Stirb und Werde‹ webt die Zeit, Volk steht wie Wald in Ewigkeit«*. In diesem Film wird der Baumart Fichte eine besondere Rolle zuteil. In hintereinandergeschalteten Filmsequenzen lösen sich die in »Reih und Glied« gepflanzten Fichtenreinbestände mittels einer geschickten Überblendtechnik in marschierende deutsche Soldaten auf. Diese Szene weist indirekt auf die Varusschlacht im Teutoburger Wald hin, in der der Germane nur mit Hilfe des mit ihm verbündeten Waldes die militärisch übermächtigen römischen Legionen besiegen konnte. Eine weitere, im Schützengraben gedrehte Weihnachtsszene mit einem geschmückten Fichtenweihnachtsbaum symbolisiert die enge kulturelle Verbundenheit des deutschen Christentums mit dem Wald.

Der Schwarzwald – Topos der idealisierten Landschaft der Nachkriegszeit

Im Nachkriegsdeutschland der späten 1940er und 1950er Jahre wurden die nationalsozialistischen Projektionen auf den deutschen Wald weitgehend ausgeblendet. Der Wald wurde geradezu zu einem Ort, an dem eine vom Krieg unbelastete Gegenwart zu den zerstörten deutschen Städten zu existieren schien. Für den Großteil der Deutschen war es weniger bedeutend, wie diese Wälder bezüglich Baumarten bestockt waren. Vielmehr spielte der Wald als räumlich nah gelegenes »Rückzugsgebiet« zur Erholung, Kontemplation und zur Freizeitgestaltung eine entscheidende Rolle. Mit »Schwarzwaldmädel« (1950), dem ersten Farbfilm der Bundesrepublik Deutschland, wurde die Schwarzwaldlandschaft mit den vermeintlichen »Tannenwäldern« (Fichtenreinbestände) zum Inbegriff deutscher Heimat. Die erste Farbfilmproduktion der DDR greift mit der Verfilmung von Wilhelm Hauffs Märchen »Das kalte Herz« (1950) ebenfalls den Schwarzwald auf, wenn auch als negatives Beispiel für den westlichen Kapitalismus. Die Dreharbeiten fanden vorwiegend in Fichtenreinbeständen des Thüringer Waldes statt. Mit diesen beiden Kinofilmen wurden bei vielen West- und Ostdeutschen die deutsche Waldlandschaft mit Fichtenreinbeständen assoziiert. Die westdeutsche Waldbewirtschaftung bzw. Holzproduktion hatte sich während des »deutschen Wirtschaftswunders« hohen Herausforderungen zu stellen. Zum einen war ein stark auf Nadel-

holz ausgerichteter Bauholzmarkt zum Wiederaufbau und Ausbau Deutschlands zu bedienen, zum anderen waren flächig durchgeführte Reparationshiebe aufzuforsten. Aufgrund der hohen Nadelholznachfrage und des mangelnden Angebots von Laubholzzaatgut wurde die Fichte nicht nur zur dominanten Baumart bei Kulturbegründungen, sondern sicherte den Bestand vieler kahl geschlagener Waldflächen. Wie hoch die Fichte in den 1970er im »waldbaulichen Erfolgskurs« stand, zeigen umfangreiche wissenschaftliche Publikationen, wie z. B. die mehrbändige Buchreihe »Die Fichte« des Freiburger Waldbauers und Universitätsprofessors Helmut Schmidt-Vogt.

Die Fichte stirbt – das Waldsterben

In den 1980er Jahren wurde die Wahrnehmung von Wald und Umwelt in Deutschland wesentlich durch das »Waldsterben« geprägt. Da man dieses Phänomen im Wesentlichen der hohen Umweltverschmutzung zuschrieb, wurden sterbende Fichtenwälder nicht nur in Wissenschaft und Forschung thematisiert, sondern durch unterschiedliche mediale Vermittlung öffentlichkeitswirksam in Szene gesetzt. TV-Dokumentationen mit apokalyptisch wirkenden Szenarien der künftigen deutschen Waldentwicklung, endzeitlich anmutende Berichterstattungen in renommierten Zeitschriften, Magazinen und anderen Printmedien diffundierten durch alle Gesellschaftsschichten. Diese gesellschaftsumfassenden Umweltdebatten, die anfangs lediglich (industri-)politische und gesellschaftliche Auswirkungen zeigten, hinterfragten und kritisierten zunehmend waldbauliche Strategien vorangegangener Dekaden. Diskussionen um die richtige Baumartenwahl spalteten Forstwirtschaft und -wissenschaft. Insbesondere die Fichte polarisierte: Für die einen war sie weiterhin der »Brotbaum der deutschen Forstwirtschaft«, für die anderen der Inbegriff naturferner »Monokulturen«. Naturnahe Mischwälder mit hohem Laubholzanteil wurden bezüglich ökologischem Wert und besserer abiotischer und biotischer Stabilität höher bewertet und aus diesen Gründen von Naturschutzverbänden und forstlichen Interessensverbänden (z. B. Arbeitsgemeinschaft Naturgemäße Waldwirtschaft) propagiert und eingefordert. Die Baumart Fichte, die sich im 18. und 19. Jahrhundert durch Saat und Pflanzung für den Wiederaufbau stark devastierter deutscher Waldflächen bewährt hatte, wurde zumindest in ihrem Vorkommen als Reinstand bei zahlreichen umwelt- und waldbezogenen Institutionen zu der am meisten kritisierten einheimischen Baumart in Deutschland.

Der Baum des Jahres 2017 und dessen Zukunft

Aufgrund des ungünstigen Anpassungspotenzials an kommende klimatische Veränderungen gilt die Fichte in den gegenwärtigen Wäldern Deutschlands als eine der gefährdetsten einheimischen Baumarten. Sie ist bezüglich Nährstoffversorgung sehr anspruchslos, benötigt jedoch ausreichende Niederschläge. Die Fichte ist bei länger anhaltender Trockenheit äußerst krankheitsanfällig; bei gut wasserversorgten Standorten hingegen sehr vital. Um auch in Zukunft die einheimische Baumartenvielfalt zu erhalten, ist es vordringliche Aufgabe der Forstwirtschaft, zum einen ungeeignete Standorte für Fichte zu erkennen und rechtzeitig mit klimaresistenten Baumarten anzureichern, zum anderen die Fichte auf geeigneten Standorten zu erhalten. In seinen Ausführungen zum Baum des Jahres 2017 bringt Silvius Wodarz diesen Sachverhalt auf den Punkt: *»Die Fichte hat eine Zukunft in Deutschland – auch in Zeiten des Klimawandels. Es bedarf jedoch etwas Sachverstandes, um sie heute sinnvoll in den Wald zu integrieren«*. Dem hinzuzufügen wäre, dass auch die Fichte – wie andere einheimische Baumarten in Deutschland – neben ihrer ökonomischen und ökologischen Dimension einen sehr hohen soziokulturellen Wert besitzt, der den Schutz und Erhalt dieser Baumart auf geeigneten Standorten auch in Zukunft in hohem Maße rechtfertigt.

Literatur

Braun, A. (2000): Wahrnehmung von Wald und Natur, München-Springer Verlag

Bundeswaldinventur (2012): veröffentlicht am 08.10.2014

Brock, A. (1990): Übersetzung v. Mark Twain: A Tramp Abroad (Europareise vom April 1878 bis September 1879)

Czech-Schneider, R. A. (1998): Weihgaben und Weihpraxis und ihre Bedeutung für die Gesellschaft und Wirtschaft der frühen Griechen. Habilitationsschrift beim Fachbereich 8, Geschichte/Philosophie der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster/Westfahlen

Die Verfassung und Verwaltung des Preußischen Staates (1854): Berlin; darin: Circular-Verfügung der Regierung Trier vom 23. Mai 1832. In: Roenne, L. v. (1854): Das Domänen-, Forst- und Jagdwesen des Preußischen Staates; XI. Teil, I. Abteilung

Gusovius, H. (1957): Wald und Kunst. Der Beitrag des Waldes zur Motivgeschichte in Malerei, Musik und Dichtung. In: Forstarchiv, 1957, Heft 28

Heske, F. (1933): Nationalsozialismus und Forstwirtschaft. Vortrag am »Deutschen Tag« der Tharandter Studentenschaft am 12. Juli 1933; Archiv der Professur für Wald- und Forstgeschichte

Mantel, K. (1977): Die Geschichte des Weihnachtsbaumes und ähnlicher weihnachtlicher Formen. Hannover, Schaper Verlag

Preßler, M. (1858): Der rationelle Waldwirth und sein Waldbau des höchsten Ertrags. Dresden

Riehl, W. H. (1849): Nassauische Chronik. Wiesbaden

Röhrig, L. (1973): Lexikon der sprichwörtlichen Redensarten. Verlag Herder, Freiburg, Basel, Wien

Schmidt, U. E. (2003): Wertende Ansichten über den Wald in der Geschichte. S. 38 ff; In: Berichte Freiburger Forstliche Forschung; Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt; Baden-Württemberg, Freiburg im Breisgau, Heft 45

Schmidt, U. E. (2004): Der Wald in Deutschland im 18. und 19. Jahrhundert. Saarbrücken, Conte Verlag

Schmidt, U. E. (2009): Wie erfolgreich war das Dauerwaldkonzept bislang: eine historische Analyse. In: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, Heft 6

Schmidt-Vogt, H. (1977): Die Fichte. Ein Handbuch in zwei Bänden. Hamburg und Berlin; Verlag Paul Parey

Schmidt-Vogt, H. (1996): Musik und Wald. Freiburg, Rombach Verlag

Zechner, J. (2006): Wald, Volksgemeinschaft und Geschichte: Die Parallelisierung natürlicher und sozialer Ordnungen im NSK-Kulturfilm »Ewiger Wald«. In: Kulturfilm im »Dritten Reich«, Wien-Symema – Gesellschaft für Film und Medien

Internetquellen: <http://baum-des-jahres.de/> (abgerufen am: 11.05.2017)

Keywords: Art history, Social- and cultural History, History of Forest management

Summary: Since the ancient world, spruce had a high socio-cultural value. In the German iconography of the 18th and 19th century, it played an important role. During the 19th century, both the species spruce, so called "tree of Prussia", and its monocultures became a political bone of contention in the German Revolution (1848). Later, the spruce was used as a symbol for the Prussian cultural war. In the content of movies and speeches during National Socialism forests and spruce stands were ideologically important. In the time after World War II, media converted spruce stands to the topos of an idealized German landscape. In the debate on forest dieback, the spruce has been critically evaluated. Concerning to the recent prognosis of climate change, it is considered as the most endangered native German tree species.

Prof. Dr. Helmut Schmidt-Vogt



Es wird wohl kaum jemanden vor ihm gegeben haben und auch nach ihm geben, der sich so intensiv mit der Baumart Fichte beschäftigt hat wie der bayerische Forstmann und spätere Waldbau-professor Dr. Helmut Schmidt-Vogt.

Geboren 1918 in Burggrub, in einem evangelischen Pfarrhaus, im oberfränkischen Landkreis Kronach, den Frankenwald vor Augen, studierte er an der Ludwig-Maximilians-Universität München Forstwissenschaften. Nach der Großen Forstlichen Staatsprüfung begann seine berufliche Laufbahn bei der Bayerischen Staatsforstverwaltung als Mitarbeiter in der Oberforstdirektion Augsburg, von wo aus er 1948 ins Referat für Waldbau und Forsteinrichtung des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten wechselte. In dieser Zeit promovierte Schmidt-Vogt bei Prof. Ernst Rohmeder über *»Die Verzweigungstypen der Fichte und ihre Bedeutung für die forstliche Pflanzenzüchtung«*. Spätestens seit dieser Zeit ließen ihn die Baumart Fichte und die Gattung *Picea* nicht mehr los.

Von 1956 bis 1964 leitete er das Bayerische Forstamt Teisendorf, dem auch die Samenklänge und der Pflanzgarten Laufen angegliedert waren. Während seiner Teisendorfer Forstamtszeit habilitierte Schmidt-Vogt an der Ludwig-Maximilians-Universität München über die Gütebeurteilung von Forstpflanzen. 1964 folgte er der Berufung auf den Waldbau-Lehrstuhl der Naturwissenschaftlich-Mathematischen Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. Den Lehrstuhl und das zugehörige Waldbau-Institut leitete er bis zur Emeritierung 1986.

In Freiburg befasste sich Schmidt-Vogt außerordentlich intensiv mit der Baumart und der Gattung Fichte. Unter Mitarbeit zahlreicher Wissenschaftler entstand zwischen 1977 und 1991 die 2.600 Seiten umfassende und 14.000 Literaturstellen berücksichtigende Monografie *»Die Fichte«*, die wohl ausführlichste Darstellung dieser forstwirtschaftlich so bedeutsamen Baumart:

Band 1:

Taxonomie, Verbreitung, Morphologie, Ökologie, Waldgesellschaften (1977)

Band 2, Teil 1:

Wachstum, Züchtung, Boden, Umwelt, Holz (1986)

Band 2, Teil 2:

Krankheiten, Schäden, Fichtensterben (1989)

Band 2, Teil 3:

Waldbau, Ökosysteme, Urwald, Wirtschaftswald, Ernährung, Düngung (1991)

Als Reaktion auf die zum Teil radikalen Forderungen aus Naturschutz- und Forstkreisen, die Fichte auszu-rotten, veröffentlichte er 1991 die Abhandlung *»Naturnahe Fichtenwirtschaft«*. Schmidt-Vogt setzt sich darin sachlich mit Fehlern der klassischen Fichtenwirtschaft auseinander und zeigt Lösungswege zur Umwandlung von Fichtenreinbeständen auf.

Zahlreiche Reisen – vorrangig innerhalb des natürlichen Verbreitungsgebiets der Gattung *Picea* – führten ihn unter anderem in die damalige Sowjetunion, nach Polen, Finnland, Schweden, Japan, Kanada und in die USA. Um den wissenschaftlichen Austausch und persönlich Kontakte zu pflegen, lud er ausländische Stipendiaten und Wissenschaftler zu Gegenbesuchen nach Freiburg ein. Sein wissenschaftliches Wirken wurde mit zahlreichen Ehrungen gewürdigt. So erhielt Helmut Schmidt-Vogt 1984 die Ehrendoktorwürde der Universität Helsinki und 1989 die Ehrenprofessur der argentinischen Universität Santiago del Estero.

Helmut Schmidt-Vogt starb 90jährig im Jahr 2008

2

Waldbau und Waldumbau

Zwischen Leistung und Risiko – die Fichte in der waldbaulichen Beratung

Stefan Tretter, Ottmar Ruppert und Wolfram Rothkegel

Schlüsselwörter: Fichte, Mischwald, waldbauliche Beratung, Klimawandel, Voranbau, Pflege, Durchforstung

Zusammenfassung: Die Fichte ist trotz sinkender Anteile die wichtigste Baumart in Bayern. Durch den Klimawandel wird jedoch das Risiko für Fichtenbestände steigen. Bei der Behandlung der Fichte sollte daher in allen Altersphasen die Beurteilung des künftigen Anbaurisikos Grundlage für das waldbauliche Vorgehen sein. Hierfür werden Vorschläge für die Beratung der privaten und kommunalen Waldbesitzer gemacht. Das Ziel, die Fichte möglichst im Rahmen von Mischbeständen zu erziehen, ist dabei zentrale Leitlinie bei der waldbaulichen Beratung der Bayerischen Forstverwaltung.

Die große Bedeutung der Fichte in den privaten und kommunalen Wäldern Bayerns hat viele Ursachen und Gründe. Für den Waldbesitzer spielt ihre unkomplizierte und einfache Behandlung vor allem in der Phase der Kulturbegründung oder der natürlichen Verjüngung, bei der Pflege und der Durchforstung eine wesentliche Rolle. Hinzu kommen die gute Verwertungssituation und die über Jahrzehnte erlebte hohe Wüchsigkeit. Das überlieferte praktische Wissen zum Umgang mit dem Brotbaum Fichte, in Verbindung mit dem hohen Ertrag, waren die Grundlagen für ein zum Teil sehr starkes Festhalten an hohen Fichtenanteilen – oft in Verbindung mit Reinbeständen. Die bei der Fichtenwirtschaft bestehenden Waldschutzrisiken wurden dabei billigend in Kauf genommen.

Im Zuge der Hinwendung zu einem naturnahen Waldbau werden in Bayern aber seit rund 40 Jahren verstärkt Fichtenreinbestände in Mischwälder umgebaut. Hinzu kommt seit fast 20 Jahren das Wissen um den Klimawandel und dessen sicht- und spürbaren Auswirkungen auf die Fichte. Sie ist die Baumart, die in Bayern aufgrund ihrer Eigenschaften, Ansprüche und Gefährdungspotentiale am stärksten auf die Temperatur- und Niederschlagsänderungen und die Zunahme von Extremereignissen reagiert. Risiken, die aber durch die Erziehung in Mischbeständen reduziert werden können.

Obwohl im Zuge dieser Entwicklungen der Anteil der Fichte an der Waldfläche kontinuierlich abnimmt, ist sie mit 41,8% nach wie vor die häufigste Baumart in unseren Wäldern. Zugleich ist die Fichte aktuell mit einem Anteil von 33% in der Vorausverjüngung vertreten (LWF 2014). Dies bedeutet zum einen, dass die manchmal geäußerten Befürchtungen, es wachse keine Fichte mehr nach, so nicht zutreffen. Es bedeutet zum anderen aber auch, dass dort wo die Fichte in der Verjüngung vertreten ist, sie so behandelt werden muss, dass zukunftsfähige Bestände entstehen können. Die sachgerechte Pflege und Durchforstung dieser Bestände und ihre Vorbereitung auf eine Verjüngung hin zu Mischbeständen ist also von hoher Flächenrelevanz.

In diesem Umfeld spielt die Beratung der privaten und kommunalen Waldbesitzer durch die Bayerische Forstverwaltung in Form praktischer Waldbauberatung vor Ort eine wichtige Rolle. Die Aufgabe für die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Bayerischen Forstverwaltung ist es, Waldbesitzer dabei zu unterstützen, stabile, naturnahe, leistungsfähige und zukunftssichere Mischwälder zu erhalten oder neu zu begründen. Beratung bedeutet, dem Waldbesitzer überzeugende Lösungen für die Waldbehandlung vorzuschlagen. Die Entscheidung liegt aber beim Waldbesitzer, denn letztendlich muss er bereit und in der Lage sein, sie umzusetzen. Die Erarbeitung der Lösungsvorschläge muss also in enger Zusammenarbeit mit dem Waldbesitzer und den beteiligten Akteuren z. B. den forstlichen Zusammenschlüssen erfolgen. Um dies zu gewährleisten, ist ein systematisches und methodisches Vorgehen notwendig. Auf Grundlage von erhobenen Daten soll dies zu nachvollziehbaren und transparenten Beratungsergebnissen führen. In der Abfolge von Analyse der Ausgangssituation, Klärung der Ziele, Interessen und Möglichkeiten des betroffenen Waldbesitzers werden konkrete waldbauliche Maßnahmen formuliert. Für die waldbauliche Behandlung der Fichte spielt im Zuge der Analyse, neben den waldbaulichen, naturschutzfachlichen und betriebswirtschaftlichen Zielen des Waldbesitzers, das Risiko der Baumart im Klimawandel aber auch die Risikobereitschaft des Waldbesitzers eine zentrale Rolle.

Die Fichte braucht Partner

Die Schaffung von Mischbeständen ist das zentrale Leitbild bei der waldbaulichen Beratung der Bayerischen Forstverwaltung. Eine Vielzahl von wissenschaftlichen Untersuchungen weisen alle in die gleiche Richtung – Mischbestände haben gegenüber Reinbeständen sehr viele Vorteile für den Waldbesitzer. Dies gilt ganz besonders für die Fichte. In inniger Mischung mit weiteren Baumarten ist sie weitaus stabiler. Der Bodenraum und damit der Wasservorrat und das Nährstoffpotential werden in Mischbeständen besser genutzt. Somit ist langfristig eine bessere Verankerung und geringere Anfälligkeit gegenüber Sturm, Trockenheit und Insektenkalamitäten zu erwarten. Geeignete Mischbaumarten als Partner zur Fichte wie Buche und Tanne führen zu einer höheren Resistenz, Resilienz und damit Betriebssicherheit für den Waldbewirtschafter.

Diese Partner verhelfen der Fichte auch zu mehr Zuwachs. Je nach Standort und klimatischer Gegebenheit sind in gemischten Beständen deutliche Mehrzuwächse gegenüber Reinbeständen zu erwarten, weil sich die Nutzung der vorhandenen Wasser- und Nährstoffvorräte, die Humusformen und damit die unmittelbare Verfügbarkeit von Nährstoffen verbessern (Klemmt 2017). Außerdem steigt die Lichtnutzung im Kronenraum durch die unterschiedlichen Kronenformen der Baumarten. Damit wird mehr Biomasse produziert und mehr für die Vitalität und Stabilität des Einzelbaums getan. Durch die bessere Ausformung der grünen Krone, die für das Mehr an Biomasse verantwortlich ist, wird als Nebeneffekt auch eine höhere Einzelbaumstabilität erzielt, da der Schwerpunkt des Baums nach unten rückt. Partnerschaft mit Mischbaumarten zahlt sich hier in vielfältiger Weise aus. Zugleich werden bei der Erziehung der Fichte in Mischwäldern auch die ökologische Wertigkeit des Waldes und seine Schutz- und Erholungsfunktionen verbessert. Positive Wirkungen also auch im gesamtgesellschaftlichen Kontext.

In fast jeder Phase eines Bestandslebens kann man durch aktive und vorausschauende waldbauliche Maßnahmen dem Ziel Mischwald näher kommen. Jede Ausgangslage bietet Chancen für die Beteiligung von Mischbaumarten zur vorhandenen Fichtenbestockung.

Verjüngung: Weichenstellung für die Zukunft

Bei der Verjüngung eines Bestands werden die entscheidenden Weichenstellungen für die Zukunft getroffen. Der Verjüngungszeitpunkt und das Verjüngungsverfahren bestimmen, wie die nächste Waldgeneration aufgebaut und zusammengesetzt ist. Die Fichte verjüngt sich unter den heutigen Standortverhältnissen bei angepassten Wildständen bereits in mittelalten Beständen leicht und reichlich über Naturverjüngung. Deshalb ist es wichtig, bei der Verjüngung von Fichtenbeständen rechtzeitig damit zu beginnen, Mischbaumarten einzubringen, bevor sich flächige Fichtennaturverjüngung einstellt und dauerhaft etablieren kann. Je höher das Anbaurisiko der Fichte ist, desto früher sollte mit der Einbringung von Mischbaumarten begonnen werden und desto höher sollten ihre Anteile im Folgebestand sein.

So sollte auf kritischen Standorten, z. B. bei wechselfeuchten Böden oder in Regionen mit bereits heute hohem Anbaurisiko der Fichte, wie etwa in den trocken-warmen Bereichen Mittelfrankens, sehr früh mit dem Voranbau von Schattbaumarten begonnen werden. Damit kann der Gefahr vorgebeugt werden, dass sich der Altbestand durch Trockenheit oder Borkenkäferschäden vorzeitig auflöst, ohne dass ausreichend Mischbaumarten vorhanden sind. Auf bisher gut wüchsigen Standorten kann damit bei geeigneter Bestandsstellung (passende Lichtverhältnisse, noch nicht etablierte Fichten-Naturverjüngung) bereits ab Ende der Jungdurchforstungsphase mit dem Voranbau von Mischbaumarten begonnen werden. Voraussetzung für das femelartige Einbringen von Schattbaumarten in Gruppenschirmstellungen ist ein ausreichend stabiler Ausgangsbestand. Vor diesem Hintergrund sind die später beschriebenen Pflegeeingriffe zur Stabilisierung besonders wichtig.

Neben der Pflanzung bietet sich auch die Saat – sowohl der Buche als auch der Tanne – als geeignetes Verjüngungsverfahren an. Ein wesentlicher Vorteil der Saat ist die deutlich bessere, weil ungestörte, Wurzelentwicklung und damit höhere Stabilität. Wenn sie gelungen ist, bringt sie höhere Stückzahlen und lässt damit bessere Stammqualitäten erwarten. Die Saat ist jedoch nicht für alle waldbaulichen Ausgangssituationen geeignet und der Erfolg ist stärker witterungsabhängig als bei der Pflanzung.

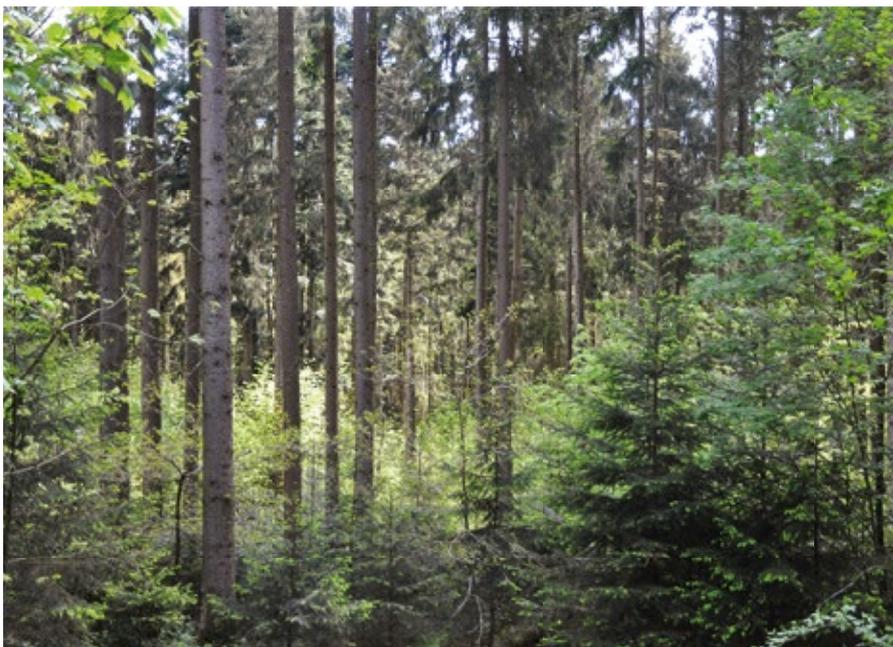


Abbildung 1:
Erfolgreicher Voranbau
von Mischbaumarten
in einem Fichtenbestand
Foto: S. Tretter

Der Voranbau von Mischbaumarten sollte idealerweise in Gruppengröße erfolgen. Ist dies nicht mehr möglich, weil sich bereits zu viel Fichtennaturverjüngung eingefunden hat, sollten Buche und Tanne nur noch dort eingebracht werden, wo der Wuchsvorsprung der Fichte nicht zu stark ist oder eine intensive Pflege durch den Waldbesitzer sichergestellt ist. Ist dies der Fall, aber nur dann, können nach Erfahrungen aus dem bayerischen Privatwald auch Weißtannen einzeln beigemischt werden.

Der rechtzeitige Voranbau von Schattbaumarten in Fichtenbeständen ist auf großer Fläche in Bayern eine wichtige waldbauliche Aufgabe. Allerdings gibt es auch Bereiche, in denen die Fichte in der Verjüngung gegenüber anderen Baumarten zurückfällt oder zum Teil ganz ausbleibt. Hier sind gezielte waldbauliche Maßnahmen zur Sicherung der Fichte in der Verjüngung notwendig. Sind nämlich Buche oder auch Edellaubholz in den Altbeständen vorhanden, verjüngen sich diese bei angepassten Wildbeständen schon bei geringer Auflichtung des Altbestands reichlich. Gerade die Buche kann auf geeigneten Standorten bei geringem Verbissdruck im Halbschatten eine so große Verjüngungspotenz entfalten, dass die Fichte nicht mehr mithalten kann. Um in solchen Beständen, bei entsprechender Eignung, auch in Zukunft Nadelholzanteile zu sichern, kann hier waldbaulich gegengesteuert werden. Dafür ist neben der Möglichkeit einer Pflege unter Schirm in erster Linie die Lichtsteuerung entscheidend. Schwache, schirm-

schlagartige Verfahren oder »Entrümpelungshiebe« (nur Entnahme abgehender oder schlecht veranlagter Einzelbäume) führen meist über eine gleichförmige Schirmstellung zur Dominanz der Buche und zum Verlust der Mischbaumarten. Eine stärkere Differenzierung bei der Lichtsteuerung mit einem betont femelartigen Vorgehen zur Sicherung der lichtbedürftigeren Mischbaumarten ist in solchen Situationen notwendig. Auch wenn die Buche auf vielen Standorten in Bayern künftig ein geringes Anbaurisiko hat, sollte es nicht das waldbauliche Ziel sein, Buchenreinbestände zu erziehen. Denn der Grundsatz der Risikostreuung gilt auch in Bezug auf die Buche: Mischbaumarten erhöhen die Resilienz und den Ertrag von Wäldern. Dies gilt auch für die Beteiligung von Nadelholz, sofern sich ihr Anteil am Anbaurisiko orientiert.

Jungbestandspflege: Mischung und Stabilität

Im Rahmen der Jungbestandspflege wird der Grundstein für die künftige Mischung und Stabilität der Bestände gelegt. Auch in Jungbeständen mit Fichte ist daher eine Beurteilung des künftigen Anbaurisikos eine wichtige Basis für waldbauliche Entscheidungen. Denn je höher das Anbaurisiko der Fichte, desto wichtiger ist es, Mischbaumarten mit einem geringeren Anbaurisiko als dem der Fichte zu erhalten und zu fördern. Sind Mischbaumarten aus Naturverjüngung vorhanden, sollten sie bei der Pflege durch Entnahme

von Bedrängern, bei hohen Fichtenanteilen auch zu deren Lasten, gefördert werden.

In den Fällen, in denen die gewünschten Klimaxbaumarten (z. B. Weißtanne, Rotbuche) in Fichtenjungbeständen nicht vorhanden sind, ist es gerade bei hohem Anbaurisiko der Fichte sinnvoll, vorhandenes Weichlaubholz gezielt zu fördern und in das Bestandsgefüge zu integrieren und keinesfalls vollständig im Zuge einer Pflege zu entnehmen. Denn Weichlaubholz kann bereits in geringer Beimischung zur Stabilisierung des Bestands beitragen und den Humuszustand verbessern. Ganz abgesehen davon ist es als Nahrungsgrundlage für viele Tierarten sowie teilweise als Bienenweide auch gesamtökologisch wertvoll. Insbesondere Birke aber auch Vogelbeere, die anders als Salweide und Aspe weniger verdämmend wirken, können vielmehr frühzeitig durch positive Pflege gefördert werden, denn durch ihr rasches Jugendwachstum sind diese Baumarten in der Lage, in wenigen Jahrzehnten erntereifes Holz zu produzieren. Die Stammholzerlöse dieser Baumarten – bei guter Qualität – werden vielfach noch unterschätzt.

Darüber hinaus ist es in der Jungwuchsphase gerade bei der Fichte wichtig, bereits auf eine ausreichende Differenzierung und damit auf Stabilität und Vitalität der Einzelbäume zu achten. Da die Fichte heute in den meisten Fällen aus Naturverjüngung entsteht, sollte bereits in dieser Phase, soweit dies die Stabilität des Altbestands zulässt, über gezielte Lichtsteuerung dafür gesorgt werden, dass die Fichtenverjüngung ausreichend differenziert aufwächst. Differenzierung bedeutet, dass gleichmäßig über die Fläche verteilt etwa alle 6 bis 10 m eine vitale also vorwüchsige und gut bekronte Fichte vorhanden ist, die sich durch ihre herrschende oder vorherrschende Stellung deutlich von ihren Nachbarn abhebt. Sie sollte mindestens die 1,5-fache Höhe der umgebenden Fichten haben (Rothkegel und Ruppert 2015). Ist eine natürliche Differenzierung in der Fichtenverjüngung nicht gegeben und auch nicht zu erwarten, sollten gezielte Pflegeeingriffe zur Erhöhung der Stabilität erfolgen. Hierbei sind je nach Ausgangssituation verschiedene technische Verfahren möglich. Entscheidend ist es in diesen jungen Beständen, die Eingriffe früh (ideal bei Hüft- bis Brusthöhe) durchzuführen. Grund hierfür ist nicht nur, dass dies deutlich kostengünstiger und effektiver ist, sondern sich auch waldwachstumskundliche Vorteile erzielen lassen. Zugleich entscheidet sich in der Phase der Jungbestandspflege häufig auch das Schicksal von Mischbaumarten, die bei frühen Eingriffen oft noch

erfolgreich begünstigt werden können. Ist der Jungbestand geschlossen und nicht mehr zu überblicken, steigt der Pflegeaufwand stark an und das Schicksal der Mischbaumarten ist damit nicht selten besiegelt. Die Pflege von Mischbeständen ist anspruchsvoll und in der Umsetzung meist schwieriger als die von Reinbeständen. Jedoch gilt auch hier der Satz: »Wer streut, rutscht nicht«. Dies bedeutet: durch die Beteiligung mehrerer Baumarten können die Risiken für den Bestand gesenkt werden.

Beispiel für das Vorgehen in der Jungbestandspflege: Das Optionen-Modell der LWF

Im Zuge des internen Waldbautrainings der Bayerischen Forstverwaltung wurde eine strukturierte Vorgehensweise bei der Beurteilung, Zielsetzung und Maßnahmenplanung in der Pflege entwickelt, die im Grundsatz auch auf die weiteren Durchforstungseingriffe angepasst werden kann (Rothkegel et. al. 2012; LWF 2016). Sie basiert auf der punktuellen Beurteilung der gewünschten Baumarten in Bearbeitungszellen in der Jungbestandspflege-Phase. Angewandt auf die Pflege von Fichten- oder Fichtenmischbeständen ist dieses Vorgehen durch folgende drei Abschnitte gekennzeichnet:

1. Analyse des Ausgangsbestands

Grundlage des Vorgehens ist eine sorgfältige und umfassende Analyse der Ausgangssituation. Dazu gehören die Aspekte der Standorteignung, des Klimarisikos und der allgemeinen Gefährdungslage der jeweils vorhandenen Baumarten. Das Bayerische Standortinformationssystem BaSIS liefert hierzu zentrale Informationen für die Beratung der Waldbesitzer (Taeger et al 2016; Klemmt et al. in diesem Heft). Ferner sind baumartenbezogen die Aspekte von Vitalität, Stabilität und Qualität Kriterien, die für die nachfolgende Erarbeitung der Pflegeziele wichtige Grundlagen liefern. Im Zusammenhang mit dem Anbaurisiko ist vor allem der Flächenanteil der jeweiligen Baumart ausschlaggebend und somit eine weitere Information die zur Bestandsanalyse zählt. In Fichten- bzw. Fichtenmischbeständen ist auch ein Augenmerk auf einzeln beigemischte oder seltene Baumarten zu lenken.

2. Erarbeitung der Zielsetzung (Pflegeziel)

Auf Basis der Bestandsanalyse werden gemeinsam mit dem Waldbesitzer die Pflegeziele für den Bestand festgelegt. Hierzu muss zunächst Klarheit über die betrieblichen Ziele und Wünsche des Waldbesitzers

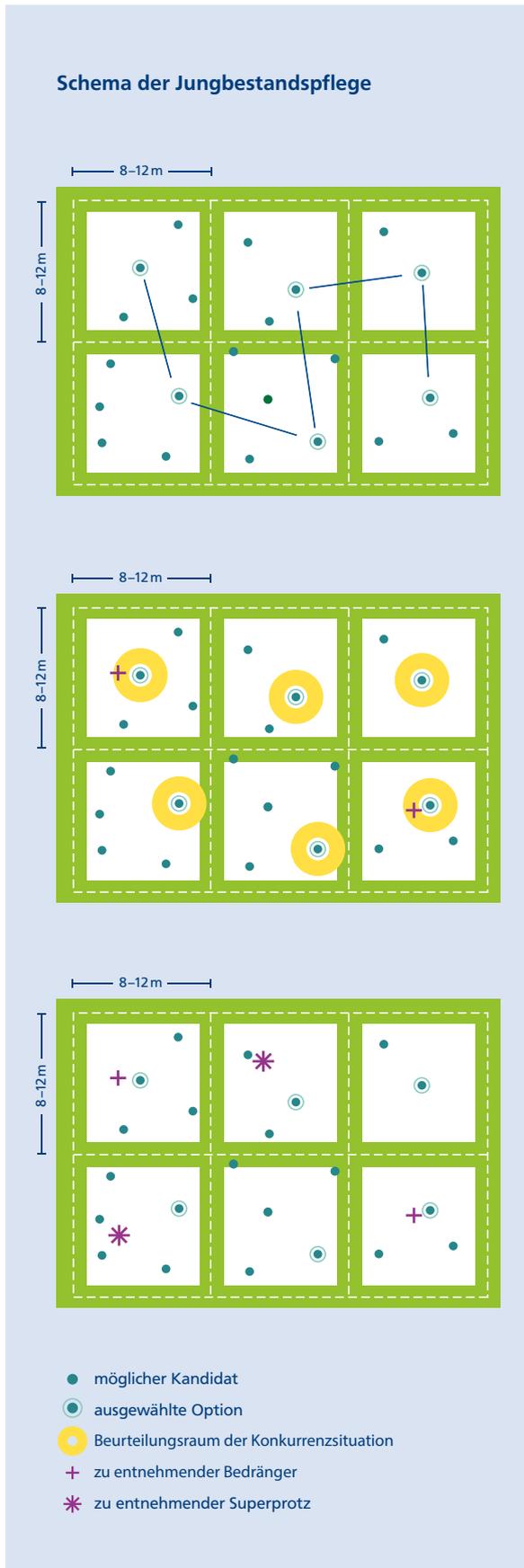


Abbildung 2: Optionen-Modell der LWF

hergestellt werden. Grundsätzliche Beratungsziele der Bayerischen Forstverwaltung in Fichten- oder fichtendominierten Beständen sind die ausreichende Beteiligung von Mischbaumarten und die Verbesserung von Vitalität und Stabilität der Fichte. Darauf aufbauend wird für die Fichte und evtl. vorhandene Mischbaumarten festgelegt, wie diese in der Pflege behandelt werden. Konkret geschieht dies über die Priorisierung, indem festgelegt wird, welche Baumarten bei der Pflege in ihren Anteilen zurückgefahren bzw. gefördert werden. So müssen beispielsweise auf Standorten, auf denen das Risiko der Fichte künftig deutlich ansteigt, die vorrangigen Ziele sein, für stabile und vitale Einzelbäume zu sorgen und möglichst viele Mischbaumarten zu beteiligen. Hierzu muss eine ausreichende Zahl von »Optionen« festgelegt sein. Die Optionen oder zielgerechte Kandidaten fungieren als Stellvertreter für die erwünschten und über die Zielsetzung priorisierten Baumarten. Diese Optionen können Fichten, aber auch andere Baumarten sein. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die ausgewählten Optionen auch eine waldbaulich realistische Chance haben, um langfristig am Bestandsaufbau beteiligt zu sein.

3. Umsetzung (Arbeitsauftrag)

Die Umsetzung erfolgt auf Basis einer systematischen Vorgehensweise (Abbildung 2). An maximal 100 bis 150 Punkten pro Hektar (Optionen) wird die Eingriffsnotwendigkeit im Bestand beurteilt. In der Bestandsituation wird innerhalb einer über die Mindestabstände definierten Pflegezelle von ca. 8–12 m Kantenlänge im Quadrat eine Option ausgewählt, welche die Kriterien Vitalität, Stabilität, Qualität und Rarität (Seltenheit) der Baumartenzielsetzung erfüllt. An dieser Option wird die Eingriffs- oder Pflegnotwendigkeit geprüft. Hierzu wird beurteilt, ob ein Eingriff zugunsten der Option für deren Überleben bis zum nächsten Pflegeeingriff notwendig ist und ob im Umfeld (Pflegeparzelle) der Option Bedränger vorhanden sind, die langfristig das Überleben oder die positive Entwicklung der Option beeinträchtigen. Nur wenn beide Fragen mit ja beantwortet werden können und dabei auf Grundlage des Wuchsverhaltens der Bäume eine reale Chance besteht, die o. g. Ziele zu erreichen, wird die jeweilige Entnahme durchgeführt. Beim Auszeichnen ist eine Markierung sowohl positiv als auch negativ hilfreich, da eine Orientierung im Bestand erleichtert wird und leichter nachvollziehbar ist, ob die gewünschte Baumartenverteilung damit erreicht werden kann.

Durchforstung: Stabilität und Produktivität

Wichtigste Ziele bei der Durchforstung von Fichtenbeständen sind die Stabilität und die Sicherung der gewünschten Anteile der Mischbaumarten. Auch hier gilt: je höher das künftige Anbaurisiko der Fichte, desto stärker sollten Mischbaumarten beteiligt werden. Sind in Durchforstungsbeständen bei hohem Risiko nur geringe Anteile von Mischbaumarten vorhanden, sollten diese auch unabhängig von ihrer Qualität gefördert werden. Denn sie erhöhen die Stabilität und Resilienz von Fichtenbeständen. Sie können bei der späteren Verjüngung als Samenbäume dienen und mildern die Folgen, wenn die Fichte durch Schädlinge oder Trockenheit vorzeitig ausfällt. Dies gilt wie bereits oben erwähnt auch für Weichlaubholz. Umgekehrt gilt der Mischungsgedanke auch in laubholzreichen Beständen für die Fichte. Denn auch bei höherem Anbaurisiko muss nicht ganz auf die Fichte verzichtet werden, da sich auch hier über eine gezielte Durchforstung die Fichtenanteile so steuern lassen, dass Risiken durch vorzeitige Ausfälle abgepuffert werden.

Beim zweiten wichtigen Ziel der Durchforstung der Fichte liegt der Fokus auf der Stabilisierung von Einzelbäumen. Sie ist die Voraussetzung dafür, das Risiko von Schneebruch und Sturmwurf zu senken und führt im Ergebnis dazu, die Vitalität der Fichten zu erhöhen. Sie ist aber auch die entscheidende Voraussetzung für längere Überschirmungszeiträume. Regelmäßige Durchforstungen schaffen die Voraussetzung für das Einbringen von Schattbaumarten mittels langfristiger Verjüngungsverfahren, weil der Fichtenaltbestand dann stabil genug ist, den längeren Verjüngungsgang ohne Schaden zu überstehen. Konkretes Ziel ist es hierbei, Fichten mit langen grünen Kronen und einem guten Verhältnis von Brusthöhendurchmesser zu Gesamtlänge des Baumes (h/d-Verhältnis) zu erreichen. Als Zielwerte dieser Stabilitätskriterien gelten ein Bekronungsgrad von über 50% und h/d-Werte unter 0,7. Entsprechend gefördert werden dadurch auch der Zuwachs des Einzelbaumes und seine spätere Fruktifikationsmöglichkeit.

Die für die Stabilisierung notwendigen Eingriffe in der Fichte werden als Hochdurchforstung ausgeführt. Hier wird gezielt in die herrschende Bestandsschicht eingegriffen. Dies bedeutet in der Regel, dass auch der zu entnehmende Baum ein herrschender oder mitherrschender ist. Erst hierdurch tritt der Erfolg der Durchforstung ein. Eine erfolgreiche Stabilisierung von Einzelbäumen kann nicht über die Entnahme

von unter- oder zwischenständigen Bäumen erreicht werden!

Gerade in der Privatwaldberatung ist die Vermittlung des Prinzips der Hochdurchforstung nicht immer einfach. Waldbesitzer neigen häufig zu zurückhaltenden und niederdurchforstungsartigen Eingriffen. Aus diesem Grund sollte die Anzahl der Ausleseebäume in der Durchforstungsphase nicht zu hoch gewählt werden, denn eine hohe Anzahl von Ausleseebäume verleitet dazu, weniger echte hauptständige Bedränger, als vielmehr unter- und zwischenständige Bäume zu entnehmen. Wie Klädtke (2004) zeigt, steht bei vorherrschenden Fichten das Verhältnis zwischen Kronenbreite und Brusthöhendurchmesser in einer sehr engen Beziehung. So liegt die Kronenbreite bei einem Brusthöhendurchmesser von 60 cm im Schnitt bei rund 7,5 m, was rund 200 Ausleseebäumen pro ha entspricht. Eine höhere Anzahl von Ausleseebäumen führt zwangsläufig zum Verlust von Struktur und Stabilität des Bestands. Ist es jedoch dezidiertes Ziel, langfristig strukturreiche Fichtenbestände zu entwickeln, sind niedrigere Zahlen von Ausleseebäumen notwendig, wie sie z. B. das Konzept »Bewirtschaftung von Fichten- und Fichtenmischbeständen im Bayerischen Staatswald« (Bayerische Staatsforsten AöR 2009) vorsieht.

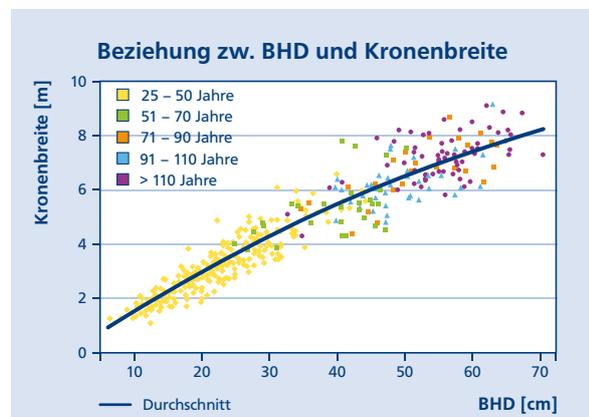


Abbildung 3: Beziehung zwischen Brusthöhendurchmesser und Kronenbreite bei vorherrschender Fichte (Klädtke 2004)

In den Bereichen zwischen den geförderten Ausleseebäumen, also in den »Zwischenfeldern« sind keine Eingriffe erforderlich. Wichtig ist dabei, mit den Durchforstungen nicht zu spät zu beginnen, da sonst bei der Fichte die gewünschte Stabilität der Einzelbäume gefährdet ist. Dies zeigt sich in einem steigenden h/d-Verhältnis und einem sinkenden Bekronungsgrad und kann aufgrund des geringen Kronenausbauvermögens der Fichte mit zunehmendem Alter immer langsamer ausgeglichen werden. Zugleich führt eine zu späte

Durchforstung auch zu Ertragsverlusten, denn der Zuwachs verteilt sich auf ein größeres Baumkollektiv und die gewünschten Zielstärken werden später erreicht.

Der Zeitpunkt für den ersten Jungdurchforstungseingriff ist erreicht, wenn bei der Fichte die unteren Astquirle auf einer Höhe von 2–3 m abgestorben sind. Je nach Produktivität des Standorts wird dieser Zeitpunkt im Alter von 20–25 Jahren und bei einer Oberhöhe von 10–12 m, auf Hochleistungsstandorten auch schon früher, erreicht. Die Ausleseebäume sollten dauerhaft markiert und pro Eingriff ein bis zwei Bedränger im Herrschenden entnommen werden. Die Eingriffsstärke sollte nicht über (40)–60 Efm pro ha und Jahrzehnt liegen, wobei hier von einem bereits feinerschlossenen Bestand ausgegangen wird. Zu Beginn der Jungdurchforstung sollte der Turnus zwischen den Eingriffen bei fünf bis maximal acht Jahren liegen. Später genügt ein Eingriff pro Jahrzehnt und die Zahl der zu entnehmenden Bäume geht zurück. Dennoch sollte sichergestellt werden, dass die Ausleseebäume weiter begünstigt bleiben und Bedränger entnommen werden.

In mittelalten Fichtenbeständen mit niedrigerem Anbaurisiko, in denen die Auslesedurchforstung versäumt, verspätet oder zu schwach geführt wurde und daher die Einzelbaumstabilität gering ist, müssen Durchforstungen vorsichtig geführt werden. Auch hier sollten die am besten bekronten Fichten als Ausleseebäume und Stabilitätsträger für das gesamte Bestandskollektiv festgelegt und begünstigt werden. Aufgrund der geringen Kronenausbaufähigkeit der Fichte in höherem Alter, ist es nur noch eingeschränkt möglich, die Stabilität der Bestände zu erhöhen. Die Eingriffe müssen hier zunächst deutlich schwächer, dafür aber öfter wiederholt und vorsichtig geführt werden, um die Stabilität des Bestands nicht zu gefährden. Das kann bedeuten, dass nur ein Bedränger pro Auslesebaum entnommen wird. Die zeitlichen Abstände zwischen den Durchforstungen sollten dann nicht zu lang sein.

Fichte auf Zeit – (k)eine tragfähige Option?

Standorte, die bisher für den Fichtenanbau gut geeignet sind, bei denen das Anbaurisiko aber in Zukunft deutlich steigt (Biermayer und Tretter 2016), stellen eine besondere Herausforderung für die waldbauliche Beratung dar. In diesen Situationen neigen Waldbesitzer z. T. dazu, das zukünftige Risiko auszublenden bzw. zu unterschätzen und äußern öfter den Wunsch, weiterhin auf hohe Fichtenanteile zu setzen. Ist dies der

Fall, bietet sich die Möglichkeit, über eine Verkürzung der Umtriebszeit bzw. über eine Reduktion der Zieldurchmesser das Risiko zu minimieren (Brang et al. 2016). Gerade dann sind jedoch frühzeitige, konsequente und in der Regel stärkere Pflege- und Durchforstungseingriffe eine zwingende Voraussetzung, um zumindest späteren Bewirtschaftern die Möglichkeiten für die Schaffung von Mischbeständen zu geben. Denn nur gepflegte und damit ausreichend stabile Wälder bieten die Voraussetzung für ein späteres Einbringen von Schattbaumarten.

Eine wichtige Frage, der derzeit auch in waldbaulichen Versuchen nachgegangen wird, ist, ob mit Durchforstungen in Fichtenreinbeständen die Wasserverfügbarkeit verbessert und so Trockenschäden vorgebeugt werden kann. Erste Ergebnisse deuten an, dass in jüngeren Beständen positive Wirkungen durch regelmäßige Durchforstungen zu erwarten sind (Gebhardt et al. 2014). Aufgrund der noch zu kurzen Untersuchungszeiträume ist es zu früh, um gesicherte Praxisempfehlungen geben zu können. Es ist jedoch zu erwarten, dass durch Durchforstungen ein hohes Anbaurisiko der Fichte zwar leicht gesenkt, aber nicht vollkommen ausgeschaltet werden kann. Die beste Risikovorsorge zur Fichte bleibt damit die Beteiligung eines ausreichenden Anteils klimatoleranter Mischbaumarten. Erstes Ziel der Beratung sollte es daher immer sein, Waldbesitzer – nicht nur bei hohem Anbaurisiko – vom Vorteil von Mischbeständen zu überzeugen. Denn die Arbeit mit der Fichte auf Zeit ist die zweitbeste Lösung und kann leicht zu einem Vabanque-Spiel werden.

Was bringt die Zukunft? – ein Fazit!

Soviel ist in den letzten Jahren deutlich geworden: die Rahmenbedingungen für den Anbau der Fichte in Bayern befinden sich in einem Änderungsprozess. Umso mehr ist es wichtig, sich den Veränderungen zu stellen und durch waldbauliche Maßnahmen vorzubeugen, anstatt sich Borkenkäfern und Trockenperioden auszuliefern. Aktive Waldpflege ist hierfür über alle Bestandphasen wichtig, denn sie hilft, Flexibilität bei der Gestaltung der Wälder zu erhalten. Die Basis hierfür sollte eine standortsbezogene Analyse des künftigen Anbaurisikos der Baumarten sein.

Zweifellos wird der Klimawandel auf vielen Standorten zu einem weiteren Rückgang der Fichtenanteile führen. Die seit den 1970er Jahren in Bayern kontinu-

ierlich steigenden Laubholzanteile sprechen hier eine deutliche Sprache. Das Waldland Bayern zeichnet sich durch eine große Vielfalt an Standorten und Klimabereichen aus. Entsprechend vielfältig sind auch die Bedingungen, unter denen künftig die Fichte in den Wäldern ihren Platz finden kann. Ausgehend von dem Wissen, dass Mischbestände auch ohne Klimawandel betriebssicherer, leistungsfähiger und stabiler sind, ist die Beteiligung von klimatoleranten Mischbaumarten zur heimischen Fichte der Königsweg (Biermayer 2016). Zugleich ist es auch möglich, hierbei andere Nadelbaumarten am Bestandsaufbau zu beteiligen. Hier sollte vor allem die Tanne als wirtschaftlich attraktive und naturnah zu bewirtschaftende Baumart verstärkt im Focus sein. Leider verhindern überhöhte Schalenwildbestände auf immer noch zu großer Fläche die Einbringung und Verjüngung der Tanne. Aber auch bewährte nichtheimische Baumarten wie die Douglasie können ihren Platz als Mischbaumarten in den Wäldern der Zukunft finden.

Literatur

- Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (2014): »Nachhaltig und naturnah«, Wald und Forstwirtschaft in Bayern, Ergebnisse der dritten Bundeswaldinventur
- Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (2016): Merkblatt 29 Jungbestandspflege
- Bayerische Staatsforsten a. ö. R. (2009): Grundsätze der Bayerischen Staatsforsten für die Bewirtschaftung von Fichten und Fichtenmischbeständen
- Biermayer, G. (2016): Brotbaum Nummer 1 – Eine differenzierte Betrachtung der Fichte im Klimawandel Letzte Änderung: 11.11.2016 | URL: <http://www.lwf.bayern.de/cms04/bodenklima/baumartenwahl/012484/index.php>
- Biermayer, G.; Tretter, S. (2016): Wie viel Fichte geht noch im Klimawandel? – LWF aktuell 108, S. 44–49
- Brang, P.; Küchli, Ch.; Schwitter, R.; Bugmann, H. (2016): In: Pluess, A.R.; Augustin, S.; Brang, P. (Red.), 2016 Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adaptionstrategien. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern; Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf; Haupt, Bern, Stuttgart, Wien S. 341–365
- Gebhardt, J.; Häberle, K.-H.; Matyssek, R.; Schulz, C.; Ammer, C. (2014): The more, the better? Water relations of Norway spruce stands after progressive thinning. *Agricultural and Forest Meteorology* 197, S. 235–243
- Klädtker, J. (2004): Konstruktion einer Z-Baum-Ertragstafel am Beispiel der Fichte. In: Mitteilungen der FVA Baden-Württemberg, 173, S. 110
- Klemmt, H.-J. (2017): Mehr Mischung, mehr Produktivität. LWF aktuell 113, S. 17–19
- Rothkegel, W., Ruppert, O.; J. Peter (2012): Jungbestandspflege – wichtige Weichenstellung für zukünftige Wälder LWF aktuell 96, S. 4
- Rothkegel, W.; Ruppert, O. (2015): Forst-Info Nr. 052015, Pflege von Fichten-Bürstenwüchsen
- Taeger, S. (2016): Standortinformationssystem BaSIS. AFZ-Der Wald 4, S. 10–13

Keywords: Spruce, mixed stands, silvicultural guidance, climate change, advance planting, pruning, thinning

Summary: Although the percentage of spruce is declining, spruce is still the most common tree in Bavaria. But the risks for stands with spruce will increase within the next decades through the global climate change. Silvicultural treating of spruce in all ages should therefore consider the coming climatic risks and help to make stands more stable. For this purpose suggestions for the silvicultural guidance in private and municipal forests are made.

Die Fichte im Bayerischen Staatswald

Walter Falzl, Hans Mages, Markus Neufanger, Alexander Schnell, Matthias Ernst und Christoph Riegert

Schlüsselwörter: Fichte, Bayerische Staatsforsten (BaySF), naturnaher Waldbau, Klimawandel, Klimarisikokarte, Waldschutz, Waldumbau, Naturschutz, Artenschutz, 4-Baum-Konzept, Forsteinrichtungsplanung, Frankenwald

Zusammenfassung: Wenngleich vom Klimawandel und durch Waldschutzrisiken besonders betroffen, ist die Fichte keinesfalls eine »Tabu-Baumart«, sondern eine Baumart von zentraler Bedeutung für den Aufbau gegenwärtiger wie künftiger Waldgenerationen. Als häufigste Baumart im Bayerischen Staatswald prägt sie die Waldumbaubestrebungen der Bayerischen Staatsforsten (BaySF) hin zu standortgemäßen, strukturreichen, stabilen und leistungsfähigen Mischwäldern, gilt vielerorts als eine Säule des so genannten »4-Baum-Konzepts« und spielt eine wichtige Rolle für die Holzvermarktung und den wirtschaftlichen Erfolg des Unternehmens BaySF. Alte naturnahe Fichtenwälder oder Fichten als Strukturelemente für den Artenschutz sind integrative Bestandteile des Naturschutzkonzepts der BaySF. Am Beispiel des Waldgebiets des Jahres – dem Frankenwald – lässt sich die mittelfristige Forsteinrichtungsplanung eines Fichtenbetriebs der BaySF verdeutlichen.

Vorkommen und Bedeutung der Fichte im Bayerischen Staatswald

Die Fichte ist die häufigste Baumart in den Wäldern der Bayerischen Staatsforsten (BaySF). Mit einem Flächenanteil von 43 % bzw. rund 310.000 Hektar (ha) und einem Vorratsanteil von 51 % bzw. 104 Mio. Erntefestmeter ohne Rinde (Efm) prägt sie maßgeblich die waldbauliche Situation im Bayerischen Staatswald. Darüber hinaus trägt sie mit Anteilen von über 60 % am Einschlag und rund 70 % am Holzumsatz entscheidend zum wirtschaftlichen Erfolg der BaySF bei.

Die Fichte kommt über ihr natürliches Verbreitungsgebiet hinaus in allen Regionen im Bayerischen Staatswald vor. Ihre Vorkommensschwerpunkte befinden sich im Alpen- und Voralpenraum, den östlichen Mittelgebirgen sowie in Schwaben. Abbildung 1 zeigt das Fichtenvorkommen im Bayerischen Staatswald.

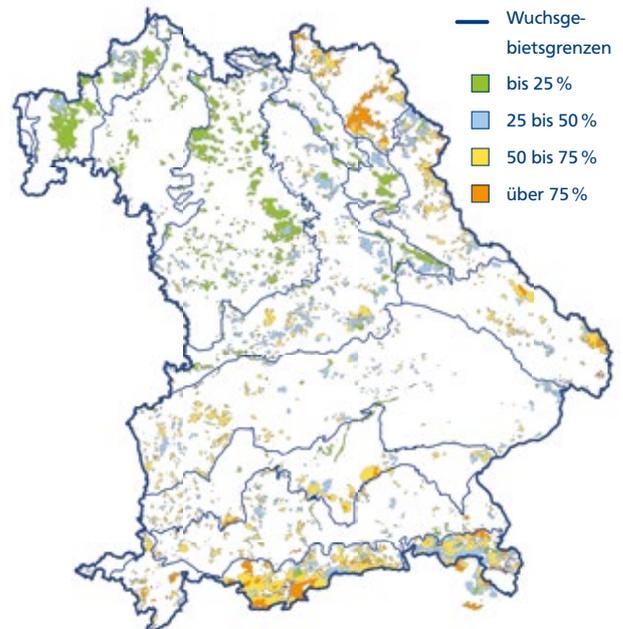


Abbildung 1: Fichtenvorkommen im Bayerischen Staatswald (2016; Fichtenanteil der Oberschicht je Distrikt)
Karte BaySF, Dr. Kay Müller

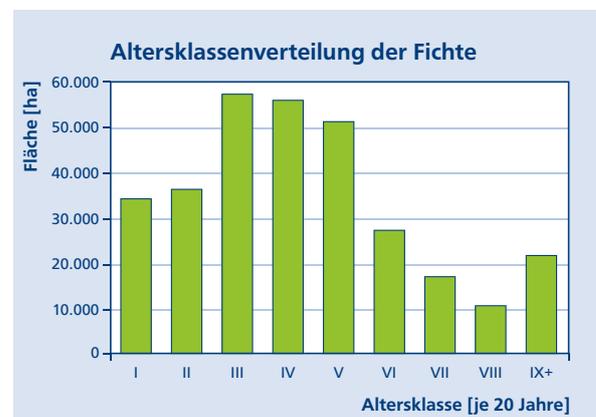


Abbildung 2: Altersklassenverteilung der Baumart Fichte im Bayerischen Staatswald (Stand Geschäftsjahr 2016)

Die mit 139 cm Brusthöhendurchmesser (BHD) stärkste Fichte im Bayerischen Staatswald findet sich am Forstbetrieb Ruhpolding (Inventur 2008). Ebenfalls im Hochgebirge, im österreichischen Betriebsteil der Bayerischen Staatsforsten am Forstbetrieb St. Martin, wurde neben der mit 50 m höchsten Fichte auch die mit 505 Jahren älteste bekannte Fichte im Verantwortungsbereich der BaySF erfasst (Inventur 2011).

Die Altersklassenverteilung der Fichte (Abbildung 2) zeigt, dass der Schwerpunkt der Fichtenfläche in der dritten bis fünften Altersklasse (41 bis 100-jährige Fichte) liegt. Die jüngeren Altersklassen nehmen ebenso wie ältere Fichten deutlich geringere Flächenanteile ein. Mit mehr als 20.000 ha finden sich auf größerer Fläche auch Fichten mit einem Alter über 160 Jahre (Altersklasse IX+); der eindeutige Schwerpunkt liegt hier im Hochgebirge.

Bewirtschaftung von Fichten- und Fichtenmischbeständen im Bayerischen Staatswald

Mischwälder als waldbauliches Herzstück

Für die BaySF ist der Aufbau *standortgemäßer, stabiler und leistungsfähiger Mischwäldern* das zentrale waldbauliche Leitbild. Sie zeichnen sich durch einen hohen Strukturreichtum (ungleichaltrig und möglichst dauerwaldartig aufgebaut) und ein wertvolles ökologisches Inventar (z. B. Biotopbäume, Totholz) aus und sind im Bayerischen Staatswald die waldbauliche Antwort auf die vielfältigen Bedürfnisse, die die Gesellschaft an ihn stellt. Denn strukturreiche Mischwälder

- sind widerstandsfähiger gegenüber biotischen (z. B. Insektenbefall) und abiotischen (z. B. Sturmwurf) Schäden und reagieren auf Störungen elastisch, das heißt sie erholen sich schneller,
- fördern die Biodiversität und sind daher Teil des integrativen Naturschutzkonzepts der BaySF,
- leisten grundsätzlich höhere Zuwächse als vergleichbare Reinbestände,
- sind wirtschaftlich leistungsfähig (vielfältiges Warenlager, betriebliche Flexibilität, verringertes Risiko) und erhöhen die Entscheidungsfreiheit künftiger Generationen,
- sind abwechslungsreich und attraktiv für die Erholung suchende Bevölkerung,
- erfüllen darüber hinaus noch weitere wichtige gesellschaftliche Ansprüche wie beispielsweise an den Wasser- oder Bodenschutz.

Eine besondere Herausforderung stellt bei dieser Zielsetzung der Klimawandel dar, der erhebliche, heute nur teilweise abschätzbare Veränderungen für das Ökosystem Wald mit sich bringen wird. Als sicher gilt, dass das Risiko für die Fichte vielerorts deutlich zunehmen wird. Die Karte in Abbildung 4 zeigt die prognostizierte Veränderung des Klimarisikos bis zum Jahr 2100. Während im Alpenraum oder den ostbayerischen Mittelgebirgen kaum bzw. nur ein leicht wachsendes Klimarisiko zu erwarten ist, zeichnet sich z. B.

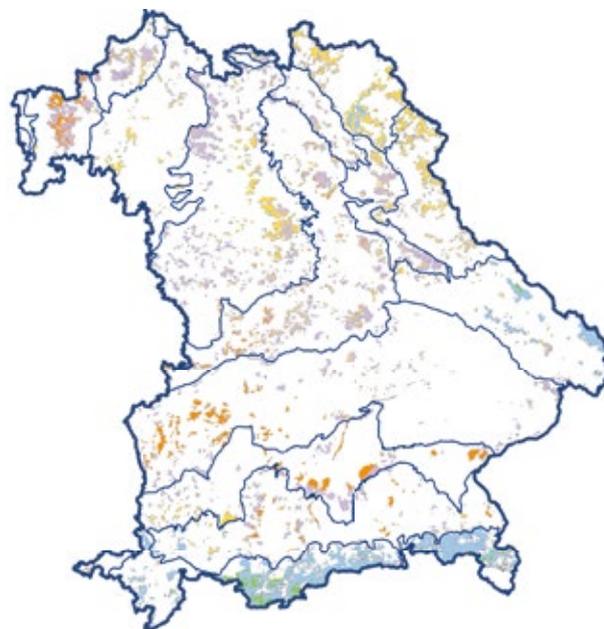
für die fichtenreichen Regionen im südlichen Jura, im Tertiären Hügelland und im Voralpenland eine deutliche Verschärfung des Klimarisikos ab. Der Schwerpunkt des Waldumbaus liegt daher auch in diesen Regionen mit hohem Fichtenvorkommen und gleichzeitig spürbar zunehmendem Klimarisiko (vgl. Abbildung 1 und Abbildung 4).

Eine zentrale waldbauliche Zielsetzung ist hierbei, fichtenreiche Bestände gemäß dem »4-Baum-Konzept«



Abbildung 3: Naturnaher strukturreicher Fichtenmischwald mit Tanne und Buche am Forstbetrieb Bad Tölz

Foto: K. Huschik



- | | |
|-----------------------|---------------------|
| — Wuchsgebietsgrenzen | ■ erhöht |
| ■ geringer | ■ stark erhöht |
| ■ unverändert | ■ sehr stark erhöht |

Abbildung 4: Veränderung des Klimarisikos für die Fichte im Bayerischen Staatswald (Vergleich der Jahre 2000 zu 2100) Karte BaySF, Dr. Kay Müller

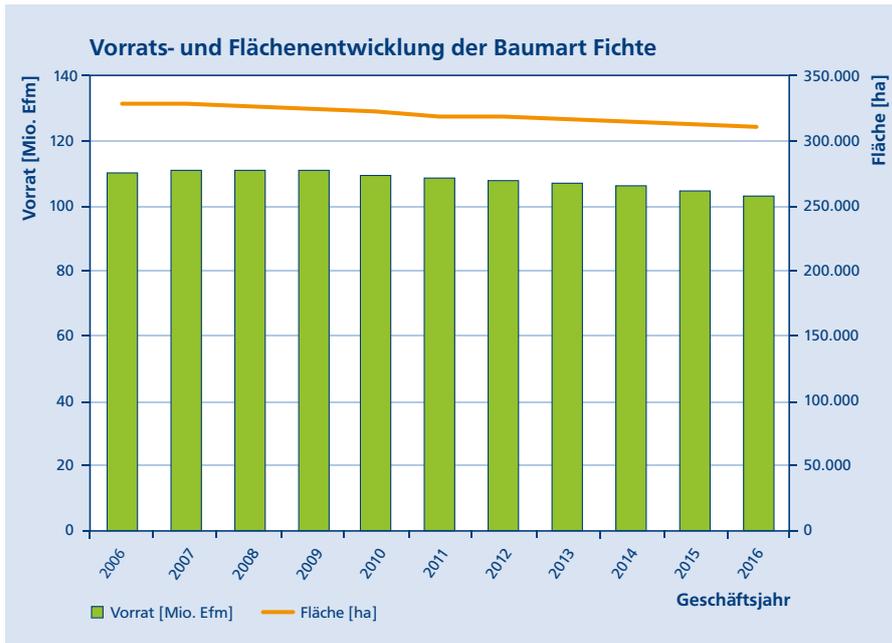


Abbildung 5:
Vorrats- und Flächen-
entwicklung der Baumart
Fichte im Bayerischen
Staatswald

der BaySF in Mischbestände umzubauen, die nach Möglichkeit über mindestens vier Wirtschaftsbaumarten verfügen. Durch diesen bereits seit Jahren aktiv und konsequent vorangetriebenen Waldumbau nimmt der Anteil von Fichtenmischbeständen mit einer zielgerichteten Vorausverjüngung im Bayerischen Staatswald stetig zu.

Der Waldumbau im Bayerischen Staatswald ist kein kurzfristiger Austausch von Baumarten mit starken Eingriffen in die Waldbestände, sondern eine langfristige Umwandlung der Bestockung im Rahmen der planmäßigen Verjüngung überwiegend unter dem Schirm der Altbestände. Negative ökologische, waldbauliche oder ertragskundliche Auswirkungen werden so vermieden. Ziel dieses moderaten Vorgehens ist eine stetige und zielgerichtete Veränderung des Waldes, sodass er alle seine Funktionen ohne Unterbrechung oder abrupte Änderung erfüllen kann. Wichtige Ziele der nachhaltigen Betriebsplanung auf Ebene jedes einzelnen Forstbetriebs der BaySF sind hierbei, eine hohe Zuwachsleistung und damit ein entsprechendes Nutzungspotenzial sicherzustellen und zugleich Holzvorräte zur Risikominimierung und zum Aufbau bzw. Erhalt wichtiger waldbaulicher Strukturen auszusteuern. Auch in den nächsten zwei bis drei Jahrzehnten werden weiterhin große waldbauliche Anstrengungen und Aufwendungen für den Waldumbau erforderlich sein. In der Folge wird sich der Fichtenanteil im Bayerischen Staatswald insgesamt verringern: Die angestrebte Baumartenzusammensetzung in 50 Jahren (ABZ) sieht BaySF-weit einen Fichtenanteil von 35 %

und damit einen Rückgang um 8 %-Punkte (ausgehend von heute 43 %) vor. Dieser Flächenverlust bei Fichte soll zur Sicherung von Nadelholzanteilen durch eine verstärkte Beteiligung klimatoleranter Nadelbaumarten wie Weißtanne oder Douglasie zu einem möglichst großen Teil aufgefangen und so die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit der klimastabilen Wälder nachhaltig gesichert werden.

Der in den zurückliegenden Jahren forcierte Waldumbau von Fichten(rein)beständen führte im letzten Jahrzehnt zu einem bemessenen Rückgang des Fichtenvorrats und der Fichtenfläche um jeweils rund 5 % (Abbildung 5). Trotz dieser Entwicklung wird die Fichte aber die prägende Baumart bei den BaySF bleiben und regional sowie standörtlich differenziert entweder als führende oder als Mischbaumart ihren Platz im naturnahen Waldbau behalten. Zunehmende Bedeutung gewinnen in den letzten Jahren Pflegeeingriffe unter dem Altholzschirm zur Sicherung der gewünschten Mischbaumarten. Insbesondere im Hochgebirge sichern die BaySF bei ausbleibender Naturverjüngung eine ausreichende Fichtenbeteiligung auch durch gezielte Kulturmaßnahmen und leisten so unter anderem einen wichtigen Beitrag zum Erhalt der Schutzfunktionen.

Richtlinie zur Bewirtschaftung von Fichten- und Fichtenmischbeständen

Die Richtlinie für die Bewirtschaftung von Fichten- und Fichtenmischbeständen im Bayerischen Staatswald greift den Mischwaldgedanken und den Waldumbau im Klimawandel als zentrale Elemente auf. Im Kern handelt es sich bei dieser Art der Fichtenbewirtschaftung um eine Hoch- bzw. Strukturdurchforstung in der Wachstumsphase und einer darauf folgenden, frühzeitig einsetzenden, femelartigen Verjüngungsphase. Früher Durchforstungs- bzw. Verjüngungsbeginn, mäßige Entnahmestärken und oft wiederkehrende Eingriffe sowie langfristige Verjüngungszeiträume kennzeichnen das waldbauliche Vorgehen. Letztlich zielt das Konzept auf die großflächige Überführung der heutigen meist gleichaltrigen Fichtenbestände in mischbaumartenreiche, dauerwaldartige Waldaufbauformen ab.

Um dieses waldbauliche Ziel zu erreichen, finden in den jüngeren Fichten- und Fichtenmischbeständen konsequente und frühzeitige Pflege- bzw. Durchforstungseingriffe statt, wobei die Entnahmen in mäßiger Stärke bei häufigem Turnus erfolgen. Ziel ist das Herausarbeiten von zunächst rund 100 vitalen, gesunden und gut geformten Zielbäumen (= Z1) je Hektar. Die Zielbäume bestehen aus Fichten und Mischbaumarten. Die Holzentnahmen erfolgen zuwachsoptimal: Durch Entnahme echter Konkurrenten werden die Zielbäume (Z1) konsequent gefördert. Gleichzeitig bleiben in den unbearbeiteten Zwischenfeldern 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. Das hier zur Anwendung kommende Konzept wird dann als »Strukturdurchforstung« bezeichnet, in der auch Z2-Bäume ab der Altdurchforstungsphase als spätere Z1-Nachfolger gezielt begünstigt werden.

Mit Erreichen der Zielstärke bei den Z1-Bäumen wird frühzeitig (auf stabilen Standorten etwa ab dem Alter 60 Jahre) die Verjüngung eingeleitet, um rechtzeitig Mischbaumarten zu etablieren und langfristig Strukturen zu schaffen. Dabei wird betont femelartig vorgegangen, um unterschiedlichste Lichtverhältnisse im Bestand zu erzielen. Ein Fehler wären flächige, schirmschlagartige Auflichtungen oder »Entrümpelungen«. Bei den Folgeeingriffen wird zunächst über der Vorausverjüngung entsprechend dem Lichtbedürfnis weiter nachgelichtet und ggf. leicht buchtig gerändelt. Die weiteren Maßnahmen erfolgen dann überwiegend über eine differenzierte verjüngungsorientierte Zielstärkenutzung in den Zwischenfeldern; ein Zu-

sammenführen der Verjüngungskerne im Sinne des klassischen Femelschlagverfahrens gibt es nicht. Wichtigste Steuerungsgröße ist dabei die Einhaltung eines Zielvorratskorridors (auf besseren Standorten 300 bis 400 Efm/ha), um eine ausreichende Struktur und Stabilität zu gewährleisten. Im Idealfall entstehen so strukturreiche Mischbestände, welche innerhalb des Zielvorratskorridors in ein Fließgleichgewicht überführt werden. Waldbauliche Eingriffe dienen dann immer mehreren Zwecken (Ernte, Verjüngung, Strukturförderung, usw.). Bei Störungen in der Oberschicht können Zuwachsverluste durch darunter vorhandene Bestandsschichten abgepuffert werden.

Produktionsziel ist bei der Baumart Fichte normale Standardware. Differenziert nach Standort und Risiko gelten für die Z1-Bäume der Fichte auf stabilen Standorten je nach Wuchspotenzial Zielstärken von 45 bis 50 cm BHD; auf labilen Standorten und in geschädigten Beständen liegt die Zielstärke mit 40 bis 45 cm BHD darunter. Die Zielstärken kennzeichnen den Beginn der Z1-Nutzung, die sich über mehrere Jahrzehnte erstreckt, so dass der überwiegende Teil der Zielbäume stärkere Dimensionen erreichen wird (Zielstärkenkorridor).

Die »Fichten-Richtlinie« eröffnet bei ausreichender Bestandesstabilität auch die Möglichkeit des »Quereintritts«, das heißt die Anwendung der Richtlinie in Beständen, die in der Vergangenheit nicht oder nach anderen Regeln behandelt wurden. Mischbaumarten können in das Behandlungskonzept problemlos integriert werden.

Auch für heute vorhandene Fichtenbestände, deren Standorte aufgrund von Klimaprognosen zukünftig kaum mehr für Fichte geeignet sind und welche vorsorglich in laubholzreiche Mischbestände umgebaut werden, kann die Richtlinie angewandt werden. Die Übersicht in Abbildung 6 fasst die Richtlinie der BaySF für die Bewirtschaftung von Fichten- und Fichtenmischbeständen im Bayerischen Staatswald zusammen.

Orientiert am Bestandesalter und der Bestandesoberhöhe sind hierin für alle vier Nutzungsarten (JP = Jungbestandspflege, JD = Jungdurchforstung, AD = Altdurchforstung, VJN = Verjüngungsnutzung) die wesentlichen waldbaulichen Maßnahmen beschrieben.

Die Grundsätze für die Bewirtschaftung von Fichten- und Fichtenmischbeständen werden in den jeweiligen Forstbetriebsplanungen (Forsteinrichtung) umgesetzt. Zentrale Steuerungsfaktoren sind hierbei in langfristig zu bewirtschaftenden Beständen die Einhaltung des Zielvorratskorridors auf Einzelbestandsebene (abhängig von Standort, Baumartenzusammensetzung, Bestandesstabilität, Risikofaktoren, etc.), der

Alter [Jahre]	10		25		45		65	
Bestandesoberhöhe	12 m				25 m		32 m	
Nutzungsart	JP		JD		AD		VJN	
Wichtige Pflegeeingriffe	Jungwuchspflege		Zielbaumdurchforstung		Differenzierte Zielbaum- und Strukturdurchforstung		Verjüngung/Zielbaumnutzung	
Maßnahmen	Mischbaumartenpflege/Mischwuchsregulierung, Standortregulierung		Förderung Z1 aus Fichte und 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/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 und Eingriff, max. 20 % der Z1 je Eingriff bzw. 30 % der Z1 im Jahrzehnt. Vorrat auf Niveau halten, lfd. Zuwachs abschöpfen	

Abbildung 6: Grundsätze für die Bewirtschaftung von Fichten- und Fichtenmischbeständen im Bayerischen Staatswald (Höhenentwicklung nach der Ertragstafel Assmann & Franz, Oberhöhenbonität 40)

frühzeitige Beginn verjüngungswirksamer Eingriffe und die Verjüngungszeiträume, welche sich bei stabilen Bestockungen über mehrere Jahrzehnte (bis zu 50 Jahre und mehr) erstrecken und von femelartigen Eingriffen geprägt sind.

In instabilen oder alten Fichtenbeständen, die nicht langfristig bewirtschaftet werden können, wird der Vorrat zuwachspfleglich schrittweise abgebaut; ein dauerwaldartiges Bestandesgefüge kann dann erst aus der möglichst mischbaumartenreichen Nachfolgegeneration entwickelt werden.

Waldschutz und Störungen bei der Fichtenbewirtschaftung

Seit Gründung der BaySF ist die Nutzung der Fichte spürbar von Störungen und Schadereignissen geprägt. Die im Umfang von jährlich über 3 Mio. Efm geplanten Einschlagsmengen der Fichte (Fichten-Hiebsatz) wurden aufgrund von verschiedenen Schadereignissen teilweise deutlich übertroffen. Rund zwei Drittel des Gesamteinschlags im abgebildeten Zeitraum erfolgten planmäßig. Durchschnittlich geht etwa ein Drittel des jährlich realisierten Fichten-Einschlags im Bezugszeitraum

GJ 2006 bis GJ 2016 auf ungeplante, zwangsbedingte Nutzungen zurück. Abbildung 7 zeigt die Einschlagsentwicklung der Baumartengruppe Fichte, den jährlichen Anteil zwangsbedingten Einschlags (ZE) sowie den jährlichen Fichten-Hiebsatz der BaySF (orange Linie).

Die realisierten Einschläge lagen vornehmlich sturm- und borkenkäferbedingt zum Teil deutlich über dem geplanten Hiebsatz. Insbesondere in und unmittelbar nach Sturmereignissen wie in den Geschäftsjahren 2007 (Sturm Kyrill), 2008 (Sturm Emma) oder im Geschäftsjahr 2015 (Sturm Niklas mit anschließendem Hitze-/Trockensommer) prägten Kalamitätsmengen den Einschlag der Fichte. Gut die Hälfte des kalamitätsbedingten Fichteneinschlags entsteht dabei in Folge von Sturmereignissen (Wurf und Bruch). Die Erfahrung der zurückliegenden Jahre zeigt, dass beinahe in vergleichbarem Ausmaß Schäden durch Borkenkäferbefall nachfolgen. Sonstige Störungen wie Schnee-, Eis- und Duftbruch oder neuartige Waldschäden spielen mit einem Anteil von rund 5% der zwangsbedingten Nutzung BaySF-weit eine eher untergeordnete Rolle.

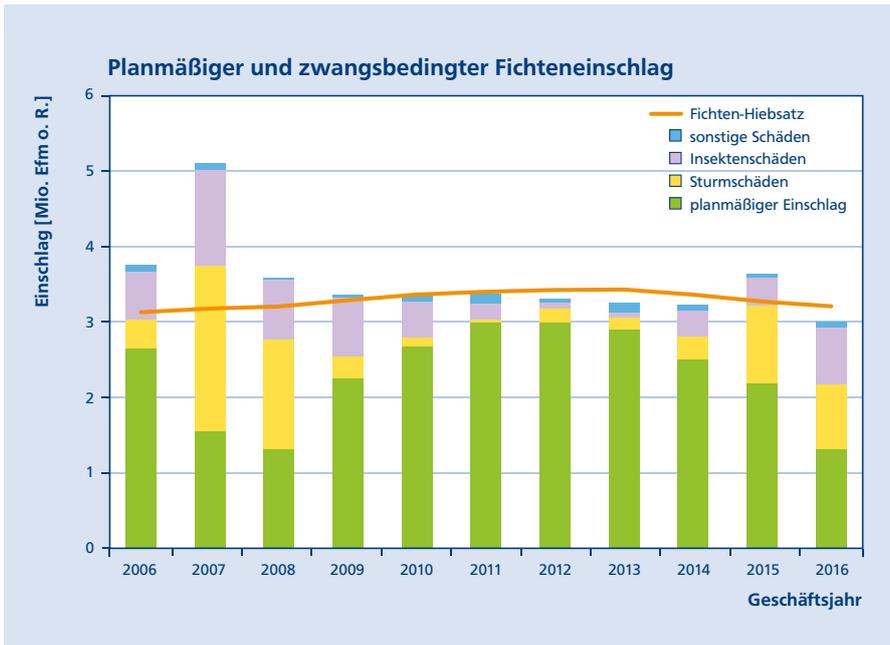


Abbildung 7: Einschlagsentwicklung der Baumartengruppe Fichte und Ursache zwangsbedingter Nutzungen

Insbesondere Borkenkäfer (Buchdrucker und Kupferstecher) zählen bei der Fichte zu den gefährlichsten Forstschädlingen und können enorme waldbauliche und finanzielle Schäden bei der Waldbewirtschaftung verursachen. Deshalb hat die Borkenkäfervorsorge im Rahmen des Risikomanagements der BaySF eine sehr hohe Priorität und wird in Form forstbetrieblich individueller Borkenkäferkonzepte abgebildet. Ziel der Konzepte ist es, sich unter Beachtung der jeweiligen Rahmenbedingungen optimal für eine erfolgreiche Überwachung und Bekämpfung aufzustellen. Im Fokus stehen hierbei laufende Maßnahmen der Borkenkäferprävention durch eine saubere Waldwirtschaft (Brutraumentzug), eine rechtzeitige und systematische Borkenkäfersuche sowie eine wirksame Borkenkäferbekämpfung.

Maßgeblich unterstützt werden die Forstbetriebe bei ihren Waldschutzbestrebungen durch das Zentrum für Energieholz, welches als Sondereinrichtung der BaySF Kronenmaterial und schwächeres Derbholz hackt und vermarktet. Dadurch kann dem Borkenkäfer in spürbarem Umfang potenzieller Brutraum entzogen werden. Durch einen abgestimmten Gesamtprozess im Borkenkäfermanagement von der Borkenkäfersuche über eine möglichst schnelle Aufarbeitung befallener Bäume und zeitnahe Abfuhr des Käferholzes bis hin zur wirtschaftlichen Vermarktung und Restholzverwertung gelingt es, die Schadholzmengen und die damit verbundenen waldbaulich und betriebswirtschaftlich negativen Auswirkungen zu begrenzen.

Das Borkenkäfermanagement wird flankierend durch moderne IT-gestützte Erfassungssysteme und Fachverfahren unterstützt. Zusätzlich ermöglicht das BaySF-weite Borkenkäferfrühwarnsystem eine zutreffende Einschätzung der aktuellen Schadsituation und -entwicklung und hilft bei Entscheidungsprozessen zur Aussteuerung des Holzflussmanagements (bevorzugte Abfuhr befallenen Holzes) oder des Fichtenfrischholzeinschlags (z. B. bei größerem Schadholzaufkommen durch Sturm und Borkenkäfer).

Fichtenwirtschaft der BaySF im Frankenwald, Waldgebiet des Jahres 2017

Die Fichte ist die prägende Baumart im Frankenwald, dessen Staatswaldteile auf rund 20.000 ha von den Forstbetrieben Nordhalben und Rothenkirchen der BaySF bewirtschaftet werden. Langgestreckte Höhenzüge, sehr steile, waldreiche Hänge und tiefeingeschnittene Täler prägen das Waldgebiet. Im Frankenwald herrschen Standorte mit frischen Lehmen und frische bzw. nasse Standorte im Bereich von Verebnungen und in Tallagen vor. Charakteristische Böden sind Braunerden unterschiedlichster Nährstoffausstattung und Zweischichtböden (»Kipper«). Das eher raue, kühl-feuchte Mittelgebirgsklima sorgt für überdurchschnittliche Niederschläge (rund 900 mm) und niedrige Jahresdurchschnittstemperaturen (6,7 °C). Der prognostizierte Klimawandel trifft die Fichte jedoch auch hier voraussichtlich weit mehr als andere Baumarten.

Stürme, Borkenkäfer und vermehrte Trockenphasen führten in den letzten Jahrzehnten zu einem Rückgang des »Brotbaums« der deutschen Forstwirtschaft. Der Orkan Kyrill, der am 18. Januar 2007 über den Frankenwald hinwegfegte, war das jüngste Großereignis, das zusammen mit dem nachfolgenden Borkenkäferbefall erhebliche Schadflächen sowie einen Schadholzanfall von über 800.000 Efm im Norden Bayerns verursachte. Aufgrund dieser Kalamitäten haben sich die BaySF für die vorzeitige Durchführung neuer Inventuren und Forsteinrichtungen an den Forstbetrieben Nordhalben und Rothenkirchen nach nur acht Jahren Laufzeit entschlossen.

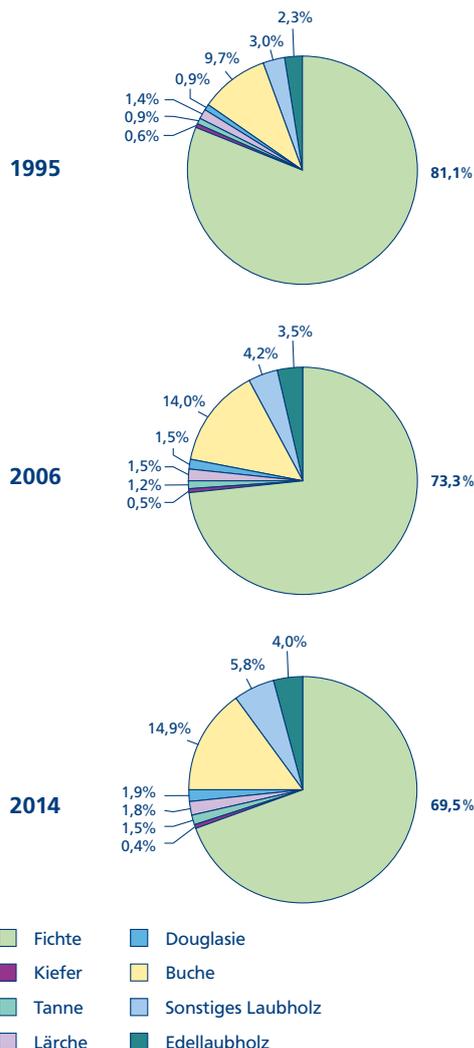
Fichte mit abnehmender Tendenz im Frankenwald

Die Inventurzahlen zeigen die Baumartenveränderungen in der Oberschicht, die sich einerseits aufgrund der Kalamitäten, andererseits aber auch durch den gezielten Waldumbau ergeben haben. So nahmen die

Fichtenanteile auf Flächen der BaySF im Wuchsbezirk Frankenwald in den letzten 20 Jahren spürbar ab (Abbildung 8). Betrugten sie im Jahr 1995 noch 81 %, waren es 2006 noch 73 % und im Jahr 2014 knapp 70 %.

Entsprechend haben vor allem die Laubbaumarten deutlich an Fläche gewonnen, von 15 % im Jahr 1995 auf 25 % im Jahr 2014. Trotz der rückläufigen Tendenz ist die Fichte im Frankenwald nach wie vor die dominierende Baumart und soll gemäß der Forsteinrichtungsplanung auch künftig die prägende Baumart in zunehmend gemischten Beständen bleiben. Eine wichtige Planungsgrundlage für die Baumartenwahl ist das von der Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) modellierte Klimarisiko im Jahr 2100 (Abbildung 9). In den einzelbestandsweisen Verjüngungszielen erfolgte bei der Neuplanung – soweit waldbaulich noch möglich – eine Begrenzung der Fichtenanteile entsprechend den Risikostufen.

Entwicklung der Baumanteile im Frankenwald



Klimarisiko der Fichte im Jahr 2100

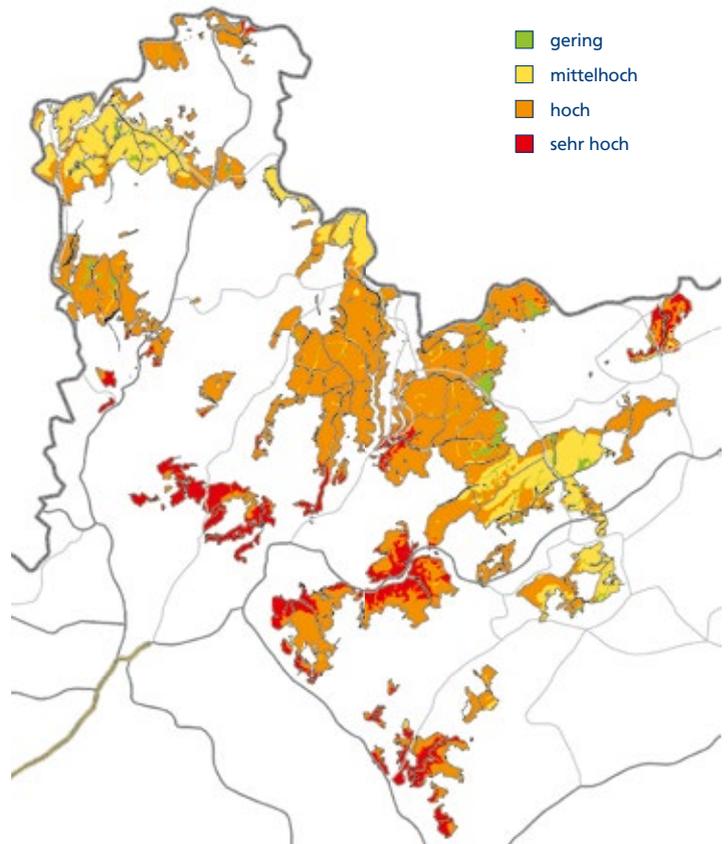


Abbildung 8 (links): Entwicklung der Flächenanteile der Baumarten im Staatswald der BaySF im Wuchsbezirk Frankenwald

Abbildung 9 (rechts): Klimarisiko der Fichte im Jahr 2100 auf Flächen der BaySF im Wuchsbezirk Frankenwald

Karte: BaySF, Dr. Kay Müller, Datenquelle LWF

Die Fichtenreinbestände im Frankenwald besitzen aufgrund ihrer Schadensanfälligkeit gegenüber Sturm und Insektenbefall in der Regel ein hohes Risikopotenzial. Daher wurden sie im Rahmen der Forsteinrichtung frühzeitig in die Verjüngungsnutzung gestellt, um planvoll die Baumartenanteile in der Folgegeneration steuern zu können. Im Wuchsbezirk Frankenwald ist das Risiko der Fichte im Jahr 2100 überwiegend mittelhoch bis hoch. Bereiche der Risikostufe »sehr gering« existieren nicht. Sie soll daher nach der aktuellen Forsteinrichtungsplanung nach Möglichkeit nur noch in Mischbeständen mit Anteilen von im Mittel 50 % am Bestandsaufbau beteiligt werden. In den höher gelegenen Teilen des Frankenwaldes mit einem etwas geringeren Klimarisiko (mittelhoch bis gering) kann die Fichte auch mit bis zu 60 % im Verjüngungsziel vorgesehen werden, während bei der Klimarisiko-Einstufung »sehr hoch« eher 30 % anzustreben sind.

Mischbaumarten zur Fichte im Frankenwald

Der durchschnittliche Anteil der Fichte im Verjüngungsziel aller Endnutzungsbestände im Frankenwald beträgt gemäß waldbaulicher Einzelplanung noch rund 50 %. Im Hinblick auf die Begründung stabiler, naturnaher und leistungsfähiger Mischbeständen mit einer hohen Baumartenvielfalt leisteten die Frankenwald-Forstbetriebe Nordhalben und Rothenkirchen gerade im letzten Jahrzehnt mit dem Voranbau von Buche und Tanne schon sehr viel. Die bereits mit 29 % an der vorhandenen Vorausverjüngung beteiligte Buche trägt als wichtigste Mischbaumart zur Fichte als »Basenpumpe« zur Humus- und Nährstoffverbesserung sowie zur biologischen Sanierung podsolierter Standorte bei. Die Tanne soll als wichtiger Bestandteil des Bergmischwalds und als stabilisierendes Element auf nassen oder wechselfeuchten Standorten in ihren Bestockungsanteilen mit langfristig über 10 % weiter deutlich ausgebaut werden. Sie deckt bereits 6 % der vorausverjüngten Fläche ab, stellt aber mit 23 ha Pflanzfläche pro Jahr auch die wichtigste Baumart für den weiteren Voranbau dar. Als eine im Hinblick auf den Klimawandel positiv zu bewertende Nadelbaumart soll der Anteil der Douglasie durch Pflanzung langfristig und spürbar auf rund 5 % erhöht werden. Hierbei beachtet die Forsteinrichtungsplanung insbesondere die Ziele des Natura 2000-Schutzgebietssystems und verzichtet grundsätzlich in den kleinräumig vorhandenen und naturschutzfachlich hochwertigen FFH-Lebensraumtypen auf die künstliche Einbringung von Douglasie. Als waldbauliche Ergänzung zu den genannten Nadelbaumarten tragen der Bergahorn und insbesondere in den höheren Lagen die sonsti-

gen Laubbölzer (v. a. Vogelbeere) zur Baumartenmischung bei.

Waldbauliche Zielvorstellungen für die Fichtenwirtschaft im Frankenwald

Rund 8.700 ha oder 95 % der Verjüngungsnutzungen im Frankenwald sind führende Fichtenbestände. Hier gilt es, den begonnenen Waldumbau weiterzuführen und die eingebrachten Mischbaumarten zu sichern bzw. mit der Einbringung der Douglasie zu vervollständigen. Bei Umsetzung der Forsteinrichtungsplanung wird hierzu das Vorratsniveau im kommenden Zeitabschnitt von derzeit rund 380 Efm/ha auf voraussichtlich etwa 350 Efm/ha moderat abgesenkt. Günstige Licht- und Temperaturverhältnisse sind die Voraussetzung zur Entwicklung der bereits auf großer Fläche vorhandenen Buchen- und Tannenvoranbauten. Für die Einbringung der Douglasie gilt es, noch nicht verjüngte, lichtere Partien zu nutzen bzw. zu schaffen. In den älteren Beständen ist über Fichten-Naturverjüngungsansätzen ein betont femelartiges Vorgehen durchzuführen, um strukturierte und höhen-differenzierte Verjüngungsvorräte aufzubauen. In noch unverjüngten Beständen ist mit dem Waldumbau und der Einbringung von Buche und Tanne zu beginnen. Mit leicht reduzierten Einreihungsquoten in einer Reihe von Fichtenbeständen wurden bekannte Schwarzschorrvorkommen (Horstschutzonen) berücksichtigt.

Die Durchforstung der Pflegebestände erfolgt nach den Grundsätzen für die Bewirtschaftung von Fichten- und Fichtenmischbeständen der Bayerischen Staatsforsten. Damit wird ein zu starker Vorratsanstieg in der zuwachsstarken Altdurchforstungsphase verhindert und ein Einschwenken in den Zielvorratskorridor ermöglicht. Der Zielvorrat eines durchschnittlichen Fichten(misch)bestands im Frankenwald soll etwa 350 Efm/ha betragen (zwischen 300 Efm/ha auf schwächeren und 400 Efm/ha auf sehr wüchsigen Standorten). Der durchschnittliche Vorrat der führenden Fichten-Altdurchforstungen im Frankenwald beträgt derzeit rund 315 Efm/ha. Als Nutzungssatz in den Altdurchforstungs-Beständen wurden durchschnittlich 80 Efm/ha festgesetzt. In den kommenden zehn Jahren ist somit bei einem Zuwachs von im Mittel rund 13 Efm pro Hektar und Jahr und unter Einbezug der natürlichen Mortalität ein bemessener Vorratsaufbau auf etwa 360 Efm/ha zu erwarten. Die älteren Fichten-Altdurchforstungen dürften dann schon am oberen Rand des Zielvorratskorridors im Frankenwald zu liegen kommen.

Naturales Controlling – Qualitätsmanagement in der Fichtenbewirtschaftung

Das »Naturale Controlling« wurde bereits 2008 bei den BaySF etwa zeitgleich mit der »Fichten-Richtlinie« eingeführt. Es stellt als regelmäßig auf Forstbetriebs-ebene eingesetztes Verfahren ein wichtiges Instrument zur qualitativen Sicherstellung der waldbaulichen Standards bei der Umsetzung der Waldbaurichtlinien dar. Anhand zufällig ausgewählter Pflege- und Hiebmaßnahmen wird das waldbauliche Vorgehen von Forsteinrichtern analysiert und gemeinsam mit Revierleitern und Forstbetriebsleitung im Bestand diskutiert. Die Praktiker erhalten so direkte Rückmeldung zu ihrer waldbaulichen Arbeit, werden auf Mängel hingewiesen oder in ihrer Arbeit bestätigt. In einem Abschlussbericht werden die Ergebnisse für den Forstbetrieb zusammengefasst und bestehender Handlungsbedarf in einem konkreten Maßnahmenplan fixiert.

Die Ergebnisse daraus zeigen bayernweit, dass die Behandlung der Fichtenvornutzungsbestände mittlerweile auf großer Fläche zielgerichtet erfolgt. Die Arbeit an rund 100 »Z-Stämmen« pro Hektar und deren positive Markierung ist gängige Praxis. Mischbaumarten werden in das »Z-Baumkollektiv« integriert und die Zwischenfelder bleiben fast immer unbehandelt. Herausfordernd, da oft noch ungewohnt, wird in Zukunft der weitere Umgang mit den nachrückenden, sogenannten »Z2-Bäumen« als waldbauliches Element in strukturreichen Beständen, die langfristig dauerwaldartig behandelt werden sollen (Strukturdurchforstung). In den Verjüngungsbeständen erfolgen die Entnahmen – neben vielen gelungenen Beispielen – mitunter noch zu stark am Einzelbaum orientiert oder zu durchforstungsartig. Schirmschlagartige Auflichtungen und die Förderung eher einförmiger Verjüngungen lediglich aus Fichte oder Buche sind dann oft die Folge. Femelartige Nachlichtungsansätze sind zwar vielfach vorhanden, die Eingriffe sollten aber öfter als bisher akzentuierter erfolgen. Mit einem stärkeren Wechsel von lichten und dunklen Partien können Struktur und Baumartenanteile im Folgebestand besser gesteuert werden. Insbesondere das Belassen von Dunkelfeldern, in denen kein waldbaulicher Eingriff stattfindet, kann noch konsequenter erfolgen. Die Rückmeldungen im Rahmen des Naturalen Controllings, neu konzipierte Waldbauschulungen zur zielgerichteten Verjüngung und vertiefte Diskussionen zu waldbaulichen Themen bei den Grundlagenbegängen der Forsteinrichtung werden verstärkt und mit Erfolg genutzt, um weitere Verbesserungen in der

Umsetzung der waldbaulichen Richtlinien der BaySF zu erreichen.

Fichte als Element der integrativen Naturschutzstrategie der Bayerischen Staatsforsten

Natürliche Fichtenwälder sowie durch die Fichte geprägte Bergmischwälder kommen flächig in den Hochlagen des Bayerischen Alpenraums sowie der ostbayerischen Mittelgebirge vor. Im Flachland wäre die Fichte mit Ausnahme von Sonderstandorten (v. a. Moore) natürlicherweise nicht vertreten. Diese Sonderstandorte besitzen jedoch eine hohe naturschutzfachliche Bedeutung und sind vielfach als gesetzlich geschütztes Biotop oder als Lebensraumtyp nach der FFH-Richtlinie geschützt. Darüber hinaus werden die im natürlichen Fichtenverbreitungsgebiet vorhandenen Blockwälder mit ihren schützenswerten Moos- und Flechtengesellschaften bei der Waldbewirtschaftung im Bayerischen Staatswald besonders beachtet. Gemäß dem Naturschutzkonzept der BaySF werden



Abbildung 10: Fichten mit einem Durchmesser von mehr als 100 cm werden grundsätzlich nicht mehr genutzt und verbleiben als »Methusaleme« bis zu ihrem Lebensende im Bestand. Foto: J. Völkl

im Hochgebirge Bergmischwälder und subalpiner Fichtenwald ab einem Alter von mehr als 200 Jahren der Klasse 1 zugewiesen. Außerhalb des Hochgebirges gehören über 180-jährige autochthone Fichtenbestände und naturnahe Bergmischwaldbestände der Klasse 1 an. Die Vorkommen der Klasse 1-Waldbestände wurden ebenso wie die für alle BaySF-Forstbetriebe erstellten Regionalen Naturschutzkonzepte im Internetauftritt der BaySF veröffentlicht (<http://www.baysf.de/de/wald-schuetzen.html>).

Über diese grundsätzlich in Hiebsruhe gestellten und unbewirtschafteten Waldflächen hinaus streben die BaySF in naturnahen Fichten(misch)beständen der Klasse 2 und 3 ein stetiges Vorkommen von durchschnittlich zehn Biotopbäumen pro Hektar an. Fichten mit einem Brusthöhenmesser von mehr als 100 cm werden grundsätzlich nicht mehr genutzt und als sogenannte »Methusaleme« erhalten (Abbildung 10). Horst- und Höhlenbäume sind als schützenswerte Lebensstätten integrativer Bestandteil des naturnahen Waldbaus und der Naturschutzstrategie der BaySF.



Abbildung 11: Fichtentotholz als wertvolles Strukturelement im naturnahen Waldbau Foto: M. Hertel

Naturnahe Fichtenwälder im Bayerischen Staatswald sind von besonderer Bedeutung für seltene und schützenswerte Tierarten wie Auerwild, Dreizehenspecht und Ringdrossel. In Form eines speziellen Artenschutzmanagements sichern und verbessern die BaySF die Lebensräume dieser Tierarten. Für jeden Forstbetrieb finden sich spezifische Artenschutzvorhaben im jeweiligen Regionalen Naturschutzkonzept. So wurde beispielsweise auf den Flächen des Forstbetriebs Fichtelberg, wissenschaftlich begleitet durch die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, bereits vor mehr als zehn Jahren ein optimiertes Schutz-, Pflege- und Entwicklungskonzept für das Auerhuhn erarbeitet. Durch differenzierte Auflichtung der Fichtenbe-

stände wird die Beerkrautflora als Nahrungsgrundlage gefördert. Andernorts werden gezielt Fichtenmoorwälder in ihrer Ausprägung zum Beispiel als Lebensraum für den Grauspecht erhalten oder ein naturnaher Zustand wieder hergestellt. Ein weiteres Beispiel für gezielte Artenschutzmaßnahmen der BaySF findet sich am Forstbetrieb Oberammergau. Dort werden stärker vermorschte Baumstümpfe und tote, rindenfreie Fichtenstämme als Träger für das extrem seltene und als FFH-Art geschützte Grüne Koboldmoos erhalten.

Auch außerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebiets hat die Fichte eine naturschutzfachliche Bedeutung. Nicht mehr für Borkenkäferarten fängisches Fichtenholz dient zur Totholzanreicherung. Im naturnahen Waldbau belassene Fichtenunterstände bieten die notwendige Struktur und Deckung im Bereich der Brutplätze von Vogelarten wie Sperlingskauz, Raufußkauz oder Sperber. Rotfaule Fichten werden von Rossameisen besiedelt, deren Larven wiederum als Nahrungsgrundlage für Spechte dienen.

Die Vermarktung der Fichte im Bayerischen Staatswald

In den vergangenen fünf Geschäftsjahren (2012–2016) betrug die jährlich verkaufte Menge an Fichtenholz durchschnittlich 3,15 Mio. Efm. Dies entsprach im Durchschnitt etwa zwei Drittel der Gesamtverkaufsmenge der BaySF.

Die Vermarktung der Fichte ist auf mehreren Säulen aufgebaut. Stammholz (Standardlängen und Langholz) spielt mit etwa 80 % der Menge die größte Rolle. Der hierin enthaltene Anteil an verkauftem Fichtenwertholz liegt deutlich unter 1 %. 8 % des Fichtenholzes finden seinen Absatz bei Industrieholzkunden zur Spanplatten-, Papier- und Zellstoffproduktion. Im Bereich der Energie- und Brennholznutzung werden etwa 12 % der Fichtenvermarktungsmenge abgesetzt.

Der Verkauf des Holzes erfolgt an eine Vielzahl von Abnehmern in Form einer Kombination von regional und überregional agierenden Kunden, vorwiegend in Bayern und den angrenzenden Bundesländern. Ein Teil der Fichtenhölzer wird nach Österreich verkauft.

Ziel der BaySF ist die Versorgung ihrer Kunden mit *Holz aus Bayern* in frischer Qualität und auf kurzen Wegen. Die Frei-Werk-Belieferung vieler Kunden ist ein wesentliches Element für schnelle Prozesse von der Holzernte bis zur Ankunft beim Kunden mit möglichst kurzen Transportentfernungen. Ein rascher Abtransport der geernteten Hölzer leistet zusätzlich einen wichtigen Beitrag zur Entspannung und Verbesserung der Waldschutzsituation (Borkenkäfer).



Abbildung 12: Holz aus Bayern der Bayerischen Staatsforsten – heimisches Holz aus nachhaltiger Forstwirtschaft. Foto: K. Prielmeier

Der Durchschnittserlös aller Sortimente der Fichtenverkaufsmenge bewegte sich in den vergangenen fünf Geschäftsjahren zwischen 70 und 80 €/Efm frei Waldstraße. Bei den Meistgebotsterminen (Submissionen und Versteigerungen) erreichten die Fichten-Werthölzer durchschnittlich 150 €/Efm bis 250 €/Efm. Einzelne Stämme wurden in den vergangenen Jahren mit annähernd 600 €/Efm beboten.

Mit knapp 70 % des Holzumsatzes prägt die Fichte in besonderem Maße die Holzerlöse und trägt entscheidend zum wirtschaftlichen Erfolg der BaySF bei. Als Baumart mit zentraler waldbaulicher wie wirtschaftlicher Bedeutung für den Aufbau gegenwärtiger wie künftiger Waldgenerationen ist und bleibt die Fichte prägendes Element der Wälder im Bayerischen Staatswald.

Literatur

Bayerische Staatsforsten AÖR (2008): Waldbaugrundsätze der Bayerischen Staatsforsten

Bayerische Staatsforsten AÖR (2009): Waldbauhandbuch Bayerische Staatsforsten Bewirtschaftung von Fichten- und Fichtenmischbeständen im Bayerischen Staatswald

Bayerische Staatsforsten AÖR (2009): Naturschutzkonzept der Bayerischen Staatsforsten

Bayerische Staatsforsten AÖR (2013): Regionales Naturschutzkonzept Forstbetrieb Oberammergau

Bayerische Staatsforsten AÖR (2017): Regionales Naturschutzkonzept Forstbetrieb Fichtelberg

Faltl, W. (2015): Eine stetige und zielgerichtete Veränderung des Waldes. AFZ-Der Wald 15, S. 19–21

Keywords: Norway spruce, Bavarian State Forest Enterprise (BaySF), close to nature forestry, mixed forest, climate change, Klimarisikokarte, forest conservation, nature conservation, species conservation, Forest mid- and long-term planning

Summary: Despite the fact that Norway spruce is notably affected by climate change and its associated biotic and abiotic risks it is by no means a taboo, but a tree species of particular importance for the composition of current and future forests. As the prevailing tree species in the Bavarian state forests it is in the centre of efforts to evolve the forests of the Bavarian State Forest Enterprise (BaySF) into site adapted, structurally rich, stable and highly productive mixed forests. In many places Norway spruce is an important pillar of our so-called "4-species-concept" and plays a major role in timber sales and for the economic success of the enterprise. Old spruce forests with a close-to-nature structure as well as single spruce trees as a structural element for nature conservation are integrative components of BaySF's nature protection concept. With the Franconian forest – this year's forest of the year – as an example we would like to present and illustrate a typical mid-term forest management planning for one of our spruce dominated district offices.

Der Frankenwald – Waldgebiet des Jahres 2017

Olaf Schmidt, LWF

»Frankenwald verbindet...« – unter diesem Slogan rief der Bund Deutscher Forstleute den im Nordosten Bayerns und Südosten Thüringens gelegenen Frankenwald zum Waldgebiet des Jahres 2017 aus; der bayerische Teil des Frankenwaldes ist circa 100.000 ha groß. Der hohe Waldanteil von 50 % und seine Lage im Norden Bayerns haben ihm den Titel »Bayerns Grüne Krone« beschert.



Foto: C. Kelle-Dingel



Arme Böden, raues Klima

Der Frankenwald besteht geologisch aus Tonschiefer und Grauwacke, im östlichen Teil auch aus Diabas. Diese sehr alten Gesteine bilden basenarme Braunerden, die gerne versauern. Die meist sehr skelettreichen Böden besitzen ein geringes Wasserspeichervermögen und können vor allem auf den Hochflächen leicht austrocknen. Die durchschnittliche Höhenlage schwankt zwischen 500 und 600 m ü. NN; der Döbraberger mit 795 m und der Wetzstein mit 792 m sind die höchsten Erhebungen. Das raue Mittelgebirgsklima wird geprägt durch eine Jahresdurchschnittstemperatur von 6 °C, 140 bis 160 Frosttagen und einem durchschnittlichen Jahresniederschlag von 975 mm. Kennzeichnend sind auch der sehr späte Frühlingsbeginn und die häufigen sehr kalten Ostwinde im Winterhalbjahr.

Einst Buchenwald

Zwar zeigt sich der Frankenwald heute überwiegend als Fichtenwaldgebiet, doch die Buche ist von Natur aus die Hauptbaumart. Waldmeister-Buchenwald und Hainsimsen-Tannenbuchenwald würden sich kleinräumig im Frankenwald abwechseln. In den steilen Taleinhängen mit relativen Höhenunterschieden von 150 bis 200 m waren Edellaubbäume weit verbreitet. Heute noch sind in den dortigen Steilhängswäldern Berg- und Spitzahorn häufig, daneben treten typische Schluchtwaldbegleiter wie zum Beispiel Sommerlinde, Bergulme, Waldgeißbart, Mondviole, Christophskraut und Stacheliger Schildfarn auf.

Flößerei, Hammerwerke und Glashütten

Der Frankenwald wurde seit etwa 1000 n. Chr. stärker besiedelt, die Flößerei spielte eine immer größere Rolle – insbesondere seit 1300. Hierbei wurde das flößbare Tannenholz dem schweren Buchenholz vorgezogen: Bereits in der Zeit von 1500 bis 1800 wurde die Buche stark zurückgedrängt und einseitig die Tanne gefördert.



Blick auf den Frankenwald bei Markt Pressig, Landkreis Kronach.

Foto: C. Kelle-Dingel

Besonders tragisch hat sich für den Wald die Holzkohlegewinnung ausgewirkt. Namen von Waldabteilungen wie Kohlleihe, Kohlholz oder Kohlstatt erinnern bis heute an die Waldnutzung durch die Köhlerei. Vor allem für die Laubbäume belastend war die Pottaschegewinnung, die gerade rund um die Glashütten bereits im 18. Jahrhundert zu einem Rückgang der Buche führte.

Rückgang der Tanne und Siegeszug der Fichte

Große Sturmwürfe Mitte des 19. Jahrhunderts, Kahlschlagwirtschaft, Begründung von Reinbeständen und örtlich auch eine zunehmende Immissionsbelastung durch Glashütten und Papierfabriken führten zu einem merklichen Rückgang der Tanne und zur Ausbreitung der Fichte. Das Holz der Fichte war ebenso gut und vielseitig verwendbar wie das der Tanne, sie war ebenfalls flößbar, aber unkomplizierter in der Bestandsbegründung. Zudem profitierte sie von den Kahlschlägen und Wiederaufforstungen nach Stürmen und trat seit 1830 einen unbeschreiblichen Siegeszug an. Laut Bun-

deswaldinventur 2012 ist die Fichte mit 72% die wichtigste Baumart im Frankenwald, gefolgt von der Buche mit zwölf Prozent, während die Tanne nur noch knapp zwei Prozent einnimmt.

Waldumbau und Klimawandel

Der Klimawandel zwingt zum raschen Waldumbau – auch im Frankenwald. Die Fichte ist die anfälligste Hauptbaumart für Wärme und Trockenheit. Ziel sind klimatolerante Mischwälder aus Buche, Tanne und Fichte, aber auch Douglasie, Bergahorn und Traubeneiche werden das Waldbild prägen. Damit bleibt der Frankenwald auch in Zukunft Rohstoff- und Energielieferant, Bewahrer des Trinkwassers für ganz Nordbayern und nicht zuletzt wertvoller Rückzugsraum für Pflanze, Tier und Mensch.

Fichtenwirtschaft aus Sicht eines Betriebsleiters im Privatwald

Raimund Friderichs

Schlüsselwörter: Unternehmensgruppe Fürst von Hohenzollern, Fichtenbestände, Forstbetrieb, Z-Baum, Durchforstungsmodelle, Oberhöhe, Eingriffe, Modell Fi-Z-100

Zusammenfassung: Im Forstbetrieb der Unternehmensgruppe Fürst von Hohenzollern wurde in den vergangenen Jahren ein ganz eigener Weg bei der Bewirtschaftung der Fichtenjungbestände eingeschlagen. Ziel dabei ist, in Zeiten einer fortschreitenden Klimaerwärmung der Fichte auch künftig genügend Raum zu geben, wo dies vertretbar scheint. Um die bekannten Risiken der Fichtenwirtschaft zu minimieren, sollen künftig die Umtriebszeit erheblich und die Oberhöhe der Nutzungsbestände deutlich reduziert werden. Maßgabe dabei sind einerseits wissenschaftliche Erkenntnisse, andererseits unverkennbare und sich stetig verstärkende Trends bei unseren Abnehmern, der Holzindustrie (Starkholzabschlag, Nachfrage nach mittelstarken Fixlängen). Daraus ist das Modell »Fi-Z-100« in unserem Forstbetrieb entstanden – aus jahrzehntelanger eigener Beobachtung des Autors und einem Blick über den Tellerrand. Vergleiche mit anderen Modellen drängen sich auf. Diese bestätigen, dass wir auf einem guten Weg sind, die erwünschten Fichtenanteile in unserem Wald sowie die nachgefragten Sortimente auch für die Zukunft zu sichern.

Der Forstbetrieb der Unternehmensgruppe Fürst von Hohenzollern bewirtschaftet rund 15.000 ha eigenen Waldbesitz in Baden-Württemberg und Bayern (Großer Arber). Des Weiteren werden mit den 2011 gegründeten Hohenzollern Forstdiensten – HZF auch fremde Waldflächen bewirtschaftet, überwiegend in Form von Selbstwerbung, zunehmend aber auch in Dienstleistung. Im eigenen Wald beträgt der Anteil der Baumart Fichte laut Ergebnis einer aktuellen Betriebsinventur exakt 50 % und konnte damit in der letzten Einrichtungsperiode nur dank massiver Förderung in der Verjüngung auf einem stabilen Niveau gehalten werden. In den Altersklassen (AK) III und IV stocken jeweils 66 bzw. 65 % Fichte, hier besteht also zum Glück noch eine sehr gute Naturalausstattung mit dieser wichtigen Baumart. Aufgrund der ehemaligen Strukturen im fürstlichen Forstbetrieb wurden die Bestände in der

Vergangenheit sehr unterschiedlich behandelt. Die – nach heutigem Maßstab – schönsten Waldbilder in Fichtenbeständen findet man ausgerechnet in mittelalten Beständen, welche durch einen massiven Eisbruch an Heiligabend 1996 bereits in der Jugend stark geschädigt wurden. Aber dazu später mehr.

Im Jahr 2004 wurde der Forstbetrieb durch den Eigentümer grundlegend reformiert. Die Zentrale sowie vier Forstämter wurden aufgelöst, die 13 Reviere wurden auf fünf Reviere »eingedampft«. Im Schloss Sigmaringen wurde eine neue Forstzentrale eingerichtet, von der aus die vier Reviere in Baden-Württemberg und das Revier am Großen Arber im Bayerischen Wald zentral betreut werden. Aufgabe der Revierleiter ist es, alle praktischen Arbeiten in den Revieren eigenverantwortlich durchzuführen und zu überwachen. Dabei sind die Leitplanken durch ein Leitbild sowie durch waldbauliche Grundsätze vorgegeben, die gemeinsam in Strategiesitzungen erarbeitet wurden und bei Anpassungsbedarf immer noch werden. Innerhalb dieser Leitplanken besteht für die Revierleiter (sämtlich Diplom-Forstingenieure FH) eine durchaus gewollte große Freiheit und Eigenverantwortlichkeit. Jeder Mitarbeiter soll sich in seinem Wirkungskreis als selbständiger Unternehmer in einem größeren Unternehmen begreifen und zum Wohle des Ganzen wirken. In wenigen, aber regelmäßig stattfindenden Dienstbesprechungen werden vom gesamten Forstteam nachmittags immer wieder konkrete Waldbilder bereist und miteinander diskutiert. Dabei wird der Blick auf das Wesentliche geschärft, zudem relativieren sich eigene Erfahrungen, die erklärlicherweise aus dem »Gesetz des Örtlichen«, aber auch aus dem oft ignorierten »Gesetz des Vorhandenen« divergieren. Diese Diskussionen am »Objekt Wald« fokussieren regelmäßig auf das objektiv Notwendige, bestärken die jungen Förster in der Mannschaft in ihrem täglichen Tun und sind die Grundlage für ein erfolgreiches Miteinander.

Rückblick und Erfahrung

Als junger Förster – ausgebildet in der damals noch verwaltungswirtschaftlichen Hochschule für Forstwirtschaft in Rottenburg am Neckar – durfte ich von 1987 bis 1992 meine eigenen ersten Erfahrungen mit dem »Brotbaum« Fichte im Staatswaldrevier »Bellerhof«, einem Lehrrevier der damaligen Landeswaldarbeitsschule Rheinland-Pfalz, sammeln. Getreu den Vorgaben wurden bei der Fichte noch an die 400 Z-Bäume je Hektar ausgewählt. Der Abstand betrug also lediglich 5 m oder nur wenig mehr. Die Entnahme je Eingriff (bei 1–2 Eingriffen im Jahrzehnt) lag bei 1–2 Bedrängern je Z-Baum. Die Orkane »Vivian« und »Wiebke«, welche Ende Februar 1990 innerhalb weniger Tage gigantische Kahlfelder in sämtlichen Fichtenalthölzern entstehen ließen, zeigten nachdrücklich die Nachteile dieser Vorgehensweise auf – von mir damals mangels Erfahrung aber noch völlig unbemerkt, dass das eine etwas mit dem anderen zu tun haben könnte. Die h/d-Werte (Schlankheitsgrad) der geworfenen Bäume lagen regelmäßig über 100, die Kronen waren nur schwach ausgebildet, die Oberhöhen der Bestände maßten weit über 30 m und das Alter lag deutlich über 100 Jahren. Klassische Fichtenwirtschaft eben, wie sie in der Nachkriegszeit üblich war und bis dato seit einigen Jahrzehnten relativ störungsfrei verlief. Die großen Sturmkatastrophen der 90er Jahre trugen wesentlich zum heutigen schlechten Image der Fichtenwirtschaft bei. Als ausgebildeter Zimmermann waren mir aber die großen Vorteile des Fichtenholzes im Bauwesen bestens vertraut, weshalb ich großes Interesse daran entwickelte, in meinem Verantwortungsbereich an der Fichte festzuhalten – allerdings unter der Prämisse, aus den Fehlern der Vergangenheit die notwendigen Schlüsse und Konsequenzen zu ziehen.

Dabei habe ich mich immer wieder an Waldbildern orientiert, welche mir oft zufällig oder nur vereinzelt, zumeist jedoch in nicht flächiger Ausformung unter die Augen kamen. Kern dieser Waldbilder waren stabile Einzelbäume mit langen grünen Kronen, welche in einem Gesamtgefüge stark unterschiedlicher Durchmesser stockten. Oft hatte sich darunter bereits eine reiche, stufige Naturverjüngung eingestellt. Wenn man sich mit der Historie solcher Bestände befasste, überraschte nicht selten, dass diese in jungen Jahren meist massiv durch Schnee- oder Eisbruch geschädigt wurden (siehe beispielhaft Abbildung 1). Offensichtlich konnte sich nur die Natur in Jungbeständen Eingriffe »erlauben«, die für uns Förster außerhalb der Lehrmeinung und deshalb tabu waren! Auch die Beobach-

tungen, dass sich im Halbschatten offener Wegränder oder entlang von Straßen und Autobahnen gerade die Fichte regelmäßig üppig verjüngt sowie die Tatsache, dass Traufbäume immer stärker im Durchmesser sind als gleichaltrige im Bestandesinneren sind ein Fingerzeig, wie die Fichte zu bewirtschaften ist, um stabile Bestände mit einem hinreichenden Anteil an Fichten-Naturverjüngung zu erziehen.



Abbildung 1: In der Jugend vom Schnee gebrochener Bestand mit langen grünen Kronen Foto: R. Friderichs

Nach meinem Wechsel 1992 vom Staatsforstbetrieb Rheinland-Pfalz in den Fürstlich Hohenzollern'schen Forstbetrieb begann ich deshalb damit, in einigen Fichten-Erstdurchforstungen den Abstand der Z-Bäume auf durchschnittlich 8,5 m zu erweitern – das sind rund 140 Z-Bäume je Hektar. Diese Z-Bäume wurden Mitte der 90er Jahre noch regelmäßig auf 5,20 m hochgeastet und in einem ersten Eingriff durch die Entnahme von 2–3 Bedrängern etwas besser gestellt, als nach den damals gängigen Durchforstungsmodellen. In den Zwischenfeldern wurden zusätzlich Bäume entnommen, wie auch ansonsten üblich. Die Wiederkehr in diesen Beständen belief sich auf einen Turnus von 5–6 Jahren. Insgesamt hat sich in diesen Beständen – welche heute gut 20 Jahre älter sind und ein Alter von knapp 50 Jahren erreichen – die Situation gegenüber den alten Waldbildern schon deutlich verbessert. Die Kronenlänge der Z-Bäume beträgt in diesen Beständen heute regelmäßig um oder über 50 %, die h/d-Werte liegen bei maximal 70, meist sogar darunter. Die Z-Bäume haben heute einen mittleren BHD (Brusthöhendurchmesser = Durchmesser in einer Höhe von 1,3 m) von 43 cm, die Grundfläche liegt bei 36 m² und die Stammzahlhaltung liegt aktuell bei 600 Stück je Hektar. Alle Bestände weisen eine fichtendominierte Naturverjüngung auf. Solange die Z-Bäume gesund bleiben, dürfen sie aufgrund der Wertastung auch noch länger stehen bleiben.

Unzufriedenheit und Erkenntnis

Nach Übernahme der Betriebsleitung im Jahre 2007 wurde gemeinsam mit dem Forstteam ein neues waldbauliches Leitbild erarbeitet, das die damals gängigen modernen Waldbaukonzepte für die Fichte nach Abetz, Klädtke und Ohnemus berücksichtigte. Speziell ausgebildete Auszeichentrupps (je ein Förster und ein Forstwirt) sind seitdem in den maschinenbefahrbaren, nadelholzdominierten Beständen laufend unterwegs, um dieses Leitbild in den überwiegend gepflanzten Nadelholzbeständen schematisch umzusetzen. Bei Besichtigungen von durchgeführten Hieben in den jungen Fichtenbeständen (ebenso bei Tanne, Lärche und Douglasie) kam zunehmend Unzufriedenheit darüber auf, dass die markierten Z-Bäume bei der Erstdurchforstung nicht die nötige Freistellung erfahren haben, damit die gewünschten, zuletzt stabilen Einzelbäume in der gebotenen Zeit heranwachsen. Ist doch bekannt, dass die Sturmlabilität ab 30 m Oberhöhe exponentiell zunimmt, was bei unseren Zuwachsverhältnissen zwangsläufig zu Konzepten mit einer deutlichen Reduzierung der Umtriebszeit führen sollte. Stattdessen wurden immer noch 200–250 Z-Bäume je Hektar markiert, was unser Leitbild aber ja auch vorsah. Der mittlere Abstand der Z-Bäume beträgt dabei um die 6,60 m. Die meisten Nadelholzbestände, die zur Erstdurchforstung anstehen, wurden ursprünglich mit dem Pflanzverband 2,5 m × 1,3 m begründet. Bei einem Reihenabstand von 2,5 m ist deshalb die Auswahl eines benachbarten Z-Baums im rechten Winkel zur Pflanzreihe erst in der dritten Reihe wieder möglich (Abstand in diesem Falle bereits 7,50 m). Wenn man diese Richtschnur auf der ganzen Fläche in eine gleichmäßige Verteilung bringt, beträgt die Anzahl der Z-Bäume dann nur noch rund 180 Stück je Hektar. Werden bei dieser Variante zwei benachbarte Z-Bäume jeweils von einem Baum bedrängt, der sich in Richtung des jeweiligen Z-Baums befindet, steht man in der praktischen Umsetzung vor dem Dilemma, dass zwischen den beiden Z-Bäumen nämlich oft nur genau diese beiden Bäume stehen. Die Entnahme beider Bedränger würde dazu führen, dass alle zwischenständigen Bäume entfernt werden und eine »Lücke« entsteht. Ergebnis in der Praxis war deshalb ein immer wieder zu beobachtender Umstand der »Angst« bei den Verantwortlichen des Auszeichentrupps, nämlich dass echte Bedränger von Z-Bäumen einfach stehen blieben, um solche Lücken zu vermeiden. Man entschied sich im Zweifel für den stärkeren Bedränger, der schwächere blieb stehen und man lief schnell weiter. Diskussionen mit den Praktikern vor Ort führten zu keinem befriedigenden Ergebnis. Aus-

sage war oft: »Man kann doch nicht Beide nebeneinander rausnehmen!« Meine Forderung, die Z-Bäume bei der Erstdurchforstung konsequent freizustellen konnte im Prinzip nicht umgesetzt werden, weil andernfalls einerseits die Hiebsmasse je Hektar zu groß und andererseits die Grundflächenhaltung sowie der Zuwachs zu stark geschmälert worden wäre. Die (zu große) Anzahl von Z-Bäumen verhinderte somit die Forderung, zu Beginn die nötigen Weichen zu stellen – getreu dem Motto: »Was Hänschen nicht lernt, lernt Hans nimmermehr«. Eine Volksweisheit, die meiner Meinung nach gerade für die Fichte mustergültig zutrifft: Versäumnisse in der Jugend können sehr viel später nicht mehr korrigiert werden.

Versuch und Irrtum

In weiteren Diskussionen haben wir uns dann darauf verständigt, dass wir dieses Dilemma nur auflösen können, wenn wir nicht an starren Z-Baum-Zahlen festhalten, sondern die Angelegenheit einmal vom anderen Ende her bedenken und einfach in einem Testbestand ausprobieren: Wie groß muss ich den Abstand der Z-Bäume wählen, damit ich mich trauen darf, die vorhandenen Z-Bäume wirklich richtig freizustellen (kein Kronenkontakt zu Nachbarbäumen), ohne dabei eine Vielzahl von Lücken oder Löchern zu produzieren? Oder anders ausgedrückt: Wie viel (unbehandeltes) Zwischenfeld möchte ich nach der Freistellung für künftige Entnahmen in den Randbereichen der Z-Bäume belassen, damit wir auch künftig genügend Masse erzeugen und trotzdem den in der Zahl reduzierten Z-Bäumen einen Habitus antragen, den wir wünschen? Betrachten wir also wieder denselben Ausgangsbestand mit einem Pflanzverband von 2,5 m × 1,3 m: Nehmen wir wieder an, dass zwei benachbarte Z-Bäume im rechten Winkel zur Pflanzreihe zueinander stehen und nach einem Eingriff, bei dem aufeinander zu gerichtet bei diesen Z-Bäumen jeweils ein Bedränger entnommen wird, soll noch mindestens ein Baum im Zwischenfeld stehenbleiben und den Zwischenraum füllen. Dann darf der nächste Z-Baum erst in der vierten Reihe stehen statt bisher in der dritten Reihe (Abstand der Z-Bäume dann 10 m statt 7,50 m). Tatsächlich ergab sich in mehreren Versuchen, dass der Abstand von durchschnittlich 10 m bei einer Ausgangsbaumzahl eines Bestands in Höhe von durchschnittlich 2.700 Stück erst in die Lage versetzt, bei der Erstdurchforstung (Oberhöhe 12–14 m) alle Bedränger eines Z-Baums zu entnehmen, ohne Lücken in den Zwischenfeldern zu produzieren. Nach

mehreren Versuchen in verschiedenen Fichtenbeständen wurde diese Vorgehensweise dann im Rahmen von zwei Bachelorarbeiten hinreichend untersucht, dazu später mehr.

Vorgehensweise in einem »Testbestand«

Folgende Vorgaben lagen einem ausgewählten Bestand zugrunde: Oberhöhe 12–14 m, Länge der Totastzone bei den ausgewählten Z-Bäumen mindestens 7 m (1/4 der angestrebten Oberhöhe im Endbestand), Mindestabstand der Z-Bäume 9 m. Als erster Testbestand diente eine Fichtenaufforstung (Fürstl. Forstrevier »Josefslust«, Waldabteilung »Schulers Kreuzhau«) aus dem Jahre 1991, hervorgegangen aus einem Kahlschlag durch den Sturm Wiebke. Pflanzverband wie damals üblich 2,5 m × 1,3 m, das sind 3.077 Stück je Hektar. Der Bestand stand im Herbst 2010 – also noch 21-jährig – bei einer Oberhöhe von knapp 15 m etwas verspätet zur Erstdurchforstung an. Die Ausgangsstammzahl lag zwischenzeitlich bei rund 2.800 Bäumen je Hektar; etwa 10% Ausfall von der Aufgangspflanzanzahl sind aber normal. Tatsächlich ausgewählt wurden 94 Z-Bäume je Hektar, Vorgabe war, dass der Mindestabstand 9 m nicht unterschreiten darf. Der mittlere Abstand betrug demnach 10,30 m. Auftrag war, die Z-Bäume völlig freizustellen (kein Kronenkontakt zu Nachbarbäumen). Dies führte dazu, dass je Z-Baum mindestens fünf und maximal neun Bäume (!) entnommen werden mussten, das Mittel lag über alle Z-Bäume bei sieben Entnahmebäumen pro Z-Baum. In den Zwischenfeldern wurde kein Eingriff durchgeführt. Da gleichzeitig mit der Erstdurchforstung die Rückegassenanlage erfolgte (Gassenabstand 20 m), lag die Entnahmemenge bei dieser Erstdurchforstung bei immerhin 84,12 Erntefestmeter ohne Rinde (Efm o. R.). Normalerweise werden in unserem Betrieb die Rückegassen zwei bis drei Jahre vor der jeweiligen Erstdurchforstung angelegt, damit sich der Bestand vor dem eigentlichen Eingriff wieder stabilisieren kann. Nach diesem Eingriff wurde mit dem ganzen Forstteam der Bestand begutachtet und das Ergebnis diskutiert. Wir waren uns weitgehend einig, dass die Maßnahme gut und richtig war und ein zweiter Eingriff erfolgen sollte, sobald ein Dichtschluss der Kronen wiederhergestellt war. Dies war schon nach drei Jahren der Fall, also früher als erwartet! Bei der nun anstehenden Zweiddurchforstung wurden erneut nur Bedränger der Z-Bäume entnommen, es erfolgte erneut kein Eingriff in den Zwischenfeldern. Je Z-Baum mussten mindestens zwei und maximal drei Bäume

entfernt werden; das Mittel lag bei ermittelten 2,7 Entnahmebäumen pro Z-Baum. Bemerkenswert dabei ist, dass es sich fast ausschließlich um relativ starke Bäume der Kraft'schen Klasse 2, nur selten 3, gehandelt hat. Es ist offensichtlich, dass nicht nur die Z-Bäume, sondern auch die randständigen, künftigen Entnahmebäume von einer halbseitigen Freistellung und dem daraus folgenden Lichtungszuwachs profitieren. Erneut wurde nach dem Eingriff das Ergebnis mit dem ganzen Forstteam besichtigt und diskutiert. Nun war



Abbildung 2: Freigestellter Z-Baum Nr. 68 nach Drittdurchforstung Foto: R. Friderichs



Abbildung 3: Z-Baum Nr. 68 mit 31 cm BHD Foto: R. Friderichs



Abbildung 4: Z-Baum Nr. 68 im Bestand
Foto: R. Friderichs



Abbildung 5: Kronenraum und Freistellungsgrad von
Z-Baum Nr. 68 Foto: R. Friderichs

man sich einig, dass die Weichen für die Zukunft der vorhandenen Z-Bäume endgültig gestellt waren – ein Umsetzen kam aufgrund der Freistellung nicht mehr in Betracht. Die Z-Bäume hatten einen deutlichen Wuchsvorsprung und den gewünschten Habitus (lange grüne Kronen, relativ geringe h/d-Werte, Abbild eines vitalen und stabilen Bestandesgerüsts). Auch waren wir uns darin einig, dass bei einem nächsten Eingriff – der wieder nicht zu spät erfolgen sollte – auch in den Zwischenfeldern negative Bestandesglieder entnommen und zwecks einer Entspannung des dortigen Kronenraums normal, also stark niederdurchforstungsartig, eingegriffen werden sollte.

Dieser dritte Eingriff erfolgte im Februar 2017, nur gut sechs Jahre nach der Erstdurchforstung. Die Abbildungen 2 bis 5 zeigen jeweils das Ergebnis am Z-Baum Nr. 68 des Testbestands. Bei der letzten Besichtigung nach dem erfolgten Hieb war sich das Forstteam einig, dass die Z-Bäume des Bestands noch vor der ursprünglichen Prognose (50 Jahre) den Ziel-BHD von 45 cm erreichen würden. Die vorhandenen Z-Bäume (bisher kein Ausfall) haben nun, im Alter von 29 Jahren (inkl. Pflanzalter) einen BHD, der regelmäßig zwischen 26 und 31 cm liegt. Die Oberhöhe beträgt mittlerweile

21,3 Meter, die Stammzahlhaltung liegt bei 850 Stück je Hektar und die Grundfläche aktuell bei 25,5 m². In den durchaus großen Lücken, welche durch die laufende, konsequente Freistellung der Z-Bäume entstanden sind, fällt Licht in den Bestand. Vor sechs Jahren noch ausschließlich mit Nadelstreu bedeckt, findet sich heute eine Bodenvegetation mit Moosen und Kräutern, aber bereits auch mit ersten Sämlingen (Bergahorn, Fichte und Tanne) durch Anflug.

Wissenschaftliche Untersuchungen und Ergebnisse

Um den eingeschlagenen Weg in dem Testbestand zu verifizieren, wurden weitere Bestände in den Jahren 2012 und 2013 im Rahmen von zwei Bachelorthesis' von Studenten der Hochschule für Forstwirtschaft in Rottenburg/Neckar genauer untersucht. Die erste Arbeit beschränkte sich auf waldbauliche Themen und Aussagen hinsichtlich der zu erwartenden Umtriebszeit und Massenerwartung. Die zweite Arbeit untersuchte ökonomische Fragestellungen im Vergleich zu konventionellen Behandlungsmethoden, hier als »Vergleichsmodell« benannt. Untersucht wurden da-

bei ein »Untersuchungsbestand« sowie zwei weitere im selben Stil behandelte Bestände, jeweils auf Altmoränestandorten südlich der Donau bei Sigmaringen im Wuchsgebiet »Südwestdeutsches Alpenvorland«, Einzelwuchsgebiet »Westliche Altmoräne« gelegen. Regionalwald ist hier ein submontaner Buchen-Stieleichen-Wald mit Fichte. Alle Bestände liegen zwischen 610 und 660 m ü. NN. Der Niederschlag beträgt im Jahresdurchschnitt 940 mm, die Jahresdurchschnittstemperatur liegt bei 8,3 °C. Die Standorteinheit ist in allen drei Beständen ein Buchenwald auf grundfrischem braunem Lehm, die natürliche Waldgesellschaft ist ein Waldmeister-Buchenwald, die Humusform Mull bis Mullmoder und der Bodentyp eine Parabraunerde.

In der ersten Bachelorthesis (Lehmann 2012) wurden mit Unterstützung der FVA Freiburg (Abteilung Waldwachstum, Prof. Dr. Kohnle) die Versuchsbestände mithilfe von Waldwachstumssimulationen *W+* der FVA Baden-Württemberg hinsichtlich ihrer waldbaulichen Zielerreichung beurteilt. Außerdem konnten so Fragen zur weiteren Behandlung geklärt und ein Vergleich mit einem Referenzbestand in der Nähe (Bedingungen: Oberhöhe > 30 m, traditionelle Pflege, vergleichbare standörtliche Bedingungen) gezogen werden. Der Untersuchungsbestand – nur dieser sowie ein Vergleichsbestand herkömmlicher Behandlung mit 250 Z-Bäumen sollen im Folgenden betrachtet werden – in der Waldabteilung »Nagelsteinföhren« im Fürstlichen Forstrevier »Josefslust« gelegen, wurde ebenfalls im Frühjahr 1991 mit 1+2-jährigen Fichten im Verband 2,5 m × 1,3 m begründet. Eine Nachbesserung fand nicht statt. Die Ausgangsstammzahl lag vor der Erstdurchforstung bei rund 2.800 Stück je Hektar. Die Grundfläche betrug 48 m², der Vorrat lag bei 297 Vfm/ha und der durchschnittliche Gesamtzuwachs (dGZ) bei über 20 Vfm (Vorratsfestmeter)! Diese Zahlen verdeutlichen die außerordentliche Bonität, die in der Region vorherrscht. Im Untersuchungsbestand wurden dann tatsächlich 83 Z-Bäume je Hektar ausgewählt, das entspricht einem mittleren Abstand von exakten 11 m. Der mittlere BHD aller Z-Bäume lag vor dem ersten Eingriff bei 22 cm, die Oberhöhe bei 14,5 m, der Beginn des ersten Grünastes lag bei durchschnittlich 7,90 m. Die aufgrund der Vorgaben errechneten Hiebmassen für die erste und zweite Durchforstung lagen bei insgesamt 129,6 Efm o. R. Die Umtriebszeit (Zieldurchmesser 45 cm) wäre bei einer Oberhöhe von immer noch 31 m im Alter 50 erreicht. Ob auch die geforderte Holzqualität erreicht werden würde, konnte mit dem Simulationsmodell nicht ermittelt werden. Die Zahlen lassen aber erwarten, dass die mittlere Jahrringbreite bei errechneten

4,5 Millimetern läge, was immer noch Bauholzqualität entspricht. Die mittlere Aststärke im Totastbereich liegt bei gemessenen 27 mm, die Maximalstärke der Totäste hat in keinem Fall 30 mm überschritten. Bei den Durchforstungssimulationen wurde mit insgesamt nur fünf Eingriffen bei jeweils um die 75 Erntefestmeter/ha in der Durchforstungs- und Vorratspflegephase eine Gesamtmasse von 354 Erntefestmetern (ohne Rückegassenauftrieb) entnommen. In der Endnutzung (hier simulierter Abtrieb) fielen weitere 528 Erntefestmeter an, so dass sich die Gesamtwuchsleistung in 50 Jahren auf 883 Efm o. R., zuzüglich des Rückegassenauftriebs in Höhe von ca. 35 Efm o. R. belaufen würde.

Im Rahmen der zweiten Bachelorthesis (Fischer 2013) wurden die bisherigen Ergebnisse und Simulationen betriebswirtschaftlich ausgewertet und analysiert. Basis der ökonomischen Ergebnisse waren reale Daten aus dem internen Controlling (Kulturbegründungs- und -sicherungskosten / Kosten für Aufarbeitung und Rückung / Holzerlöse), jeweils für das Stichjahr 2012. Mithilfe der Bestandessortentafel wurden anschließend die simulierten Holzmassen aus der Waldwachstumsmodellierung *W+* der FVA aufgeschlüsselt, um neben einem Deckungsbetrag mittels einer dynamischen Investitionsrechnung Kapitalwerte für das »Fi-Z-100«-Modell sowie das Vergleichsmodell zu ermitteln. Alternativ zu der oben beschriebenen Vorgehensweise (Modell 1) wurde dabei für den Untersuchungsbestand eine zweite Modellvariante (Modell 2) ermit-

Vergleich Maßnahmen und Erntemassen in Efm o. R.			
Maßnahme	Untersuchungsbestand		Vergleichsmodell
	Modell 1	Modell 2	
1. DF	48	36	55
2. DF	75	92	45
3. DF	79	78	55
4. DF	78	78	60
5. DF	74	57	65
6. DF		44	80
7. DF			90
1. EN	528	498	151
2. EN			181
3. EN			220
Summe	883	884	1.002

Tabelle 1: Erntemassen – simulierte Hiebmassen gerundet auf ganze Efm o. R., unterschieden nach Untersuchungsbestand Modell 1 = starke Erstdurchforstung und Modell 2 = moderate Erstdurchforstung, dafür sehr starke Zweitdurchforstung (jeweils Umtriebszeit = 50 Jahre) sowie Vergleichsmodell (Umtriebszeit = 70 Jahre)

Erntemassen je Maßnahme und Sortiment in Efm o. R.												
Maßn.	Ø BHD	Masse	Stammholz B/C nach Stärkeklassen						D-Holz	IS		X-Holz
			1a	1b	2a	2b	3a	3b+		N, F	K	
1. DF	18 cm	36,11	1,21	3,62	1,81	0,30	0,00	0,00	1,36	15,33	8,14	4,33
2. DF	16 cm	92,10	3,85	4,62	1,54	0,77	0,00	0,00	2,11	44,53	23,63	11,05
3. DF	19 cm	78,23	1,96	9,91	5,62	1,61	0,00	0,00	3,59	30,15	16,00	9,39
4. DF	21 cm	78,01	1,30	14,35	9,13	3,26	0,65	0,00	5,63	23,44	12,44	7,80
5. DF	22 cm	57,40	0,48	11,04	8,64	3,36	0,96	0,00	4,80	15,00	7,96	5,17
6. DF	26 cm	44,09	0,37	7,00	11,06	5,90	2,21	1,11	5,42	5,18	2,75	3,09
EN	28 cm	498,41	0,00	65,81	149,17	92,14	39,49	17,55	59,68	31,53	16,73	26,32
Summe		884,35	9,17	116,35	186,97	107,34	43,31	18,66	82,59	165,16	87,65	67,15

Tabelle 2: Ermittelte Erntemassen und Aufschlüsselung nach Sortimenten, hier beispielhaft für den Untersuchungsbestand Modell 2

telt. Mit dieser Variante sollte zusätzlich untersucht werden, wie sich eine Verschiebung einiger weniger Entnahmebäume aus der Erstdurchforstung in die Zweiddurchforstung ökonomisch auswirken würde. Es wurde vermutet, dass dabei ein größerer Hiebsanfall in der Zweiddurchforstung mit weniger defizitären Sortimenten zu erwarten sei. Diese Vorgehensweise bewirkt aber zunächst, dass der durchschnittliche BHD bei der zweiten Durchforstung gegenüber der Erstdurchforstung wieder von 18 cm auf 16 cm sinkt (siehe Tabelle 2), weil schwächere Bedränger zunächst stehen bleiben. Die wesentlichen Erkenntnisse dieser Bachelorthesis lassen sich aus nachfolgenden Tabellen zusammenfassend herauslesen:

Die Tabelle 1 zeigt, dass die Verschiebung einiger Entnahmebäume in die Zweiddurchforstung (Untersuchungsbestand Modell 2) keine höhere Gesamtwuchsleistung erbringt. Wichtig ist zu beachten, dass im Untersuchungsbestand die Modelle 1 und 2 mit einer Umtriebszeit von 50 Jahren rechnen, das Vergleichsmodell mit einer Umtriebszeit von 70 Jahren. Modell 1 benötigt bis zur Endnutzung lediglich fünf Durchforstungsintervalle, Modell 2 hingegen sechs. Das Vergleichsmodell (Borchers, Elbs und Schindele 2008) rechnet mit sieben Durchforstungen und einer gestaffelten Endnutzung in drei Intervallen.

Um die verschiedenen Modelle ökonomisch bewerten zu können, wurden die einzelnen Massen der Sortimente und Stärkeklassen aus Tabelle 2 mit den Durchschnittserlösen unter Berücksichtigung der Kulturbegründungs-, Aufarbeitungs- und Rückekosten des Jahres 2012 für alle Modelle durchdekliniert. Daraus ergaben sich für jeden Eingriff Deckungsbeiträge.

Die durchschnittlichen jährlichen Deckungsbeiträge pro Hektar (holzerntekostenfreier Erlös) unter Berücksichtigung der Kulturbegründungs- und Kultursicherungskosten unterscheiden sich, bezogen auf die jeweiligen Umtriebszeiten sowohl innerhalb des Untersuchungsbestandes in den beiden Modellvarianten als auch im Vergleich zum konventionellen Vergleichsmodell, deutlich.

Ø jährl. Deckungsbeitrag 1 je ha		
Untersuchungsbestand	Modell 1	829,27 €
	Modell 2	896,70 €
Vergleichsmodell		686,45 €

Tabelle 3: Durchschnittliche jährliche Deckungsbeiträge 1 je Hektar (holzerntekostenfreier Erlös abzüglich durchschnittlicher Kulturbegründungs- und Kultursicherungskosten) bezogen auf die jeweilige Umtriebszeit im Vergleich

Abbildung 6 zeigt die aus den jeweiligen Deckungsbeiträgen mittels dynamischer Investitionsrechnung ermittelten Kapitalwerte mit unterschiedlichen Zinssätzen beim Untersuchungsbestand, unterschieden nach Modell 1 und Modell 2 sowie dem Vergleichsmodell. Zu beachten ist, wie bereits erwähnt, dass zur Ermittlung vergleichbarer Kapitalwerte zwei Umtriebszeiten (insgesamt 140 Jahre) des Vergleichsmodells, hingegen drei des Untersuchungsbestandes (insgesamt 150 Jahre) berechnet wurden. Diese »Unschärfe« muss hingenommen werden, weil ansonsten sieben Rotationen beim Untersuchungsbestand mit fünf beim Vergleichsmodell hätten verglichen werden müssen (jeweils 350 Jahre) – was aufgrund des langen Betrachtungszeitraums zu keinem vernünftigen Ergebnis führen würde. Berücksichtigt man nun noch, dass

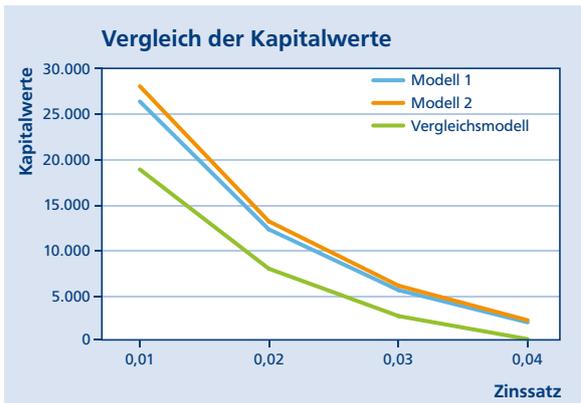


Abbildung 6: Vergleich der Kapitalwerte zwischen Untersuchungsbestand Modell 1 und Modell 2 sowie Vergleichsbestand mit Zinssätzen von 1–4 %

das Vergleichsmodell mit einer geringeren Zuwachslleistung rechnet, darf durchaus erwartet werden, dass unser Untersuchungsbestand ökonomisch trotzdem immer noch mit dem Vergleichsmodell – also einer konventionellen Vorgehensweise – mithalten kann. Dabei ist auch zu berücksichtigen, dass in unserem »Fi-Z-100«-Modell der geforderten Begrenzung einer Oberhöhe von 30 m sowie niedrigen h/d-Werten mit Sicherheit Rechnung getragen wird. Damit einher geht eine deutliche Minderung des Sturmrisikos, welches bei den Kapitalwertermittlungen ab einer Oberhöhe von 20 m aufwärts mit einem Zuschlag von 0,1 % des internen Zinsfußes je Meter bis zu einer Oberhöhe von 30 m (darüber kontinuierlich mit 1 % je Meter Oberhöhe) berücksichtigt wurde. Die ökonomischen Berechnungen sind sehr detailreich und könnten deshalb hier sehr viel ausführlicher dargelegt werden. Diese Ausführungen würden jedoch einen ganz eigenen Bericht umfassen.

Das hier vorgestellte Konzept wird seit wenigen Jahren auch in unserem Revier am Großen Arber unterhalb einer Höhenlage von 1.150 m ü. NN umgesetzt. Weil die Vorgehensweise sich an der Oberhöhe sowie dem Kronenschluss der Bestände orientiert, liegen aber der Beginn der Maßnahme, die Wiederkehr (Durchforstungsintervalle) sowie die voraussichtliche Umtriebszeit je nach Höhenstufe und Kleinklima jeweils moderat bis deutlich später.

Schlussfolgerungen

Die Behandlung der Fichte im Forstbetrieb der Unternehmensgruppe Fürst von Hohenzollern hat in den letzten Jahren eine deutliche Wandlung erfahren. Wer noch vor 30 Jahren glaubte, die vorhandenen wissenschaftlichen Erkenntnisse seien in Stein gemeißelt, sieht sich heute einer gänzlich anderen Erntetechnik, neuen Erschließungsmitteln, anderen Bedürfnissen der Rundholzabnehmer aber auch weiter entwickelten Waldbaumodellen gegenüber. Ebenso werden sich auch in Zukunft waldbauliche Pflegekonzepte an sich wandelnde Bedingungen anpassen müssen. Die Klimaerwärmung mit ihren unkalkulierbaren Risiken zwingt uns schon jetzt dazu, für die Fichte neue Ideen zu entwickeln, um ihre Anteile in unseren Wäldern mittelfristig zu sichern. Bei einem Blick über den Tellerrand ist es wenig verwunderlich, dass auch andere Betriebe ähnliche Konzepte entwickelt haben. Beispielhaft genannt seien die Pflegekonzepte der Staatsforstbetriebe in Bayern, Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz. Am nächsten kommt dabei unser »Fi-Z-100«-Modell noch dem Modell *QD-Z100 Zielstärke 60 cm* der Landesforsten Rheinland-Pfalz. Bayern empfiehlt aktuell auch eine Auswahl von 100 Z-Bäumen bei der Fichte, fördert diese jedoch mit 1–2 Entnahmebäumen je Eingriff nur äußerst moderat, greift dafür aber in den Zwischenfeldern von Beginn an ein. Das erscheint mir als der entscheidende Unterschied zu unserem Konzept. Mut machen uns zudem die Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen des europäischen Fichten-Stammzahlversuchs. Die FVA Freiburg, Abteilung Waldwachstum empfiehlt hierzu in einem Kurzbericht, dass in Fichtenbeständen die Auswahl und Freistellung der Z-Bäume bei einer Oberhöhe von 12–15 m einsetzen soll, die Anzahl der Z-Bäume in Abhängigkeit von Standortgüte und Produktionsziel zwischen 100 und 400 Fichten je ha liegen soll (je besser der Standort, desto geringer die Anzahl an Z-Bäumen) und dass die Durchforstungen nach einem frühen, energischen Beginn kontinuierlich fortgesetzt werden. Weder die in diesem Versuch enthaltene sehr frühe Beendigung von Durchforstungen, noch eine lange Pause nach der ersten Durchforstung erscheinen demnach für das Wachstum wertoptimal.

Derzeit besteht noch keine konkrete Vorstellung darüber, wie die Bestände in eine nächste Generation überführt werden sollen. Wir gehen jedoch davon aus, dass im Rahmen einer echten Zielstärkennutzung die Bestände mehr oder weniger in dauerwaldartige Strukturen überführt werden können. Zudem ist geplant, in

der nächsten Waldgeneration mit einem angemessenen Anteil von Mischbaumarten zu arbeiten, die sich natürlich einstellen sollten und werden. Nachdem der »Testbestand« aktuell bereits die dritte Durchforstung durchlaufen hat zeichnet sich ab, dass der Zieldurchmesser auf mindestens 50 cm erhöht werden muss, damit die hohe Zuwachskraft unserer Standorte nicht bereits deutlich vor dem Alter 50 durch Endnutzung ein jähes Ende findet. Zudem ist nicht zu erwarten, dass die Fichten z. B. bereits ab dem Alter 42 in die Entwertung wachsen. Flexibilität ist also auch für die Zukunft angesagt.

Ein Fichtenbaum steht einsam

*Ein Fichtenbaum steht einsam
Im Norden auf kahler Höh'.
Ihn schläfert; mit weißer Decke
Umhüllen ihn Eis und Schnee.*

*Er träumt von einer Palme,
Die, fern im Morgenland,
Einsam und schweigend trauert
Auf brennender Felsenwand.*

Heinrich Heine

Literatur

Borchers, J.; Elbs, A.; Schindele, G. (2008): Fichte im Erwerbsforstbetrieb – Baumart mit Zukunft? Holz-Zentralblatt, S. 1229–1231

Bücking, M.; Mooshammer, R.; Roeder, A. (2007): Wertholzproduktion bei der Fichte mittels kronenspannungsarm gewachsener Z-Bäume, ISSN 0931-9622 Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz (vormals Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz) Nr. 62/07

Fischer, J. (2013): Wirtschaftlichkeit des Pflegekonzepts der Unternehmensgruppe Fürst von Hohenzollern-FORST für die Fichte (*Picea abies*)

Herbstritt, S.; Kohnle, U. (2009): Dritter Bericht der IUFRO-Arbeitsgruppe 1.05.05. Europäischer Stammzahlversuch Fichte AFZ-Der Wald 8/2008, S. 428–431

Lehmann, T. (2012): Das Wachstum der Fichte (*Picea abies*) in der Durchforstungsphase am Beispiel des Pflegekonzepts der Unternehmensgruppe Fürst von Hohenzollern-FORST

Keywords: Business group Fürst von Hohenzollern, spruce stands, forest operation, future tree, thinning models, top height, treatments, model "Fi(Spruce)-Z(F)-100"

Summary: Over the past years, the forest operation of the business group Fürst von Hohenzollern has chosen its very own way of managing young spruce stands. The target hereby is, in times of progressing global warming, to give room to spruce wherever this seems reasonable. To minimize known risks of spruce management, there shall be a substantial reduction of turnover time and a significant reduction of the top height of the cultivated stand. This should happen according to scientific results on one hand and to undeniable and constantly intensifying trends on the buyer's side, the timber industry on the other (strong wood deduction, demand for medium sized fixed lengths). Therefrom, the model "Fi-Z-100" developed within our operation – from decades of own observations and the ability to take a broader look. Comparisons to other models are imposing. This confirms that we are on the right course to secure the desired spruce shares in the forest as well as the demanded assortments in the future. Therefore, flexibility is also favored in the future.

Die Fichte im Wald der Stadt Augsburg

Jürgen Kircher

Schlüsselwörter: Fichte, Geschichte, Anteile, außerplanmäßige Nutzung, Wirtschaftlichkeit, Waldbau

Zusammenfassung: Die Fichte ist derzeit die dominierende Baumart der Forstverwaltung der Stadt Augsburg. Sie prägt das forstliche Handeln des Betriebs. Ein Blick zurück in die Geschichte der Stadt erklärt die heutigen Verhältnisse. Mit 7.700 ha ist Augsburg größter kommunaler Waldbesitzer in Bayern. Die Landwälder sind zu fast $\frac{2}{3}$ mit Fichten bedeckt. Aufgrund des zunehmenden Risikos der Baumart Fichte ist das heutige waldbauliche Ziel strukturierte, nadelholzdominierte Mischbestände zu entwickeln. Die Fichte wird dabei zu gewissen Teilen, je nach Standort, durch andere Baumarten ersetzt. Aufgrund der wirtschaftlichen Bedeutung soll sie im Stadtwald Augsburg weiterhin Verwendung finden.

Die Fichte ist derzeit die – flächen- und massenbezogen – wichtigste Baumart der Forstverwaltung der Stadt Augsburg. Sie prägt die Umgebung der sieben städtischen Reviere und das forstliche Handeln des Betriebs. Ein Blick zurück in die lange Geschichte der Stadt ist dienlich, um die heutigen Verhältnisse zu erklären. Augsburg ist nicht nur zweitgrößter, kommunaler Waldbesitzer Deutschlands sondern auch die zweitälteste Stadt Deutschlands. Hervorgegangen ist sie aus dem römischen Heerlager »Augusta Vindelicorum«. Römer kamen entlang des Lechs über die Alpen und errichteten einen großen Versorgungszentrum am Zufluss der Wertach in den Lech. Noch heute ziert der Pinienzapfen des römischen Heeres das Stadtwappen.

Die Fichte in der Geschichte Augsburgs

Zur Zeit der Renaissance war Augsburg die Stadt der europäischen Hochkultur. Nach dem Ende der Zunft Herrschaft (1547) entwickelte sie sich von Beginn der Neuzeit bis zum Ende der Renaissance zu einem der bedeutendsten Handels- und Wirtschaftszentren der Welt, was vor allem auf den Einfluss der Kaufmannsfamilien Fugger und Welser zurückging. Zugleich war Augsburg Bischofssitz und freie Reichsstadt. Nach Prag und Köln war sie um 1550 drittgrößte Stadt des Heiligen Römischen Reiches Deutscher Nationen mit damals rund 30.000 Einwohnern. Die zahlreichen Menschen benötigten viel Holz. Holz war der einzig vorhandene Rohstoff zur Nutzung als Brennholz und Baumaterial. Später wurde das schwäbische Zentrum berühmt für die Textilindustrie, vor allem für Spinnerei und Weberei mit dazugehöriger Färberei. Die große Ansammlung wohlhabender und gläubiger Bürger führte zur Gründung vieler Stiftungen, die sich um arme und kranke Mitmenschen kümmerten. Diese Stiftungen investierten in Güter und Ländereien und damit auch in Wald im Augsburger Umland. Der erste Waldbesitz, damals eine Schenkung, stammt aus dem Jahr 1249.

Der ursprüngliche Wald setzte sich überwiegend aus Buchengesellschaften zusammen. Noch Ende des 14. Jahrhunderts war die Gegend, zumindest entfernt der Flüsse Wertach und Lech, geprägt durch großen, ursprünglichen Holzreichtum. Ab dem 16. Jahrhundert entstand durch die zunehmende Handelstätigkeit und Kapitalwirtschaft in diesen holzreichen Gebieten im Augsburger Umland eine Hochkonjunktur. Die Nachfrager nach Holz nutzten die vorhandene Ressource rücksichtslos. Diese zunächst unregelmäßige Landnutzung führte zu einer »Unordnung« im Wald. Die Bauern holzten nach »ihrem Gefallen und ohne Ordnung«. Waren zwei Bäume erlaubt, wurden drei gefällt. Das Kohlen und die Anlage von Kohlhütten im Wald führten zu einem Raubbau an den Laubholzbeständen. »Daas« (grüne Zweige) wurden geschnitten, Vieh aller Art in den Wald zur Mast getrieben. Die Wälder wurden nach und nach stark genutzt und überweidet, was zu einer Devastierung der Landstriche führte. Noch heute nennt sich die Region südwestlich

von Augsburg »Stauden«, was auf die Vegetationszusammensetzung, aber auch auf die Bewirtschaftungsform als Nieder- und Mittelwald schließen lässt. Die Niederwaldwirtschaft in den Stauden dominierte rund 200 Jahre. Durch die Bewirtschaftung als Niederwald herrschten Hasel, Aspe, Birke, sicherlich auch Eiche und Buche in dünnen Dimensionen vor. Ein Staudenwald. Vorstellbar ist, dass auch hier immer wieder mosaikartig ältere Bestandesteile wege- und siedlungsfähig überlebt haben.

Die große Reichsstadt Augsburg hatte einen riesigen Holzunger. Die Bevölkerung musste mit dem Rohstoff Holz versorgt werden. Holz wurde aber auch für die großen Brennkessel in den ebenfalls aus Holz erbauten Industriegebäuden benötigt. Immer wieder brannten ganze Stadtteile ab oder wurden von einem Lechhochwasser zerstört. Um letzteres zu verhindern, wurden Uferschutzverbauungen angelegt. Auch sie verschlangen riesige Mengen an Holz. Kriegsverwüstungen schädigten die Stadt, sodass für den Wiederaufbau immer wieder große Mengen an Holz benötigt wurden. Für die Stadt Augsburg sicherten Wälder und der Transport des eigenen oder fremden Holzes über die Flüsse Lech und Wertach das Überleben.

Besonders die Fichte war wegen ihrer Geradschaftigkeit und vielseitigen Verwendbarkeit gefragt. Sie kam wohl ab Mitte des 19. Jahrhunderts verstärkt in die Region, war jedoch in der Gegend schon lange bekannt und geschätzt. Die südlich gelegene Jungmoränengegend entlang der Alpenkette wurde früh nach den Eiszeiten mit Fichten bestockt. Zumindest einzelne Fichten kamen entlang der Niederterrassen der Flüsse Wertach und Lech in dem südlichen Moränenland vor. Sie wurden von den Flüssen weit ins Unterland getragen, wo sich die Nadelbäume im Auwald ausbreiteten. Vermutlich handelte es sich um traufige, stark beastete Solitäre wie sie noch heute zu finden sind. Auch aus Richtung Osten kam die Fichte offensichtlich schnell voran. Hier schließt die schwäbische Schotterlandschaft an das Tertiärhügelland an. Der Bewuchs zwischen Paar und Glonn bestand im 14. Jahrhundert neben Buchen aus Tannen, Eichen und Fichten, also einem typischen Laub-Nadelholz-Mischwald.

Während einer Fuggerschen Pfandherrschaft (um 1570) wurden dort statt des üblichen Plenterbetriebs große Schläge angelegt. Seit dieser Zeit wuchsen verstärkt Fichten und Birken. Wo Buche herausgenommen wurde, besamte sich alles mit Fichten. Diese Baumart breitete sich dann über das Lechfeld hinaus in Mittelschwaben aus.

Da es sich bei den Wäldern im ostmittelschwäbischen Raum, also der Gegend des heutigen Naturparks Augsburg Westliche Wälder, wie beschrieben, größtenteils um Niederwaldungen handelte, wurden ab 1538 im Bereich Denklingen und Epfach rund »567 Jauchert nach Augsburger Maß« (= rund 250 ha) Fichten und tannenreiche Waldungen angekauft, die geeignet waren, Bauholz zu liefern. Epfach und Denklingen liegen ca. 60 km südlich von Augsburg am Lech. Der heutige Sachsenrieder Forst (BaySF, Forstbetrieb Landsberg am Lech) war in Teilen Augsburger Kommunalwald und ist heute noch für Vorrat und Qualität seiner Fichten überregional bekannt. Die dort eingeschlagenen Hölzer wurden auf dem Lech nach Augsburg geflößt.

1545 kam es wieder einmal zu einer großen Holznot in Augsburg. So musste sich der Rat der Reichsstadt wiederum nach neuen Wegen umsehen, um den außergewöhnlich hohen Bedarf an Bauholz, Werkholz und Brennholz decken zu können. Der Stadtrat kaufte daraufhin von 1540 ab bis 1624 im »oberländischen Tirol« bei Reutte, Namlos und Fallerschein (Lechtal, Tirol) rund 400 – 500 ha »auf Stockraum«, das heißt ohne Grund und Boden, nur zur Abnutzung des Holzes. Über den Fluss kamen Fichten mittels Flößen aus dem »Oberland«. Das Holz wurde geerntet und im Lech zu Flößen zusammengebunden. Sie gelangten über Landsberg nach Augsburg, aber auch weiter lechabwärts zur Donau. Die Flöße dienten nicht nur als Transportmittel für Bauholz, sondern ebenso für Holzkohle, gebrannten Kalk, Waren aus Italien und Österreich sowie dem Transport von Reisenden. Es wurden Waren bis Wien und Bukarest geflößt. Augsburg mit seinem Hochablass und der Floßlande war dabei stets wichtiger Anlaufpunkt, meist sogar Endpunkt für die Flößer. Um 1600 flößten die »Lechfergen« 3.500 Flöße pro Jahr. In der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts waren es immer noch 3.300 jährlich. Die Flöße wurden ab 1876 auf eine Länge von 40 Metern und eine Breite von 7 m begrenzt. Ein normales Lechfloß bestand demnach aus rund 100 Festmeter (fm) Fichtenholz. Somit kamen jährlich an die 300.000 fm Holz aus dem Oberland in Richtung Augsburg über den Wasserweg – in erster Linie die begehrte Fichte.

Forstwirtschaftlich zeigten sich bald Fortschritte, bald Rückschritte. Es herrschte eine ausgeprägte Ungleichheit in den Bewirtschaftungsformen der Wälder zwischen unregelmäßiger Nutzung und eher geregelten Betriebsformen. Wo nach Einführung von Holzordnungen Hochwald etabliert wurde, mischte sich die begehrte, robuste und ideal für Bevölkerung und Wirtschaft nutzbare Fichte ein. Im 17. Jahrhundert war die Fichte in der Gegend stark auf dem Vormarsch. Sie wurde streifen- und plätzweise oft nach radikalen Eingriffen wie Kahlschlag oder Waldfeldbau mit Saat eingebracht. Im Wald entstanden geometrische Ordnungen. Die Preise für Wälder stiegen seit dem letzten Drittel des 16. Jahrhunderts massiv an. Diese Feststellung wird gestützt durch eine Aussage des damaligen Leiters der Augsburger Forstverwaltung, Herrn Forsterrat Ganghofer, der 1893 anlässlich einer Waldbewertung schreibt: *»Die Preise für Handelholz (Bauholz, Papierholz) haben sich in letzter Zeit bemerklich erhöht«*. Demgegenüber nimmt der Anteil des Brennholzes am Holzaufkommen laufend ab. Darin liegt vermutlich einer der Gründe, weswegen die Laubholzniederwälder nach und nach in reine Fichten-Nadelholzhochwälder umgewandelt wurden. Ein weiterer wesentlicher Grund war die Reinertragslehre, die ab Mitte des 19. Jahrhunderts die deutsche Forstwirtschaft beeinflusste. Strenge Altersklassenverhältnisse, geometrische Bestände bestehend aus Fichten oder Kiefern versprachen das höchste Renditeziel. Der bayerische Waldbaureferent Dr. Karl Rebel (1863–1939) aber sagte richtig: *»Die unermüdliche stille Tätigkeit mehrerer Generationen von Forstbeamten hat Riesenerträge geschaffen. Man dankt es ihnen nicht. Umso mehr müssen wir gerecht sein und insbesondere dort, wo uns nicht alles passt, stets bedenken, dass das, was nunmehr anders sein sollte, damals unter ganz anderem Gesichtswinkel stand«*.

1942 übernahm die Stadt Augsburg aus politischen Gründen die Wälder der vier waldbesitzenden Stiftungen in ihr Eigentum. Sie erhält heute 17 % der Erträge des Waldbesitzes. Die Stiftungen bekommen 83 % vom Reinertrag, entsprechend dem damaligen Flächenanteil ihres Waldbesitzes außerhalb des Stadtgebiets. So dienen die Einnahmen aus dem Wald – wie seit Jahrhunderten – auch heute noch überwiegend der Erfüllung sozialer und kultureller Aufgaben durch die Stiftungen. In erster Linie wird heute damit Altenhilfe finanziert. Mit dem Wald Geld zu verdienen bedeutet in Augsburg deshalb karitativ tätig zu sein.

Die Fichte im heutigen Kommunalwald der Stadt Augsburg

Der Stadtwald Augsburg ist über drei bayerische Regierungsbezirke und zehn Landkreise verteilt. Insgesamt ist der Augsburger Wald laut Waldgesetz für Bayern (BayWaldG) Kommunalwald und als solcher vorbildlich zu bewirtschaften. Die Gesamtfläche gliedert sich in verschiedene Betriebsklassen. Unterschieden wird im Wesentlichen der Auwald vom Landwald. Der überwiegende Teil der fünf Landwaldreviere stammt aus ehemaligen Besitztümern der waldbesitzenden Stiftungen.

Die Landwaldreviere Diedorf und Mittelneufnach liegen im Wuchsgebiet Tertiäres Hügelland, Wuchsbezirk Mittelschwäbisches Schotterriedel- und Hügelland. Die Forstreviere liegen südwestlich von Augsburg. Die mittlere Jahrestemperatur wird mit 7–8 °C und einem Niederschlag von 750–850 mm (Sommermaximum) angegeben. Bei gleichen Klimaverhältnissen liegen die Reviere Brugger und Unterbaar nordöstlich von Augsburg im Wuchsgebiet Tertiäres Hügelland, Wuchsbezirk Oberbayerisches Tertiärhügelland. Das nördlichste Revier ist Fuchsmühl. Es liegt 300 km nordöstlich von Augsburg nahe der tschechischen Grenze im Landkreis Tirschenreuth. Das 900 ha große Revier befindet sich in zwei Wuchsbezirken Oberpfälzer Wald und Frankenwald/Fichtelgebirge/Steinwald. Es stockt auf Basalt bzw. Granit und damit auf zwei geologisch unterschiedlichen Formen. Das Klima im »harten« Nordosten Bayerns ist geprägt von 5–6 °C Jahresdurchschnittstemperatur bei einem Niederschlag von 900–1.100 mm. Es zeigt deutlich kontinentale Prägung.

Die beiden Auwaldreviere Siebenbrunn und Haunstetten begleiten die Flüsse Lech und Wertach. Der Lechwald versorgt rund 300.000 Menschen mit reinstem, oberflächennah gewonnenem Trinkwasser, welches keiner Aufbereitung bedarf. Dieser Wald bildet zusätzlich das Naherholungsgebiet Stadtwald Augsburg mit jährlich ca. 4 Mio. Besuchern und ist erholungszertifiziert nach PEFC. Darüber hinaus handelt es sich bei dem Gebiet um eines der ältesten und artenreichsten Naturschutzgebiete Bayerns. Die Standorte entstanden durch die erodierende und akkumulierende Kraft des fließenden Wassers. Die flachgründigen Bereiche lassen kein optimales forstwirtschaftliches Baumwachstum erwarten. Sie bilden jedoch hochinteressante Voraussetzungen für den Waldnaturschutz.

Darüber hinaus bewirtschaftet die Forstverwaltung der Stadt Augsburg mehrere andere Wälder mit. Es handelt sich vor allem um kommunale Wälder, angrenzend an die städtischen Reviere. Insgesamt beträgt die Bewirtschaftungsfläche derzeit 7.700 ha, Tendenz steigend.

Der heutige Waldflächenanteil der Fichte

Der Anteil an Fichte ist im Stadtwald Augsburg hoch. Zur Zeit der letzten Forstinventur in den Bereichen des Landwaldes im Jahre 2005 war die Fichte mit 62 % Flächenanteil die dominierende Baumart. Bei den Laubhölzern ist die Buche mit 15 % führend. Mit zunehmendem Alter sinkt die Bonität der Fichten. Sie liegt für Schwaben/Oberbayern bei 38,7 in der Altersklasse II (20 bis 40-jährig) und bei 33,5 in der Altersklasse VI (101 bis 120-jährig). Zu erklären ist dieses Phänomen durch Umwelteffekte. Nach der langen Devastierungsphase, also nach dem Aussetzen der Niederwaldbewirtschaftung sowie dem Belassen von Restmaterial aufgrund zurückgegangener Brennholznutzung verbunden mit einem ubiquitären Stickstoffeintrag aus der Luft, verbessert sich die Standortgüte sukzessive. Tatsache ist, dass der Forstbetrieb der Stadt Augsburg heute von der Fichte lebt. Jedoch ist allen Verantwortlichen bewusst, dass das Betriebsrisiko der Fichtenwirtschaft zunehmend steigt. Hier gilt es in der Zukunft gegenzusteuern.

Außerplanmäßige Nutzungen

Die Gefahren, die der Baumart Fichte drohen sind bekannt. Sie sind auch im schwäbisch, oberbayerisch geprägten Stadtwald Augsburg bekannt und belegbar. Der Anteil an außerplanmäßigem Holzeinschlag (= Zufällige Ergebnisse = ZE) der Baumart Fichte betrug in den 80er Jahren 8 % vom Gesamteinschlag. Zwischen 1999 und 2016 hat er sich auf durchschnittlich 35 % erhöht. In den Endnutzungsbeständen lag er gar bei 47 %. Für dieses ZE-Holz fallen höhere Holzerntekosten, Folgekosten durch Waldschutz- und Kulturmaßnahmen, Pflege usw. an. Gleichzeitig ist der Verkaufserlös aufgrund von Qualitätsverlusten geringer. Mehraufwand und entgangener Erlös summieren sich auf mindestens 30 Euro pro Erntefestmeter (Efm). Damit entgeht der Forstverwaltung der Stadt Augsburg ein jährlicher Gewinn von rund einer halben Millionen Euro. Der ZE-Anteil der Fichtenhiebe wird sich aber vermutlich weiter erhöhen. Die Fichte ist die Baumart, die im Augsburger Stadtwald am stärksten vom Kli-

mawandel betroffen sein wird. Es ist mit verstärktem Borkenkäferbefall und weiteren Verlusten durch Windwürfe zu rechnen.

Die Waldzusammensetzung in Augsburg

Seit Jahrzehnten werden die Auwaldreviere von Nadelholz auf Laubholzbestände umgebaut. So stocken dort in über 80-jährigen Beständen noch knapp 60 % Nadelholz. Je älter die Bestände werden, desto höher sind die Nadelholzanteile, dominant durch Kiefer und Fichte vertreten. Die über 120-jährigen Bestände bestehen fast zu einem Drittel aus Fichten und zu weiteren zwei Dritteln aus Kiefern. Lediglich marginale Anteile, nämlich nur 5 % der alten Bäume, bilden Laubhölzer, vor allem Eschen und Buchen. In den jungen, bis zu 20-jährigen Beständen ist das Verhältnis nahezu umgekehrt. 6 % Fichten und 3 % Kiefern bilden die Nadelholzanteile. Alles andere ist Laubholz, allen voran die Edellaubholzarten. Erfreulich ist, dass die Eiche mit 10 % vertreten ist. Eichen hatten – zumindest bisher – vermutlich Probleme mit der Wasserversorgung auf den karbonatreichen, flachgründigen Lechschottern.



Abbildung 1: Typische, tiefbeastete Auwaldfichten auf trockenen Lechschotterböden

Foto: Stadt Augsburg Forstverwaltung

Mittlerweile kommt sie aus Naturverjüngung. Entlang von Lech und Wertach vollzog sich in den letzten Jahren ein Wandel hin zu einem edellaubholzdominierten Bestandsaufbau mit deutlichen Anteilen an sonstigen Laubhölzern.

Das Bestreben, den Auwald mit hohen Anteilen von Laubbäumen zu bestocken hat verschiedene Gründe: Nadelholz (Fichte und Kiefer) wurde nach Übernutzungen verstärkt eingebracht – über alle Standorte hinweg. Dies ist vor allem im südlichen Lechwald sichtbar, der 1924 von einem Privatmann erworben wurde. Dieser schlug nachweislich große Teile vor dem Verkauf an die Stadt im Jahr 1927 kahl. Vergrasung und Auftreten von Frost waren die Folge. Die Flächen wurden mit Fichten und Kiefern aufgeforstet. Zu jener Zeit wurde der Lech »korrigiert«, das heißt begradigt, eingetieft und mit Kraftwerken und Stauseen gezügelt. Die typische Auendynamik, wie Schwankungen zwischen Hoch- und Niedrigwasser im Wald und Überschwemmungen, war verschwunden. Aus dem Auwald wurde ein Übergangswald, der sich zum Landwald hin entwickelt. Ein dritter Grund für die Bevorzugung hoher Laubholzanteile an der Bestockung geht von der Wasserwirtschaft aus, die aus dem Gebiet Trinkwasser bezieht. Laubbäume bergen im Allgemeinen ein niedrigeres Windwurfisiko. Ungewünschte Bodenverwundungen sollen so minimiert werden. Nadelhölzer wie die Fichten haben wegen ihrer größeren Blattoberfläche und der ganzjährigen Begrünung eine höhere Filterwirkung. So filtern Nadelbäume ganzjährig Schadstoffe aus der Luft, die dann in den Boden gelangen. Im Trinkwasserschutzgebiet ein unerwünschter Effekt.

Auch der Landwald zeigt einen extrem starken Bestockungswandel. Dies lässt sich anschaulich anhand von Inventurdaten von 1990 und 2005 darstellen. Exemplarisch für Schwaben/Oberbayern ging der Fichtenanteil um 8% zugunsten des Laubholzes zurück. Zu betonen ist der kurze Zeitraum von 15 Jahren, in denen allerdings die Stürme Vivian/Wiebke und Käferkalamitätsjahre lagen. Noch aufschlussreicher ist der Blick auf die erste Altersklasse, also auf die jüngsten Bestände. Der Fichtenanteil liegt bei 43%, der des Laubholzes bei 52%. Der Bestockungsgrad liegt im Schnitt (Schwaben/Oberbayern) über alle Altersklassen der Oberschicht bei 0,98. Die Forstinventur ergab 2005 einen Vorrat von 368 fm/ha Holzboden sowie einen Zuwachs von 12,0 fm/ha. Daraus abgeleitet wurde ein Hiebsatz von 11,0 fm/Jahr/ha. Womit wir bei der Ökonomie der Fichte in Augsburg wären.

Ökonomische, ökologische und soziale Bedeutung der Wälder Augsburgs

Alleine in Augsburgs Wäldern – zusammengenommen etwa eine Fläche in der Größe des Chiemsees – stocken rund 1 Mio. Vorratsfestmeter (Vfm) Fichte. Jährlich wurden im Schnitt der letzten 11 Jahre 35.500 fm davon als Stammholz (Lang- und Kurzholzsortimente) verkauft. Unter den gegebenen Standortverhältnissen und klimatischen Bedingungen sowie auch der waldbaulichen Behandlung wachsen die Fichten dort nicht nur in beachtlicher Quantität, sondern auch in hervorragender Qualität. Der schwäbisch-oberbayerische Fichtengürtel ist dafür bekannt. Dies wissen nicht nur wir Förster, sondern auch unsere Kunden, die Säger. Durch den herrschenden Fichtenreichtum in Schwaben und Oberbayern haben sich traditionell Sägewerke angesiedelt, die auf den Einschnitt von Fichtenhölzern spezialisiert sind. Es gibt eine ordentliche Anzahl kleiner Sägewerke, die nach wie vor Bauholz in Form von Langholz beziehen. In den letzten Jahren hat sich zusätzlich eine immense Einschnittkapazität von Spannerwerken etabliert. Angelockt von Zahlen der Bundeswaldinventur, die den Fichtenreichtum der Gegend offen legten, wurden vorhandene, größere Sägewerke erweitert und zusätzlich neue Linien »auf der grünen Wiese« errichtet. Hohe Kapazitäten müssen versorgt werden. Es entstand eine große Nachfrage nach Nadelrundholz, die bis heute anhält – sehr zur Freude des Augsburger Forstbetriebs.

Die Stadt Augsburg vermarktet ihr Stammholz über die Waldbesitzervereinigung Region Augsburg e.V. Im Jahr 2006 fiel der strategische Entschluss diese Vermarktungsschiene zu wählen. Selbst wenn die Augsburger große Kommunalwaldbesitzer sind, sind sie gemessen am Bedarf der heutigen Sägeindustrie, einer von vielen Lieferanten. Um hier eine Bündelung in der Holzvermarktung und -bereitstellung zu erreichen, war der gemeinsame Verkauf sinnvoll. So können nahezu ganzjährig die gewünschten Sortimente in großen Mengen offeriert werden. Auch die logistische Abwicklung wird sinnvoller und professioneller. Durch die Größe des forstlichen Zusammenschusses kann nahezu ganzjährig Rundholz angeboten werden. Unsere Kunden schätzen diese Entwicklung. Ziel ist eine gute, dauerhafte Geschäftsbeziehung mit Vorteilen für beide Seiten. So danken es die Kunden mit der Abnahme und schnellen Abwicklung auch in Kalamitätsfällen. Die Waldbesitzervereinigung wiederum stellt für die Sägeindustrie einen potenten, professionellen, vor allem aber verlässlichen Lieferanten dar.



Abbildung 2:
Fichtenbestände werden
seit Jahren zusätzlich
mit anderen Baumarten,
vor allem Weißtannen
und Rotbuchen, voraus-
verjüngt. Foto: Stadt Augsburg
Forstverwaltung

Aus der fichtenreichen Gegend bieten die Waldbesitzer Fichtenholz in großen und qualitativ hochwertigen Mengen an. Produziert wird in der Regel BC-Ware aus PEFC-zertifizierten Wäldern.

Stammholz wird im Augsburger Forstbetrieb, in dem 19 aktive Waldarbeiter beschäftigt sind, zu ca. 50% in Form von Langholz aufgearbeitet. Die andere Hälfte wird mit örtlichen Forstunternehmern und deren Harvestern zu Fixlängen geschnitten. Sämtliche Rückarbeiten werden vergeben. Alle anfallenden Fichtensortimente vom D-Holz bis zum guten Erdstammstück, können vermarktet werden. Dies geschieht in unmittelbarer Umgebung. In einem Radius von rund 50 km um das Waldgebiet werden die Abnehmer beliefert. Der nachwachsende Rohstoff mit hervorragender Ökobilanz muss dank der Nähe der Sägewerksstandorte zum Wald nicht unnötig quer durch die Republik gefahren werden. Das spart auch Frachtkosten. Anfallendes Papierholz verbleibt quasi in der Stadt, da UPM in Augsburg mit einer großen Papierfabrik ansässig ist. Die hohe Nachfrage bedingt aber auch hohe Preise. Die Verkaufspreise für Fichte liegen in Schwaben und Oberbayern regelmäßig auf Höchstniveau im europäischen Vergleich. Dies ist für den Bewirtschafter des Waldes von wesentlicher Bedeutung. Im Schnitt der letzten 11 Jahre lag der Durchschnittspreis Fichte bei 82 €/Efm für Stammholz (alle Stärken, alle Güten). Der durchschnittliche Verkaufspreis für Buchenstammholz liegt im selben Zeitraum bei 68 €/Efm. Im Vergleich zur Fichte besteht ein Delta von 14 €/Efm.

Weil die Pflege der Laubholzbestände in Richtung Qualitätserzeugung zielt und sich neue Baustoffe aus Laubstammholz etablieren, werden für Laubhölzer steigende Preise erwartet. Trotzdem ist die Differenz zwischen Laubholzerzeugung einerseits und einer Nadelholzproduktion andererseits zugunsten des Nadelholzes eklatant hoch.

88% der Holzeinnahmen stammen aus dem Verkauf von Fichtenholz. Die sich verändernden Bedingungen zwingen aber in Zukunft zu einem verstärkten Anteil von Laubholz und der Substitution von Fichten vor allem mit Weißtanne und Douglasie. Das Ziel sind nadelholzdominierte, strukturierte Mischbestände.



Abbildung 3: Augsburgs Westliche Wälder sind für qualitativ und quantitativ hervorragende Fichten-Hochleistungsstandorte bekannt. Foto: Stadt Augsburg Forstverwaltung

Eine rein betriebswirtschaftliche Betrachtung wird den Anforderungen an einen öffentlichen, vorbildlich zu bewirtschaftenden Kommunalwald nicht gerecht. Zunehmend sind soziale und ökologische Funktionen bedeutsam. Der Stadtwaldförster wird nicht nur nach Reinertrag, sondern aus Sicht der Bürger auch nach der Ästhetik der Waldbilder und dem Zustand der Wege und der Ruhebänke beurteilt. Für die speziellen Augsburger Verhältnisse aber gilt: Die ehemals waldbesitzenden Stiftungen, die die Stütze der Augsburger Sozialeinrichtungen darstellen, sind heute vom Holzertrag der Fichte abhängig. Und sie werden sich auch zukünftig über Einnahmen aus dem Wald freuen.

Waldbauliche Zielsetzung der Stadt Augsburg

Die Fichte stockt, wie beschrieben, im Landwald sehr vorratsreich – meist in Mischung mit mehr oder weniger Laubholzanteilen. Die Standorte sind wüchsig und meist verjüngungsfreudig. Das waldbauliche Konzept sieht vor, die Fichte auch in den kommenden Bestandsgenerationen mit zu beteiligen. Dies soll jedoch mit geringeren Anteilen als bisher geschehen. Langfristiges Ziel für die Betriebsklasse Landwald ist ein führender Nadelholzanteil mit 60%. Aus Risikogründen soll die Fichte zukünftig stark mit Tanne, daneben auch mit Douglasie angereichert werden.

Die Verjüngung der Fichte erfolgt in der Regel durch Naturverjüngung. Sie wird stets gemischt mit Laubholz oder Tanne (oft im Voranbau) und Douglasie (diese im Weitverband zwischen die Fichten). Die nötige Erhöhung des Baumartenportfolios geschieht auch über Pflanzung. Es entstehen immer wieder Lücken und Öffnungen im Kronendach, die für Lichtbaumarten geeignet sind. Der Anbau von sogenannten »Exoten« hat im Augsburger Wald eine lange Tradition. So sind Exemplare von Douglasie, Küstentanne oder Thuja mit einem Alter von über 125 Jahre vorhanden, die das Potential, auch was die Stabilität anbelangt, dieser Baumarten veranschaulichen. Zusätzlich sollen zukünftig sogenannte »heimische Exoten« (Elsbeere, Nüsse, Speierling) Verwendung finden. Diese wurden bislang wenig beteiligt, sind aber im Hinblick auf Klimaveränderungen erfolgversprechend.

Ersteingriffe erfolgen motormanuell. Für diese Jungwuchspflege kommen, neben den Waldarbeitern, örtliche Forstunternehmer oder Klein-/Brennholzseltwerber zum Einsatz. Ziel ist es, Standräume flächig so

zu erweitern, dass stabile Bestandsgefüge und vorhandene Strukturen erhalten bleiben. Auf Mischwuchsförderung wird stark geachtet. Eingemischte Baumarten werden, wo möglich, trupp- bzw. gruppenweise ausgeformt.

Die Jungdurchforstung bringt in der Regel positive Deckungsbeträge durch die Bereitstellung von Papierholz und einigen Fixlängen. Generell zeichnet der Förster die Bestände aus. Mit Beginn der Jungdurchforstung erfolgt die gezielte Förderung der Zielbäume aus Fichten und Mischbaumarten. Ein Augenmerk richtet sich dabei auf die Sicherung adäquater Kronenansätze und die Erhaltung von Struktur im Bestand. Die Eingriffe erfolgen mäßig, aber häufig wiederkehrend. Bei Bedarf erfolgt in diesem Stadium die Anlage der Feinerschließung. In fichtendominierten Beständen ohne Mischbaumanteil soll, falls nicht aus Naturverjüngung möglich, rechtzeitig (Zielvorstellung Alter 40–50) mit dem Voranbau von Tannen, etwas später Buchen auf dafür geeigneten Standorten begonnen werden. Wünschenswert wären, durch Verjüngung, Vorbau und Durchforstung strukturierte und damit weniger gegen Wind, Sonne und Insekten anfällige Mischbestände zu entwickeln. Leider gelingt dies nicht immer: Auf den wüchsigen Standorten streben alle Individuen nach oben dem Licht entgegen. Es entstehen dadurch einschichtige, strukturlose Fichten-Bestände mit langen, astfreien, jedoch instabilen Stangen. In diesen unvorbereiteten Beständen ist standortabhängig ein flächiges Vorgehen riskant, da die Gefahr von Wind- oder Käferangriffen hoch ist, sobald das Kollektiv aufgelockert wird. Ein vorsichtiger Seiteneinstieg ist jedoch möglich. Heutiges Ziel sind struktur- und nadelholzreiche Mischbestände. Die Erkenntnis, dass reine Fichtenbestände keinen Sinn machen, hatten die Augsburger Forstleute früh gewonnen und deshalb zahlreiche Laubholzarten in den Beständen beteiligen lassen. Diese bieten heute ein hervorragendes Ausgangspotential für Naturverjüngung. Um den Anteil an Naturverjüngung und die Weißtannenanteile zu erhöhen, bedarf es eines entsprechenden Jagdmanagements.

Im Auwald stellt sich die Situation etwas anders dar. Ziel ist es hier, die hohe Qualität des Trinkwasserspeichers dauerhaft hochwertig zu erhalten. Die dortigen Standortverhältnisse bieten gute Voraussetzungen für dauerwaldartige Bestände. Laubholz ist zum einen wegen des Trinkwasserschutzes, zum anderen wegen der vielen Erholungssuchenden in hohen Anteilen vorhanden und soll erhalten bleiben. Die Fichte wird auch zukünftig beteiligt werden. Ziel ist es, immer wieder

Solitäre oder Trupps von Fichten zu halten. Dies ist traditionell im gebirgsnahen Auwald sinnig und aus Sicht der Erholungssuchenden wegen des Dauergrüns wünschenswert.

Die Fichte hatte und hat für die schwäbische Metropole Augsburg eine große Bedeutung. Früher war sie die Baumart, die die Stadt und deren Bevölkerung am Leben hielt. Auch heute noch ist sie für die große Forstverwaltung der Stadt die Quelle des wirtschaftlichen Erfolges und soll dort, wo es die Standortvoraussetzungen zulassen, auch weiterhin namhaft Verwendung finden.

Literatur:

Bayerische Staatsforsten AöR (2009): Bewirtschaftung von Fichten- und Fichtenmischbeständen im Bayerischen Staatswald. http://www.baysf.de/fileadmin/user_upload/04-wald_verstehen/Publikationen/Fichtenrichtlinie.pdf

v. Hornstein, F. (1951): Wald und Mensch

Lichtenstern, A. (2014): Die Lechflößer fürchten das Wehr. <http://www.mittelschule-landsberg.de/floesser.pdf>

Loderer, A. (1984): Die Besitz- und Verwaltungsgeschichte der Augsburger Stadtwaldungen. Dissertation

Schraudy, M. (2000): Forstwirtschaftsplan für den Stadtwald Augsburg

Schraudy, M. (2005): Erweiterte Zwischeninventur zum Forstwirtschaftsplan für den Stadtwald Augsburg (Landwald 2005)

Schraudy, M. (2010): Forstwirtschaftsplan für den Wald der Stadtwerke Augsburg

Stöbener, M. (2016): <https://www.augsburgwiki.de/index.php/AugsburgWiki/Bevoelkerungsentwicklung>

Troll, W. (1926): Die natürlichen Wälder im Gebiete des Isarvorlandgletschers

Weitlauff, M. (2012): Historisches Lexikon Bayerns. [https://www.historisches-lexikon-bayerns.de/Lexikon/Augsburg,_Bistum/Hochstift:_Politische_Geschichte_\(Sp%C3%A4tmittelalter\)](https://www.historisches-lexikon-bayerns.de/Lexikon/Augsburg,_Bistum/Hochstift:_Politische_Geschichte_(Sp%C3%A4tmittelalter))

Keywords: Spruce, history, shares, exceptional use, profitability, silviculture

Summary: Spruce currently is the dominant tree species in the forestry administration of the city of Augsburg. She is shaping forestry operations. A look back explains the current conditions. With 7.700 ha Augsburg is the largest communal forest owner in bavaria. The forests are almost $\frac{2}{3}$ covered with spruces. Today's goal is to develop structured, needle-dominated mixed stocks. Depending on the location, the spruce is replaced by other tree species. Due to its economic importance, it will continue to be used in the Stadtwald Augsburg.

Die Fichte

*Ihr Stamm zählt hundert Ringe fast,
In jedem steckt ein Jahr Geschichte.
Wie knöchern wirkt schon mancher Ast,
Noch strotzt der Baum vor Nadeldichte.
Ein muntres Volk bewohnt den Baum,
Vom Wurzelwerk hinauf zur Spitze
Das Kleingetier bemerkt man kaum,
Es haust in kleinster Rindenritze.
Nach Samen sucht der Eichelhäher,
Sein Ruf vermeldet Mardersicht.
Das Käuzchen taugt nur nachts als Späher,
Es scheut das grelle Tageslicht.
Die alte Fichte macht es stolz,
Dass alle sie als Heimat wännen.
Klopft gar der Buntspecht an ihr Holz,
Verströmt sie harz'ne Freudentränen.*

Ingo Baumgartner

Die Bedeutung der Fichte in und für Thüringen

Wolfgang Arenhövel, Nico Frischbier und Corinna Geißler

Schlüsselwörter: Fichte, Klimawandel, Risiken, Kyrill, Waldumbau

Zusammenfassung: Der Freistaat Thüringen gehört zu den fichtenreichen Bundesländern. Für die Forstbetriebe sind hohe Fichtenanteile eine solide Wirtschaftsgrundlage. Allerdings ist Fichtenwirtschaft immer auch mit erheblichen Risiken verbunden, die durch den Klimawandel noch zunehmen. Der Waldbau steht damit vor der Aufgabe, die Fichtenbestände durch konsequente Pflege, Erhöhung der Mischbaumartenanteile und auch durch stärkere vertikale Strukturierung zu stabilisieren. ThüringerForst hat mit dem waldbaulichen Leitbild »naturnaher Dauerwald« die entsprechenden Weichen gestellt.

Die Bundesländer mit einem hohen Fichtenanteil – und dazu gehört zweifelsfrei auch Thüringen – begrüßen die Wahl der Fichte (*Picea abies* [L.] H. Karst.) zum Baum des Jahres 2017. Diese Entscheidung war längst überfällig.

Unbestritten ist die Fichte eine Baumart, die polariert – aber nur dann, wenn die (Forst-)Geschichte

außer Acht gelassen wird. Wer sich mit Wäldern und Waldwirtschaft beschäftigt, kommt an der Geschichte unserer Wälder, die eng an die Geschichte der Menschheit mit ihren vielfältigen und sich auch immer wieder ändernden Nutzungsansprüchen gebunden ist, nicht vorbei. Der Fichtenanbau ist für diese Wechselwirkung ein Paradebeispiel. Die anspruchslose Fichte mit herausragenden Holzeigenschaften hatte zentrale Bedeutung bei der Wiederbewaldung Mitteleuropas nach umfassenden Rodungen, Übernutzungen und Kalamitäten.

Überblick

Aktuell ist die Fichte mit 38,4% Baumartenanteil immer noch mit großem Abstand die häufigste Baumart in Thüringen. Ihr folgt die Rot-Buche mit 19,8% (Wenzel et al. 2015, Abbildung 1). Diese beiden Baumarten dominieren auch im Nachwuchs sehr deutlich die Baumartenverteilung. Allerdings wird hier die Fichte bereits von der Buche überholt (Abbildung 1).

Von Natur aus ist Thüringen ein Land der Buchenwälder (Bushart und Suck 2008). Geologie, Böden und vor

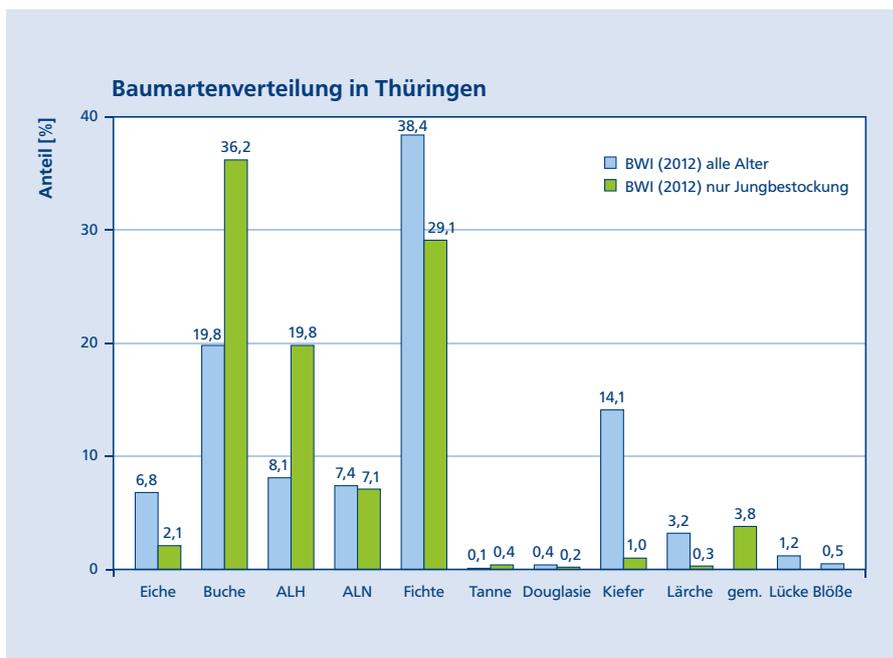


Abbildung 1: Baumartenverteilung in Thüringen nach Baumartengruppen laut Bundeswaldinventur 3, sowie daneben ausschließlich für Jungbestockung.

Jahr	Fichtenanteil [%]	Datenquelle
1993	46,9	Datenspeicher Waldfonds der ostdeutschen Bundesländer (DSWF)
2002	43,0	Bundeswaldinventur 2 (BWI 2)
2012	38,4	Bundeswaldinventur 3 (BWI 3)
2022–2052	ca. 38,2	Waldentwicklungs- und Holzaufkommensmodellierung (WEHAM)

Tabelle 1: Zeitliche Veränderung des Baumartenanteils der Fichte an der Gesamtwaldfläche im Freistaat Thüringen.

allein ein der Buche zusagendes Klima hätten ohne Einfluss des Menschen weit überwiegend zu buchen-dominierten Wäldern geführt. Der natürliche Anteil der Fichte wird von Hofmann (1990) auf der verbliebenen, heutigen Waldfläche auf etwa 5 % geschätzt. Die aktuelle PNV-Karte für Thüringen weist natürliche Fichtenwälder lediglich in Bereichen der Hoch- und Kammlagen des Thüringer Waldes und des Thüringer Schiefergebirges aus und teilt ihr dort Hochmoorrandbereiche zu. Der Lebensraumtyp 9410 – *Vaccinio Piceetum* laut FFH-RL ist dort für Thüringen gerade einmal auf 479 ha Waldfläche ausgewiesen (Frischbier et al. 2013).

Für die Waldbesitzer und Waldbewirtschafter in Thüringen ist der gegenwärtig noch hohe Fichtenanteil einerseits ein hinzunehmendes historisches Ergebnis von Holznöten, Reinertragslehre, nadelsägeholzbedarfsgerechtem Anbau, relativer Anspruchslosigkeit des Fichtenwaldbaus, andererseits aus betriebswirtschaftlicher Sicht aber auch eine solide Grundlage ihrer heutigen forstlichen Arbeit. Freilich bedeutet diese Situation auch eine Herausforderung, weil Fichtenwirtschaft außerhalb des natürlichen Verbreitungsgebiets der Fichte immer mit erheblichen Waldschuttrisiken verbunden ist.

Seit der politischen Wende 1989, mit Übergang zu einer naturnahen Waldwirtschaft, ist der Fichtenanteil in Thüringen bereits deutlich zurückgegangen (Tabelle 1, Wenzel et al. 2015). Und diese Entwicklung wird dank des ambitionierten Waldumbaus anhalten, selbst wenn das Basisszenario der Waldentwicklungs- und Holzaufkommensmodellierung 2012 noch von konstanten Fichtenanteilen von ca. 38,2 % ausgegangen ist. Schon heute dürfte diese Prognose überholt sein.

Wald- und HolzLand Thüringen

Fichtenholz hat hervorragende Eigenschaften für vielfältigste Verwendungen und wird entsprechend nachgefragt. Die alljährlichen Meldungen des Thüringer Landesamts für Statistik machen deutlich, dass der Holzeinschlag im Freistaat Thüringen (seit 2010 regelmäßig bei 2,5 Mio. fm) durch die Baumartengruppe Fichte (Tanne und Douglasie sind darin marginal enthalten) mit etwa 1,4 bis 1,5 Mio. fm pro Jahr dominiert wird. Die Verwertung des heimischen Fichten (-säge-) Holzes ist für die ansässige Sägeindustrie in Thüringen und in dessen unmittelbarer Nachbarschaft sowie für das Cluster Forst und Holz insgesamt von zentraler Bedeutung.

Im Staatswald liegt der Anteil der Fichte (bei einem Baumartenanteil von 43 %) bei ca. 60 % des Gesamteinschlags, bei den Gesamteinnahmen aus dem Holzverkauf sogar bei 65 %. Einschlag und Vermarktung von Fichte haben damit insbesondere im Landeswald der Thüringer Forstverwaltung eine herausragende wirtschaftliche Bedeutung.

Das Cluster Forst und Holz liegt mit jährlich über 2 Milliarden Euro Umsatz in Thüringen in Summe auf Platz vier und ist damit einer der wichtigsten Arbeitgeber. 100 fm Holz in der Wertschöpfungskette der Holzbe- und -verarbeitung sichern einen Arbeitsplatz. Insgesamt sind es 40.000 Arbeitsplätze im Cluster Forst und Holz (TMLNU 2007). Jeder Festmeter nachhaltig genutzten Holzes aus Thüringens Wäldern erbringt zudem für den Freistaat Steuereinnahmen in Höhe von 110 €. Neben der Sicherung von Arbeitsplätzen sind die Ausbildungsplätze des Clusters Forst und Holz für junge Menschen – insbesondere im strukturschwachen ländlichen Raum – von großem Interesse.

Für die Kohlenstoffbilanz der Thüringer Wälder (für 2002–2012 nachzulesen in Wenzel et al. 2015, S. 57 ff) und damit insgesamt für den Klimaschutz hat die Fichte ebenfalls eine herausragende Bedeutung. Im Wald in Thüringen sind in Pflanzen, Totholz, Humus und Mineralboden momentan etwa 118,3 Mio. Tonnen Kohlenstoff gespeichert, davon alleine etwa 62,7 Mio. in ober- und unterirdischer Baumbiomasse, wovon 24,3 Mio. Tonnen auf die Baumartengruppe Fichte entfallen (etwa 20,5 % der Gesamtbilanz bzw. knapp 40 % der Dendromassenbilanz). Seit 2002 fungiert die Fichte dabei nachweislich als Kohlenstoff-Senke, weil sich trotz abnehmender Fichtenfläche Holzvorrat erneut erhöht hat (+ 46 Vfm/ha auf inzwischen 384 Vfm/ha).

Die Fichte trug in dieser Zeitspanne jährlich zur Kompensation von Treibhausgasemissionen bei, mit Raten von durchschnittlich 90.000 t C bzw. 330.000 t CO₂. Dennoch ist aus einer Thüringer Studie bekannt, dass sich anschließende Klimaschutzeffekte der Holzverwendung hinsichtlich qualitativ hochwertiger Holzprodukte und einer Kaskadennutzung noch wesentlich steigern lassen, beispielsweise wenn Holzentwertungen durch Rotwildschäle vermieden werden können und die Vermarktung optimiert wird (Mund et al. 2015).

Die Kehrseite der Medaille

Der zurückliegende massive Fichtenanbau in Mitteleuropa – vor allem außerhalb der natürlichen Fichtenverbreitung – ist immer wieder in die Kritik geraten, weil die Schadanfälligkeit dieser künstlichen Nadelwälder außerordentlich hoch ist. Zudem erfolgte ihr

Anbau regelmäßig im riskanten und ökologisch fragwürdigen Reinbestand. Dies trifft ohne Einschränkung auch für Thüringen zu. Kurth (1994) gibt für intensiv bewirtschaftete mitteleuropäische Nadelholzforsten einen Schadholzanfall von etwa einem Festmeter pro Jahr und Hektar an. Dieser Wert gilt für große Zeiträume und stützt sich insbesondere auf Untersuchungen von Dittrich (1987). Blickt man zurück und fasst nur den Schadholzanfall der größten Schadereignisse seit 1946 (Tabelle 2), ergänzt um die Monitoringdaten zu Buchdrucker-Stehendbefallsmengen der letzten 50 Jahre zusammen, dann liegt der Schadholzanfall in Thüringen eher noch leicht über diesem Wert von Kurth (1994).

Neben Sturm, Schneebruch und Borkenkäfer – auch der Kupferstecher kann Schadholzmengen im fünfstelligen Bereich verursachen – sind als weitere wichtige Schadfaktoren Dürre, Fichtenspinstblattwespe, Kleine Fichtenblattwespe, Nonne, Rotfäule und Halli-

Zeitraum	Ereignis	Schadholzanfall in Thüringen [fm]
1946–1949	Sturm- und Borkenkäferkatastrophe im Raum Schleusingen, Oberhof	5 Mio.
1980 (April)	Schneebruch in Ostthüringen (Schleiz, Gera, Jena)	1,5 Mio. (z. T. auch Kiefer)
1981 (Dezember)	Schneebruch im Thüringer Wald	5 Mio.
1990 (Februar)	Sturmschäden durch »Vivian« und »Wiebke«	1 Mio. (darunter 83 % Fichte)
1999 (Dezember)	Sturmschäden durch »Lothar«	0,05 Mio.
2007 (Januar)	Sturmschäden durch »Kyrill«	3 Mio. (darunter 88,5 % Fichte)

Tabelle 2: Fichten-Schadholzanfall größerer Schadereignisse 1946 bis 2016

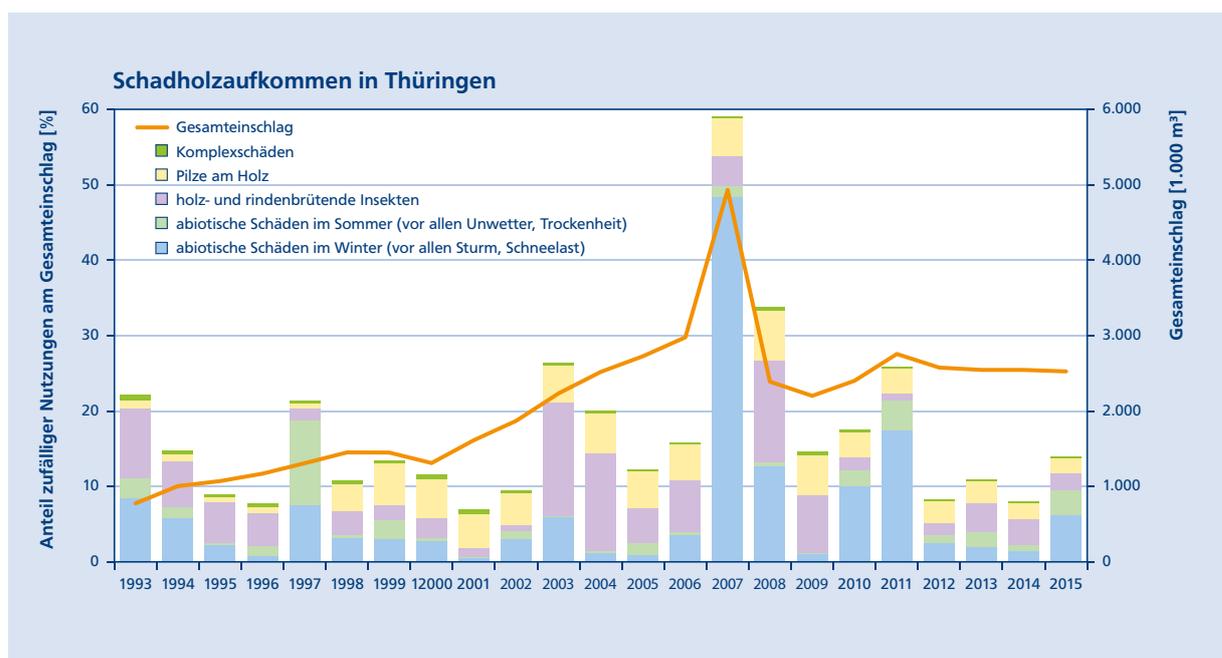


Abbildung 2: Zeitstrahl zum Schadholzaufkommen in Thüringen in Relation zum Gesamtschlag und differenziert nach Schadensursachen (verändert nach TMUEN 2017).

masch (v.a. in Verbindung mit Schältschäden) als Risikofaktoren zu nennen. Im jüngst erschienenen Thüringer Klimafolgenmonitoring (Abbildung 2, TMUEN 2017) nimmt im Kapitel Wald und Forstwirtschaft daher die Fichte eine zentrale Rolle ein. Diskutiert und analysiert werden dort beispielsweise ihre Klimaangepasstheit in Naturräumen in Thüringen, ihr langjähriger Schadholzanfall mit diversen Ursachen und -ketten sowie ihre Vitalität nach anfänglichen Erholungen in den frühen 1990er Jahren. Für dieses wiederkehrende Klimafolgenmonitoring sind langfristige, konsistente Waldmonitoringdaten aus dem Forstlichen Forschungs- und Kompetenzzentrum von ThüringenForst von großer Bedeutung. Für Thüringen wird dank dieser langfristigen Datenreihen deutlich, dass der Anteil zufälliger bzw. zwangsläufiger Nutzungen am Gesamteinschlag Größenordnungen von durchschnittlich 10 bis 20 % einnimmt. Etwa alle fünf Jahre liegt dieser ungeplante Einschlag bei über 20 % des Gesamteinschlags und ist vor allem der Fichte zuzuordnen.

Die aktuelle Verbiss- und Schälinventur 2016 weist zwar auf Landesebene einen Rückgang der Schäden gegenüber der Erhebung 2013 nach, die Schältschäden an Fichte liegen aber immer noch deutlich über der Toleranzgrenze von 1 %.

Kyrill 2007

Das letzte Großschadereignis »Kyrill« liegt zehn Jahre zurück. Bekanntlich ist nach dem Sturm schließlich doch wieder vor dem Sturm. Kleinere Stürme mit trotzdem spürbaren Schadholzmengen gab es seit »Kyrill« fast jährlich.

Um bei künftigen Sturmereignissen den Schadholzanfall möglichst gering halten zu können, hat ThüringenForst 2007 eine sehr umfassende Ursachenanalyse zum Schadausmaß des Sturmes »Kyrill« in den Wäldern des Freistaates Thüringen veranlasst. Die Ergebnisse dieser Studie (Clasen et.al. 2008) sind in die aktuelle Walbastrategie für die Bewirtschaftung des Staatswalds, insbesondere der Fichtenbestände, eingeflossen und werden auch den privaten und kommunalen Waldbesitzern zur Stabilisierung ihrer Fichtenwälder empfohlen.

Hier wird nur auf die Schadursachen eingegangen, die durch den örtlichen Bewirtschafter direkt beeinflusst werden können. (1) Baumartenwahl: Erwartungsgemäß lag auf wechselfeuchten, mineralischen

und organischen Nassstandorten sowie in Moor- und Quellbereichen das Schadprozent deutlich höher als auf terrestrischen Standorten. Auf die standortgerechte Baumartenwahl ist künftig noch konsequenter zu achten. (2) Baumartenmischung: Jede Art von Beimischung hat im Vergleich zum Fichtenreinbestand das Schadprozent der Fichte verringert. Je höher der Mischbaumartenanteil war, desto geringer fiel das Schadprozent aus. Reinbestände wurden daher aus dem aktuellen Bestandeszieltypenkatalog gestrichen. Mindestens 20 % Mischbaumartenanteil sind gefordert. (3) Eingriffsstärke: Je jünger und stärker der Eingriff, desto größer der Schadholzanfall. Dieses Ergebnis hat dazu geführt, dass Eingriffsstärken über 90 fm/ha nicht mehr toleriert werden. Die Regel sind heute 2 (bis 3) Eingriffe im Jahrzehnt je nach Wüchsigkeit und waldbaulicher Dringlichkeit mit einer Eingriffsstärke von 50–60 fm/ha.

Auf ehemaligen Kyrill-Schadflächen im Thüringer Landeswald schlossen inzwischen zwei Doktoranden der TU-Dresden ihre Forschungen zu ausgewählten Aspekten erfolgreich ab, konkret (1) zur Zukunft von Rotbuchen-Voranbauten nach Fichtenschirmverlust (Weidig et al. 2015a, 2015b) und (2) zur Wiederbewaldung von großen Schadflächen durch Pionierbaumarten benachbarter Fichtenbestände (Tiebel et al. 2015). Auch für andere Fragestellungen im Zusammenhang mit Stürmen und Sturmfolgen bietet ThüringenForst-AöR gerne Themen, Betreuung und Versuchsflächen im praktischen Betrieb an. Schließlich soll aus derart schmerzhaften Sturmkatastrophen wenigstens gelernt werden können.

Klimawandel

Der Klimawandel ist nachgewiesene Realität, die Fichte ist davon besonders betroffen (TMUEN 2017; Frischbier et al. 2014; Frischbier 2011). Wenn heute gepflanzt wird, dann sollen die verwendeten Baumarten auch in etwa 100 Jahren noch vital sein. Sie müssen daher eine Temperaturerhöhung inklusive daran gekoppelter erhöhter Verdunstungsraten von mindestens +2 °C in diesem Zeitraum aushalten und außerdem mit geringeren Niederschlägen in der Vegetationszeit zurechtkommen.

ThüringenForst hat sich das Thema Baumartenwahl in Zeiten des Klimawandels frühzeitig auf die Agenda geschrieben und in den Jahren 2007 bis 2010 im Rahmen einer fachgebietsübergreifenden Arbeitsgrup-

pe mit Expertenwissen aus den Gebieten Standorts-, Boden- und Vegetationskunde, Klimaforschung, Waldbau, Ertragskunde, Forstliche Rahmenplanung, Wald-funktionskartierung und Forsteinrichtung sowie unter Einbeziehung der Forstpraxis aktuelle Baumartenempfehlungen als wichtige Grundlage für die Anpassung der Forstwirtschaft an den Klimawandel erarbeitet (z. B. Frischbier et al. 2010). Diese Baumartenempfehlungen räumen der Fichte Anbaumöglichkeiten als Hauptbaumart (Anteil am Bestand 50 % bis 80 %) noch auf 18 % der Waldfläche in Thüringen ein. Außerdem kann die Fichte als Mischbaumart (Anteil 20 % bis 50 %) auf weiteren 20 % der Waldfläche gebracht werden. Das ist eine Größenordnung, die bereits 2007 über einen methodisch anderen Weg hergeleitet wurde (Seiler et al. 2007). Die inzwischen durch zwei Landesregierungen bestätigten Waldumbaubemühungen fußen ganz wesentlich auf diesen forstlichen Analysen.

Zu beachten sind zudem die potenziellen Risikogebiete der Fichte gegenüber klimatischen Bedingungen und Borkenkäfergradationen (Profft et al. 2008), die nicht mehr geeignet für den Anbau dieser Baumart sind. Um den Rückgang der Hauptbaumart Fichte betriebswirtschaftlich einigermaßen zu verkraften, wird der Anbau von Weiß-Tanne und Douglasie – wo immer möglich – forciert. Diesen beiden Baumarten werden im Klimawandel deutlich bessere Chancen eingeräumt. Sie sind ebenfalls außerordentlich leistungsstark und eignen sich hervorragend als Mischbaumarten.

Dienstordnung Waldbau

Zum 01.01.2015 hat sich ThüringenForst eine neue Dienstordnung Waldbau gegeben. Mit dieser wurden die bisher gültigen Waldbaugrundsätze naturnaher Waldbewirtschaftung konsequent weiterentwickelt. Das neue waldbauliche Leitbild zur Bewirtschaftung des Landeswaldes ist der naturnahe Dauerwald. Der naturnahe Dauerwald ist ein standortgerechter, baumartenreicher, strukturierter und ungleichaltriger Wald, der durch seine Stabilität und Elastizität Risiken durch abiotische und biotische Einflüsse minimiert, sich selbst verjüngt und eine nachhaltige, multifunktionale Nutzung ermöglicht. Er ist durch regelmäßige Bewirtschaftung geprägt. Kontinuierlich werden die Altersklassenwälder in den Dauerwald überführt. Jeder Eingriff ist so zu gestalten, dass er unter den vorgefundenen Bedingungen einen Schritt in Richtung Leitbild darstellt.

Wo immer möglich ist die biologische Automation umfassend zu nutzen. Das zu sichernde breite Baumartenspektrum dient dabei der Risikovorsorge und -verteilung, das heißt dass die Dominanz der Hauptbaumarten aufgegeben wird. Die Lichtbaumarten, hier ist insbesondere an Trauben-Eiche, Stiel-Eiche und an Kiefer zu denken, sollen auch in Zukunft angemessen am Waldaufbau beteiligt werden. Die Erhaltung der genetischen Vielfalt der Baumarten ist Voraussetzung für die Anpassungsfähigkeit an die Klimaveränderungen. Der naturnahe Dauerwald wird daher nach Baumartenzusammensetzung, Dichte und Struktur viele



Abbildung 3:
Pflagedringliche Fichten-
naturverjüngung
Foto: ThüringenForst-AöR/Arenhövel

Facetten haben. Stabile, leistungsstarke Fichtenmischbestände sind darin möglich durch:

- standortgerechte Baumartenwahl
- an die Hoch- und Kammlagen angepasste Herkünfte
- Mischungsanteile von Neben- und Mischbaumarten
- konsequente Pflege (früh-mäßig-oft)
- horizontale und vertikale Strukturierung
- angemessene Feinerschließung (Pflegepfade bzw. Rückegassen)

Für die Sicherung der Mischungsanteile sind vor allem die Jungwaldphasen zu nutzen. Eine besondere Herausforderung stellen diesbezüglich sehr dichte, stammzahlreiche Fichtennaturverjüngungsbestände dar (Abbildung 3), die sich in den letzten Jahren in weiten Teilen Thüringens etabliert haben. Schirmfreie Naturverjüngung ist grundsätzlich zu pflegen. Dies gilt auch für Bestände, deren Schirm eine Differenzierung der Naturverjüngung nicht ermöglicht (oder nicht mehr erwarten lässt). Da sich verschiedene Varianten des Auskessels von ca. 300 Fichten je ha nicht bewährt haben, sind schematische Eingriffe mit einer Stammzahlreduktion auf maximal 1.800 Fichten je ha plus ggf. vorhandene Mischbaumarten das Mittel der Wahl. Die ergonomische Belastung der Waldarbeiter, die Überlebenswahrscheinlichkeit der Mischbaumarten sowie die Kosten zwingen zur rechtzeitigen Pflege im Jungwuchsstadium bis 2 m Höhe (ausnahmsweise bis 3 m Höhe).

Das Thüringer Waldumbauprojekt

Ein besonderer Waldumbauschwerpunkt ergibt sich im Thüringer Wald (www.waldwandel-gegen-klimawandel.de), wo nach verheerender Orkan- und Borkenkäferkalamität in den Nachkriegsjahren bis 1954 auf einer Schadfläche von etwa 26.000 ha (Schreiber et al. 1996) oft mit Fichte ungeeigneter Herkünfte, vor allem aus dem Tiefland wiederaufgeforstet wurde. Schäden durch Sturm, Schneedruck und Borkenkäfer häufen sich. Im Rahmen eines koordinierten Projekts mit Komponenten aus Waldbau, Wildmanagement, Betriebswirtschaft und Forsttechnik werden in der Modellregion mehrere Ziele verfolgt:

- Aufwertung und Strukturierung labiler Fichten-Naturverjüngung
- Pflege mittelalter (geschädigter) Fichten-Reinbestände
- Baumartenwechsel bzw. -anreicherung
- Fichten-Provenienzwechsel

In den Hoch- und Kammlagen des Thüringer Waldes setzt man dazu einerseits auf die Erhaltung, Einbringung und Förderung von Eberesche in Fichtenbeständen (selbstverständlich neben Bergahorn, Buche, Tanne u. a.). In praxisnaher Forschung mit Partnern an der UNI-Göttingen, TU-Dresden und der FH-Erfurt sammelt ThüringenForst dazu wertvolle Erfahrungen vom regionalen Ebereschenkataster, über Saatversuche bis zur Regenerationsfähigkeit nach Freistellungen.

Andererseits verfügt Thüringen über letzte, fruktifizierende Reliktvorkommen der Fichte in Hochlagen, deren Saat- und Pflanzgut zwar nicht für einen umfangreichen Herkunftswechsel in der Region ausreicht, aber spätere Waldgenerationen zumindest genotypisch bereichern soll. Die spitzkronige, langsamwüchsige Hochlagen-Fichte von »Schlossberg«, »Arlesberg« oder »Wurzelberg« besitzt die identische und enorme genetische Variation der Fichte herzynisch-karpatischer Refugialgebiete (ISOGEN 2010, 2012). Sie ist aber stark beeinträchtigt durch externe Polleneinträge. Daher erfolgte schon 2004 die Anlage einer Generhaltungssamenplantage (Arenhövel und Konnert 2005).

Literatur

Arenhövel, W.; Konnert, M. (2005): Die Anlage einer Generhaltungssamenplantage zur Sicherung der Thüringer Hochlagenfichte. Mitteilungen der Thüringer Landesanstalt für Wald, Jagd und Fischerei 25, S. 37–49

Bushart, M.; Suck, R. (unter Mitarbeit von Bohn, U.; Hofmann, G.; Schlüter, H.; Schröder, L.; Türk, W.; Westhus, W.) (2008): Potenzielle Natürliche Vegetation Thüringens. Schriftenreihe der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie, Nr. 78, 139 S.

Clasen, C.; Frischbier, N.; Zehner, T. (2008): Ursachenanalyse zum Schadausmaß des Sturmes »Kyrill« in Thüringen. AFZ-Der Wald (14), S. 746–748

Dittrich, K. (1987): Realistische Zielstrukturen forstlicher Betriebsklassen auf der Grundlage langfristiger Waldeinteilung – ein Beitrag zur Optimierung der Nachhaltregelung. Dresden: technische Universität, Sektion Forstwirtschaft Tharandt, Dissertation A

Frischbier, N.; Profft, I.; Arenhövel, W. (2010): Die Ausweisung klimawandelangepasster Bestandeszieltypen für Thüringen. Forst und Holz 65 (2), S. 28–35

Frischbier, N. (2011): Klimawandel in Wald und Forstwirtschaft. In: Naturschutz im Wandel. Schriftenreihe der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie Nr. 94, Jena, S. 40–51

Frischbier, N.; Profft, I.; Richter, F.; Feske, N.; Stagl, J.; Hattermann, F.; Gutsch, M. (2013): Spruce Forests under Climate Change. HABIT-CHANGE Leaflet 2.2.25, Gotha, 6 S.

Frischbier, N.; Profft, I.; Hagemann, U. (2014): Potential Impacts of Climate Change on Forest Habitats in the Biosphere Reserve Vessertal-Thuringian Forest in Germany. In: S. Rannow and M. Neubert (eds.) *Managing Protected Areas in Central and Eastern Europe Under Climate Change*. *Advances in Global Change Research* 58, Springer Science+Business Media Dordrecht, S. 243–257

Hofmann, G. (1990): Zur Ökologie der thüringischen Wälder. *Mitteilungen des Thüringer Forstvereins e. V.* 1/1990.

ISOGEN (2010 & 2012): unveröff. Werkverträge zur genetischen Charakterisierung der Hochlagenfichte.

Kurth, H. (1994): *Forsteinrichtung – Nachhaltige Regelung des Waldes*. Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin, 592 S.

Mund, M.; Frischbier, N.; Profft, I.; Raacke, J.; Richter, F.; Ammer, C. (2015): Klimaschutzwirkung des Wald- und Holzsektors: Schutz- und Nutzungsszenarien für drei Modellregionen in Thüringen. *BfN-Skripten* 396, Bonn-Bad Godesberg, ISBN 978-3-89624-131-3, 168 S.

Profft, I.; Baier, U.; Seiler, M. (2008): Borkenkäfer als Vitalitätsindikator für einen standortgerechten Fichtenanbau. *Forst und Holz* 10 (63), S. 32–37

Schreiber, A.; Elmer, W.; Erlbeck, G. (1996): Die Orkankatastrophe und Borkenkäferkalamität im Thüringer Wald 1946–1954. *Mitteilungen der Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft/Sonderdruck*, Erfurt, 99 S.

Seiler, M.; Arenhövel, W.; Profft, I. (2007): Waldbauliche Konsequenzen für Thüringen. In: *Klimaschutz und Klimawandel – Rolle der Forstwirtschaft*. *Mitteilungen der Thüringer Landesanstalt für Wald, Jagd und Fischerei* (29), S. 28–41

Tiebel, K.; Huth, F.; Wagner, S. (2015): How to catch different types of dispersed pioneer tree seeds in open areas successfully. *Ecology for a sustainable future. Book of Abstracts – 45th Annual Conference 2015*, Gesellschaft für Ökologie, Göttingen. S. 237–238

TMLNU – Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt (2007): *Cluster Forst und Holz – Chancen für Thüringen*. Erfurt, 23 S.

TMUEN – Thüringer Ministerium für Umwelt, Energie und Naturschutz (2017): *Klimawandelfolgen in Thüringen – Monitoringbericht 2017*. Druckhaus Gera, Erfurt, 144 S. darin: Kapitel »Menschliche Gesundheit« und »Wald und Forstwirtschaft«, S. 46–47 und 78–91

www.waldwandel-gegen-klimawandel.de

Weidig, J.; Arenhövel, W.; Eisenhauer, D-R.; Wagner, S. (2015a): Buchen-Voranbau trotz instabilem Fichtenschirm? *AFZ-Der Wald* (5), S. 41–42

Weidig, J.; Arenhövel, W.; Eisenhauer, D-R.; Wagner, S. (2015b): Qualität von Buchen-Voranbau nach Schirmverlust. *AFZ-Der Wald* (5), S. 37–40

Wenzel, A.; Frischbier, N.; Schwerhoff, J.; Wittau, F. (2015): Bundeswaldinventur 3 im Freistaat Thüringen. *Mitteilungen – ThüringenForst*, Heft 34, 83 S.

Keywords: Spruce, Climate Change, Hazards, Storm Kyrill, Forest Conversion

Summary: Thuringia is one of the German federal states with significant areas of spruce forests. These highly productive spruce forests are a solid economic basis for the forest industry. Indeed there are some considerable risks in running them, which are even likely to increase in the future as a result of climate change. It is our mission, to stabilize this spruce forests by consistently thinning them, changing the tree species composition to one comprising a variety of species and converting even-aged to permanently irregular structures. ThüringenForst-Institution under public law (Thuringian State Forestry Institute) has set the course with its forest management following the principles of "close to nature continuous cover forestry".



Ökologie – Waldschutz – Bergwald

Fichtenwälder in Bayern und ihre Biodiversität

Stefan Müller-Kroehling

Schlüsselwörter: Fichte, Biodiversität, Sonderstandorte, subalpine Wälder, Fauna, Flora, Mykoflora, Pilze, Rannenverjüngung, Natura 2000, Klimawandel

Zusammenfassung: Natürliche Fichtenwälder sind in Bayern auf höchste Lagen der Gebirge oder anderweitig durch Kälte geprägte Sonderstandorte beschränkt. Sie sind ein seltener und unter anderem durch den Klimawandel gefährdeter Lebensraum. Zahlreiche Spezialisten aus dem Tier- und Pflanzenreich und der Gruppe der Pilze sind auf natürliche Vorkommen dieses Lebensraumes beschränkt. Viele Arten, auch solche mit Naturschutzrelevanz, konnten auch den Anbau der Fichte zur Erweiterung ihres Lebensraumes nutzen, zulasten allerdings von Laubwald-Arten. Für den Erhalt der Biodiversität der Fichtenwälder bedarf es spezieller Anstrengungen und ausgewogener Konzepte, die vor allem einen effektiven Biotopverbund beinhalten.

Der Baum, der aus der Kälte kam – Natürliche Fichtenwälder

In Bezug auf ihre natürlichen Vorkommen kennzeichnet die Fichte vor allem eines: ihre Fähigkeit, Kälte zu ertragen. Hier macht ihr keine andere Baumart etwas vor.

Natürliche Fichtenwälder können durch subalpine Höhenlage, ferner aber auch azonal auf klutfreien Block-Standorten mit Kaltluft-Einfluss sowie im Bereich von Mooren (Abbildung 1) vorkommen (Rabeler 1967; Oberdorfer 1992; Härdtle et al. 2004). Erstere beide Varianten sind dem Lebensraumtyp der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-LRT) 9410 »Bodensaure Nadelwälder« (eigentlich: »Acidophilous *Picea* Forests«) zuzuordnen, letztere den Fichten-Moorwäldern des FFH-LRT *94D4 (* = prioritärer LRT).

Gemeinsame Klammer um diese beiden Typen natürlicher Fichtenwälder ist das ausgeprägte Kälteregime, das die Fichte aufgrund ihrer besonders hohen Frostresistenz (Altenkirch et al. 2002; Müller 1991) praktisch konkurrenzlos und sie trotz des natürlicherweise



Abbildung 1: Hochlagenmoor mit »Krüppelfichten« im Allgäu. Foto: S. Müller-Kroehling

nahezu reinbestandsweisen Auftretens wenig anfällig für in situ entstehende Borkenkäfer-Massenvermehrungen macht.

Natürliche Fichtenwälder Deutschlands sind auf die höchsten Lagen hoher Mittelgebirge wie Schwarzwald, Erzgebirge und Harz beschränkt und kommen in Bayern außerhalb der Alpen nur im Inneren Bayerischen Wald vor, in Höhenlagen ab ca. 1.150 bis 1.250 m ü. NN, sowie »angedeutet in Gipfellagen des Fichtelgebirges« (Walentowski et al. 2004). Sie sind außerhalb der Hochgebirge wie Alpen und Karpaten ein sehr seltener Lebensraum, der in Bayern wie in Deutschland und Mitteleuropa insgesamt nur geringe Flächen einnimmt (Bohn et al. 2003), was bei Naturschutzbetrachtungen angesichts der Allgegenwärtigkeit von Fichten in unseren Wäldern (in Form meist reiner Fichtenforsten) zum Teil übersehen wird (Müller-Kroehling et al. 2009b). Das Gros der bayerischen Vorkommen außerhalb der Alpen liegt im Nationalpark Bayerischer Wald, ferner am Arber und am Dreisessel.

Bedingt durch die Kälte ist die Streuzersetzung gehemmt, so dass sich Rohhumus als Auflageform ausgebildet. Durch die großen Niederschlagsmengen »laugen leichtlösliche Fulvosäuren die obersten Bodenschichten stark aus«, was zu Versauerung und Tonmineralverlagerung führt (Müller 1991; Irlinger 1997). Ungünstige Auflageformen (Rohhumus oder rohhumusartiger Moder) und saure Substratbedingungen kennzeichnen

daher die entsprechend auch als FFH-LRT so bezeichneten »Bodensauren Fichtenwälder«. Durch hohes Niederschlagsangebot fast dauernd feuchte, mächtige Rohhumusaufgaben vermitteln als feuchtes, saures organisches Substrat zu den Torfstandorten.

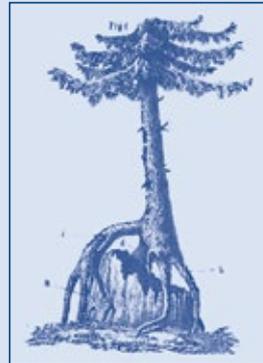
Die Fichte ist eine »leidensfähige« Baumart, die manches verzeiht, wie ungünstiges Klima und arme Böden. Im Moor findet sie beides in Kombination und Kulmination. Hier kann sie sogar in unseren Breiten ihre Gebirgsheimat verlassen, und tritt auch im Flachland auf. Fichten-Moorwald kann in sehr verschiedenen Formen auftreten. Ihre Fähigkeit, extreme Kälte zu ertragen und bei hohem Wasserstand ein sehr flachstreichendes Wurzelsystem (»Wurzelteller«) zu bilden, erlauben ihr, auch nasse, sehr kalte Moorstandorte zu besiedeln.

Vor allem die nassen Ränder der Hochmoore bieten der Fichte hinreichenden Lebensraum als so genannter Peitschenmoor-Fichten-Moorrandwald. Doch auch in das Hochmoor selbst kann sie vor allem in den höheren Lagen noch auf kleinräumigen »Gunststandorten« eindringen, bleibt hier allerdings extrem gedrunken (»krüppelig«), chlorotisch und kurzadelig. Hier liegt die Waldgrenze, ja die Baumgrenze, nicht in der Höhe begründet, sondern im Moorklima und dem extremen Standort. Wenige Meter hohe Bäume auf solchen Standorten können deutlich älter als 100 Jahre alt sein (vgl. Abbildung 1).

Innerhalb der Moore nimmt die Fichte speziell jene moorigen Standorte mit extremer Kälteprägung und zumindest teilweisem Mineralbodenwassereinfluss ein, sowohl in den Tallagen (hier als so genannter Aufichtenwald, Priehäuser 1952) als auch in den Hochlagen, hier als meist mehr oder weniger krüppelwüchsiges Fichtenfilz, das vielfach in einer »Kampfzone« in offenes Hochlagen- oder Quellmoor übergeht, wo die meist kurzadelige, chlorotische Kümmerform der Fichte vollständig auf Bultstandorte beschränkt ist.

Auf Tradition gebaut – wie erneuern sich Fichtenwälder?

Natürliche Hochlagen-Fichtenwälder besitzen eine spezielle Verjüngungsökologie, die je nach Standort zu erheblichen Anteilen oder vollständig über Rannen- oder Moderholzverjüngung erfolgt (siehe LWF-Merkblatt Nr.3 »Fichtenverjüngung in Hochlagen auf Moderholz«).



»Die Vorliebe der Fichte, sich in ihrem natürlichen Hochlagen-Lebensraum im Waldesschatten auf erhöhten Stellen, wie geworfenen Baumstämmen, Strüngen, Steinen

etc. anzusiedeln, erklärt sich dadurch, dass sie dort der Verdämmung durch die Krautvegetation und der schädlichen Wirkung einer lange dauernden und hohen Bedeckung mit Schnee entgeht und mehr Licht und Wärme genießt als auf dem Boden.« Engler 1904

Abbildung 2: Verjüngung auf Moderholz nach Göppert (1868)

Bei einer Verjüngung auf dem Boden hat die Fichte hingegen bei langen und hohen Schneelagen wesentlich größere Probleme mit Schneegleiten, Schneeschimmel-Befall, einem verjüngungshemmenden Bergreitgras-Filz oder anderer Konkurrenzvegetation. Die Verjüngung natürlicher Fichtenwälder erfolgte in aller Regel wohl kleinflächig und im Bestandesschatten oder kleinen Auflichtungen, was man sowohl im Hochgebirge als auch in den wenigen Urwäldern Mitteleuropas (Urwald Rothwald, Urwald Kubany, Urwald-Flächen in Slowenien) beobachten kann (Reininger 2000).

Die von Chronisten dokumentierten Jahre der »Großen Wurmtröcknis« in Trockensommern und nach Orkanen, über die ab dem 15. Jahrhundert berichtet wurde, beziehen sich zeitlich bereits auf Wälder, die vom Menschen massiv überprägt waren. In der mittelalterlichen Wärmephase zwischen 1100 und 1300 wurden auch in den Mittelgebirgen die ursprünglichen Wälder in den gut zugänglichen, triftbaren Hanglagen in Nutzung genommen (Hasel 1985; Behringer 2007). Durch vielfältige Nutzungen und Übernutzungen (Köhlererei, Aschenbrennerei für die Glashütten, Holzbedarf der großen Städte und die lokale Bevölkerung, Waldweide) wurden sie vielfach stark aufgelichtet (Nikiforuk 2011). Auf solchen Flächen in den eher wärmebegüns-

tigten Hanglagen, im ursprünglichen Reich von Buche und Tanne, verjüngt sich die Fichte viel problemloser und ist dort nicht auf Rannenverjüngung angewiesen. So entstanden durch Naturverjüngung vielfach von Fichten dominierte, relativ gleichaltrige Bestände. Dass diese in Wärmejahren und nach Sturmereignissen ein »gefundenes Fressen« für Fichtenborkenkäfer waren, ist plausibel. Sicher gab es in vielen Mittelgebirgen in früheren Zeiten aber auch noch wesentlich mehr anmoorige, quellig-nasse und blockreiche Standorte (die dann von Menschenhand vielfach stark verändert wurden, um die Bewirtschaftungsmöglichkeiten zu verbessern). Hier hatte kleinstandörtlich und teilweise sicher auch bestandsweise die Fichte schon natürlich einen höheren Anteil und trat auch führend auf. Auf »Normalstandorten« unterlag sie den schattenverträglicheren Buchen und Tannen, obwohl sie selbst ja auch eine Halbschattbaumart ist. Daher sind hier Fichten-Kalamitätsflächen auch nicht ein natürlicher Zustand.

Fichte als Mischbaumart – Erkenntnisse aus Naturwaldreservaten

In den Naturwaldreservaten (NWR) der Buchen- und selbst der Bergmischwaldstufe, die bei der Ausweisung über Fichten-Beimischungen verfügten, vollzieht sich in den Jahren nach der Ausweisung in der Regel ein Ausfall der älteren Fichten und ein weitgehendes Fehlen in der Naturverjüngung. Hier zeigt sich, dass die Fichte im berühmten »Dreiklang« des Bergmischwaldes aus »Fichte-Tanne-Buche« eigentlich die dritte Geige zu spielen hätte, also »Buche-Tanne-Fichte«.

Wie stark das der Fall ist, belegen beispielsweise die aktuellen Verjüngungsaufnahmen (2015) aus dem NWR »Stückberg« in den relativ höchsten Lagen des Oberpfälzer Waldes (NWR gelegen auf 675–808 m ü. NN). Nur in 8 von 61 Probekreisen (13%) trat Fichten-Verjüngung auf, mit einem Anteil von 1,6% an der Verjüngung insgesamt, während die Buche mit 51 von 64 Probekreisen (80%) und einem Anteil von 96,6% die Verjüngung dominiert, und diesen Anteil tendenziell im weiteren Bestandsleben eher noch weiter ausbauen kann. Auch die Tanne spielt, allerdings möglicherweise bedingt durch Verbiss und frühere Reduktion, eine derzeit insgesamt mit der Fichte vergleichbare, nur geringe Rolle im Verjüngungs-geschehen dieses Naturwaldreservats.



Abbildung 3: Struktureicher subalpiner Fichtenwald im NWR »Wettersteinwald« Foto: S. Müller-Kroehling

Nicht umsonst war und ist es in den Hanglagen des ostbayerischen Grenzgebirges gängige Praxis, sich bei entsprechender Ausgangslage (angepasste Wildbestände, Vorhandensein aller Hauptbaumarten im Ausgangsbestand) um die ausreichende Verjüngung der Fichte in Mischung mit Buche und Tanne sehr aktiv kümmern zu müssen – in der Vergangenheit zum Teil sogar mit Herbiziden gegen die »Verbuchung«, heute durch mechanische Pflegeeingriffe.

Gerade in manchen Naturwaldreservaten (und Wirtschaftswäldern), in denen die Fichte gar nicht zum natürlichen Baumartenrepertoire gehört, tritt teilweise üppige Fichten-Verjüngung auf, so im NWR »Seeben« im Schwäbischen Schotterriedelland. Bekanntlich sind gerade Feinlehme häufig besonders günstige Verjüngungsflächen.

Die Fichte weist in unseren Breiten also regelrecht ein »Verjüngungsparadox« auf: Dort, wo ihre natürlichen Vorkommen sind, ist sie auf spezielle Verjüngungsstrategien angewiesen, und dort, wo sie von Natur aus nur eine allenfalls stark untergeordnete Rolle einnehmen würde, verjüngt sie sich zumindest vom Standort her meist problemlos.

Der Hochlagenwald ist nicht die Tundra

Die Lebensbedingungen der Fichte unserer Mittelgebirge haben viele Gemeinsamkeiten mit den Bedingungen der borealen Fichtenwälder der nordischen Tundra und skandinavischen Gebirge – aber auch wichtige Unterschiede. Die Fichtenwälder des Nordens sind zonale Gesellschaften und bedecken riesige Flächen. Zu Massenvermehrungen neigende Borkenkäferarten werden wie auch im Gebirgsareal der Fichte



Abbildung 4:
Rannenverjüngung der
Fichte im Moorwald
Foto: S. Müller-Kroehling

durch die Kälte und die kurze Vegetationsperiode in Schach gehalten, so dass sich dort unter natürlichen Verhältnissen (was auch einen fehlenden Befallsdruck aus angrenzenden Kalamitätsgebieten tieferer Lagen beinhaltet) keine großflächigen Kalamitäten aufbauen können.

Eine Besonderheit der borealen Fichtenwälder normaler Standorte ist, dass sie sich häufig zyklisch erneuern, oft gesteuert durch Waldbrände. Das trifft auf die Fichtenwälder unserer Hochlagen jedoch nicht zu. Hier erfolgt die Verjüngung im Gegenteil in der Regel im Schatten und auf dem »Moderholz« der Altbäume des Vorbestands (Abbildung 2). Ohne eine solche, funktionierende Rannenverjüngung vergeisen die Fichtenbestände des Gebirges. Die fehlende Möglichkeit zu dieser Verjüngungsform aufgrund zu geringer Mengen an Starktotholz ist die eine anthropogene Achillesferse des Berg-Fichtenwalds. Die andere, die den Borkenkäfern immer bessere Entwicklungsbedingungen bietet, ist der Klimawandel.

In den nordischen Nadelwäldern erweisen sich Waldbrände als »Jungbrunnen« für die zyklische Walderneuerung, doch wäre es ein Irrtum, dies auch auf hiesige Verhältnisse übertragen zu wollen, mit oder ohne Waldbrand. Großflächigen Zusammenbruch kennen die subalpinen, natürlichen Berg-Fichtenwälder erst, seit es die Anlage von Fichten-Reinbeständen in den Hanglagen gibt, und in jüngster Zeit verstärkt durch den Klimawandel.

Auch in den borealen Wäldern werden durchaus nicht alle Fichten-Bewohner von Waldbränden gefördert. Einige der besonders spezialisierten Arten bewohnen nur die zyklischen Feuer überstehenden Fichten-Sumpf- und Moorwälder (Lindelöw 1990; Hörberg et al. 1998).

Die Fichte ist eine Baumart, die in Bayern natürlicherweise ausschließlich in den Mittelgebirgen und Alpen verbreitet war, und azonale Vorkommen in den Mooren aufwies, hier vor allem am Moorrand (Abbildung 5). Als Alpenschwemmling konnte sie aber auch in die Flussauen eindringen und sich hier stellenweise halten, obwohl diese das extreme Gegenteil der Standortbedingungen des Hochgebirges bieten.



Abbildung 5: Auch Fichten-Moor(rand)wald kann sehr strukturreich sein und für Windruhe auf Regenerationsflächen sorgen. Foto: S. Müller-Kroehling

Der in Anhang II der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie der EU gelistete Frauenschuh (*Cypripedium calceolus*) ist eine Orchideenart, die in den Flussauen meist Standorte besiedelt, die über eine gewisse Mindestbeteiligung an Nadelbäumen verfügen, meist aus Fichte und Kiefer gleichermaßen. Als solche profitiert sie auch von den Fichten-Alpenschwemmlingen, die dem Auwald (neben Waldkiefer und Gemeinem Wacholder, v. a. auf den Brennen) eine gewisse natürliche Nadelbaumbeimischung bescheren.

Spezielle Fichtenwaldflora

Die Flora natürlicher Fichtenwälder wird von Arten dominiert, die Rohhumus-Standorte und Kälte vertragen können, wie Heidel- und Preiselbeere (*Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea*) und Sprossendem Bärlapp (*Lycopodium annotinum*). Diese eher seltene Art, die auch äußerlich in ihrer Benadelung an einen Nadelbaum erinnert (Abbildung 6), gilt als Charakterart der Klasse der Fichtenwälder (*Piceetalia*). Unter den Spezialisten der Fichtenwälder gibt es nicht wenige Arten, die vor allem in den Fichten-Moorwäldern auftreten,



Abbildung 6: Der Sprossende Bärlapp ist eine Charakterart der Fichtenwälder. Foto: S. Müller-Kroehling

oder aber in Gebieten mit sehr hohen Niederschlägen, so das Peitschenmoos (*Bazzania trilobata*) oder der Siebenstern (*Trientalis europaea*). Andere Arten der Fichtenwälder bevorzugen eher die blockreichen oder oberflächlich »verheideten« Varianten, wie das Moos *Barbilophozia floerkei* (Meinunger und Schröder 2007). Nicht wenige der Fichtenwald-Pflanzen konnten aber dem Fichtenanbau auch in tiefere Lagen folgen, wie etwa das Riemenmoos *Rythidiadelphus loreus*. Hierzu zählt wohl auch das bevorzugt in luftfeuchten Wäldern auf Nadeltotholz wachsende Kobolds-Moos *Buxbaumia viridis* als Art des Anhanges II der FFH-Richtli-

nie, das vor allem saure Auflageformen in Gebieten mit Kalkgestein zu präferieren scheint (Meinunger und Schröder 2007).

Pilze in Fichtenwäldern und an Fichte

Natürliche Fichtenwälder bieten einer großen Fülle von Mykorrhiza-Pilzen einen Lebensraum. Auch für eine Vielzahl holzzersetzender, oft unscheinbarer Arten ist das Holz der Fichte ein geeignetes Wuchssubstrat und der passende Lebensraum.

Fichtensteinpilz (*Boletus edulis*), Echter Pfifferling (*Cantharellus cibarius*) und Fliegenpilz (*Amanita muscaria*) sind wichtige »Mykorrhiza-Partner« der Fichte und helfen ihr so, unter den eher widrigen Wuchsbedingungen, Wachstum und Überleben zu sichern. Gerade in den für das Baumwachstum schwierigeren Bereichen nehmen die Mykorrhizapartner, die in der Regel der Ektomykorrhiza zugeordnet werden können, an Bedeutung daher sehr stark zu.

Der Parasol (*Macrolepiota procera*) ist als Streuzersetzer vor allem in Bestandslücken zu finden. In dichten Fichtenbeständen wird er in der Regel durch Safranschirmlinge wie den Gemeinen Safranschirmling (*Chlorophyllum rachode*) abgelöst. Die Nadelstreu der Fichten bietet auch zahlreichen Zersetzern wie dem Knoblauchsschwindling (*Marasmius scorodonius*) ein Auskommen.

In Fichtenwäldern können regelmäßig zahlreiche weitere typische Vertreter der Mykorrhizapilze aus den unterschiedlichen Pilzfamilien beobachtet werden, wie die weit verbreiteten Arten Maronenröhrling (*Xerocomus badius*) und Flockenstieliger Hexenröhrling (*Neoboletus luridiformis*). Oft wahre Massenvorkommen ihrer Fruchtkörper in Fichtenbeständen bildet der mittelgroße Rotbraune Milchling (*Lactarius rufus*). Der zierlichere Mohrenkopf-Milchling (*Lactarius lignyotus*) ist in Deutschland recht stark auf Gebiete mit natürlichen Fichtenvorkommen konzentriert und fruchtet auch meist viel spärlicher.

Der Fichtenreizker (*Lactarius deterrimus*) begleitet die Fichte auf montanen Standorten, ist aber nicht an natürliche Fichtenwaldvorkommen gebunden, anders als der Grubige Fichten-Milchling (*L. scrobiculatus*), dessen Verbreitung an die natürliche Fichten-Verbreitung angelehnt ist. Auch der Braune Ledertäubling (*Russula integra*) bevorzugt in seinem Verbreitungsbild

montane Fichtenwälder, der Braune Wieseltäubling (*Russula mustelina*) sogar vor allem die hochmontanen Vorkommen.

Die Zahl der Totholzersetzer des Fichtenholzes dominieren »Allerweltsarten«, wie der Gemeine Violettporling (*Trichaptum abietinum*) an den Zweigen und der Rotrandige oder Fichtenbaumschwamm (*Fomitopsis pinicola*) an den Stämmen. An Fichtenstümpfen sind verbreitet Wurzelschwamm (*Heterobasidium annosum*), Fenchelporling (*Gloeophyllum odoratum*), Klebriger Hörnling (*Calocera viscosa*), an entrindeten Fichtenstämmen im fortgeschrittenen Zeretzungsstadium beispielsweise der Nadelholzhörnling (*Calocera furcata*) zu finden. Ebenfalls an Stöcken kann in luftfeuchten Bereichen der Gallertige Zitterzahn (*Pseudohydnum gelatinosum*) beobachtet werden, dessen Fruchtkörper eine »Gummibär-ähnliche« Konsistenz aufweisen (Abbildung 7). Eine Art, die nur in Wäldern mit sehr hohen Totholzvorräten und guten Beständen des Rotrandigen Baumschwammes gefunden wurde, ist die Zitronengelbe Tramete (*Antrodiella citrinella*).



Abbildung 7: Der Gallertige Zitterzahn kann auch in Fichtenforsten vorkommen, sofern sie über ein luftfeuchtes Bestandsklima verfügen. Foto: M. Blaschke

Tierarten in Fichtenwäldern

Eine große Zahl von Tierarten besiedelt die Fichte und lebt in von ihr aufgebauten Wäldern und Forsten. Besondere Beachtung verdienen jene Arten, die auf natürliche Fichtenvorkommen der höchsten Lagen oder ganz bestimmter Standortbedingungen beschränkt sind. Auch einige relikitär verbreitete Arten (so genannte »Urwaldrelikte« und »Eiszeitrelikte«) und andere seltene Spezies mit boreomontaner oder boreoalpiner Verbreitung gehören in letztere Gruppe (z. B. Bußler et al. 2013).

Nordische Käfer

Die Liste der xylobionten Käferarten an der Fichte in Europa umfasst um 400 Arten (Palm 1959; Ammer 1991; Bense 2002; Saalas 1923). Nur sehr wenige Arten sind monophag an Fichte gebunden, da die meisten Fichtenbesiedler auch andere Nadelhölzer als Brutbaumarten nutzen.

An der Fichte sind in der West- und Zentralpaläarktis 39 verschiedene Borkenkäferarten nachgewiesen (Pfeffer 1995). An flächigen Gradationen sind in Deutschland nur zwei Arten entscheidend beteiligt: Buchdrucker (*Ips typographus*) und Kupferstecher (*Pityogenes chalcographus*). Der Buchdrucker ist in Eurasien der bedeutendste Schädling reifer Fichtenbeständen (Grodzki et al. 2004; Wermelinger 2004). In der gesamten nördlichen Hemisphäre wird in Folge des Klimawandels eine Zunahme der Borkenkäfergradationen beobachtet (Schelhaas 2003).

In Fichtenwäldern leben auch unter den Borkenkäfern seltene Spezialisten. An standortheimische Fichtenwälder gebunden sind der bisher wenig beachtete Nutzholzborkenkäfer *Xyloterus (Trypodendron) laevis* (Bußler und Schmidt 2008) und der Nordische Fichtenborkenkäfer *Dryocoetes hectographus*. Auch die Familien der Bock-, Schnell- und Schimmelkäfer enthalten einige sehr seltene und spezialisierte Arten. Die relikitär verbreiteten Totholzkäfer kommen vor allem im Alpenraum und dem Bayerischen Wald vor, während die Artenzahl aus dieser exklusiven Gruppe im Fichtelgebirge mit seinem sehr beschränkten natürlichen Fichtenvorkommen entsprechend deutlich reduziert ist.

Zu den Arten ursprünglicher Fichtenwälder gehört als Art der FFH-Richtlinie der Gestreifte Bergwaldborkenkäfer (*Stephanopachys substriatus*).

Übrige Insekten und Wirbellose

Auch mehrere Käferarten, die sich nicht in Totholz entwickeln, sind bevorzugt in Fichtenwäldern zu finden. Als Beispiel kann der koprophage, also konkret in Schalenwild-Kot sich entwickelnde Blatthornkäfer *Aphodius piceus* erwähnt werden. Dieser lebt in der »locker bestandenen Fichten-Krüppelzone der Bergkuppe und auf kleinen, mit Zwergsträuchern bestandenen Lichtungen«, ist dabei aber gleichwohl eine reine »Art der Wälder« (Rößner 2012). Es ist aufgrund seiner Bindung an Kälte das Beispiel einer Art, die an natürliche Fichtenwälder gebunden ist.

Auch unter den übrigen Wirbellosen gibt es natürlich eine nicht geringe Zahl von Spezialisten der Fichte. Vor allem jene Arten, die sich an frischen Nadeln oder Früchten entwickeln, sind vielfach relativ stark spezialisiert. Zwei sehr bekannte Arten sind die Fichten-

gallenläuse der Gattung *Sacchiphantes*, die auffällige Zweiggallen wie die »Ananasgallen« erzeugen. Obwohl die Grüne Fichtengallenlaus (*Sacchiphantes viridis*) dabei anders als die Ananas-Gallenlaus (*S. abietis*) als Nebenwirt die ebenfalls bei uns rein alpine Gattung der Lärchen (*Larix*) benötigt, ist es doch ein Beispiel für die Gruppe heimischer Spezialisten im Tierreich, die der Fichte in ihre Anbauflächen in tieferen Lagen folgen konnten.

Allein die Zahl der Bewohner von Fichtenzapfen und Fichtensamen umfasst mehrere Dutzend Arten, darunter unter anderem Käfer, Wanzen, Schmetterlinge, und Gallmücken. Manche nutzen die Zapfen als Nahrung, andere Teile des Zapfens als Entwicklungshabitat oder als spezielles Winterquartier (Holste 1922).

Immerhin 23 phytophage Wanzenarten leben an der Fichte, 15 davon bevorzugen sie deutlich. Drei dieser Arten, alle aus der Gattung *Psallus*, sind mehr oder weniger an das natürliche Verbreitungsgebiet der Fichte gebunden. *Psallus lapponicus* ist eine boreomontan in den süddeutschen Gebirgen und höheren Mittelgebirgen verbreitete, rein europäische Art (Wachmann et al. 2004).

Unter den Zikaden gibt es nur wenige Arten, die an Fichten vorkommen, und die meisten davon sind monophag an *Picea abies* gebunden (Nickel 2008). Offenbar erfordert es große Anpassungen für diese Artengruppe, sich die Nadelbäume als Nahrungsressource zu erschließen. Zugleich kommen die meisten dieser Arten aber auch außerhalb des natürlichen Verbreitungsgebiets der Fichte vor. Eine gewisse Ausnahme ist die Fichten-Glasflügelzikade (*Cixius beieri*), die vor allem in montanen Fichtenwäldern vorkommt und als gefährdet gilt. Auch sie ist aber nicht ausschließlich an das natürliche Verbreitungsgebiet der Fichte gebunden, sondern kommt beispielsweise auch in der Rhön und der Eifel vor.

Auch unter den Pflanzenwespen gibt es nicht nur einige Schädlinge, sondern auch seltene Spezialisten natürlicher Fichtenwälder.

Bodenfauna

Am Anfang der Bodenfauna sollen hier vor allem die besonders gut untersuchten Laufkäfer (*Carabidae*) betrachtet werden (Abbildung 8). Natürliche Fichtenwälder weisen eine Bodenfauna auf, die an Kälte und dadurch gehemmte Streuzersetzung und somit an saure Moderauflagen, ja in höheren Lagen sogar an Rohhumus, angepasst sind. Manche der spezialisierten Fichtenwald-Arten kommen dabei sowohl auf nassem Rohhumus als auch in den Fichten-Moorwäldern vor. Es gibt aber auch ganz ausgeprägte Fich-



Abbildung 8: Der Harz-Großlaufkäfer (*Carabus linnei*) liebt in manchen Teilen Bayerns montane Fichtenforste besonders. Foto: F. Ruggiero

ten-Moorwald-Spezialisten, wie den boreoalpin verbreiteten *Patrobus assimilis* (Rabeler 1967; Platen 1994), der ausschließlich den dauerkalten Hochlagen-Fichten-Krüppelwald der Moorwald-Kampfzone besiedelt (Müller-Kroehling 2015). Als zweite Gruppe gibt es auch Spezialisten blockreicher Fichtenwälder.

Viele der Bodenbewohner »ertragen« die Standortverhältnisse in Fichtenforsten, finden aber in naturnäheren Misch- und Laubwäldern meist bessere Lebensbedingungen. Es gibt aber durchaus auch Arten, für die Fichtenforste mit ihren Moderauflagen und ihrer sauren Streu offenbar einen besonders geeigneten Lebensraum darstellen. Durchaus artenreich können auch junge Entwicklungsphasen von Fichtenforsten und Kahlschlagsflächen sein (Lauterbach 1964; Geiler 1974).

Neben den räuberischen Laufkäfern, die sich als Larven im Oberboden entwickeln, besteht die Bodenfauna aus sehr vielfältigen weiteren Artengruppen. Diese winzigen Arten machen zusammengerechnet einen viel größeren Anteil an der lebenden Biomasse des Waldes aus als die Wirbeltiere, werden aber wegen ihrer geringen Größe und versteckten Lebensweise wenig beachtet. Beispielsweise weist auch die Bodenmesofauna eine sehr große Artenvielfalt auf, darunter auch Spezi-

alisten und Arten mit weltweit kleinem Verbreitungsgebiet, für die wir folglich eine hohe Schutzverantwortung haben. So kommt die Raubmilbe *Zerconella leitnerae* in Nadelwäldern des Alpengebiets vor (Karg 1994). Über diese Arten wissen wir viel zu wenig. Ein Grund ist sicher auch, dass wir uns in der Forschung viel zu sehr auf »vorzeigbare Flaggschiffarten« (v. a. große, attraktive Wirbeltiere) konzentrieren, auch wenn die Biodiversitätskonvention dies keineswegs so vorsieht.

Wirbeltiere

Vögel sind besonders beliebte Zielarten im Waldnaturschutz. Ihre Auswahl sollte jedoch gerade auch im Kontext der Baumart Fichte gut überlegt und gut begründet werden.

Die Fichtenwälder der Hochlagen verfügen mit dem Auerhuhn über einen »Wappenvogel«, der einen hohen Stellenwert im Naturschutz genießt. Dabei ist es als Leitart durchaus nicht unkritisch zu sehen: Es profitierte von Nadelforstwirtschaft mit Streunutzung und verheideten Wäldern, von Kahlschlägen und sogar vom Waldsterben (Klaus 1994). Naturnahe Baumartenzusammensetzung und Waldumbau sind für das Auerhuhn hingegen auf den meisten Waldstandorten gerade nicht förderlich. Es braucht zuallererst heidelbeerreiche Wälder, die es außerhalb der natürlichen, subalpinen Fichtenwaldstufe vor allem in lichten Nadelforsten findet (Höcke et al. 2016).

Der Dreizehenspecht (*Picoides tridactylus*) ist ebenfalls ursprünglich ein Spezialist der Hochlagen-Fichtenwälder (Abbildung 9). Er ist zum Nahrungserwerb auf »Käferbäume« angewiesen, wo er Larven von Borken- und Bockkäfern und anderen xylobionten Arten als Nahrung findet. Deshalb ist er an Nadelwälder mit sehr hohen Totholz mengen gebunden. Zumindest in Teilbereichen benötigt er Kernflächen mit einem Schwellenwert von 60–70 fm Totholz pro Hektar (Bütler und Schlaepfer 2004). Die Art kommt daher regelmäßig nur im Hochgebirge, in den Hochlagen des Bayerischen Waldes und mit wenigen Brutpaaren im Fichtelgebirge vor, wo es solche Bestände teilweise gibt.

Eine regelrechte Charakterart der Hochlagen-Fichtenwälder ist die Ringdrossel (*Turdus torquatus*). Sie ist also auf natürliche Hochlagen-Fichtenwälder als Lebensraum beschränkt, was auch ihre Verbreitung in Bayern deutlich widerspiegelt (Bezzel et al. 2005). Den Winter verbringt der hübsche und durchaus seltene Vogel mit weltweit relativ begrenzter Verbreitung als Zugvogel südlich der Alpen.

Weitere Fichtenwaldbewohner wie Wintergoldhähnchen (*Regulus regulus*), Tannenmeise (*Parus ater*) und Fichtenkreuzschnabel (*Loxia curvirostra*) haben sich



Abbildung 9: Der Dreizehenspecht braucht höhere Totholz mengen, als wir ihm im Wirtschaftswald bieten können.

Foto: H.-J. Fünfstück_www.5erls-naturfotos.de

auch die Fichtenforste der tieferen Lagen als Lebensraum erschlossen. Auch der Tannenhäher (*Nucifraga caryocatactes*) kann im Winter gelegentlich in Fichtenforsten beobachtet werden. Bei herbstlichem Nahrungseingpass kommt es zuweilen sogar zu Einflügen der russischen Unterart (*N.c. macrorhynchus*), die an ihren schmaleren Schnäbeln zu erkennen sind. Das Wintergoldhähnchen besiedelt Bayern dank des Fichtenanbaus fast flächendeckend. Es ist sehr stark abhängig vom Vorkommen der Fichte, in deren Kammästen sie fast ausschließlich ihre Nester baut (Bezzel et al. 2005). Es waren also durchaus einige hochspezialisierte Fichtenbewohner auch in der Lage, den Fichtenanbau fast im ganzen Land als Lebensraum-Erweiterung zu nutzen.

Auch der Schwarzstorch (*Ciconia nigra*) hat sein bestes Vorkommen in ganz Deutschland (LBV und BaySF 2010, unveröff.) ausgerechnet in dem Wuchsgebiet Bayerns mit dem höchsten Fichten-Anteil, dem Frankenwald. Und auch im Voralpengebiet tritt er regelmäßig in extensiv genutzten Fichtenbestockungen früher entwässerter Moore auf (Kaule und Peringer 2015).

Auch unter den Eulen gibt es Nadelwald-Spezialisten. Raufußkauz und Sperlingskauz benötigen alte, strukturreiche Nadel(misch)bestände mit ausreichendem Höhlenangebot und kommen ebenfalls auch in entsprechenden Wäldern außerhalb der natürlichen Fichtenverbreitung vor. Beide Eulen-Arten haben also zumindest in Teilen Bayerns auch vom Nadelholz-Anbau profitieren können. Und auch der Habichtskauz (*Strix uralensis*), der in Bayern sogar bereits ausgestorben war, ist kein reiner »Urwaldvogel«. Ausgestorben war er vielmehr vermutlich sogar gerade wegen der Abkehr vom Kahlschlag, denn er benötigt Jagdhabitats auf Grünland oder Lichtungen im räumlichen Verbund mit dem Waldhabitat (Bezzel et al. 2005).

Allen in Fichtenwäldern auftretenden Spezialisten unter den Vögeln ist gemeinsam, dass sie sowohl in den borealen Nadelwäldern als auch den Gebirgen und hohen Mittelgebirgen Mitteleuropas vorkommen, also boreomontan verbreitet sind. Einige, aber nicht alle der spezialisierten Fichtenwald-Arten haben zudem wie dargestellt den Nadelholzanbau zu einer substanzialen Habitaterweiterung nutzen können.

Unter den spezialisierten Säugetieren der Fichtenwälder ist an erster Stelle die Nordfledermaus (*Eptesicus nilssonii*) als Art zu nennen, deren Verbreitung in Bayern (Meschede und Rudolph 2004) weitgehend an die natürliche Verbreitung der Fichte gebunden ist, zumindest, was die Fortpflanzungsgebiete betrifft. Einen deutlichen Schwerpunkt der Nachweise bildet dabei das ostbayerische Grenzgebirge. Auch die bevorzugten Jagdgebiete liegen in ausgedehnten Wäldern, doch jagt die Art auch gern unter Straßenlaternen. Ihre Wochenstuben und Versteckplätze sucht sie eigentlich ursprünglich wohl in Spaltenquartieren an Bäumen, wie sie etwa abblätternde Rinde toter Bäume bieten kann. In Mitteleuropa ist sie jedoch offenbar weitgehend vollständig auf Spaltenquartiere an Häusern umgestiegen. Trotz ihrer nordischen Verbreitung und Bevorzugung der kälteren, ursprünglichen Fichtenregionen meidet sie also die Nähe des Menschen nicht (Meschede und Rudolph 2004).

Als Beispiel für die Fledermausfauna der Fichtenforste kann das Große Mausohr (*Myotis myotis*) dienen. Es jagt bevorzugt in unterwuchsarmen Wäldern, da es seine Beute, bodenbewohnende, größere Käfer, hier vom Boden abliest. Man findet es sehr regelmäßig in schattigen und durchaus strukturarmen Wäldern und Forsten wie Buchen-Hallenwäldern oder Fichten-Altersklassenbeständen (Güttinger 1997). Beide Typen liefern auch absolut vergleichbare »Aktivitäts-Biomassen« der größeren Laufkäfer als jene Nahrungstiere, die von der Größe her ihrem bevorzugten

Beute-Spektrum entsprechen (Müller-Kroehling, unveröff. Auswertung). In Gebieten, wo die Wälder zu reich strukturiert und vegetationsreich in der Bodenschicht sind, weicht das Große Mausohr notfalls sogar auf kurzrasiges Vielschnitt-Grünland als Jagdhabitat aus, das eine ähnlich monotone Vegetationsstruktur aufweist. Sie ist also trotz FFH-Status alles andere als eine »Naturnähe-Zeigerin« (Müller-Kroehling 2006), aber eine Art, die zeigt, dass auch Fichtenforste nicht so lebensfeindlich sind, wie sie für viele Betrachter aussehen.

Fichtenforste und Biodiversität

Dies leitet zur Fragen des »Naturschutzwerts« von Fichtenforsten über. Diese »Holzacker« sind oft schon rein optisch klassische Monokulturen: Fichten stehen in »Reih und Glied«, eine Bodenvegetation ist in den mittleren Bestandsaltern fast nicht existent. Und dennoch kommen auch in Fichtenforsten heimische Arten vor, und manche davon »lieben« diesen Lebensraum regelrecht. Es sind Arten, die saure Standortbedingungen, Moder-Humusformen und die darin lebende Zersetzergemeinschaft als Nahrungstiere bevorzugen, wie gebietsweise die Laufkäfer *Carabus hortensis* oder *Pterostichus unctulatus* (Müller-Kroehling 2015). Beide Arten sind reine Europäer mit relativ hoher Schutzverantwortung unsererseits. Auch der Goldene Berglaufkäfer (*Carabus auronitens*) wird in Kalkgebieten offenbar durch den Nadelforstanbau gefördert (z.B. Roth 1984), da er säurepräferent ist (Müller-Kroehling 2015). Die Zusammensetzung der Bodenfauna in Fichtenforsten ist gegenüber Laubwäldern verändert, aber keineswegs individuen- oder biomassearm (Thiede 1977).

Untersuchungen zur Laufkäfer-Fauna in Fichtenforsten des Frankenwaldes (Teilflächen mit reiner Fichte in Naturwaldreservaten, Waldklimastation Rothenkirchen; s. Förster 1986a und Müller-Kroehling 2007) zeigen das ganze Spektrum der Bewertung auf: Einerseits gibt es dort einige Arten, die Fichtenforste deutlich bevorzugen, oder sogar nur dort vorkommen, darunter auch Arten, die sonst nur in montanen Fichtenwäldern vorkommen, wie der Großlaufkäfer *Carabus sylvestris*. Andererseits fällt im Fichtenforst der Waldklimastation Rothenkirchen sogar die bayernweit häufigste Wald-Laufkäfer-Art (*Abax parallelepipedus*) aus, die sonst in praktisch keinem Buchenwald oder selbst Nadelforst fehlt. Ursache dürfte sein, dass durch die versauernde Wirkung der Nadelstreu der pH-Wert so stark abgesunken ist (auf unter 3,6), dass tiefgrabende Regenwürmer in diesen Waldflächen nicht mehr

vorkommen können, die für diesen Laufkäfer einen wichtigen Nahrungsbestandteil darstellen. Dieser Ausfall der wichtigsten tierischen Bodendurchwurzler erzeugt dann einen Teufelskreis, in dem die Fichte noch flachgründiger wurzelt und der Boden immer weiter versauert und verarmt.

Auch Kahlschläge und Kalamitätsflächen in Fichtenforsten, wie sie beispielsweise nach Borkenkäfer-Kalamitäten auftreten können, oder als sehr einfache Nutzungsform, sind ein durchaus artenreicher Lebensraum, in dem zum Teil auch seltene und als gefährdet eingestufte Arten auftreten können (z.B. Geiler 1974; Lauterbach 1964; Huber und Baumgarten 2005; Baguette und Gerard 1993). Fichtenforst-Kahlflächen, sowohl solche auf Kahlhieben als auch in »Prozessschutz«-Gebieten, haben jedoch ungünstige Auswirkungen auf Boden und Trinkwasser, und beide sind in ihrer Entstehung Fehlentwicklungen. Die Arten, die dort vorkommen, haben auch auf anderen Standorten und in anderen Lebensräumen geeignete Vorkommensmöglichkeiten.

Auch die Kronen heimischer Fichtenforste (Herbig 2006) können Lebensraum sonst selten gefundener Arten sein. Nadelforstbestände sind also, wie uns diese Standort-Zeigerarten klarmachen, auch Lebensräume, aber sie verändern eben die Artenzusammensetzung. Es gibt Arten, die Nadelforste weitgehend meiden und nur in den naturnah bestockten Laubwäldern auftreten (z. B. Rizun 2000; Steinweger 2004). Diese kann man zutreffend als »Laubwaldarten« bezeichnen. Nicht wenige dieser Laubwaldarten sind reine Europäer. Wir haben für sie eine entsprechend hohe Schutzverantwortung. Der Grundsatz sollte daher wo immer möglich lauten: »Laubwald bleibt Laubwald«. Zu einer »Anreicherung« der Wälder durch Nadelholz-Anbau in Laubwäldern besteht aus Sicht der biologischen Vielfalt keinerlei Anlass.

Andererseits konnten nicht wenige Fichten-Spezialisten dem Fichtenanbau folgen, selbst in seinen schlimmsten »Auswüchsen« in Form nicht-bodenpfleglicher, kalamitätsanfälliger, auf reine Optimierung wirtschaftlicher Ziele ausgerichteter Altersklassen-Reinbestände. Sind vorhandene Fichten-Altersklassenwälder und Fichtenreinbestände deswegen wertvolle Lebensräume? Für manche Arten und regional möglicherweise schon. Wenn die an Fichte gebundene Glasflügel-Zikade *Cixius beieri* auch in der natürlicherweise fichtenfreien Rhön an Fichten lebt, stellt sich die Frage, ob dort wirklich jede Fichte »weg muss«. Wäre das so, verschwände auch diese Zikade von dort und weitere Arten, die

in Fichtenbestockungen und an Fichte leben. Zumindest zwingend ist der Schritt nicht, denn die Rede ist von heimischen und auch zum Teil gefährdeten Arten.

Reine Fichtenforste sind auf vielen Standorten (nicht nur im Klimawandel) auf Dauer keine tragfähige Nutzungsform, da sie die Standorteigenschaften nachteilig verändern. Dennoch ist es sinnvoll, Fichtenforste nicht »in Bausch und Bogen« zu verdammen und sie »mit Stumpf und Stiel ausrotten« zu wollen. Auch sie sind Teil unserer Landschaftsvielfalt und des Erbes unserer »Kulturlandschaft«. Um einer verbreiteten Fehldeutung zu widersprechen, sei auch klar darauf hingewiesen, dass einerseits viele Fichtenbestände aus einem fehlgeleiteten, da einseitigen Gewinnmaximierungsstreben heraus entstanden sind, viele aber auch aus der Not geborene Produkte ihrer Zeit waren (Reparationshiebe, Aufforstung devastierter Flächen mit einer »unproblematischen« Baumart, oder das, was von gepflanzten Mischbeständen übrig blieb).

Fichtenwälder und ihre Lebewelt im Klimawandel

Die Fichte, wie auch ihre Spezialisten, benötigen kalte Winter, die außerhalb der Alpen nur in Mittelgebirgen oder extrazonalen, kalten Sonderstandorten wie Moorwäldern und im Bereich von Blockhalden auftreten. Die prognostizierten milderen Winter im Zuge des Klimawandels gefährden unsere Fichtenwald-Arten (Solbreck et al. 1993; Somme et al. 1993). Ganz besonders werden die boreomontanen Reliktarten in den Alpen und in den Mittelgebirgen betroffen sein (Müller-Kroehling und Jantsch 2015; Pizzolotto et al. 2014). Bereits in der Vergangenheit gab es Warmzeiten, in denen diese Arten stellenweise »nach oben ausweichen« mussten, und weswegen sie in manchen Mittelgebirgen heute fehlen, die momentan eigentlich (noch) günstige Bedingungen für sie bieten würden. Ihnen möglichst intakte Standorte (Kälte- und Nässestandorte, Waldinnenklima) zu bieten, ist der beste Beitrag für ihren Erhalt, den wir beisteuern können: also der Erhalt des Lokalklimas, wenn denn schon das Globalklima starken Änderungen und Schwankungen unterworfen ist.

Wenn wir eines im Klimawandel in unserer zerschnittenen Landschaft ganz dringlich brauchen, sind es Ausbreitungskorridore für die Arten und deren nötigen, der Anpassung an das ändernde Klima dienenden Wanderungen (Coope 1995). Fichtenforste können bekanntlich und unerwünscht als »Querriegel« in offe-

nen Tälern auch als Barrieren für die Ausbreitung von Arten wirken (Licht 1993). Gleichzeitig sind selbst Fichtenforste aber auch Wanderkorridore für Waldarten. Ihre Streu ist zwar oberflächlich trocken und sauer, aber dennoch sind viele Waldarten durchaus in der Lage, sie zu durchwandern.

Fichtenwald – quo vadis?

Der Schutz der Arten, die in Mitteleuropa in Fichtenwäldern und an der Fichte leben, ist noch lange nicht zu Ende gedacht, sondern fokussiert viel zu sehr auf den zwei Extrem-Strategien »reiner Wirtschaftswald« (vermeintlich ohne Naturschutz-Wert) und »Prozessschutzwald« (als vermeintliche Idealvariante).

Die hier vorgestellten Beispiele illustrieren, dass auch Fichtenforste keine »ökologischen Wüsten« sein müssen. Fichtenforste auf »alten Waldstandorten«, die also nie gerodet und als andere Nutzungsform genutzt waren, können durchaus die Heimat von Arten »alter Wälder« sein. Manche säurepräferenten oder Magerkeit-liebenden Arten haben in lichten Nadelforsten oder auf dortigen Lichtungsflächen regional ihre letzten Vorkommen erhalten können. Das heißt nicht, dass

wir diese Waldformen heute anstreben müssen, aber dennoch dürfen wir ihnen dort, wo wir sie aus der Historie heraus haben, die nötige Beachtung schenken.

Dreizehenspecht und Zitronengelbe Tramete zeigen, dass wir für den Erhalt der Biodiversität auch Fichtenbestände mit hohen Totholz mengen benötigen. Gleichzeitig gibt es auch ein »Zuviel« des Prozessschutzes, wenn nicht natürliche Fichtenwälder mit einbezogen werden und angrenzende Hochlagenwälder in den Sog einer Kalamität geraten. Für eine Bilanzierung der mutmaßlichen »Erfolge« eines Zusammenbruchs Fichten-überprägter Bestände im Bergmischwald wie im Hochlagenwald wäre ein umfassender Vergleich mit Kahlflächen im Wirtschaftswald, mit kleinflächig bewirtschafteten Fichten-Wirtschaftswäldern der montanen Zone und mit intakten Fichten-Hochlagenbeständen notwendig (vgl. z. B. Hjalten et al. 2012).

Literatur

Die Literatur dieses Beitrags (gemeinsam mit der von Müller-Kroehling et al. 2009 in LWF Wissen 63) kann auf der Homepage der LWF (www.lwf.bayern.de/wissen) heruntergeladen werden.

Dank

Markus Blaschke wird für die Informationen zu den Pilzen und die Verjüngungsauswertung aus dem NWR »Stückberg«, Dr. Heinz Bußler, Dr. Martin Goßner, Dr. Herbert Nickel und Dr. Peter Sprick für wertvolle Hinweise gedankt.

Keywords: Spruce, biodiversity, bog forests, subalpine forests, fauna, mykoflora, "rann-rejuvenation", Natura 2000, climate change, spruce plantations

Summary: Natural Spruce forests are restricted to the highest elevations of Bavarian mountains and to special sites characterized by cold climate for other reasons. They are a rare habitat threatened by climate change. Many specialized plant, fungus and animal species are restricted to natural occurrences of this habitat type. However, also many species, including species of conservation relevance, have been able to colonize spruce plantation forests outside the trees natural occurrence, albeit displacing hardwood dependent species. For the purpose of protecting the biodiversity of spruce forests, concerted efforts and balanced concepts are needed, incorporating most important habitat connectivity.

Bodensaure Fichtenwälder (LRT 9410) im FFH-Bericht nach Artikel 17

Alle sechs Jahre ist nach Artikel 17 der FFH-Richtlinie EU-weit an die EU-Kommission zu berichten, in welchem Erhaltungszustand sich die Schutzobjekte der FFH-Anhänge befinden (FFH-Berichtspflicht). In der »Alpinen biogeographischen Region« standen für Bayern und somit auch Deutschland für den Bodensauren Fichtenwald (LRT 9410) wie auch den Moorwald (LRT *94D0) beim letzten Bericht (2013) alle Merkmale (Verbreitung, Fläche, Strukturen, Zukunftsaussichten) auf »grün« und waren mithin »günstig« ausgeprägt.

Kritischer und kleiner ist das Vorkommen in der »Kontinentalen Region«, mit in Bayern ca. 5.000 ha, besonders aufgrund des Klimawandels (Merkmal »Zukunftsaussichten«).

Der Fichten-Moorwald als spezieller Subtyp (*91D4) scheint im FFH-Bericht nicht eigens auf.

Quelle des Berichts: ETC (2013); ein Sternchen bei der LRT-Nummer kennzeichnet prioritäre LRTen.

Waldschutzrisiko der Fichte

Cornelia Triebenbacher, Ludwig Straßer und Ralf Petercord

Schlüsselwörter: Sturm, Trockenheit, Borkenkäfer, Rüsselkäfer, Nonne, Fichtengespinstblattwespe, pilzliche Erkrankungen

Zusammenfassung: Zahlreiche Insekten und Pilze können Schäden an der Fichte verursachen. Sie ist die Baumart mit dem höchsten Waldschutzrisiko. In Folge des Klimawandels wird sich die Waldschutzsituation weiter verschärfen. Grundsätzliche Zusammenhänge und wichtige Schadorganismen werden dargestellt.

Die Fichte ist aus Sicht des Waldschutzes die kritischste Baumart in Mitteleuropa (Altenkirch et al. 2002). Schwerdtfeger (1981) führt in seinem Lehrbuch »Die Waldkrankheiten« über 100 Schaderreger auf, die an Jungpflanzen, Nadeln, Trieben, Rinde, Holz und Wurzeln Schäden verursachen können. Trotz eines Schadholzanteils am Gesamtfichteneinschlag von circa 50 % im langjährigen Durchschnitt (Schröpfer et al. 2009) konnte in der Vergangenheit mit der Fichte erfolgreich Waldwirtschaft betrieben werden. Die Fichte wurde zum »Brotbaum« der deutschen Forstwirtschaft schlechthin (Schmidt-Vogt 1986; Thomasius 1990; Bor-

chert und Kölling 2004; Kölling 2014). Der »ökosystemare Widerstand« (Petercord und Straßer 2017) gegen den Anbau der Fichte außerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebiets war bei Berücksichtigung der elementaren standörtlichen Anforderungen der Baumart beherrschbar und das Risiko ökonomisch kalkulierbar. Forstgeschichtlich betrachtet begann der gezielte Anbau der Fichte in der »Kleinen Eiszeit« (ca. 1400 bis ca. 1850) (Kölling et al. 2009) und damit in einer Klimaphase, in der insbesondere biotische Faktoren dem Anbau kaum Grenzen setzten. Allerdings finden sich auch aus dieser Phase Berichte über Borkenkäfermassenvermehrungen, die damals allerdings noch als »Wurmtrocknis« bezeichnet wurden (Gmelin 1787; Escherich 1923; Blankmeister und Hengst 1971). Interessanterweise stammen diese frühen Berichte aus Regionen, die als »Industriegebiete« des Mittelalters bzw. der frühen Neuzeit gelten. Holz war als Wirtschaftsgut in diesen Regionen von besonderem Interesse, Schäden am Wald folglich bedeutsam und berichtenswert. Gleichzeitig war der Fichtenanteil von Natur aus, oder durch die anthropogene Veränderung der Wälder, bereits groß genug für umfängliche Massenvermehrungen des Buchdruckers (*Ips typographus* L.). Vor der gezielten Förderung der Fichte ab Ende des 18. Jahr-



Abbildung 1:
Sturmschäden, wie hier nach dem Sturm Kyrill im Jahre 2007, sind immer wieder Ausgangspunkt von Borkenkäfermassenvermehrungen. Die Fichte ist als Flachwurzler anfällig für Sturmwurfschäden.

Foto: T. Immler

hunderts ist von einer indirekten Förderung in den vorangegangenen Jahrhunderten auszugehen (Sautter 2003), die je nach Region im Ergebnis vermutlich umfänglicher war, als wir uns heute vorstellen können. Die Auflichtung der Wälder durch intensive Brennholznutzung, Waldweide und Streunutzung begünstigte die natürliche Verjüngung der reproduktionsfreudigen, schnellwüchsigen Fichte gegenüber den Schattbaumarten, so dass ihr Anteil sukzessiv anstieg.

Die Massenvermehrungen der Borkenkäfer »resultieren stets aus verheerenden Sturm- oder Schneeschäden und vorausgehenden Trockenperioden« (Plochmann und Hieke 1986). Zukünftig werden in Folge des Klimawandels Sturmereignisse und Trockenperioden häufiger auftreten (Plöger und Böttcher 2015), gleichzeitig führen die höheren Temperaturen zu einer kürzeren Entwicklungsdauer der plurivoltinen Borkenkäferarten und damit zu mehr Generationen pro Jahr (Abbildung 1). Bis zum Ende des 21. Jahrhunderts wird sich in Europa vielerorts eine Generation Buchdrucker pro Jahr mehr entwickeln können als heute (Jakoby et al. 2016). Die Fichte wird damit häufiger Opfer von Sturmereignissen sowie Massenvermehrungen des Buchdruckers werden (Wermelinger 2017).

Schäden durch Insekten

Trotz der hohen Zahl der an der Fichte vorkommenden Arten, verursachen insgesamt aber nur wenige Arten gravierende, bestandsbedrohende Schäden. Neben dem bereits genannten Buchdrucker haben der Kupferstecher (*Pityogenes chalcographus* L.), die Nonne (*Lymantria monacha* L.), die Fichtengespinstblattwespe (*Cephalcia abietis* L.) und – als Kulturschädling – der Große Braune Rüsselkäfer (*Hylobius abietis* L.) als Schadinsekten eine besondere Bedeutung für die Fichtenwirtschaft. Allerdings erfolgt diese Einschätzung auf Grundlage einer retrospektiven Sicht, dass zukünftig auch weitere Schadinsekten an Bedeutung gewinnen können. Dies zeigen beispielsweise Schäden durch lokale Massenvermehrungen des Furchenflügeligen Fichtenborkenkäfers (*Pityophthorus pityographus* RTZB.) und der Gebirgsfichtenblattwespe (*Pachynematus montanus* ZADD.), die in den vergangenen Jahren auffällig wurden (Petercord und Andrae 2016).

Borkenkäfer

Pfeffer (1995) führt 39 Borkenkäferarten auf, die Fichten als Wirtspflanzen nutzen. Die Einnischung dieser Arten als Rinden-, Holz- oder Wurzelbrüter mit artspezifischen Anforderungen zur Vermeidung, respektive Reduzierung interspezifischer Konkurrenz um die Nahrungsressource, ist beispielhaft. Borkenkäfer sind grundsätzlich Sekundärschädlinge, das heißt sie be-



Abbildung 2: Buchdrucker bohren sich zur Brutanlage ein. Dabei entsteht das typische, »schnupftabakähnliche« braune Bohrmehl. Foto: G. Lobinger



Abbildung 3: Der Kupferstecher bevorzugt die dünnrindigen Stammteile von Jungfichten bzw. Kronen oder Äste von Altlichten. Foto: G. Lobinger



Abbildung 4: Das Brutsystem des Buchdruckers ähnelt einem aufgeklappten Buch, daher auch der Name »Buchdrucker«. Vom Muttergang gehen seitlich die Larvengänge ab, die in den Puppenwiegen münden. Foto: C. Triebenbacher



Abbildung 5: Die sternförmig ausgerichteten Muttergänge des Kupferstechers gehen von einer in der Rinde versteckten Rammelkammer aus. Die Verpuppung erfolgt in den Puppenwiegen in der Rinde. Foto: C. Triebenbacher

nötigen eine Vorschädigung oder Schwächung ihrer Wirtspflanze, um diese erfolgreich befallen zu können. Dies gilt grundsätzlich auch für den Buchdrucker und den Kupferstecher. Allerdings sind beide Arten befähigt, bei ausreichend hoher Populationsdichte und einer aus dieser resultierenden hohen Angriffsdichte heraus auch vitale Bäume erfolgreich zu befallen. Der Grad der notwendigen Vorschädigung muss daher artspezifisch und aus der jeweiligen Befallsituation heraus bewertet werden. Die Befähigung zum primären Befall macht den Buchdrucker und den Kupferstecher zu den gefährlichsten Schadinsekten der Fichte und in Folge – entsprechend dem hohen Fichtenanteil von 25,4% (BWI 3) am Gesamtwald in Deutschland – zu den wichtigsten Waldschädlingen. Die jeweilige Nische ist bei Buchdrucker und Kupferstecher über die Rindendicke definiert. Während sich der 4,2–5,5 mm große Buchdrucker (Schwerdtfeger 1981) in die dickrindigen Stammteile von Baum- und Althölzern einbohrt (Abbildung 2), verursacht der 1,8–2 mm große Kupferstecher Stehendbefall an Jungfichten (Abbildung 3) und befällt den dünnrindigen Kronenraum von Altfichten. Die Larvalentwicklung erfolgt unter der Rinde im Kambialbereich je nach Witterung in 6–10 Wochen in einem charakteristischen Brutbild aus Mutter- und Larvengängen (Abbildung 4 und 5). Beide Borkenkäferarten haben durch ihren plurivoltinen Generationswechsel ein enormes Vermehrungspotenzial. Je nach Witterungsverlauf können sie unter den gegenwärtigen Klimabedingungen 2–3 Generationen im Jahr anlegen. Hinzu kommen noch mehrere Geschwisterbruten je Generation, da die Elterntiere nach erfolgreicher Eiablage die Brutbilder verlassen und ihr Brutgeschäft anderen Orts fortsetzen. Der Furchenflügelige Fichtenborkenkäfer, der aktuell vermehrt auftritt, ist mit

einer Körpergröße von 1–1,5 mm (Schwerdtfeger 1981) deutlich kleiner als der Kupferstecher. Im Gegensatz zu diesem ist der Furchenflügelige Fichtenborkenkäfer nicht plurivoltin, sondern durchläuft nur zwei Generationen pro Jahr mit Flugzeiten im Mai und Juli/August. Geschwisterbruten sind möglich. Seiner Größe entsprechend kann er die dünnrindigsten Pflanzen befallen und ist daher als Kulturschädling, insbesondere in Trockenphasen waldschutzrelevant. Holzbrütende Borkenkäfer, hier sei exemplarisch der Gestreifte Nadelnutzholzborkenkäfer (*Trypodendron lineatum* OL.) genannt, können an lagerndem Holz erhebliche technische Schäden verursachen. Als mycetophage Art benötigt der Gestreifte Nadelnutzholzborkenkäfer eine verringerte Holzfeuchte, um in seinen Brutsystemen, die bis zu ca. 10 cm radial in den Holzkörper hineinreichen können, seinen Ambrosia-Nährpilz erfolgreich

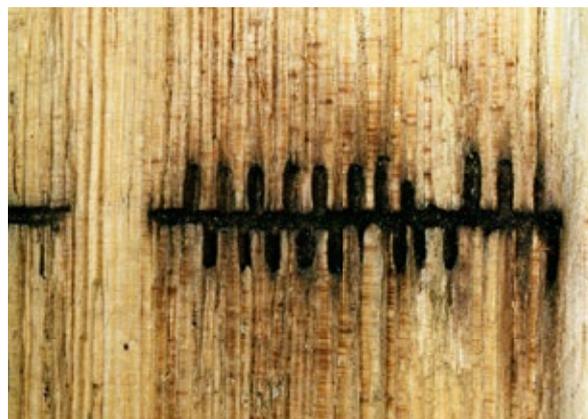


Abbildung 6: Leiterförmiges Brutbild des Nadelnutzholzborkenbohrers im Splintholz. Die Schwarzfärbung der Mutter- und Larvengänge wird durch den Ambrosia-Nährpilz verursacht, der den Larven als Nahrung dient.

Foto: S. Kinelnski, Bugwood.org

zu kultivieren (Abbildung 6). Die Art befällt daher in der Regel nur lagerndes Holz. Stehendbefall ist in ausgesprochenen Trockenperioden, wie beispielsweise im Sommer 2003 möglich und wird damit zukünftig wahrscheinlicher. Das Brutsystem besteht aus einer kurzen Eingangsröhre und gabelt sich dann in meist zwei Muttergänge auf. Das Weibchen nagt abwechselnd in den Gangboden und die Gangdecke einischen, in die jeweils ein Ei abgelegt wird. Die Larven erweitern diese Einischen im Laufe ihrer Entwicklung zu kurzen Larvengängen, die letztlich auch als Puppenwiegen dienen. Diese Larvengänge sind ca. 5 mm lang und verlaufen in Faserrichtung. So entsteht das typische Fraßbild eines einholmigen Leitergangs. Die Elterntiere betreiben eine umfangreiche Brutpflege, in dem sie den Nährpilz im Gangsystem während der Entwicklung der Larven pflegen und für eine ausreichende Belüftung des Systems sorgen (Petercord 2011). Geschwisterbruten sind daher ausgeschlossen. Die vollständig entwickelten Jungkäfer verlassen das Brutsystem über das Einbohrloch und überwintern in der Bodenstreu (Schwerdtfeger 1981). Es wird pro Jahr eine Generation durchlaufen (Schwerdtfeger 1981), es gibt allerdings Hinweise auf eine mögliche zweite Generation (Parini und Petercord 2006). Da die Art zu den Frühschwärmern zählt und Befall bereits Ende März beobachtet werden kann, sind entsprechende Waldschutzmaßnahmen sehr früh im Jahr notwendig.



Abbildung 7: Großer Brauner Rüsselkäfer. Der kräftig gebaute, braune Käfer gehört zu den gefährlichsten Kulturschädlingen der Fichte.

Foto: G. Csoka, Hungary Forest Research Institute, Bugwood.org

Rüsselkäfer

Nach wie vor ist der Große Braune Rüsselkäfer (*Hyllobius abietis*) einer der größten Gefahren bei der Kulturbegründung mit Nadelholz (Abbildung 7). Auch wenn die Pflanzung von Fichten rückläufig ist, spielt er auf vielen Sturmwurf- und Kalamitätsflächen eine große Rolle. Die Art ist in den Nadelwäldern Europas weit verbreitet (Schwenke 1974). Ihr Vorkommen reicht vom Tiefland bis ins Gebirge. Für seine Vermehrung benötigt der Große Braune Rüsselkäfer frische (bis zu zwei Jahre alte) Nadelholzstöcke. Neben der Fichte befällt er auch Douglasien, Lärchen und Tannen. Der Käfer, der mit einer Lebensdauer von bis zu drei Jahren vergleichsweise langlebig ist, fliegt in der gesamten Vegetationszeit. Allerdings können zwei größere Aktivitätsphasen beobachtet werden; die erste nach der Überwinterung der Altkäfer im Boden, Ende April/Anfang Mai und die zweite Ende Juli/Anfang August, wenn sich die ersten Jungkäfer am Brutgeschäft beteiligen. Der Käfer ernährt sich durch Rindenfraß an Wirtspflanzen jeden Alters. Die räumliche Nähe von frischen Nadelholzstöcken zur Eiablage und jungen Kulturpflanzen ist daher optimal für den Aufbau lokaler Massenvermehrungen. Der Käfer frisst an Altbäumen im Kronenraum, plätzwweise an Stamm und Ästen, und bei Jungpflanzen an den Stämmchen, vorzugsweise am Wurzelhals. Es bilden sich Rindentrichter, die stark harzen und den Fraßorten ein pockennarbiges Aussehen verleihen (Abbildung 8). Bei starkem Fraß kommt es bei jungen Pflanzen zur Ringelung, die Pflanze stirbt ab. Der Larvenfraß an den Wurzeln ist dagegen forstlich unbedeutend.



Abbildung 8: Typischer pockennarbiges Fraß des Großen Braunen Rüsselkäfers am Wurzelhals einer jungen Fichte. Verlaufen die Fraßstellen stammumfassend (Ringelung), stirbt die Pflanze ab.

Foto: G. Csoka, Hungary Forest Research Institute, Bugwood.org

Die Nonne

Die Nonne (*Lymantria monacha* L.) ist eine der bedeutendsten forstlichen Großschädlinge und tritt überall in Bayern an Fichte und Kiefer auf. Zu Massenvermehrungen neigt die Nonne im Flachland und Hügelland (bis etwa 800 m ü. NN.), hier vor allem in Gebieten mit Jahresniederschlägen von 400 bis 700 mm. Bekannte Massenvermehrungsgebiete in Bayern sind der Fichtengürtel der Münchener Schotterebene, der Nürnberger Reichswald, Teile des Oberpfälzer Waldes sowie des Frankenwaldes. Die letzte großflächige Massenvermehrung der Nonne in Bayern mit einem Befallsgebiet von circa 20.000 ha liegt inzwischen mehr als 25 Jahre zurück. Sie ist jedoch ein Schädling, der innerhalb von zwei Jahren aus der Latenz in Massenvermehrung übergeht (Lobinger 2012). In Fichtenbeständen reicht oft schon ein einmaliger Kahlfraß, um bereits im ersten Jahr zum Absterben der Bestände zu führen. In Kiefernwäldern kommt es häufig erst nach einem zweiten Fraßjahr zu hohen Absterberaten. Die Prädisposition der Bestände gegenüber nachfolgenden Schädlingen erhöht sich deutlich. Die Nonne ist ein polyphages Insekt. Das bedeutet, dass es nicht auf eine bestimmte Pflanze spezialisiert ist. Die Raupen fressen sowohl an Nadeln als auch an Laub. Als Hauptschädling ist sie aber vor allem in großflächigen Fichten- und Kieferbeständen zu finden. Die Eiraupen schlüpfen in Abhängigkeit von der Temperatur im April. Sie bleiben noch einige Stunden bis Tage in einem sogenannten »Larvenspiegel« gesellig beisammen, bevor sie in die Baumkrone wandern. Die Larvenentwicklung dauert von April bis Juli und umfasst 5–6 Stadien. Die ersten beiden Larvenstadien spinnen sich bei Beunruhigung (z. B. starkem Wind) ab und können dabei über weite Strecken verbreitet werden. Sie fressen zunächst die Mainadeln und Knospen, dann zunehmend verschwenderisch auch ältere Nadeln und/oder verursachen Löcherfraß an Blättern (Schwerdtfeger 1981). Typischerweise finden sich daher Blatt- und Nadelreste am Boden. Die Verpuppung erfolgt Mitte Mai bis Anfang Juni in Rindenritzen, meist im unteren Stammbereich, aber auch an Ästen oder der Bodenvegetation. Nach einer Puppenruhe von ca. 20 Tagen schlüpfen die Falter im Juli/August. Damit beginnt die Flugzeit der Falter zur Eiablage. Der Flugzeitraum erstreckt sich je nach Witterung bis in den September hinein. Die unter Rindenschuppen abgelegten Eier überwintern (Wellenstein 1978; Schwerdtfeger 1981; Lemme 2012).



Abbildung 9: Die Larven der Fichtengespinstblattwespe bilden im Laufe ihres Fraßes sogenannte Gespinstsäcke, die gegen Ende der Larvenentwicklung mit Kot- und Nadelresten gefüllt sind und daher braun gefärbt sind.

Foto: M. Zubrik, Forest Research Institute, Slovakia, bugwood.org.

Die Fichtengespinstblattwespe

Die Fichtengespinstblattwespe (*Cephalcia abietis*) gehörte in den 1980er und 1990er Jahren zu den Hauptschädlingen an der Fichte in Bayern. In einem dreijährigen Rhythmus wurden in den höheren Lagen der ostbayerischen Mittelgebirge Fichtenbestände regional wechselnd, zum Teil stark entnadelnd (Lemme 2010). Gradationen entstehen meist in 60- bis 120-jährigen Reinbeständen in Höhenlagen von 600 bis 1.000 m ü. NN, seltener im Flachland. Die bayerischen Schadgebiete liegen im Frankenwald, Fichtelgebirge, Oberpfälzer Wald und Bayerischen Wald. Auch in den letzten Jahren neigt die Fichtengespinstblattwespe zu starker Vermehrung und verursacht nach wie vor zum Teil starke Fraßschäden (Lemme und Petercord 2010). Bei Kahlfraß auch an den Maitrieben kann es zum Absterben der Fichten kommen, ansonsten verursacht Fichtengespinstblattwespe vornehmlich Zuwachsverluste. Dabei erhöht sich jedoch die Prädisposition betroffener Fichten gegenüber Borkenkäferbefall erheblich. Die Wespe ist 11–14 mm lang, Kopf und Brust sind schwarz mit gelber Musterung, der Hinterleib ist rötlichbraun. Die Larven sind bis zur letzten Häutung graugrün mit verwaschenen Längsstreifen, ab dann goldgelb oder grün. Der Hauptschwärmflug erfolgt Mitte Mai bis Mitte Juni bei sonnigem Wetter. Die Weibchen bewegen sich nach erfolgter Paarung am Baum empor zur Krone, um 4–12 Eier ringsum an den Altnadeln abzulegen (Escherich 1942). Je nach Temperatur schlüpfen die Larven nach 2–4 Wochen und legen zarte Gespinströhren an, die später zu größeren Gespinstsäcken zusammenwachsen. In den Gespinsten werden die abgebissenen Nadeln verzehrt, es sammeln sich mit der Zeit zunehmend Kot und Nadelreste

an. Der Fraß dauert 6–8 Wochen, von der oberen Krone abwärts und erfolgt bevorzugt auf der Sonnenseite. Im August/September lassen sich die Larven zu Boden fallen und graben sich 5–30 cm tief in den Mineralboden ein. Dort überliegen sie ein bis drei Jahre als Eonymphe in einer ovalen Erdhöhle. Die Schlupfbereitschaft der Pronymphe wird mit der Ausbildung des Puppenauges sichtbar. Ein Befall der Bestände wird durch zunehmende Entnadelung der Fichten und die großen rotbraunen Kotsäcke (Abbildung 9) in der Krone sichtbar (Pschorn-Walcher 1982).

Schäden durch Pilze

Schäden durch pilzliche Schaderreger sind an der Fichte bisher deutlich weniger auffällig als Schäden durch Insekten. Nichtsdestotrotz gibt es einige auffällige Krankheitsbilder, zu denen der Befall mit Hallimasch, die Rotfäule und das Sirococcus-Triebsterben zählen.

Hallimasch

Eigentlich ist es falsch, von dem Hallimasch zu sprechen. In der Vergangenheit wurde der Hallimasch zwar als eine Art angesehen, in Europa sind aber mindestens neun verschiedene Arten beschrieben, die sich aufgrund ihrer geographischen Verbreitung, ökologischen Anforderungen, Wirtsspezifität und phytopathologischen Bedeutung differenzieren lassen. Die Unterscheidung der Arten anhand ihrer Fruchtkörper ist grundsätzlich aber schwierig und mit Unsicherheit behaftet. Die bekannteste Art ist der Honiggelbe Hallimasch (*Armillaria mellea* [VAHL] KRUMM.). Die Bezeichnung Hallimasch (*Armillaria*) ist also eine Gattungsbezeichnung, die zur Klasse der Basidiomyceten und in dieser zur Ordnung der Blätterpilze und Familie der Ritterlingsartigen gehört. Hallimasch-Arten gibt es weltweit, sie ernähren sich in erster Linie saprophytisch von abgestorbenen Holzteilen im Boden und nehmen damit eine wichtige Rolle im Nährstoffkreislauf des Ökosystems Wald ein (Nierhaus-Wunderwald et al. 2012; Petercord und Straßer 2016).

Allerdings können Hallimasch-Arten, wie viele andere Pilzarten auch, von der saprobiotischen in eine parasitische Lebensform wechseln. Ausgelöst wird dieser Wechsel, wenn sich dem Pilz, durch eine vorangegangene Schwächung seiner potentiellen Wirtspflanze, dazu die Gelegenheit bietet. Faktoren, die den Befall begünstigen, sind Trockenstress, Staunässe, Wurzelverletzungen, Frost, Pflanzschock, Insekten- und (Blatt)Pilzbefall, Licht- und Nährstoffmangel,



Abbildung 10: Hallimasch als Weißfäuleerreger. Typisch ist das weiße, fächerartige Myzel unter der Rinde. Foto: R. Petercord

Schadstoffimmissionen usw. (Petercord und Straßer 2016). Die Infektion erfolgt über Sporen bei großflächigen Wunden z. B. auch in der saprophytischen Form über die frische Schnittfläche der Stöcke oder als Wurzelinfektion über spezielle Ausbreitungsorgane die Rhizomorphen. Dabei handelt es sich um ein schnurförmiges Myzel, das von einer braun-schwarzen rindenähnlichen Struktur umgeben ist und ein hohes Regenerationsvermögen besitzt. Über die Stockinfektion kann es durch Wurzelverwachsungen oder durch Bodenrhizomorphe zur Infektion lebender Bäume kommen. Neben dem charakteristischen rhizomorphen Myzel gibt es dann auch weiße, fächerartige Myzelmatten (Abbildung 10), die sich an befallenen Bäumen im Kambiumbereich finden, das Kambium sukzessive abtöten und von hieraus als Weißfäuleerreger in den Holzkörper eindringen. Das fächerartige Myzel wird also nur am lebenden Baum in der parasitischen Lebensform gebildet. Es bleibt aber auch nach dem Absterben des Baums noch lange erhalten. Gelingt es dem Baum nicht, den Befall im Kambiumbereich abzuwehren, kann der Hallimasch innerhalb weniger Wochen den Ringschluss herstellen und den Baum dann sehr schnell abtöten. Kernfäulen können sich dagegen über Jahre hin entwickeln. Schwarze Demarkationslinien markieren dann im Querschnitt die Verbreitung des Pilzes in der Zeit, sie dienen ihm zur Abgrenzung gegenüber konkurrierenden Arten und zur Regulation der Feuchtigkeitsverhältnisse im bereits befallenen Holz (Nierhaus-Wunderwald et al. 2012; Petercord und Straßer 2016).

Rotfäule

Die Rotfäule der Fichte kann durch verschiedene Pilzarten ausgelöst werden. Wichtigster Erreger ist der Wurzelschwamm (*Heterobasidion annosum* [FR.] BREF). Gut 70% der Rotfäulen gehen auf diese Art zurück. Weitere Erreger sind »unter anderem *Armillaria mellea* (VAHL) KRUMM., *Coniophora puteana* (SCHUM.) KARST., *Resinicium bicolor* (ALB. & SCHW.) PARM. und *Serpula himantioides* (FR.) KARST.« (Butin 1989).

Typischerweise verursacht der Wurzelschwamm eine Wurzelfäule, die zu einer aufsteigenden Weißfäule im Kernholz führt (Butin 1989) und eine massive Entwertung des Erdstammstücks bedeutet. Der Stammbefall stellt im Gegensatz zur parasitischen Lebensweise in den Wurzeln die saprophytische Lebensweise dar. Die Ausweitung im Stammholz ist daher abhängig von der Baumart. Neben der Fichte werden auch die Kiefer, die Lärche und die Douglasie befallen. Die Infektion erfolgt nahezu ausschließlich über die Wurzel, teils durch Sporen, die mit dem Regen eingewaschen werden und auf der Wurzel keimen (Primärbefall) oder durch Wurzelkontakte mit befallenen Bäumen (Butin 1989). Dabei kann es sich auch um Stöcke handeln, die noch ca. vier Wochen nach der Fällung des Baums fängisch für die Sporen des Wurzelschwamms sind. Die Holzernte zur phytopathologischen Unzeit des Maximums der Sporenproduktion im Frühherbst erhöht das Befallsrisiko daher erheblich (Kohnle 2015). Darüber hinaus begünstigen Verletzungen an den Wurzeln bzw. den Wurzelanläufen oder Bodenverdichtung die Infektion.

Neben den wurzelbürtigen Stammfäulen gibt es auch Wundfäulen, die über Rindenverletzungen in den Stamm eindringen. Ursächlich sind Verletzungen, die während der Holzernte entstehen oder durch Rotwildschäle, die bei überhöhten Wildbeständen zu beobachten ist. Diese Wunden werden von Pilzsporen infiziert und führen dann zu den bekannten Stammfäulen, die offen oder auch überwallt auftreten können. Ein typischer Verursacher an der Fichte ist *Stereum sanguinolentum* (ALB. & SCHWEIN.) FR., der Bluten-Schichtpilz (Kohnle 2015).

Sirococcus-Triebsterben

Das Sirococcus-Triebsterben der Fichte wird durch den Pilz *Sirococcus conigenus* (PERS.) P.F. CANNON & MINTER ausgelöst. Befallen werden die jeweils jüngsten Triebe, die sich charakteristisch krümmen und ihre Nadeln verlieren. Häufig bleibt an der Triebspitze ein Büschel verbraunter, zum Infektionszeitpunkt noch nicht vollständig ausgebildeter Nadeln als »Fahne« hängen. Mehrjähriger Befall führt zu einer im-

mer schütter werdenden Krone, die von außen nach innen verlichtet. Die Krankheit ist in Bayern nahezu landesweit anzutreffen, allerdings bilden die nährstoffarmen Standorte der ostbayerischen Mittelgebirge einen Befallsschwerpunkt. Ursächlich sind denn auch Ernährungsstörungen, vorrangig Magnesiummangel und ein unausgewogenes Magnesium/Stickstoff-Verhältnis in den Nadeln. Darüber hinaus wird der Befall durch schattige und luftfeuchte Lagen begünstigt. Die Infektion erfolgt in den Frühsommer- und Sommermonaten, wenn sich auf verbliebenen Nadeln und befallenen Zapfenschuppen die schwarzen Fruchtkörper (Pyknidien) bilden. Bei fortgesetztem Befall kommt es zu einem chronischen Befallsgeschehen, das letztlich im Absterben der betroffenen Fichten mündet (Stetter et al. 2004).

Literatur

Altenkirch, W.; Majunke, C.; Ohnesorge, B. (2002): Waldschutz auf ökologischer Grundlage. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart (Hohenheim): 434 S.

Blankmeister, J.; Hengst, E. (1971): Die Fichte im Mittelgebirge. Neumann, Radebeul: 286 S.

Borchert, H.; Kölling, C. (2004): »Brotbaum« Fichte besonders gefährdet. Waldbauliche Anpassung der Wälder an den Klimawandel jetzt beginnen, LWF aktuell 43: S. 28–30

Butin, H. (1989): Krankheiten der Wald- und Parkbäume. 2. überarb. u. erw. Aufl., Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York: 216 S.

Escherich, K. (1923): Die Forstinsekten Mitteleuropas. Band II (Spezieller Teil, Erste Abteilung, Urinsekten, Gradflügler, Netzflügler und Käfer), Verlag Paul Parey, Berlin: 664 S.

Escherich, K. (1942): Die Forstinsekten Mitteleuropas. Band V: Hymenoptera (Hautflügler) und Diptera (Zweiflügler), Verlag Paul Parey, Berlin: 746 S.

Gmelin, J. F. (1787): Abhandlung über die Wurmtröcknis. Verlag der Crusiusischen Buchhandlung, Leipzig: 176 S.

Jakoby, O.; Stadelmann, G.; Lischke, H. Wermelinger, B. (2016): Borkenkäfer und Befallsdisposition der Fichte im Klimawandel. In: Pluess, A. R.; Augustin, S.; Brang, P. (Red.): Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adaptionsstrategien. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern; Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf; Haupt Verlag, Bern, Stuttgart, Wien: S. 247–264

Kohnle, U. (2015): Gegen Rotfäule kann man etwas tun. Badi-sche Bauern Zeitung Nr. 11: S. 30–31

Kölling, C. (2014): Die Fichte – Baumart oder Weltanschauung. LWF aktuell 98: S. 36

- Kölling, C.; Zimmermann, L.; Borchert, H. (2009): Von der »Kleinen Eiszeit« zur »Großen Heißzeit« – Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft des Fichtenanbaus in Deutschland. LWF aktuell 69: S. 58–61
- Lemme, H. (2012): Von Eulen, Spannern und Nonnen in Bayern. LWF aktuell Nr. 91: S. 40–42
- Lemme, H.; Petercord, R. (2010): Neues Monitoringverfahren für die Fichtenspinstblattwespe in Bayern eingeführt. Forstschutz Aktuell Nr. 50: S. 20–23
- Lobinger, G.; Lemme, H.; Zeitler, J. (2012): Nonnen-Prognose neu konzipiert, LWF aktuell 89/2012, S. 26–29
- Nierhaus-Wunderwald, D.; Engesser, R.; Rigling, D. (2012): Hallimasch – Biologie und forstliche Bedeutung. Merkblatt für die Praxis Nr. 21, 2. überarb. Aufl., Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf: S. 8
- Parini, C.; Petercord, R. (2006): Der Laubnutzholzborkenkäfer *Trypodendron domesticum* L. als Schädling der Rotbuche. Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz Nr. 59: S. 63–78
- Petercord, R.; Andrae, A. (2016): Auswirkungen des Klimawandels auf Schadinsekten an Bäumen am Beispiel der Gebirgsfichtenblattwespe (*Pachynematus montanus*). In: DUJESIEF-KEN, D. (Hrsg.): Jahrbuch der Baumpflege 2016, Haymarket Media, Braunschweig: S. 108–116
- Petercord, R.; Straßer, L. (2016): Der Pilz, der der Trockenheit folgt: der Hallimasch. AFZ-Der Wald 71 (16): S. 42–43
- Petercord, R.; Straßer, L. (2017): 112 Waldschutz der LWF – Eine gute Adresse, wenn's »pressiert«. – LWF aktuell 112: S. 6–8
- Petercord, R. (2011): Von Donnerbüschen, Rüsslern, Saurem Regen und Rehen – zur Waldschutzsituation der Weißtanne. LWF Wissen 66: S. 28–40
- Pfeffer, A. (1995): Zentral- und westpaläarktische Borken- und Kernkäfer (Coleoptera: Scolytidae, Platypodidae). Pro Entomologia, c/o Naturhistorisches Museum Basel: 310 S.
- Plochmann, R.; Hieke, Ch. (1986): Schadereignisse in den Wäldern Bayerns – Eine Zusammenstellung der forstlichen Literatur seit Beginn des 18. Jahrhunderts. Forstliche Forschungsberichte München Nr. 71: 161 S.
- Plöger, S.; Böttcher, F. (2015): Klimafakten. Vollst. überarb. u. akt. Neuaufl., Westend Verlag, Frankfurt/Main: 184 S.
- Pschorn-Walcher, H. (1982): Unterordnung Symphyta, Pflanzenwespen. In: Schwenke, W. (Hrsg.): Die Forstschädlinge Europas. Ein Handbuch in 5 Bänden. Band 4: Hautflügler und Zweiflügler. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin: S. 4–196
- Sautter, R. (2003): Waldgesellschaften in Bayern: Vegetationskundliche und forstgeschichtliche Darstellung der natürlichen und naturnahen Waldgesellschaften. Wiley-VCH Verlag, Weinheim: 224 S.
- Schmidt-Vogt, H. (1986): Die Fichte. Bd. II/1, Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin: 563 S.
- Schröpfer, R.; Utschig, H.; Zanker, T. (2009): Das Fichten-Konzept der BaySF – Bayerische Staatsforsten entwickeln neues Konzept zur Bewirtschaftung von Fichten- und Fichtenmischbeständen. LWF aktuell 68: S. 7–10
- Schwerdtfeger, F. (1981): Die Waldkrankheiten. Lehrbuch der Forstpathologie und des Forstschutzes. 4., neub. Aufl. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin: 486 S.
- Stetter, U.; Blaschke, M.; Helfer, W. (2004): Krumme Triebe, dürre Wipfel – Das Sirococcus-Triebsterben der Fichte im Bayerischen Wald. LWF aktuell Nr. 47: S. 24–25
- Thomasius, H. (1990): Vorkommen, Bedeutung und Bewirtschaftung der Fichte in der DDR. Forstw. Cbl. 109: S. 138–152
- Wellenstein, G. (1978): Lymantria In: Schwenke, W. (Hrsg.): Die Forstschädlinge Europas. Ein Handbuch in 5 Bänden. Band 3: Schmetterlinge. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin: S. 334–368
- Wermelinger, B. (2017): Insekten im Wald. Vielfalt, Funktionen und Bedeutung. Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf; Haupt Verlag, Bern, Stuttgart, Wien: 367 S.

Keywords: Norway spruce, storm, drought, bark beetles, weevils, black arches moth, spruce webworm, Disease

Summary: Numerous insects and fungi can cause damage to Norway spruce. It is the tree species with the highest forest protection risk. As a result of climate change, the forest protection situation will continue to intensify. Basic relationships and important harmful organisms are presented.

Bayerische Alpen – ein denkbares Rückzugsgebiet für die Fichte im Klimawandel?

Franz Binder und Sebastian Höllerl

Schlüsselwörter: Klimawandel, Bergwald, Fichte

Zusammenfassung: Der Klimawandel wird die Baumartenzusammensetzung im bayerischen Alpenraum verändern. Die durch menschliche Einflussnahme stark geförderte Fichte wird langfristig ihre hohen Anteile in der Waldbestockung verlieren. Der Borkenkäfer wird hierzu einen entscheidenden Beitrag leisten. Gleichzeitig hat die Fichte Schwierigkeiten sich auf flachgründigen, humusarmen Standorten natürlich zu verzüngen. Auf besser nährstoffversorgten Standorten steht ihre Verjüngung in Konkurrenz zum Laubholz. Der Vitalitätsverlust der Fichte könnte die Schutzfunktionen des Gebirgswaldes beeinträchtigen. Die Bayerischen Alpen werden eines der möglichen Rückzugsgebiete der Fichte in Deutschland sein.

Der Anteil Bayerns an den Alpen mit rund einer halben Million Hektar ist eher bescheiden. Die Bayerischen Alpen sind heute zu rund 52 % bewaldet. Dies entspricht einer Waldfläche von circa 250.000 Hektar (ha). Vor der Einflussnahme des Menschen waren wohl über 80 % bewaldet. Spätestens um Christi Geburt, als die Römer den gesamten Alpenraum erobert hatten, dürfte der Mensch die Waldentwicklung beeinflusst und geprägt haben. Um das Jahr 1100 n. Chr. wurden in den Ostalpen die landwirtschaftlichen Nutzflächen ausgeweitet und die Wälder gerodet. Durch den Menschen, der die Almflächen systematisch nach unten erwei-

terte, ist auch die Waldgrenze im Alpenraum überall etwa 300 Höhenmeter nach unten gedrückt worden (Bätzing 2015). Nach der biogeographischen Vegetationsgliederung gehören die Bayerischen Alpen zu den nördlichen Randalpen. Diese sind ozeanisch geprägt und werden von einer Dolomit- und Kalksteinzone und ihnen vorgelagert einer schmalen Flyschzone gebildet. Die höchste Erhebung mit 2.962 m ist die Zugspitze im Wettersteingebirge. Die tiefste Stelle mit 473 m ü. NN liegt im Saalachtal bei Bad Reichenhall (Reger et al. 2014). Damit ergibt sich ein Höhengradient von rund 2.500 m. Mit zunehmender Höhenlage nimmt die Vegetationszeit ab. Für Mitte des letzten Jahrhunderts ist für die Höhenlage von 700 m ü. NN. eine Vegetationszeit von 140 Tagen (Mitteltemperaturwert 10 °C) verzeichnet, welche bis 1.500 m ü. NN auf 95 Tage zurückgeht (Magin 1959). Die kürzere Vegetationsperiode mit der Höhenlage spiegelt sich in der Vielfalt an beschriebenen Waldtypen wider. Diese reicht von submontanen Laubwaldgesellschaften mit dominierender Buche bis hin zu den, an die Kälte angepassten, hochsubalpinen Lärchen-Zirbenwäldern (Binder et al. 2011).

Verbreitung der Fichte im Bayerischen Alpenraum (k)eine Erfolgsgeschichte

Die seit nahezu 2.000 Jahren anhaltende menschliche Einflussnahme im Naturwald hat die Baumartenzusammensetzung zugunsten der Fichte und zu Lasten

Baumartenanteile/ Jahr in %	Naturwald (nach Mayer 1974)	Staatswald 1860	Großraum- inventur 1970/71	BWI I ¹⁾ 1986	BWI II ¹⁾ 2002	BWI III ¹⁾ 2012
Sonst. Laubholz	–	–	6	9	12	13
Lärche	–	–	2	1	1	1
Kiefer	–	–	–	1	2	2
Buche	29	15	15	16	17	19
Tanne	29	25	8	8	7	7
Fichte	42	60	69	65	60	58
Summe	100	100	100	100	100	100

¹⁾ BWI = Bundeswaldinventur

Tabelle 1: Baumartenzusammensetzung des Bergwaldes im Wuchsgebiet Bayerische Alpen (Binder und Stiegler 2016); Zahlen sind arithmetisch gerundet



Abbildung 1: Fichtenbestände dominieren das Landschaftsbild Foto: F. Binder

der Buche verändert (Tabelle 1). Diese Veränderungen sind auf die Waldnutzung zurückzuführen. Nach Bätzing (2015) wurde das Holz schon früh an Bergwerke, Salinen oder Städte verkauft und über die Flüsse abtransportiert. Diese Großgewerbe oder »Industrien« bedienten sich flächiger Hiebsformen und waren eher an Nadelholz als an Buchenholz interessiert (Plochmann 1985; Höllerl 2009). Die bäuerliche Waldnutzung entnahm dagegen nur einzelne Stämme (Bätzing 2015), durch die im Privatwald in der Regel ein stufig ungleichmäßiger Waldaufbau erhalten blieb.

Nach Höllerl (2009) haben der ablaufende Entmischungprozess und die Entstehung der reinen Fichtenbestände verschiedene anthropogene Ursachen, die u. a. im großen Holzbedarf, in der Kahlfächenerwirtschaft (z. T. mit nachfolgender Fichtensaat oder -pflanzung), in übermäßiger Weidenutzung und in überhöhten Wildbeständen zu suchen sind. Den größten Beitrag zur Förderung der Fichte in den letzten Jahrzehnten dürfte das Schalenwild geleistet haben, das die Konkurrenten der Fichte in ihrer Entwicklung deutlich hemmte. Burschel et al. (1990) bringen dies wie folgt zum Ausdruck: »Für den fast vollständigen Ausfall von Tanne, Ahorn und sonstigen Laubhölzern sowie die erhebliche Reduktion des Buchenanteils ist das Schalenwild in weit höherem Maße verantwortlich als das Weidevieh« (vgl. auch El Kateb et al. 2009).

Natürliche Verbreitung der Fichte im bayerischen Alpenraum

Den Ergebnissen der Inventuren in Tabelle 1 kann man die tatsächlichen Mischungsverhältnisse nicht entnehmen. Es wird die durchschnittliche Baumartenzusammensetzung des gesamten, in den Bayerischen Alpen stockenden, Waldes berechnet, die sich in den lokalen Mischungen in den Beständen des Gebirgswaldes so nicht wieder findet. Tatsächlich gibt es erhebliche Flächen mit nahezu reinen Fichtenbeständen. Auswertungen der Bundeswaldinventur 2 zeigen auf, dass auf nahezu dreiviertel der Waldfläche in den Bayerischen Alpen Bestände mit führender Fichte stocken. Diese sind vor allem in den Altersklassen 2 bis 4 zu finden (Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft 2005; Höllerl 2009). Dies entspricht circa dem fünffachen Flächenanteil, an den von Natur aus vorkommenden Waldtypen mit führender Fichte, die vor allem ab Höhe von 1.200 m ü. NN zu finden sind (Tabelle 2). In tieferen Lagen ist die Fichte zwar noch vertreten, besitzt aber von Natur aus seltener eine vorherrschende Stellung. Die Waldtypen wurden auf Grundlage der herrschenden Umweltbedingungen im Bergwald modelliert (Reger und Ewald 2011).

Zukünftige Verbreitung der Fichte im bayerischen Alpenraum

Nach dem 2013 vom IPCC publizierten Bericht ist die Erwärmung des Klimas eindeutig (Glaser 2014). Für den Klimawandel besonders anfällig sind die Alpen. Die Erwärmung fiel in jüngster Zeit ungefähr dreimal so stark aus wie im weltweiten Durchschnitt (Agrawala 2007). Das regionale Klimamodell COSMO-CLM (CCLM) liefert für das Szenario »A1B« eine Abschätzung für Temperatur, Niederschlag und Dauer der Schneebedeckung. Demnach ist mit einem Temperaturanstieg von knapp 2 °C bezogen auf die Referenzperiode 1961–1990 zu rechnen. Nebe (1968 zitiert nach Röhle 1995) gibt für die Fichte als optimales Großklima Jahresmitteltemperaturen zwischen 5 °C und 7,5 °C

Waldtyp		Anteil ¹⁾ [%]	Höhenlage [m]	Klimakennwert ²⁾ T [°C]
mit voraussichtlich dominierender Fichte	subalpine Fichtenwälder	4,84	1.300–1.650	ca. 3,5
mit vorherrschender bis mitherrschender Fichte	hochmontaner Bergmischwald	9,02	1.200–1.450	ca. 4,5

¹⁾Anteil in % an der Gebirgswaldfläche ²⁾Jahresmitteltemperatur aus monatlichen Klimakarten (Reger und Ewald 2011)

Tabelle 2: Anteil in % der Waldtypen an der Waldfläche (aus Binder et al. 2011 verändert)

Waldtypengruppe	Hauptbaumarten	Flächenanteil ¹⁾ [%]	Reaktion Fichte auf Klimawandel
montaner Carbonat-Bergmischwald	Buche/Fichte/Tanne	32,2	–
montaner Silikat-Bergmischwald	Buche/Fichte/Tanne	19,6	–
hochmontaner Carbonat-Bergmischwald	Fichte/Tanne/Buche	6,5	0
hochmontaner Silikat-Bergmischwald	Fichte/Tanne/Buche	2,5	0
subalpiner Fichtenwald	Fichte	3,1	+
Summe		63,9	

¹⁾Flächenanteil des Waldtyps an der Gesamtfläche des Gebirgswaldes der bayerischen Alpen.

Tabelle 3: Anteil in % ausgewählter flächenmäßig bedeutsamer Waldtypengruppen an der Waldfläche und die mögliche Reaktion der Fichte auf die Klimaerwärmung. »Profitiert = +«; »leidet = –« und »nicht beeinflusst = 0« (aus Binder et al. 2011 verändert).

an. Für die Fichte würde das bedeuten, dass sie in den subalpinen und hochmontanen Lagen ihre dominierende Stellung behalten könnte (Tabelle 2). Allerdings wird sie in diesen Höhenlagen voraussichtlich einer stärkeren Konkurrenz durch die klassischen Mischbaumarten des Bergmischwalds, Tanne und Buche, ausgesetzt sein.

Im INTERREG Projekt »Waldinformationssystem Nordalpen« wurden für die häufigsten Baumarten Habitatmodelle berechnet und auf regionalisierte Klimaszenarien für das Jahr 2100 angewandt (Ewald et al. 2011). Verwendet wurde das moderate Szenario WETTREG B1, welches von einem Temperaturanstieg in der Vegetationsperiode von 1,5 °C und 3,2 °C ausgeht. Daraus lässt sich ableiten, wie sich der Klimawandel auf die Vitalität der Fichte in verschiedenen Waldtypengruppen auswirkt (Tabelle 3).

Im gesamten montanen Bereich, das heißt auf mehr als der Hälfte der Gebirgswaldfläche, wird die Fichte in Zukunft an Vitalität und damit an Flächenpräsenz verlieren. In der subalpinen Stufe könnte ihre Vitalität zunehmen. Dies bringt allerdings nicht zum Ausdruck, wie lange hier die Fichte noch das Alleinstellungsmerkmal »Hauptbaumart« besitzt.

Für die Zunahme der Vitalität in den Hochlagen sprechen auch die Untersuchungen von Hartl-Meier und Rothe (2014). Sie haben anhand von Jahrringanalysen die Zuwachsreaktionen von Baumarten des Bergwalds auf Trockenjahre innerhalb der verschiedenen Höhenstufen untersucht. Demnach weist die Fichte in den tieferen Lagen (< 1.000 m ü. NN) die verhältnismäßig stärksten Zuwachseinbußen nach Trockenperioden im Vergleich zu den anderen Baumarten dieser Höhenstufe auf. Hingegen zeigt sie über 1.400 m ü. NN

überwiegend positive Zuwachsreaktionen. Diese Ergebnisse lassen sich mit dem Fazit von Dobbertin und Giuggiola (2006) in Einklang bringen, die aufgrund ihres Literaturstudiums festhalten, »*Extreme warm-trockene Sommer reduzieren den Stammzuwachs in den Tieflagen erheblich, in den Hochlagen kann er dagegen ansteigen. Fichten erwiesen sich als besonders empfindlich*«.

Das bestätigt letztendlich die Aussage von Köhl et al. (2017). Sie stellen fest: »*In Mitteleuropa wird der Eichenwald zunehmen, beginnend in den Tieflagen. Der Buchenwald wandert von den Tieflagen in die Mittelgebirge. Dort werden sich die Kiefern- und Fichtenwälder allmählich zurückziehen*«. Daraus ist zu folgern, dass das Hochgebirge das Rückzugsgebiet der Fichte werden kann.

In den Fichten betonten Beständen wird künftig der Fichtenanteil nicht nur aufgrund des Klimawandels zurückgehen, sondern auch aufgrund waldbaulicher Maßnahmen. Nachdem die Wälder im Alpenraum in vielen Fällen wichtige Schutzfunktionen erfüllen und die reinen Fichtenbestände aber gleichzeitig sehr anfällig für Kalamitäten sind, ist das schon 1861 formulierte Ziel durch das Bayerische Forstbüro: »Die Erhaltung beziehungsweise Erziehung von Mischbeständen aus Fichten, Tannen und Buchen, welche den Schnee-, Duft- und Windbrüchen sowie anderen nachteiligen Einflüssen (Insectenbeschädigungen) erfolgreicherer Widerstand bieten als reine Fichtenbestände« [aus Burschel et al. (1990)], oberstes Gebot der Stunde.

Spätfrostgefahr, Borkenkäfer, Nährstoffmangel, mangelnde Konkurrenzkraft – die Fichte hat es heute und in Zukunft nicht leicht

Fichten aus den Hochlagen, die in Tieflagen angepflanzt werden, das heißt von der Kälte in die Wärme kommen, treiben in der Regel früher aus als Tieflagenfichten. Das zeigen Untersuchungen von Burger (1926 zitiert nach Dobbertin und Giuggiola 2006). Bei einer raschen Erwärmung der Hochlagen könnte dieser Effekt möglicherweise auch dort eintreten. Würden die Hochlagenfichten früher austreiben, wären sie im Vergleich zu heute einer höheren Spätfrostgefahr ausgesetzt – zumindest für eine Übergangsphase, bis sie sich den veränderten klimatischen Verhältnissen angepasst haben.

Des einen Freud, des anderen Leid: Parallel zur nachlassenden Vitalität der Fichte im montanen Bereich, wird die Vitalität des Buchdruckers gestärkt, der auch in den Hochlagen der Bayerischen Alpen Fuß gefasst hat und in der Lage ist, mehr als eine Generation zu bilden. Er kann im Hochgebirge mittlerweile vom Sekundärschädling zum Primärschädling werden. Dies wird den Rückgang der Fichte in der Bestockung eher beschleunigen. Sichtbares Zeugnis dafür sind die Borkenkäfernester, die mittlerweile nahezu in allen Höhenlagen auftreten können.

Gleichzeitig hat die Fichtenverjüngung auf den flachgründigen, humusarmen Standorten Schwierigkeiten anzukommen. Dieser Standort hat einen Schwerpunkt im montanen, mäßig trockenen Carbonat-Bergmischwald und ist in den Bayerischen Alpen mit einem nicht unerheblichen Flächenanteil von knapp 5 % vertreten (Binder et al. 2011). Nach Baier (2006) führte u. a. Kahlschlagwirtschaft auf diesen von Natur aus armen Standorten zu einer Degradation der Böden. Es kam zu einem massiven Humusschwund. Das Schwinden der ernährungsphysiologisch günstigen, da sauren organischen Auflage bedingte eine Abnahme der Verfügbarkeit der Elemente Phosphor, Kalium und Mangan. Folge ist nach Baier (2006) eine Mangelversorgung an diesen Nährelementen in Fichtenreinbeständen, die zu starken Schäden an den Fichten führt bzw. führen kann. Die Wiederherstellung langfristig stabiler Schutzwälder mit der Klimaxbaumart Fichte kann nach Baier (2006) daher nur durch den Wiederaufbau des Auflagehumus gelingen. Dieser Aufbau sollte auf degradierten Standorten durch die Aufforstung mit den Pionierbaumarten Lärche und Kiefer erfolgen. Da-

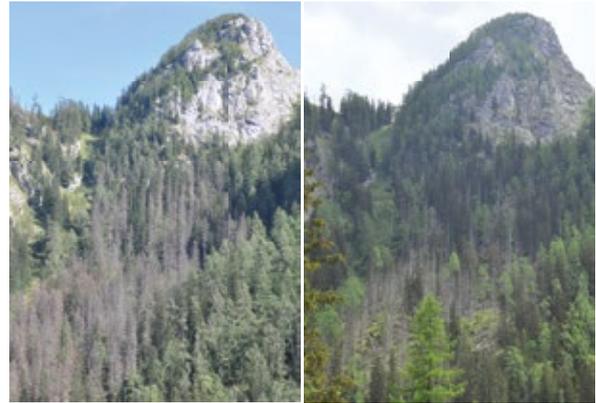


Abbildung 2: Borkenkäfernester im Hochgebirge führen langfristig zum Verlust der Schutzfunktionen. Foto: F. Binder

nach müsste sich Fichtennaturverjüngung wieder von alleine einstellen. Dies könnte nach Baier et al. (2006) 30 bis 50 Jahre dauern.

Ein gehäuftes Auftreten von mit Stickstoff und Phosphor unterversorgten Beständen im mittleren Bereich der Bayerischen Kalkalpen stellten bereits Dalhäuser und Neuerburg (1989) fest. Dies bestätigen die Ergebnisse der Bodenzustandserhebung II. Danach kommt es zu einer Häufung sehr geringer Stickstoffversorgung und Phosphorennährung im Bereich der Alpen (Stetter 2015). Auch Binder (1992) wies an gelblich verfärbten, 6-jährigen Fichtenpflanzen auf einer Versuchsaufforstung im Hauptdolomit Phosphor- und Stickstoffmangel nach. Laut Ewald und Mellert (2013) sind allein die Nährelemente Stickstoff und Phosphor begrenzend für das Wachstum der Fichte. Um ein weiteres Absinken der Wuchsleistung zu vermeiden, fordern sie, den Humusvorrat aufzubauen, aus dem künftig Stickstoff und Phosphor mineralisiert werden kann. Das Ziel der Humuspflge, das heißt Liegenlassen von Totholz, Reisig und Rinde, muss auf schwach wuchskräftigen Kalkböden Vorrang vor der Ganzbaumnutzung haben. Dieses Ziel der Humuspflge ist von grundsätzlicher Bedeutung für den ganzen Alpenraum, insbesondere im Zeichen des Klimawandels. Prietzel und Christophel (2013) wiesen unter anderem auf Untersuchungsflächen im Berchtesgadener Land einen mittleren Humusschwund der Böden zwischen 1976 und 2011 von 17 % nach. Nachdem auf diesen Flächen in diesem Zeitraum mehrheitlich keine forstliche Nutzung stattfand, folgern sie, dass der Humusschwund vermutlich eine Folge des Klimawandels ist.

Aber auch auf besser mit Nährstoffen versorgten Standorten hat die Fichte Probleme, in der Verjüngung Fuß zu fassen und sich zu etablieren. So ist die Fichten-

verjüngung in Bereichen, wo die Konkurrenzkraft der Mischbaumarten nicht durch überhöhten Wildverbiss herabgesetzt ist, tendenziell der Buchen-, Ahorn- und Tannenverjüngung unterlegen, wie Ammer (1998) aus Ergebnissen des Bergmischwaldversuchs des Lehrstuhls für Waldbau der Technischen Universität München ableitet. Durch entsprechende waldbauliche Maßnahme kann hier der Fichte jederzeit geholfen werden.

Auswirkung des Fichtenrückgangs auf die Funktion Lawinenschutzwald

Der allmähliche Rückzug der Fichte aus dem montanen Bereich der Bayerischen Alpen hat langfristig Einfluss auf die Schutzfunktion des Gebirgswalds vor Lawinen. Die Funktion des Lawinenschutzes erfüllen immergrüne Nadelwälder besser als winterkahle Laub- und Lärchenwälder. Die Schneeeinterzeption in immergrünen Nadelwäldern ist höher. Durch den herabfallenden Schnee aus den Kronen wird das Entstehen homogener Schneeschichten verhindert. Die Wahrscheinlichkeit des Abgangs eines Schneebretts verringert sich. Der Anteil von Laubholz oder Lärche sollte daher in Lawinenschutzwäldern einen Anteil von 30 % nicht überschreiten (Suda, 1989; Binder et al. 2011). Der immergrünen Fichte kommt im Lawinenschutz aufgrund ihrer weiten Verbreitung im Alpenraum besondere Bedeutung zu. Um langfristig die Lawinenschutzfunktion des Bergwalds zu erhalten, ist es sinnvoll, dort wo sich die Fichte aufgrund klimatischer Änderungen auf dem Rückzug befindet, die klimatolerantere Tanne als immergrüne Nadelbaumart stärker zu beteiligen. Vor dem Hintergrund der bereits gemessenen Erwärmung ist zwar zu erwarten, dass sich der Anteil des als Schnee fallenden Niederschlags in Zukunft zugunsten von Regenniederschlag verschiebt.



Abbildung 3: Die Tanne könnte die Schutzfunktionen der Fichte im Schutzwald übernehmen Foto: F. Binder

Dies bedeutet jedoch nicht, dass die Lawinengefahr gebannt ist. Dazu sind die Aussagen zu den Folgen des Klimawandels für die Schneelawinenaktivität zu unterschiedlich. Es ist davon auszugehen, dass es Extremniederschlagsereignisse mit entsprechenden Lawinenabgängen durchaus weiter geben wird (Glade et al. 2017).

Schlussfolgerungen

Von allen Baumarten des Bergmischwalds wird die Fichte vom Klimawandel am stärksten betroffen sein. In den montanen Bereichen wird ihr Vorkommen wohl deutlich abnehmen. Hier sollte bereits heute an Alternativen für die Baumart gedacht werden. Am besten könnte wohl die Tanne ihre Rolle einnehmen. In den höheren Lagen wird die Fichte ihre Anteile halten. Um in den Bayerischen Alpen ihre Vitalität zu stärken, ist eine konsequente Bekämpfung des Borkenkäfers nötig. Zum Erhalt und Förderung ihrer Naturverjüngungskräfte, ist es dringend notwendig dem Bodenhumusverlust entgegenzuwirken bzw. nach Möglichkeit den Humusvorrat zu steigern. Dies gilt ganz allgemein wegen der Folgen des Klimawandels und im besonderen Maße für verlichtete Wälder auf flachgründigen Standorten. Hiebsreste sollten hier unter Beachtung der Vorgaben des Waldschutzes im Bestand verbleiben. Der Verzicht auf Ganzbaumnutzung sollte eine Selbstverständlichkeit sein. Nicht zuletzt müssen diese Wälder möglichst rasch wieder mit standortgemäßen Baumarten in volle Bestockung gebracht werden. Verjüngung sollte daher ständig flächig vorhanden sein. Dies scheint möglich, sobald die Rahmenbedingungen z. B. angepasste Wildbestände stimmen, wie Ergebnisse aus Inventuren der Schutzwaldsanierung zeigen (Binder und Stiegler 2016).

Literatur

Agrawala, S. (Hrsg.) (2007): Klimawandel in den Alpen. Anpassung des Wintertourismus und des Naturgefahrenmanagement. OECD S. 131

Ammer, C. (1998): Die Fichte in der natürlichen Verjüngung des Bergmischwalds. AFZ-Der Wald 8/1998, S. 396 – 399

Baier, R. (2006): Humus- und Nährelementvorräte, sowie Fichtenernährung und -zuwachs in naturnahen, kalkalpinen Bergmischwäldern im Vergleich zu absterbenden, aus Kahlschlag entstandenen Fichtenreinbeständen AFSV Jahrestagung 2006 vom 20. – 23.09. am Bayerischen Alpenrand, Exkursionsführer

- Baier, R.; Kohlpaintner, M.; Ettl, R.; Kutscher, M.; Meyer, J.; Göttlein, A. (2016): Verjüngung der Fichte in den Bayerischen Kalkalpen. AFZ-Der Wald Nr. 14/2016
- Bätzing, W. (2015): Die Alpen. Geschichte und Zukunft einer europäischen Kulturlandschaft. Verlag C. H. Beck, München S. 484
- Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) (Hrsg.) (2005): Die zweite Bundeswaldinventur 2002: Ergebnisse für Bayern LWF Wissen Nr. 49 S. 102
- Binder, F. (1992): Aufforstung in Waldschadensgebieten – Untersuchungen zur künstlichen Verjüngung von Beständen im Frankenwald, Fichtelgebirge und in den Bayerischen Kalkalpen. Forstliche Forschungsberichte München 119/1992 S. 224
- Binder, F.; Wolf, K.; Koch, K.; Beinhofer, B.; Reger, B. (2011): Waldinformationssystem Nordalpen, Arbeitspaket Gebirgs- und Naturgefahrenmanagement. Abschlussbericht unveröffentlicht. S. 269
- Binder, F.; Stiegler, J. (2016): Bergwald schützt Heimat. AFZ-Der Wald Nr. 22/2016
- Burschel, P.; Binder, F.; El Kateb, H.; Mosandl, R. (1990): Erkenntnisse der Waldenerneuerung in den Bayerischen Alpen. In: Zustand und Gefährdung des Bergwaldes. Ergebnisse eines Rundgesprächs. Herausgegeben von der Kommission für Ökologie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. S. 40–49
- Dalhäuser, H.; Neuerburg, W. (1989): Verfahren und erste Ergebnisse: Waldbodeninventur in Bayern. AFZ S. 1066–1069
- Dobbertin, M.; Giuggiola, A. (2006): Baumwachstum und erhöhte Temperaturen. Forum für Wissen 2006 S. 35–45
- El Kateb H.; Stolz, M.; Mosandl, R. (2009): Der Einfluss von Wild und Weidevieh auf die Verjüngung im Bergmischwald, LWF aktuell 71/2009, S. 16–18
- Ewald, J.; Kölling, C.; Mellert K.-H. (2011): Die richtigen Baumarten für den Bergwald von morgen. AFZ-Der Wald Heft 24/2011 S. 23
- Glaser, R. (2014): Global Change. Das neue Gesicht der Erde. Primus Verlag S. 223
- Glade, T.; Hoffmann, P.; Thonicke, K. (2017): Dürre, Waldbrände, gravitative Massenbewegungen und andere klimarelevante Naturgefahren. In: Klimawandel in Deutschland, Entwicklung, Folgen, Risiken und Perspektiven. Hrsg. Brasseur, G., Jacob, D. Schuck-Zöllner, S. Springer-Verlag S. 348
- Hartl-Meier, C.; Rothe, A. (2014): Zuwachsreaktionen des Bergwaldes auf Klimaänderungen. Bergmischwald kann Klimaextreme bislang gut abpuffern. LWF aktuell 99/2014 S. 42–44
- Höllner, S. (2009): Auswirkung von waldbaulichen Maßnahmen auf die Stabilität von Fichtenreinbeständen in der Bergmischwaldstufe der Bayerischen Alpen. Eine Analyse aus waldbaulich-forstökonomischer Sicht. Forstliche Forschungsberichte Nr. 207.
- Köhl, M.; Plugge, D.; Gutsch, M.; Lasch-Born, P.; Müller, M.; Reyer, C. (2017): Wald und Forstwirtschaft. In: Klimawandel in Deutschland, Entwicklung, Folgen, Risiken und Perspektiven. Hrsg. Brasseur, G., Jacob, D. Schuck-Zöllner, S. Springer-Verlag S. 348
- Magin, R. (1959): Struktur und Leistung mehrschichtiger Mischwälder in den bayerischen Alpen. Mitteilungen aus der Staatsforstverwaltung Bayerns. Heft 30 S. 216
- Mayer, H (1974): Wälder des Ostalpenraumes, Standort, Aufbau und waldbauliche Bedeutung der wichtigsten Waldgesellschaften in den Ostalpen samt Vorland. Ökologie der Wälder und Landschaften. Bd. 3 Stuttgart
- Prietzl, J.; Christophel, D. (2013): Humusschwund in Waldböden der Alpen. LWF aktuell 97, S. 44–47.
- Plochmann, R. (1985): Der Bergwald in Bayern – Erbe und Verantwortung. Schriftenreihe des Bayerischen Forstvereins. Beiheft zum Jahresbericht 1984/85 S. 134–151
- Reger, B.; Mellert K. M.; Ewald, J. (2014): Indikatorarten für nährstoffarme Standorte in den Bergwäldern der Bayerischen Alpen. Tuexenia 34: 39–51. Göttingen 2014.
- Reger, B. und Ewald, J. (2011): Eine neue Planungshilfe für die Forstpraxis. Waldtypenkarte für die Bayerischen Alpen. AFZ-Der Wald Heft 24/2011 S. 14–16
- Röhle, H. (1995): Zum Wachstum der Fichte auf Hochleistungsstandorten in Südbayern. Mitteilungen aus der Staatsforstverwaltung Bayerns. Heft 48 S. 272
- Stetter, U. (2015): Waldernährung in Bayern – Ergebnisse der BZE II. In: Waldböden in Bayern Ergebnisse der BZE II. Forstliche Forschungsberichte München Nr. 213 S. 143
- Suda, M. (1989): Auswirkungen des Waldsterbens auf Siedlungen, Infrastruktureinrichtungen und den Fremdenverkehr im bayerischen Alpenraum. Forschungsberichte des Deutschen Alpenvereins Band 4. S. 279

Keywords: climate change, mountain forest, spruce

Summary: In the Bavarian Alps climate change will modify the tree species composition. The spruce which is heavily subsidized by human influence will lose its high shares of forest cover influenced by human. Bark beetle will make a decisive contribution to this development. At the same time spruce has difficulties to regenerate natural on shallow humus-poor sites. The loss of vitality of the spruce could be significant for the protective functions of the mountain forest. Nevertheless in Germany spruce will find one of its retreat areas in the Bavarian Alps.

Die Fichte in der Naturheilkunde

Norbert Lagoni



folia.com/©emer

Drogengewinnung

Für die sowohl traditionelle als auch heutige Drogenbereitstellung und Anwendung von Fichtenbestandteilen werden Knospen, Triebe und Nadeln gesammelt. Knospen werden zwischen Februar bis April, bevor sie sich öffnen, gepflückt, Fichtennadeln und junge Zweige mit gut entwickelten Nadeln werden das ganze Jahr über geerntet. Die relevanten biochemischen Inhaltsstoffe unserer Fichten sind in ihrer Vielschichtigkeit sowohl für junge Rinde, Blüten und Nadeln, als auch für die frischen Fichtenzapfen analytisch gut darstellbar. Im Mittelpunkt der Aufbereitung und Nutzung steht der hohe Anteil ätherischer Öle. Mono- und Sequesterterpene und insbesondere Diterpene sind nichtflüchtige Verbindungen des Fichtenbalsams. Die Fichte nimmt sowohl in der traditionellen Erfahrungsheilkunde als auch in der neuzeitlichen Drogenkunde sowie modernen Pflanzenheilkunde einen festen Platz ein. Gerbstoffe wie *Piceatannol* lassen sich analytisch aus frischer Rinde nachweisen. Phenolische Verbindungen wie das *Picein* sind in ausdifferenzierten Nadeln in quantitativer Menge vorhanden. Fichtennadeln enthalten Chinasäure und immer auch in geringen Mengen wachsartige Verbindungen. Ätherische Öle sind in frischen Nadeln vorhanden. Als wirksamkeitsbestimmende Inhaltsstoffe und als therapeutisch relevant gilt die Gruppe der Gerbstoffe. Weiterhin sind Erntezeitpunkt sowie Standort und Alter des Spenderbaums von Bedeutung für die Qualität.



Fichtenrinde kam bei Viehseuchen und Ausräucherungen der Stallungen zum Einsatz. Foto: N. Kipfer

Tradition, Volksheilkunde und Brauchtum

Heilkundige des Mittelalters kannten die wirksamen und heilenden Eigenschaften heimischer Fichten. Der Einsatz von Fichtenrindenspänen bei Viehseuchen und Ausräucherungen der Stallungen war üblich. Die Äbtissin Hildegard von Bingen (1098–1178) erklärte die Fichte zum »Sinnbild der Kraft und Hoffnung«. Sie empfahl in ihrem Werk »Physika« Aufgüsse von frischen Fichtenspitzen (*Piceae turiones recentes*) gegen die im Mittelalter weit verbreiteten Atem- und Halsleiden. Zum Einsatz kamen die, ätherisches Öl enthaltenden, 10 bis 15 cm lange, im Sommer gesammelte junge Triebe von Fichte und Weißtanne. Ätherisches Fichtennadelöl (*Piceae aetheroleum*), ein aus frischen Nadeln und Zweigspitzen von Fichte und Tanne gewonnenes klares, farbloses und angenehm aromatisch riechendes Öl, war in Regionen mit größeren Fichtenbeständen Mittel- und Nordeuropas weit verbreitet. Der italienische Arzt P. A. Mattioli (1501–1577) empfiehlt in seinem »Neue Kreuterbuch« Abkochungen als Einreibemittel gegen Hautkrankheiten (Warzen u. a.) und Infekte. Der Botaniker, Arzt und lutherische Prediger Hieronymus Bock behandelt in seinem »KreüterBuch« von 1539 mit jungen Fichtenteile unter anderem Husten, Schwindsucht sowie Blutspeien. Fundierte Empfehlungen zur Anwendung von Fichtenbestandteilen stammen vom katholischen Theologen und Naturheiler Sebastian Kneipp (1821–1897): demnach sind »Fichtennadelbäder« gebräuchlich bei Erkrankungen der oberen



Fichtennadeln – Grundlage für Öle und Tee Foto: N. Kipfer

Luftwege wie Bronchitis, Bronchialkatarrh sowie auch bei Urogenitalerkrankungen. Die traditionelle, volkshilfkundliche Verwendung von Fichtenharz (*Resina pini*) wird nach Aufbereitung (Schmelzen und Klären) zur Herstellung wirksamer »Harzpflaster« und Salben in der Nutztier-Heilkunde eingesetzt.

***Piceae aetheroleum* – Fichtennadelöl**

Aus frischen Trieben (Fichtenzweigspitzen und Nadeln) wird balsamisch-riechendes, naturreines, ätherisches Öl mittels Wasserdampfdestillation extrahiert und von der Pharma- und Parfümerie-Industrie aufbereitet. Das Öl enthält, in Abhängigkeit vom Sammelzeitpunkt, als wirksamkeitsbestimmende Droge: *Oleum Piceae abietis*. Fichtennadelöl (syn. *Picea-abies*-Nadelöl) enthält unter anderem Bornylacetat (Borneol), Camphen, Gerbstoffe und Terpenkohlenwasserstoffe. Präparate mit Fichtennadelöl werden bei Erkältungsbeschwerden und als Stärkungs- und Aufbaumittel in der Naturheilméizin empfohlen. Frische Fichtenspitzen (*Piceae turiones recentes*) kommen therapeutisch zur innerlichen Anwendung als Teeaufguss bei katarrhali-schen Erkrankungen der Atemwege zum Einsatz. Fichtennadelöl eignet sich als aromatisches, leicht balsamisches, schleimlösendes Inhalat für Erwachsene und Jugendliche als Aufguss bei Asthma und Keuchhusten. Für die innerliche Anwendung wird eine Tagesdosis von einigen Gramm reine Droge empfohlen. Um den Geschmack zu verbessern und zur Verstärkung der Wirksamkeit wird Fichtennadelöl mit Honig gemischt. In der naturheilkundlichen Méizin werden sogenannte Fichtennadel-Bäder bei Abgespanntheit und starker Müdigkeit zur leichten Vitalisierung empfohlen. Bei leichten, rheumatoiden Muskel- und Nervenschmerzen hat sich die Anwendung von Fichtennadelöl als Badzusatz bewährt. Einreibungen mit ätherischen Fichtennadelölen, oft angereichert mit Menthol oder Latschenkiefern-Extrakt, hat eine lange Tradition in der Naturheilkunde. In Kombination mit anderen pflanzlichen Wirkstoffen ist Fichtennadelöl zur äußerlichen Anwendung als hyperämisierende Salbe, Creme, Gel, Emulsion oder ölige Lösung bei rheumatischen und neuralgischen Beschwerden geeignet.

Aroma-Therapie und Homöopathie

In der weit verbreiteten Aroma-Therapie haben heimische Fichtenarten als Spenderbaum eine zentrale Bedeutung. Aus den Nadeln und Zweigen der Gemeinen



Aus dem Harz der Fichte können »Harzpflaster« und Salben hergestellt werden. Foto: N. Kipfer

Fichte, wie auch von jungen Zweigen der Sibirischen Fichte, wird durch Wasserdampfdestillation ätherisches Fichtennadelöl, volkstümlich als »Waldluft-Öl« bezeichnet, gewonnen. Die respiratorische Anwendung des würzig-frischen, leicht harzigen (waldig duftenden) Fichtennadelöls mit leichter antiseptischer, antiviraler Wirkung – vermittelt über die Raumluft – kann zusätzlich mit anderen natürlichen ätherischen Ölen kombiniert und angereichert werden. Die Drogenbereitung und der Einsatz der Drogen sind seit dem Mittelalter durch klösterliche Aufzeichnungen überliefert. Die Volksméizin in Mitteleuropa bediente sich seit dem 19. Jahrhundert in vielfältiger Weise der Fichtenbestandteile zur Herstellung homöopathischer Dilutionen. Unterschiedliche homöopathische Aufbereitungs- und Darreichungsformen sind in der klassischen Homöopathie heute verfügbar.

Literatur

- Berger, M. (2003): Von der Heilkraft der Bäume. Grohe-Verlag GmbH, Saarbrücken, S. 74–78
- Ennet, D.; Reuter, H. D. (2004): Lexikon der Heilpflanzen, 3. Aufl., Nikol Verlagsgesell., S. 119 ff.
- Fintelmann, V.; Weiss, R. (2002): Lehrbuch der Phytotherapie, 10. Aufl., S. 323 ff.
- Hager, H. et al. (1994): Hagers Enzyklopädie der Arzneistoffe und Drogen. 6. Aufl., Bd. 13. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart, S. 600–607
- Hiller, K.; Hiller, U.; Melzig, M. F. (2010): Lexikon der Arzneipflanzen und Drogen. Spektrum, akad. Verlag, Köln, S. 185–189
- Laudert, D. (2000): Mythos Baum. 3. Aufl. BLV Verlagsgesellschaft mbH. München, Wien. Zürich, S. 123–128

4 Aus Wissenschaft und Forschung

Das Holz der Fichte – Eigenschaften und Verwendung

Klaus Richter und Gabriele Ehmcke

Schlüsselwörter: Fichte (*Picea abies* [L.] Karst.), Pinaceae, Holzbeschreibung, Holzeigenschaften, Holzverwendung

Zusammenfassung: Beschrieben werden das Holzbild sowie die Eigenschaften und Verwendungsbereiche der Fichte. Das Holz ist wegen seines vorteilhaften Festigkeit-/Masse-Verhältnisses, das heißt, wegen der guten physikalisch-mechanischen Eigenschaften bei vergleichsweise geringem Gewicht, und seiner rationellen Prozessier- und Klebbarkeit ein sehr geschätztes Bau- und Werkholz. Die bisher sehr gute Rohholzverfügbarkeit, der für Nadelholz typische homogene Holzaufbau und ein hoher Schlankheitsgrad der Einzelzellen sind Gründe, warum die Fichte zum »Brotbaum« der deutschen Forstwirtschaft avanciert ist.

Holzbeschreibung

Im frischen Zustand ist das Holz der Fichte gleichmäßig hellfarbig, von weißlicher, zumeist gelblichweißer Farbe. Es ähnelt sehr dem Weisstannenholz, nicht nur farblich, sondern auch im Hinblick auf die Holzeigenschaften. Beide Hölzer zählen, aufgrund ihres farblich nicht zu unterscheidenden Splint- und Kernholzes, zu den »Reifholzbäumen« (Abbildung 1).



Abbildung 1: Fichtenstammscheibe.
Das Splintholz entspricht farblich dem Kernholz.
Foto: Holzforschung München

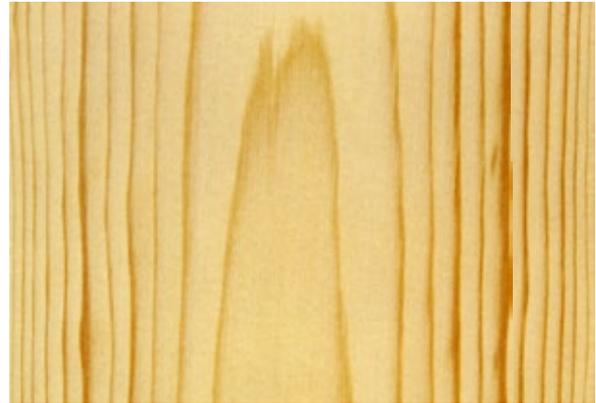


Abbildung 2 und 3: Fichte, Tangentialschnitt, Radialschnitt Foto: Holzforschung München

Frishes Fichtenholz hat einen harzigen Geruch und zeigt auf gehobelten Flächen einen seidigen Glanz (Grosser und Teetz 1998). Unter Lichteinfluss dunkelt das Holz zu einem gelblichbraunen Alterston. Es zeigt auf den Längsflächen deutlich die nadelholztypische Fladerung (Tangentialschnitt, Abbildung 2) bzw. Streifung (Radialschnitt, Abbildung 3). Die Jahresringe sind je nach Wuchsgebiet eng bis sehr breit und deutlich voneinander abgesetzt. Der Übergang vom Früh- zum Spätholz innerhalb der Jahresringe ist überwiegend fließend (Abbildung 4).

Das Zellgewebe besteht zu etwa 90–95% aus Tracheiden (Längstracheiden) (Grosser 1977). Lichtmikroskopisch lassen sich Früh- und Spätholztracheiden erkennen, deren Unterscheidungsmerkmal die Zellwanddicke ist (Abbildung 6). Entscheidend für die



Abbildung 4: Fichte, Querschnitt (Lupenbild)
Foto: Holzforschung München

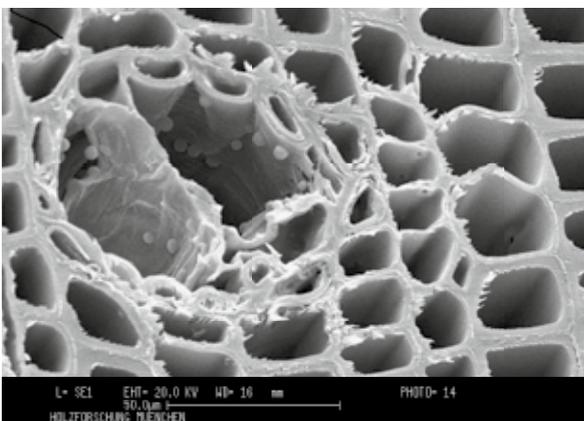


Abbildung 5: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme eines Harzkanals. Die dickwandigen Epithelzellen kleiden den Harzkanal aus und sind für die Harzausscheidung verantwortlich. Foto: Holzforschung München

Festigkeitseigenschaften ist die Dichte der Spätholz-zonen, deren Breite im Verhältnis zur gesamten Jahrringbreite in etwa konstant ist. Diese Gesetzmäßigkeit lässt sich auf alle Nadelhölzer übertragen und erklärt, warum eine engringige Fichte eine höhere Rohdichte besitzt als eine weitringige – der Anteil an Spätholztracheiden (insgesamt und auch gemessen am Jahrring) ist höher. Neben den axial verlaufenden Tracheiden besitzt das Fichtenholz, anders als das der Tanne, axiale (Abbildung 5) und auch radial verlaufende Harzkanäle (Abbildung 7 oben). In radialer Richtung sind die Harzkanäle in die sonst einreihigen Holzstrahlen eingebettet. Die besonderen Strukturmerkmale der Holzstrahlen werden aber erst im Radialschnitt sichtbar (Abbildung 7 unten). Diese sind von großer diagnostischer Bedeutung, nicht nur bei Nadelhölzern. Die Holzstrahlen der Fichte sind aus zwei Zellarten (heterogen) aufgebaut. Die mittig liegenden, dickwandigen Parenchymzellen sind jeweils von einer oder zwei Reihen glattwandiger Quertracheiden gesäumt. Die Verbindung von axialer Tracheide und radial verlaufendem Holzstrahlparenchym erfolgt über das Kreuzungsfeld mit piceoider, oder cupressoider Tüpfelung. Neben dem Kreuzungsfeld kann die Anordnung der Tüpfel auf den Radialwänden der Frühholztracheiden als diagnostisches Merkmal herangezogen werden. Bei Fichtenholz liegen (meist) einreihige Tüpfel vor (Abbildung 7 unten), wohingegen die Besonderheit bei Lärche in den zweireihig angeordneten Tüpfeln (Zwillingtüpfel) besteht und damit ein hilfreiches Unterscheidungsmerkmal liefert.

Gesamtcharakter des Fichtenholzes

- Geradfaseriges, hellfarbiges Nadelholz ohne Kernfärbung
- Deutliche Frühholz-Spätholz-Bereiche mit gut markierten Jahrringgrenzen
- Übergang Frühholz-Spätholz innerhalb der Jahrringe fließend
- Im frischen Zustand harziger Geruch
- Im Gebrauch zu einem gelblichbraunen Alterston nachdunkelnd

Eigenschaften

Fichtenholz ist bei einer mittleren Rohdichte von $0,46 \text{ g/cm}^3$ bei 12–15 % Holzfeuchte als mittelschwer einzustufen. Allerdings unterliegt das Gewicht in Abhängigkeit von der Jahrringbreite einer recht großen

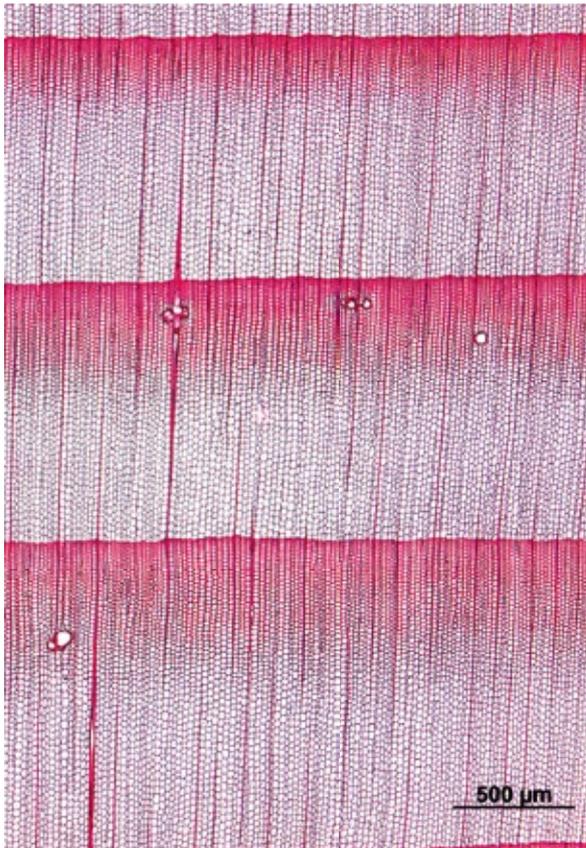


Abbildung 6: Mikroskopischer Querschnitt. Im Querschnitt sind die Jahringgrenzen deutlich sichtbar und der fließende Übergang von Früh- zu Spätholztracheiden wird deutlich. Die Harzkanäle befinden sich zumeist im Spätholz, sind im Durchmesser kleiner als bei Kiefernarten und treten relativ spärlich auf. Safraninfärbung.

Foto: Holzforschung München

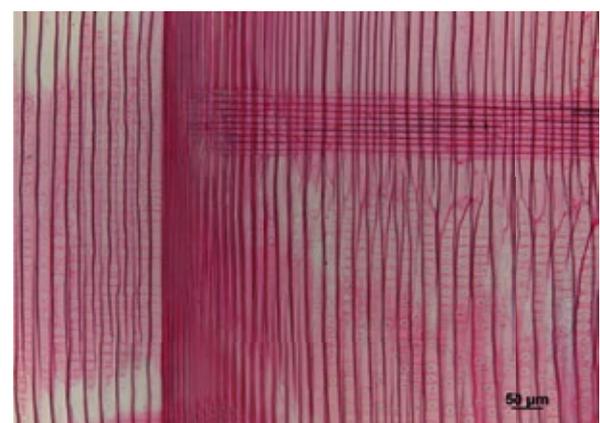
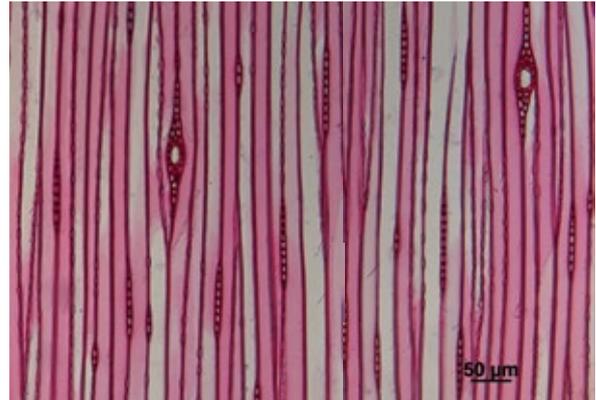


Abbildung 7: Lichtmikroskopische Aufnahmen: Tangentialschnitt mit einreihigen Holzstrahlen und breiteren harzgangführenden Holzstrahlen (oben).

Im Radialschnitt (unten) sind Frühholztracheiden mit großen Hoftüpfeln, die Jahringgrenze und englumigen Spätholztracheiden erkennbar. Der Holzstrahl liegt im Radialschnitt als querverlaufende Zellen vor und liefert so Strukturmerkmale zur Identifizierung der Holzart; Safraninfärbung. Foto: Holzforschung München

Spannweite (Tabelle 1). Daher sind bei Bauschnittholz aus Nadelholz nach DIN 4074-1 (Sortierung von Holz nach der Tragfähigkeit. Teil 1: Nadelschnittholz – Ausgabe Juni 2012) in Sortierklasse S13 (früher Güteklasse I) und Sortierklasse S10 (früher Güteklasse II) nur Jahringbreiten bis 4 mm bzw. 6 mm zugelassen.

Im Verhältnis zum relativ geringen Gewicht besitzt das Fichtenholz gute Festigkeits- und Elastizitätseigenschaften (Tabelle 2), worauf sich ihre hervorragende Eignung als Bau- und Konstruktionsholz begründet. Die für die Verwendung von Fichte im Bauwesen maßgeblichen Festigkeitsklassen sind in der EN 338 geregelt. Die Zuordnung der Sortierklassen nach DIN 4074-1:2012 zu den Festigkeitsklassen nach EN 338 erfolgt über die EN 1912:2013. Neben guten mechanisch-technologischen Eigenschaften schwindet das Holz der

Fichte nur mäßig und zeichnet sich nach der Trocknung durch ein überwiegend gutes Stehvermögen aus (Tabelle 3). Nur bei ausgeprägtem Drehwuchs oder höheren Druckholzanteilen kommt es zu stärkeren Verformungen.

Fichte ist von nur geringer natürlicher Dauerhaftigkeit (Kernholz nach DIN EN 330:2014-12 DC 4); das heißt ungeschützt bzw. unbehandelt ist sie wenig witterungsfest. Im Kontakt mit dem Erdboden ist sie sogar ziemlich rasch vergänglich. Daher muss bei Verwendung im Außenbereich einerseits auf einen wirkungsvollen Schutz durch baulich-konstruktive Maßnahmen, andererseits durch fachgerechte Behandlung mit chemischen Holzschutzmitteln bzw. wasser- und feuchtigkeitsabweisenden Schutzanstrichen geachtet werden. Die Tränkfähigkeit ist merklich geringer als

bei Kiefernspiltholz. So ist das Splintholz der Fichte nur begrenzt, das Kernholz selbst unter Druckanwendung kaum imprägnierbar. Durch mechanische Vorbehandlung des Holzes z.B. durch Anbohren oder Schlitz- und Nadelstichperforation, lassen sich aber in der Kesseldruckimprägnierung ausreichende Schutzmittelmengen einbringen. Das, durch den bei der Trocknung stattfindenden Hoftüpfelverschluss erklär- bare, schlechte Eindringvermögen für Flüssigkeiten insbesondere in Längsrichtung (geringe Kapillarporosität) bewirkt aber andererseits, dass Fichte im wechselfeuchten Klima und kurzfristiger Einwirkung von tropfbar- em Wasser nur sehr langsam höhere, zu Pilz- befall führende Holzfeuchten von über 20% annimmt.

Holzarten	Rohdichte (r_N) in g/cm ³	
	Mittelwert	Grenzwerte
Nadelhölzer		
Fichte (PCAB)	0,46	0,33 – 0,68
Tanne (ABAL)	0,46	0,35 – 0,75
Kiefer (PNSY)	0,52	0,33 – 0,89
Lärche (LADC)	0,60	0,44 – 0,85
Douglasie (PSMN)	0,51	0,35 – 0,77 ¹⁾
Laubhölzer		
Schwarzpappel (PONG)	0,45	0,41 – 0,56
Eiche (QCXE)	0,71	0,43 – 0,96

¹⁾ für amerikanische Herkünfte

Tabelle 1: Rohdichte der Fichte im Vergleich zu ausge- wählten einheimischen Nutzhölzern. Nomenklatur nach DIN EN 13556 (Ausgabe 10.2003); Werte nach DIN 68364 (Ausgabe 05.2003); Grosser und Zimmer (1998).

Entsprechend können ihr eine relativ gute Haltbarkeit und ausreichend lange Gebrauchsdauer in den Gefähr- dungsklassen 2 und 3 attestiert werden, insbesondere, wenn bauliche Maßnahmen für eine zügige Feuchtig- keitsabführung bzw. Austrocknung sorgen.

Fichtenholz lässt sich natürlich und technisch rasch und ohne Probleme trocknen, da es kaum zum Wer- fen und Reißen neigt. Eine Ausnahme stellt Druckholz dar, das bei der Sortierung leicht erkennbar ist und für maßhaltige Bauteile ausgesondert wird. Die Bearbei- tung ist sowohl manuell als auch maschinell mit allen üblichen Werkzeugen leicht durchzuführen. Das Holz lässt sich gleichermaßen gut sägen, hobeln, fräsen bzw. profilieren, bohren und schleifen. Auch ist es gut zu schälen und zu messern. Ebenso lässt es sich leicht spalten und zerspanen. Verbindungen mit Nägeln und Schrauben sind einfach herzustellen. Desgleichen ist Fichte problemlos mit thermoplastischen und duro- plastischen Klebstoffen zu verkleben.

Nachteilig auf die Bearbeitung und Verwendung kann sich neben einer stärkeren Astigkeit (im dichten Be- stand werden weitgehend astfreie Schäfte ausgebildet) das Vorkommen von Harzgallen (Harztaschen), Dreh- wuchs und, wie oben erwähnt, Druckholz (Rotholz, Buchs) auswirken.

Fichte ist ein ausgesprochen guter Anstrichträger, so dass die Oberflächenbehandlung – ob filmbildend oder nicht, ob deckend oder transparent – mit allen handelsüblichen Lasuren, Mattierungen, Klar- und

Holzarten	Elastizitäts- modul aus Biegeversuch E [N/mm ²]	Zugfestigkeit längs σ_{zB} [N/mm ²]	Druckfestigkeit längs σ_{dB} [N/mm ²]	Biegefestig- keit σ_{bB} [N/mm ²]	Bruch- schlag- arbeit ω [kJ/m ²]	Härte nach Brinell [N/mm ²]	
						längs	quer
Nadelhölzer							
Fichte (PCAB)	11.000	95	45	80	46 – 50	32	12
Tanne (ABAL)	11.000	95	45	80	42 – 60	30	16
Kiefer (PNSY)	11.000	100	47	85	40 – 70	40	19
Lärche (LADC)	13.800	107	55	99	60 – 70	53	19
Douglasie (PSMN)	13.800	105	54	100	38 – 60 ¹⁾	50 ¹⁾	20 ¹⁾
Laubhölzer							
Schwarzpappel (PONG)	8.800	77	30 – 35	55 – 65	50	25 – 33	10 – 15
Eiche (QCXE)	13.000	110	52	95	60 – 75	50 – 65	23 – 42

¹⁾ für amerikanische Herkünfte

Tabelle 2: Elastizität, Festigkeit und Härte der Fichte im Vergleich zu ausgewählten einheimischen Nutzhölzern. Nomenklatur nach DIN EN 13556 (Ausgabe 10.2003); Werte nach DIN 68364 (Ausgabe 05.2003); Grosser und Zimmer (1998); Sell (1997).

Farbwachsen oder Lacken leicht zu bewerkstelligen ist. Lediglich über angeschnittenen Harzgallen (siehe unten) treten teilweise Störungen bei der Filmbildung und -trocknung auf, so dass diese einer Vorbehandlung bedürfen. Besonders hervorzuheben ist die ausgezeichnete Beizbarkeit des Fichtenholzes, wobei die Beizen den Frühholz-Spätholz-Kontrast dekorativ zur Geltung bringen. Gleiches gilt für farbige Lasuren. Weitere beliebte Formen der Oberflächenbehandlung sind Sandstrahlblasen, Bürsten und Brennen.

Wegen seines niedrigen Extraktgehaltes von 2,3% ist Fichtenholz chemisch kaum reaktiv. Eisenmetalle unterliegen keiner Korrosion, verursachen jedoch bei feuchtem Holz eine schwache Grauverfärbung. Keine Verfärbungen treten hingegen im Kontakt mit Kupfer oder Messing auf. Störungsfrei ist auch die Zementabbindeung im Kontakt mit dem Holz. Gegenüber schwachen Säuren und Laugen zeigt sich Fichte ziemlich resistent (Grosser und Teetz 1998).

Verwendung

Fichtenholz wird als Rundholz, Palisaden, Schnittholz, gelegentlich als Furnier (meist gemessert), als Industrieholz und als Hackschnitzel vermarktet. Im Schnittholzhandel wird Fichte zumeist zusammen mit Tanne als Mischsortiment unter der Bezeichnung »Fichte/Tanne« (abgekürzt: Fi/Ta, nach DIN EN 13556: PCAB/ABAL) gehandelt. Die sehr ähnlichen mechanisch-technologischen Eigenschaften von *Picea abies* und *Abies*



Abbildung 8: Nadelholzsägewerk mit Rundholz- und Schnittholzlagerplatz. Foto: Holzforschung München

alba rechtfertigen dieses Vorgehen, allerdings gibt es durchaus Eigenschaftsausprägungen (Harzgehalt, Tränkbarkeit, Verarbeitbarkeit, Farbton), die eine Sortimentsbildung zumindest in Regionen mit hohem Tannenaufkommen rechtfertigen. Aufgrund der zuvor beschriebenen Eigenschaften und Gegebenheiten ist Fichtenholz das mengenmäßig mit weitem Abstand wichtigste Bau- und Konstruktionsholz Mitteleuropas (Abbildung 8).

Es wird weiter traditionell als Massivholz im Innenausbau eingesetzt, dabei ist ein Trend hin zur Verarbeitung von geklebten, einschichtigen und dreischichtigen Massivholzplatten erkennbar, die als Halbfabrikate für Innenwand- und Deckenbekleidungen sowie Möbelfronten bevorzugt werden. Als Bautischlerholz wird Fichte für Türen und Fenster verarbeitet, vornehmlich,

Holzarten	Schwindmaß vom frischen bis zum gedarrten Zustand bezogen auf die Abmessungen im frischen Zustand [%]				Differentielles Schwind- /Quellmaß [% je 1 % Holzfeuchteänderung] im Bereich von u = 5 % bis u = 20 %		
	β_l	β_r	β_t	β_v	radial	tangential	t/r
Nadelhölzer							
Fichte (PCAB)	0,3	3,6	7,8	11,9 – 12,0	0,19	0,39	2,1
Tanne (ABAL)	0,1	3,8	7,6	11,5 – 11,7	0,12 – 0,16	0,28 – 0,35	2,0
Kiefer (PNSY)	0,4	4,0	7,7	12,1 – 12,4	0,19	0,36	1,9
Lärche (LADC)	0,3	3,3	7,8	11,4 – 11,8	0,14 – 0,18	0,28 – 0,36	2,1
Douglasie ¹⁾ (PSMN)	0,3	4,2 – 4,5	7,4 – 7,5	11,9	0,15 – 0,19	0,24 – 0,31	1,8
Laubhölzer							
Schwarzpappel (PONG)	0,3	5,2	8,3	13,8 – 14,3	0,13	0,31	2,4
Eiche (QCXE)	0,4	4,0 – 4,6	7,8 – 10,0	12,6 – 15,6	0,16	0,36	2,2

¹⁾ für amerikanische Herkünfte

Tabelle 3: Schwindmaße der Fichte im Vergleich zu ausgewählten einheimischen Nutzhölzern. Nomenklatur nach DIN EN 13556 (Ausgabe 10.2003); Grosser und Zimmer 1998.



Abbildung 9:
Resonanzholz für den
Geigenbau: Fichten- und
Riegelhornrohling mit
einem fertigen Instrument,
Alpentonholz Pahler.

Foto: Holzforschung München

wenn hierfür deckende Anstriche oder Farblasuren vorgesehen sind. Auch hier ist eine deutliche Bevorzugung von lamellierten und damit dimensionsstabileren Halbfabrikaten erkennbar. Im Fußbodenbereich wird die Fichte aufgrund der geringen Härte (Tabelle 2) nur noch selten für Riemenböden nachgefragt, allerdings hat sie weiterhin in Mehrschichtparketten als Mittelschicht oder Unterzug eine Bedeutung. In der Außenanwendung kommt Fichtenschnittholz insbesondere in den Bundesländern mit hohem Holzbauanteil im Einfamilienhausbau als Fassadenschalung häufig zum Einsatz. Die Trägheit in der Kapillarwasseraufnahme verhindert bei gleichzeitigem Einhalten von konstruktiven Grundregeln frühe biologische Schäden. Allerdings unterliegt Fichte wie alle Hölzer im ungeschützten Zustand der raschen UV-Verwitterung, sodass Fassaden ohne Oberflächen- oder alternative Schutzsysteme ihren Farbton durch oberflächliche Abspaltung der Carbonylgruppen im Lignin und Schimmelpilzbewuchs zur Grau- und Schwarzverfärbung ändern. Deckende Anstriche, auch auf sägerauem Holz, liefern gute Haltbarkeiten und sind auch industriell beschichtet zu beziehen. Die modernen Modifikationsverfahren haben sich dagegen noch nicht mit Fichtenholz durchgesetzt. Erfolge bei der Acetylierung oder einer Behandlung mit Furfurylalkohol werden durch die geschilderte geringe Permeabilität des Fichtenholzes verhindert, so dass nur die Wärmebehandlung technologisch problemlos eingesetzt werden kann. Bei Einsatz in der Gefährdungsklasse 4 (Erdkontakt), die im Garten- und Landschaftsbau so-

wie bei Leitungsmasten gegeben ist, muss das Fichtenholz mit chemischen Schutzmitteln behandelt werden. Die beschriebenen »Incisingtechnologien« haben sich in Deutschland nicht durchgesetzt, mit Ausnahme der Bohrperforation, die für die Vorbereitung der Kesseldruckimprägnierung bei Fichtenrundholzmasten durchgeführt wird. Die Deutsche Telekom hat mehr als drei Millionen Holzmasten in ihren mehr als 100.000 Kilometer oberirdischen Linien im Netz, so dass ein Nischenmarkt für Nadelholzmasten weiterhin gegeben ist. Die Nachfrage kann durch den Ausbau des Glasfasernetzes in ländlichen Regionen sogar wieder ansteigen. Hier finden unter anderem Fichtendurchforstungshölzer ihren Markt.

Sehr gut nachgefragt wird die Fichte auch auf dem konstant wachsenden Markt für Verpackungsmittel (Kisten, Paletten, Steigen). Alle genannten Holzeigenschaften, ergänzt durch die gute Nagelbarkeit und das Nagelhaltevermögen, prädestinieren den Einsatz von Fichtenholz auch in geringeren Qualitäten. Dagegen ist ein anderer traditioneller Einsatzzweck auf qualitativ hochwertiges, sehr gut selektiertes Fichtenrohholz angewiesen: die Verwendung als Resonanzholz für Streich- und Tasteninstrumente (Abbildung 9). Trotz vieler Versuche der Substitution durch andere Holzarten oder synthetische Kunststoffprodukte hat sich engringiges, geradfaseriges Fichtenholz für den noch immer handwerklichen Bau von qualitativ hochwertigen Instrumenten behaupten können. Es ist nicht eine spezifische Eigenschaft, sondern die Kombination von



Abbildung 10:
Leimbinder
Foto: Holzforschung München

vielen Einzelparametern im Holzgefüge der Fichte, welche die hervorragenden Resonanzeigenschaften ausmachen (Buksnowitz 2006).

Im Vergleich zu den bisher genannten Verwendungszwecken hat Fichtenholz in den vergangenen Jahrzehnten in der Vollholzanwendung den mengen- und wertmäßig größten Entwicklungsschub durch die Entwicklung von geklebten Bauteilen (Brettschichtholz, Balkenschichtholz und Brettsperrholz) erfahren. Im Zimmereigewerbe und im modernen Holzbau hat durch die gestiegenen Anforderungen an Trockenheit, Maßhaltigkeit oder kurzfristiger Verfügbarkeit der Halbfabrikate heute das Handelssortiment Konstruktionsvollholz eine bedeutende Stellung eingenommen, das aus sortiertem, getrocknetem und keilgezinktem

Nadelschnittholz gefertigt wird (Abbildung 10). Es wird gehobelt und qualitätsüberwacht vermarktet und hat sich gegenüber dem klassischen Listenbauholz weitgehend durchgesetzt. Im Ingenieurholzbau dominiert heute stabförmige Stangenware aus Brettschichtholz (Abbildung 11), gekrümmte Brettschichtholzelemente und seit mehr als einer Dekade auch das flächige Produkt Brettsperrholz den Markt (Abbildung 12). Diese Halbfabrikate sind eine der Voraussetzungen für die steigenden Anteile des Holzbaus im Wohn-, Büro- und Industriebau in Mitteleuropa. Laut der harmonisierten Produktnorm DIN EN 14080:2013 werden die stabförmigen Produkte Brett- und Balkenschichtholz aus Lamellen einer Nadelholzart oder Pappel hergestellt. Erklärend heißt es: üblicherweise wird Fichtenholz verwendet. Auch Brettsperrholz wird der-



Abbildung 11: Furnierschichtholz
Foto: Holzforschung München



Abbildung 12: Brettsperrholz
Foto: Holzforschung München

zeit ausschließlich aus Nadelholz, vornehmlich Fichtenholz, hergestellt. Einzelne Lagen dürfen auch durch Holzwerkstoffe wie OSB und Furnierschichtholz oder durch Gipsbaustoffe ersetzt werden. Auch für die Herstellung von Furnierschichtholz (LVL) kann Fichtenholz verwendet werden. Pionier der Herstellung von LVL aus Fichtenfurnier ist ein finnischer Hersteller, während ein deutscher Hersteller in Polen seit kurzem Kieferschäl furnier für seine LVL-Fertigung eingesetzt.

Waldseitig bereitgestelltes Fichtenindustrieholz und die Nebenprodukte der Sägeindustrie sind weiterhin – neben dem Altpapier – Hauptrohstoff zur Faser- und Zellstofferzeugung und erbringen einen großen Anteil am Industrieholz sowie am Hackgut für plattenförmige Holzwerkstoffe (Span-, MDF-, LDF-Platten). Wegen der großen Mengen an Wald- und Industriehackgut ist die Nutzung in leistungsfähigen Anlagen der gewerbsmäßigen und industriellen Energieerzeugung (Hack schnitzelheizungen, Wärmekraftwerke) steigend. Anfallende Säge- und Hobelspäne werden auch in Form von Briketts oder Pellets als Energieträger für die Wärmeerzeugung im Wohnungsmarkt verwendet, die gegenüber der Energieerzeugung aus Scheitholz deutlich verminderte Feinstaubemissionen aufweist (Wolf et al. 2016).

Literatur

Buksnowitz, C. (2006): Resonance wood of *Picea abies*. Institute of Wood Science and Technology. University of Natural Resources and Applied Life Science BOKU

DIN 4074-1: Sortierung von Holz nach der Tragfähigkeit – Teil 1: Nadelschnittholz. Beuth Verlag GmbH, Berlin (2012–06), 23 S.

DIN 13556: Nomenklatur der in Europa verwendeten Handelshölzer. Beuth Verlag GmbH, Berlin (2003–10), 74 S.

DIN 68100: Toleranzgrenzen für Holzbe- und -verarbeitung – Begriffe, Toleranzreihen, Schwind- und Quellmaße. Beuth Verlag GmbH, Berlin (2010–07), 26 S.

DIN 68364: Kennwerte von Holzarten. Beuth Verlag GmbH, Berlin (2003–05), 8 S.

DIN 68800-1: Holzschutz. Teil 1: Allgemeines. Beuth Verlag GmbH, Berlin (2011–10), 34 S.

DIN EN 338: Bauholz für tragende Zwecke – Festigkeitsklassen. Beuth Verlag GmbH, Berlin (2013–09), 11 S.

DIN EN 350: Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten – Prüfung und Klassifizierung der Widerstandsfähigkeit gegenüber biologischen Organismen, der Wasserdurchlässigkeit und der Leistungsfähigkeit von Holz und Holzprodukten; Beuth Verlag GmbH, Berlin (2014–12), 60 S.

DIN EN 1912: Bauholz für tragende Zwecke – Festigkeitsklassen – Zuordnung von visuellen Sortierklassen und Holzarten. Beuth Verlag GmbH, Berlin (2013–10), 18 S.

Grosser, D. (1977): Die Hölzer Mitteleuropas. Springer-Verlag, 208 S.

Grosser, D.; Teetz, W. (1998): Loseblattsammlung: Einheimische Nutzhölzer – Vorkommen, Baum- und Stammform, Holzbeschreibung, Eigenschaften, Verwendung. Blatt 1: Fichte. Herausgeber: Holzabsatzfonds – Absatzförderungsfonds der deutschen Forstwirtschaft, Bonn

Sell, J. (1997): Eigenschaften und Kenngrößen von Holzarten. Baufachverlag, 87 S.

Wolf C.; Klein D.; Richter K.; Weber-Blaschke, G. (2016): Environmental effects of shifts in a regional heating mix through variations in the utilization of solid biofuels. *Journal of Environmental Management* 177, 177–191. doi:10.1016/j.jenvman.2016.04.019

Keywords: Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.), *Pinaceae*, wood structure, wood properties, wood applications

Summary: Due to its favorable strength / mass ratio, explained by the good physical-mechanical properties at comparatively low weight, the wood is a highly appreciated construction timber. Rational processing and superior bonding performance are highly regarded features. The so far very good raw wood availability, the homogeneous wood structure, which is typical of coniferous wood and a high degree of slenderness of the individual cells are reasons why Norway spruce has become the “bread tree” of the German forestry.

Das Wurzelwerk der Fichte

Hans-Jürgen Gulder

Schlüsselwörter: Fichte, Wurzeltyp, Senkerwurzeln, Hauptwurzelschicht

Zusammenfassung: Auf den Schadflächen der Orkane Vivian und Wiebke im Spätwinter 1990 wurden über 5.200 geworfene Bäume untersucht, um den Kenntnisstand über die Struktur und den Gesundheitszustand des Wurzelwerks zu erweitern. Eine Auswertung konkret für die rund 3.100 kartierten Fichten bestätigt Bekanntes, fördert aber auch neue Erkenntnisse zutage. Das Wurzelwerk der Fichte zeigt meist eine plattenartige Grundstruktur mit einzelnen in die Tiefe streichenden stärkeren Senkerwurzeln. Deren Länge hängt in erster Linie davon ab, wie stark Stau- oder Grundwasser den Lufthaushalt einschränken. Dabei ist der Unterschied zwischen stabilen und mäßig wechselfeuchten Böden nicht sehr groß. Der Substrattyp oder der Nährstoffvorrat im Wurzelraum sind dagegen von geringem Einfluss auf die Ausprägung des Wurzelwerks. Das Längenwachstum der Senkerwurzeln verläuft parallel zur Entwicklung des Brusthöhendurchmessers und endet ungefähr im Alter 80. Es kann nicht bestätigt werden, dass eine lange grüne Krone auch ein größeres Wurzelvolumen bedingt. Der Anteil an Tot- und Faulwurzeln ist unauffällig, selbst auf stärker versauerten Böden. Auf starke Wechselfeuchte oder Grundwasser reagiert die Fichtenwurzel wesentlich empfindlicher als jene von Buche und Lärche. Deutlich robuster ist die Kiefer und mehr noch die Eiche.

Ende Februar 1990 verursachten die Orkane Vivian und Wiebke in den bayerischen Wäldern Schäden bisher nicht gekannten Ausmaßes. Der Schadholzanfall betrug 23 Mio. Festmeter mit Schwerpunkt in der gesamten westlichen Landeshälfte (Alpenvorland mit Schotterebenen, Südliche Frankenalb, Keuperberg- und -hügelland). Im Staatswald waren 1,8% der Waldfläche und 2,4% des Holzvorrats betroffen. Den höchsten Massenanteil hatte dabei mit rund 85% die Fichte.

Stau- und Grundwasserböden waren weit überproportional am Schädgeschehen beteiligt. Die große Zahl geworfener Bäume bot eine günstige Gelegenheit, den nach wie vor lückenhaften Kenntnisstand über Struktur und Gesundheitszustand des Wurzelwerks zu verbessern und mögliche Einflussfaktoren zu identifizieren.



Abbildung 1: Auswirkungen des Sturms »Kyrill« im Stadtwald Pürgen. Foto: G. Brehm

Methodik

Die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) wurde vom Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten im Frühjahr 1990 beauftragt, die Erhebungen in den Staatswäldern der Hauptschadensgebiete vorzunehmen. Das Ziel war, möglichst viele Wurzelteller auf weitverbreiteten Standorten zu kartieren. Von Juli bis September 1990 suchten daher erfahrene Standortkartierer geschädigte Bestände auf den verbreitetsten Standorteinheiten auf. Sie sammelten Daten über den Einzelbaum (Brusthöhendurchmesser, Baumhöhe, Länge der grünen Krone), dessen Wurzelstruktur (Typ, Volumen, Gesundheitszustand) sowie über den jeweiligen Standort (Geologie, Standorteinheit, Humusform, Karbonatgehalt). Auf Bestandesebene wurden Mischungsanteil, Mischungsform, Bestockungsgrad, Umfang und Zeitpunkt der letzten Hiebsmaßnahmen sowie die Geländemorphologie erfasst.

Aufgrund des großen Kollektivs ergibt sich eine breite Palette an Auswertungsmöglichkeiten. Die Ergebnisse sind repräsentativ für viele überlebende Bäume bzw. Bestände in bedeutenden Waldgebieten, weil die Gewalt und die zeitliche Abfolge der Stürme extrem und die Böden darüber hinaus wassergesättigt waren. Der daraus resultierende sogenannte »Dominoeffekt« neutralisierte somit weitgehend alle anderen für das Wurfereignis möglicherweise mitverantwortlichen bestands- oder baumspezifischen Merkmale.

Insgesamt wurden 5.259 Bäume in 537 Beständen erfasst, davon 3.143 Fichten, 386 Kiefern, 301 Lärchen, 695 Buchen und 433 Eichen (überwiegend Traubeneichen).

Im Folgenden werden aus der Fülle an Daten einige wenige, besonders interessante Ergebnisse für die Fichte vorgestellt. Um vertiefte Einblicke über Zusammenhänge zwischen der Ausprägung des Wurzelwerks und dem Standort zu erhalten, werden markante Merkmale wie Wurzeltyp, Hauptwurzelhorizont, längste Senkerwurzel sowie Wurzelvolumen mit den Standortparametern Wasserhaushalt, Substrattyp und Trophie verschnitten. Für besonders wichtige Wurzelmerkmale erfolgen auch Vergleiche mit Kiefer, Lärche, Buche und Eiche.

Wurzeltyp

Für die Untersuchungen werden vier Wurzeltypen und zwei ihrer Mischformen unterschieden: Plattentyp, Platten-/Senkertyp, Senkertyp, Herztyp, Herz-/Senkertyp und Pfahltyp. Die Fichte zeigt alle Übergänge von plattenartigen Ausprägungen bis hin zur klassischen Senkerwurzel (Abbildung 2). Auch mit 40 bis 60 Jahren bilden sich noch Senkerwurzeln aus. Der Plattentyp geht daher in den Altersklassen über 60 Jahren zugunsten des Senkertyps deutlich zurück. Senkerwurzeln sind relativ häufig auf Sanden, Schichtsand, Schichtlehmen und Tonen anzutreffen. Der Fichte gelingt es also, mit einzelnen Senkern die Klüfte in den stauwasserfreien Tonhorizonten auszunutzen. Übergänge vom Platten- zum Senkertyp sind überproportional häufig bei Lehmen und lehmigen Sanden. Plattenartige Ausprägungen mit kurzen Senkerwurzeln bestimmen bei Stau- und Grundwasserböden wie den wechselfeuchten Fein-/Schlufflehmen, den feuchten Tonlehmen oder den Mooren das Bild. Das Wurzelwerk (Platten-Senker und Senker) auf den mäßig labilen Böden (Wasserhaushalt mäßig wechsel trocken und mäßig wechselfeucht) entspricht dabei mehr jenem der stabilen Böden (Wasserhaushalt mäßig trocken bis frisch) als jenem der labilen (Wasserhaushalt wechselfeucht, stark wechselfeucht, feucht). Auffällig ist, dass immerhin 20% aller Plattenwurzeln auf stabilen Böden auftreten.

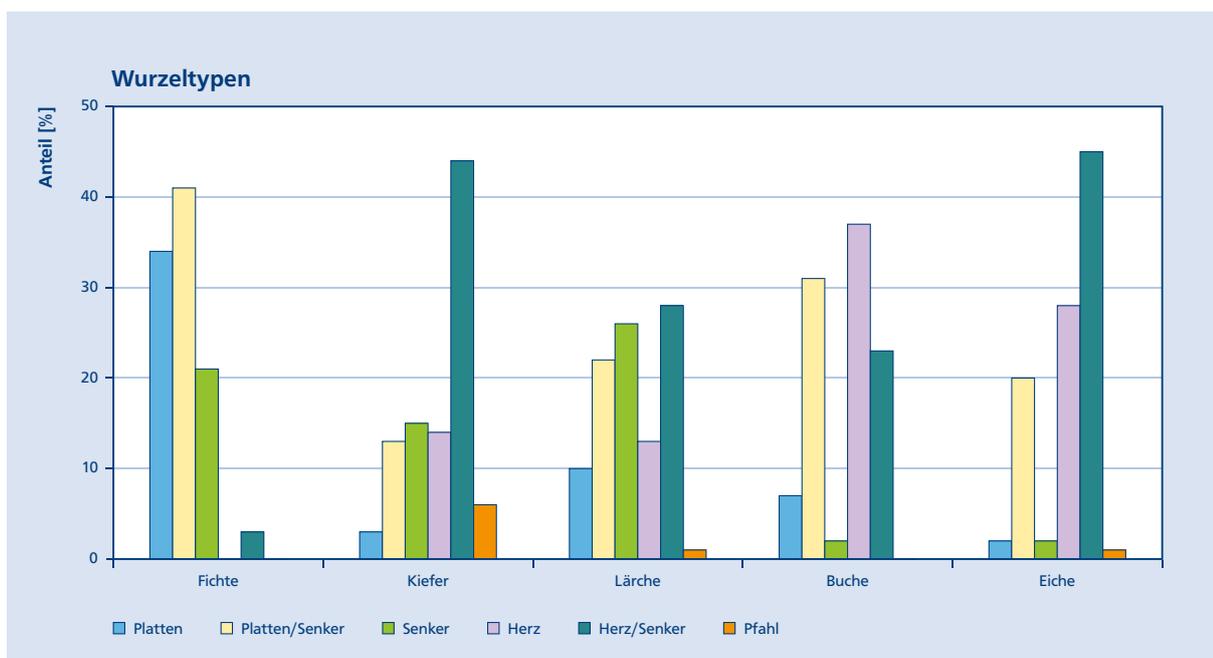


Abbildung 2: Wurzeltypen von Fichte, Kiefer, Lärche, Buche, Eiche (Anteile in %)

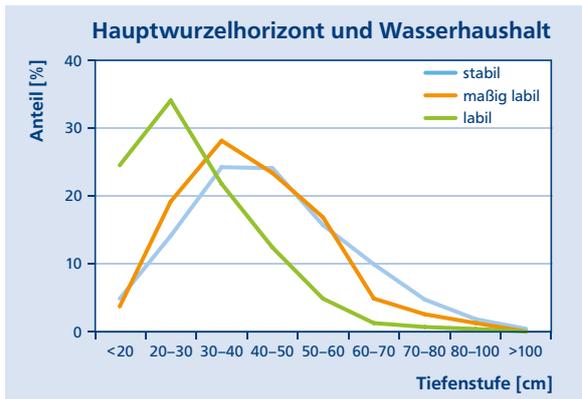


Abbildung 3: Hauptwurzelschicht der Fichte in Abhängigkeit vom Wasserhaushalt

Für die Kiefern sind Herz-Senkerwurzeln typisch. Das Wurzelbild der Lärche lässt die größte Formenvielfalt erkennen. Häufig sind dabei Herz-Senker-, Platten-Senker- und Senker-Ausprägungen. Die Buche bildet bevorzugt Herzwurzeln aus, von denen oft auch noch Senker nach unten abgehen. Oft tritt noch der Platten-Senkertyp auf. Die Eichen zeigen hauptsächlich Herzwurzeln mit oder ohne weiter in die Tiefe vorstoßende Senker. Es werden aber auch häufiger Platten-Senker-Strukturen vorgefunden. Pfahlwurzeln sind sehr selten, am häufigsten noch bei der Kiefer.

Hauptwurzelschicht

Als Hauptwurzelschicht wird jene Bodentiefe definiert, bis zu der rund 70% der Wurzelmasse angelegt sind. Dieser liegt bei der Fichte meist zwischen 20 und 60 cm (Maximum 125 cm). Der Unterschied zwischen stabilen (Median 47 cm) und mäßig labilen Böden (Median 44 cm) ist nur gering (Abbildung 3). Bei stärkerer Vernässung (labile Böden) hingegen dringt die Masse der Wurzeln selten weiter als 40 cm vor (Median 32 cm).

Der Vergleich der Hauptwurzelschichten der fünf Baumarten auf stabilen Böden unterstreicht deutlich die Schwäche der Fichte und die Überlegenheit der Eiche (Abbildung 4, oben). Zwischen Kiefer und Buche besteht bis 60 cm Tiefe kaum ein Unterschied. Beide Baumarten erschließen zu fast gleichen Anteilen auch die Horizonte bis über 100 cm Tiefe, jedoch in unterschiedlicher Verteilungsform. Die Lärche dagegen lässt über alle Tiefenstufen zwischen 20 und 100 cm eine vergleichsweise ausgeglichene Verteilung erkennen. Tiefer 60 cm ist sie der Fichte weit, der Kiefer und Buche leicht überlegen.

Auf mäßig labilen und labilen Böden zeigt die Eiche bis 100 cm kaum eine Reaktion (Abbildung 4, unten). Die Kiefer steht der Eiche nur wenig nach, erreicht aber den Unterboden ab 60 cm etwas seltener. Die Buche und noch etwas stärker die Lärche reagieren

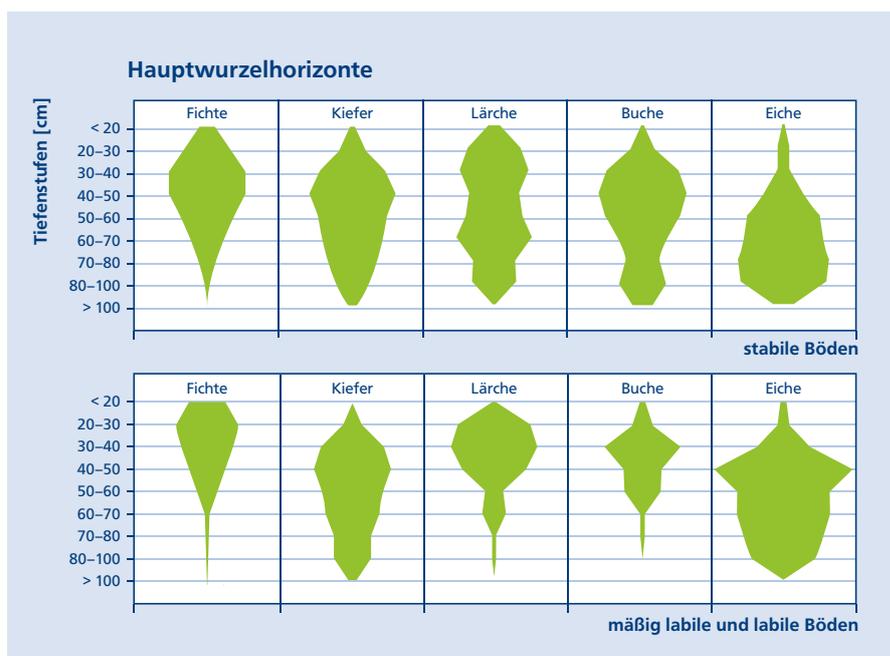


Abbildung 4: Verteilung der Hauptwurzelschichten von Fichte, Kiefer, Lärche, Buche, Eiche auf stabilen Böden (oben) und auf mäßig labilen und labilen Böden (unten) (nach Tiefenstufen in cm)

dagegen sehr empfindlich auf Wasserüberschuss, jedoch bei Weitem nicht so stark wie die Fichte.

Auf Sanden sowie Fein-/Schlufflehm liegen die meisten Hauptwurzelschichten der Fichte zwischen 20 und 50 cm (Abbildung 5, oben). Auf lehmigen Sanden und Lehmen geht es im Schnitt bis 10 cm tiefer. Dass die Fein-/Schlufflehme etwas ungünstiger abschneiden, liegt am dort häufiger auftretenden Stauwasser. Die geringe Erschließungstiefe auf Sand ist unerklärlich.

In der Gruppe der tongeprägten Böden gehen die Hauptwurzelschichten auf Schichtlehm (öfters labil) meist nicht tiefer als 50 cm (Abbildung 5, unten). Deutlich besser schneiden die Decksande/-lehme (Mächtigkeit der Deckschicht maximal 30 cm; stets mäßig wechselfeucht) ab. Erstaunlich tief werden die (meist stabilen) Tonböden erschlossen. Die Schichtsand (meist stabil) leisten den Wurzeln am wenigsten Widerstand. Im Vergleich der beiden Substratgruppen halten die tongeprägten Substrate bis 60 cm Tiefe sehr gut mit den Sanden und Lehmen mit. Erst darunter wirken sich deren höhere Dichte und Sauerstoffarmut

nachteilig aus. Auf den wechselfeuchten und feuchten Tonlehm und Mooren stoßen die meisten Wurzeln bei 40 cm an ihre Grenze (ohne Abbildung). Die tiefsten Hauptwurzelschichten mit 140 cm verzeichnen bei den Aufnahmen je eine Eiche (frischer Schichtsand in Hanglage) und eine Buche (mäßig frischer, tongründer lehmiger Sand). Dahinter folgt bereits eine Fichte mit 125 cm (frischer Feinlehm).

Auch in höherem Alter zwischen 60 bis 80 Jahren werden noch tiefere Bodenschichten durchwurzelt. Fichten mit einer längeren grünen Krone lassen etwas flachere Hauptwurzelschichten erkennen. Auf stabilen Böden nimmt die Wurzeltiefe kontinuierlich mit dem Brusthöhdurchmesser zu. Dies gilt sogar noch für Durchmesser über 50 cm.

Tiefste Wurzel

Als tiefste Wurzel ist jene definiert, die am weitesten in den Unterboden vordringt. Auf stabilen Böden erreicht diese meist eine Länge von (50) 60 bis 100 cm. Ein Fünftel dringt weiter als 100 cm vor. Es überrascht, dass diese Marke besonders häufig in den Schichtsand (60 %) und den Tonen (30 %) überschritten wird. Auf Sanden und Lehmen sind es nur rund 25 % der Vertikalwurzeln, auf Fein-/Schlufflehm und lehmigen Sanden nur knapp 20 %. Auf mäßig labilen Böden sind die tiefsten Wurzeln meist zwischen 60 und 90 cm lang, auf labilen weniger als 60 cm. Auf den Mooren und Tonschlufflehm enden sie schon bei 40 cm. Auch bei der längsten Vertikalwurzel liegen die Werte für die mäßig labilen Böden näher an denen mit guter Durchlüftung. Das Vertikalwachstum endet etwa im Alter 80. Am weitesten in die Tiefe – mit einer Länge von 240 cm – stößt die Wurzel einer Eiche vor (mäßig frischer Sand), knapp vor einer Fichte (frischer Feinlehm) und Kiefer (wechselfeuchter Sand) mit je 220 cm. Eine Buchenwurzel (ziemlich frischer Lehm in Hanglage) erreicht 215 cm.

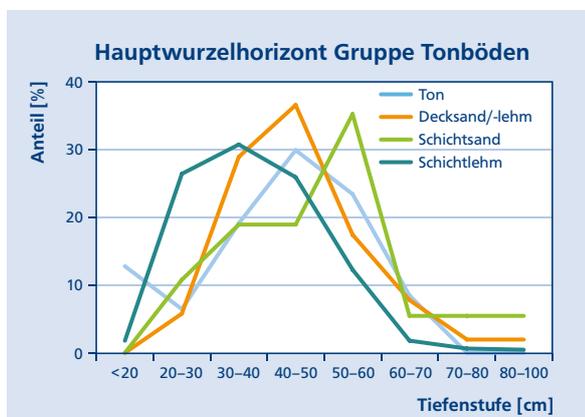
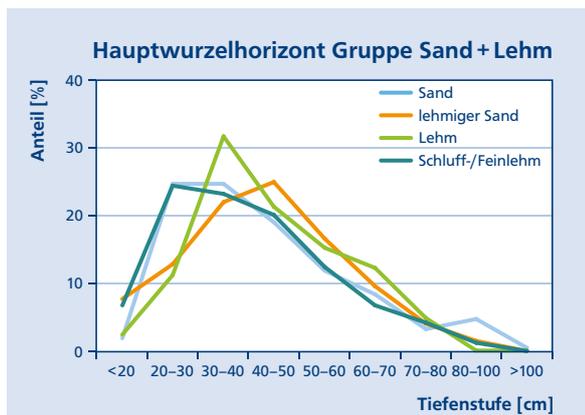


Abbildung 5: Hauptwurzelschicht von Fichte in Abhängigkeit von Substrattypen: Gruppe »Sand + Lehm« (oben), Gruppe »Tonböden« (unten)

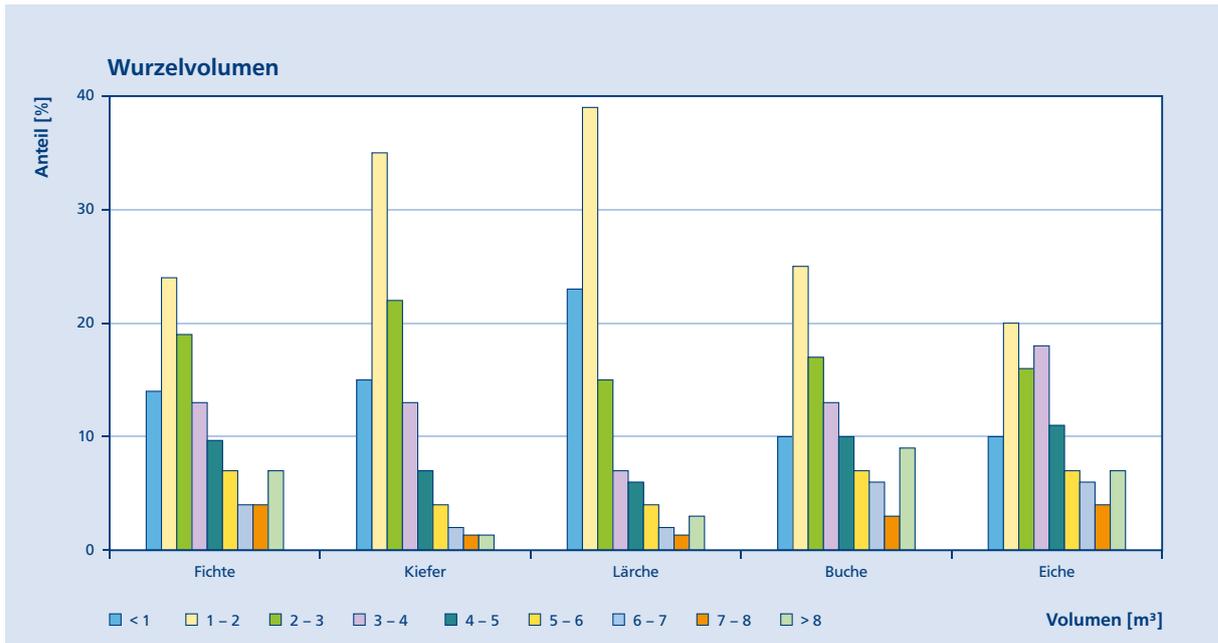


Abbildung 6: Wurzelvolumen von Fichte, Kiefer, Lärche, Buche, Eiche (nach Kubikmeterstufen)

Wurzelvolumen

Das Wurzelvolumen (Produkt aus Wurzeltellerfläche \times Tiefe des Hauptwurzelschizonts) ist ein Maß für die Größe des durchwurzelten Bodenraumes. Somit drückt es das Potenzial des Baumes aus, sich mit Wasser und Nährstoffen zu versorgen bzw. sich im Bodenraum zu verankern. Es liegt meist bei 2–3 m^3 und nur selten über 5 m^3 . Auf stabilen Böden sind die Werte nur geringfügig höher. Die mäßig labilen Böden sind etwas besser als die labilen. Auf Sanden und lehmigen Sanden ist das Wurzelvolumen geringfügig größer als auf Lehmen, Fein-/Schlufflehen und Schichtlehen. Auffällig groß ist es auf Tonböden und Schichtsand, noch übertroffen von den Mooren mit ihren extrem weitreichenden oberflächennahen Seitenwurzeln. Auf stabilen Böden liegen Substrate mit reicher und mittlerer Nährstoffversorgung etwa gleich auf, im nährstoffarmen Bereich ist das Volumen etwas größer. Bis zu einem Alter von ungefähr 80 Jahren nimmt das Volumen auf stabilen Böden laufend zu, darüber findet kaum mehr eine Entwicklung statt. Bis zu einem Brusthöhendurchmesser von 60 cm nimmt für alle Baumarten das Volumen auf stabilen Böden laufend zu. Im wechselfeuchten Milieu endet diese Entwicklung bei 50 cm. Fichten mit einem günstigeren Verhältnis von Baumhöhe zu Brusthöhendurchmesser besitzen auch größere Wurzelvolumen. Es gibt keinen Zusammenhang zwischen der Länge der grünen Krone und dem Wurzelvolumen. Eine Tan-

ne erzielte mit 32 Kubikmetern den größten Wert aller erfassten Bäumen (Tabelle 1).

Die Lärchen weisen in der Summe das kleinste Wurzelvolumen auf (Abbildung 6). Deutlich größer ist es bei den Kiefern. Dann folgt die Fichte. Leicht darüber liegen die Buchen, übertroffen noch von den Eichen.

Baumart	Wurzelvolumen [m^3]	Standorteinheit
Tanne	32	mäßig wechselfeuchter tongründiger Sand
Fichte	26	mäßig frischer nährstoffreicher lehmiger Sand
Buche	23	mäßig frischer tongründiger lehmiger Sand
Eiche	16	mäßig trockener nährstoffarmer Sand
Lärche	13	mäßig frischer Schichtsand
Kiefer	10	frischer lehmiger Sand mit Karbonat im Unterboden

Tabelle 1: Größte Wurzelvolumen (in m^3)

Tot- und Faulwurzeln

Die meisten Starkwurzeln (Durchmesser > 50 mm) sind vital. Dagegen werden bei 60% der Derb- (5–50 mm) wie auch Feinwurzeln (< 5 mm) Totwurzeln gefunden, dies aber meist zu einem geringen Anteil unter 20%. Auf labilen Böden ist der Anteil an Totwurzeln höher und dies besonders bei den Feinwurzeln. Faule Wurzeln finden sich am häufigsten bei den Derbwurzeln und generell mehr bei jüngeren Fichten. Zunehmende Staunässe oder Grundwassereinfluss führen zu mehr Fäule. Es fällt schwer, die Auswirkungen des Anteils an Tot- und Feinwurzeln auf die Verankerungskraft bzw. die physiologische Leistungsfähigkeit des gesamten Wurzelwerks zu bewerten. Subjektiv scheint es so, dass die beobachteten Beeinträchtigungen des Wurzelwerks nicht auffällig und somit nicht disponierend für das Wurfereignis waren. Böden mit Karbonat im Oberboden (höher 50 cm) weisen einen geringeren Anteil an Tot- wie auch Faulwurzeln auf. Am deutlichsten ist dies bei den Feinwurzeln zu beobachten. Dies könnte damit erklärt werden, dass das Karbonat meist tiefer 30–40 cm auftritt. Der für die Fichte kritische oberste Bodenbereich wird also noch nicht erreicht (z. B. im Hinblick auf verstärkten Rotfäulebefall). Auf stärker podsolierten Böden werden wider Erwarten weniger Tot- und Faulwurzeln gefunden. Die Annahme, dass besonders starke Oberbodenversauerung Wurzelschäden begünstigt, kann hier nicht bestätigt werden. Diese Aussage gilt jedoch nur eingeschränkt, weil die Stichprobenzahl gering war.

Im Gebirge

*Dumpf rauscht vom Felsen die Fichte
Und lauscht dem Wiederhall –
So späht ein geächteter Ritter
Von seines Schlosses Wall.*

*Der Felsenspalte entsprudelt
Die Quelle scheu und verzagt –
Ein Mägdlein, das sich furchtsam
Ins laute Leben wagt.*

*Sie rauscht empor zur Fichte
Der Baum winkt zärtlich hinab,
Wie einer, welcher so eben
Sein Herz für immer vergab ...*

Heinrich von Levitschnigg

Literatur

Köstler, J. N.; Ernst Brückner, E.; Bibelriether, H. (1968): Die Wurzeln der Waldbäume. Untersuchungen zur Morphologie der Waldbäume in Mitteleuropa. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 284 S.

Kutschera, L.; Lichtenegger, E. (2013): Wurzelatlas mitteleuropäischer Waldbäume und Sträucher. Verlag Leopold Stocker, Graz, 2. Auflage, 604 S.

Keywords: Spruce, root types, countersink roots, main root horizon

Summary: After the storm events Vivian and Wiebke in late winter 1990, about 3.100 spruce roots were surveyed. The root structure is plate-shaped with countersink roots penetrating deeper soil horizons. The vertical dimensions depends on the influence of ground- and backwater. The soil type and nutrient supply are not relevant. Vertical roots grow until the age of about 80. Oak roots are the most resilient in ground- and backwater, followed by fir, beech and larch. Spruce is the most sensitive type of tree.

Effekt der Mischung auf die Struktur, die Dichte und das Ertragsniveau von Fichtenbeständen

Hans Pretzsch, Peter Biber und Gerhard Schütze

Schlüsselwörter: Fichte, Mischbestände, Struktur, Dichte, Ertragsniveau

Zusammenfassung: Übergreifende Auswertungen zeigen, dass Mischbestände mit Beteiligung der Fichte im Vergleich zu Reinbeständen 10–25 % mehr produzieren können. Im Folgenden zeigen wir, wie sich die Mischung auf die Struktur, die Bestandsdichte und das Ertragsniveau auswirkt. Mischung steigert die Höhenstrukturierung, indem zumeist eine Art etwas beschleunigt, die andere Art gebremst wird. Insgesamt bleibt die Bestandshöhe aber weitgehend unverändert. Eine Mischung der Fichte mit anderen Baumarten kann die Bestandsdichte im Durchschnitt um 10 % (max. 30 %) gegenüber dem gewichteten Mittel benachbarter Reinbestände steigern. Das Ertragsniveau und die Gesamtwuchsleistung können durch Mischung um etwa 15 % bis 20 % erhöht werden. Es werden die Ursachen und waldbaulichen Konsequenzen dieser Effekte der Mischung auf die ertragskundlichen Merkmale von Fichtenmischbeständen diskutiert.

Bisherige Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen Mischung und Ertrag in Mitteleuropa zeigen, dass Artenmischung den Zuwachs im Vergleich zum gewichteten Mittel benachbarter Reinbestände häufig um 10–30 % erhöht (Piotto 2007; Zhang et al. 2012). Werden Baumarten mit relativ ähnlichen ökologischen Nischen gemischt (z. B. Fichte und Buche, Fichte und Tanne), so liegen die Mehrzuwächse eher im unteren Bereich dieses Rahmens (10 %). In sehr komplementären Mischungen (z. B. Kiefer und Buche, Lärche und Buche) werden höhere Werte erreicht (20–30 %).

Für die Stärke der Mischungseffekte im Hinblick auf den Zuwachs auf Bestandesebene erbrachten die genannten Arbeiten eine zunehmend solide Datenbasis. Dagegen befassen sich nur wenige Untersuchungen mit den Effekten der Mischung auf die mittleren Baumdimensionen (Binkley et al. 2003), die Dichte (Río und Sterba 2009), die Bestandsstruktur (Pretzsch 2014) oder das Einzelbaumwachstum (Río et al. 2014). Grund hierfür ist vor allem die noch immer spärliche Datenbasis von langfristigen Mischbestandsuntersuchun-

gen auch auf unbehandelten Flächen mit maximaler Dichte. Denn solche Flächen sind für die Analyse der Mischungseffekte auf die Dichte, die Gesamtwuchsleistung, die Vornutzungen und das Ertragsniveau unverzichtbar. Um über den Zuwachs hinaus auch ein besseres Verständnis von den Mischungseffekten auf die Bestandsmittelwerte, Summenwerte und ertragskundliche Grundbeziehungen wie Ertragsniveau, Bonität und Regel nach Eichhorn (1902) zu gewinnen, wurde eine übergreifende Analyse durchgeführt. Sie basiert auf langfristigen Mischbestandsversuchen und temporären Versuchsflächen, die verschiedene Zwei-Arten-Mischungen jeweils in Misch- und Reinbeständen repräsentieren und die Entwicklung voll bestockter Bestände, also die maximale Tragfähigkeit, widerspiegeln. Die insgesamt 141 kombinierten Aufnahmen von Mischbeständen und benachbarten Reinbeständen der entsprechenden Arten erbrachten nach Pretzsch et al. (2016) Aussagen zum Mischungseffekt auf (i) die Mittelhöhe und den Mitteldurchmesser, (ii) die Bestandsdichte und den stehenden Vorrat, (iii) die Gesamtwuchsleistung und das allgemeine Ertragsniveau im Vergleich zu Reinbeständen.

Datenmaterial

In den Mittelpunkt der vorliegenden Untersuchung wurden gleichaltrige und damit im Wesentlichen einschichtige Mischbestände aus zwei Arten gestellt. Insgesamt konnten die neun Artenkombinationen Fichte/Tanne, Fichte/Kiefer, Fichte/Lärche, Fichte/Buche, Fichte/Erle, Kiefer/Buche, Lärche/Buche, Buche/Eiche und Buche/Douglasie einbezogen werden. Für die vergleichenden Analysen von Misch- mit Reinbeständen waren jeweils Kombinationen aus Aufnahmedaten von Misch- und Reinbeständen der entsprechenden Arten auf demselben Standort erforderlich. Weil wir nach der Tragfähigkeit von Mischbeständen im Vergleich zu Reinbeständen und den ertragskundlichen Potenzialen fragten, wurden nur Bestände einbezogen, die möglichst maximale Bestandsdichten repräsentieren und in der Vergangenheit nicht oder nur schwach behandelt worden sind.

Zur Beantwortung der Fragestellungen konnte ein Datensatz aus langfristigen Versuchsflächen und temporären Probeflächen zusammengestellt werden, der insgesamt 141 Kombinationen aus Aufnahmen von Mischbeständen und benachbarten Reinbeständen der entsprechenden Arten enthält. Davon repräsentieren 79 Kombinationen Versuchsflächen, von denen neben den aktuellen Bestandsdaten auch die zurückliegenden Entwicklungen und Gesamtwuchsleistungen bekannt sind. Von 62 Kombinationen lagen nur temporäre Aufnahmedaten im mittleren oder fortgeschrittenen Alter vor.

Die Flächen liegen überwiegend in Deutschland, repräsentieren aber auch einige andere Regionen in Mitteleuropa. Sie reichen von Längengrad 3,172° West bis 23,351° Ost und von Breitengrad 41,895° bis 56,153° Nord. Ihre Höhenlage bewegt sich zwischen 20 und 1.715 m ü. N.N. Die mittleren Jahrestemperaturen betragen 4,0 bis 10,5 °C, die jährlichen Niederschläge belaufen sich auf 552 bis 2.400 mm. Die Vegetationszeit, definiert als die Anzahl von Tagen im Jahr mit Mitteltemperaturen über 10 °C, dauert 151 bis 213 Tage.

Im Einzelnen handelt es sich um folgende langfristige Versuchsflächen und temporären Probeflächen: Allersberg 1012, Alzenau 1015, Arnstein 1021, Bischbrunn 311, Bodenwöhr 1011, Daun 1005, Dießen 777, Ebersberg 1004, EuMixFor 1031, 1032, 1033, 1036, 1037, 1040, 1042, 1043, 1044, 1045, 1047, 1051, 1052, 1054, 1057, 1063, 1070, Freising 1023, Geisenfeld 1016, Gemünden 871, Hain 27, Schlanders/Vinschgau 1000, 2000, 3000, Hirschwald 1006, Kelheim 1022, Kreuth 122, Krumbach 861, Mitterteich 101, Neuburg 841, Pfalz 1007, Ramingstein-Thomatal/Lungau 1–11, Rothenbuch 334, Rohrbrunn 313, 620, 90, Rohrmoos 107, Sachsenried 607, Selb 1013, Schongau 814, Spessart 1003, Starnberg 91, Traunstein 1025, Waldbrunn 105, 106, Walkertshofen 1001, Wasserburg 1024, Weiden 1014, Wieda 114, Wolfratshausen 97, Würzburg 1002 und Zwiesel 111, 134, 135.

Die Flächengrößen liegen zwischen 0,05 ha und 0,6 ha, mit tendenziell eher geringeren Flächen bei den temporären Versuchsflächen und größeren bei den langfristigen Versuchsflächen. Detailinformationen und tabellarische Übersichten zu diesen Flächen finden sich bei Pretzsch und Biber (2016).

Dieses Datenmaterial deckt die wichtigsten Zwei-Arten-Mischungen in Mitteleuropa ab. Dennoch bleiben die Informationen über manche Baumartenkom-

binationen (z. B. Fichte/Kiefer, Fichte/Erle, Lärche/Buche) spärlich. Das mittlere Alter der untersuchten Bestände beträgt 80 Jahre. Dass in diesem Alter Mittelhöhen zwischen 10,6 und 52,0 m erreicht werden, spiegelt die große Breite des mit ihnen abgedeckten Standortspektrums wider. Entsprechend breit ist der Wertebereich der Mittelhöhen und Mitteldurchmesser. Die ebenfalls große Spannweite der Baumzahlen (62–5.000 N ha⁻¹), Bestandsgrundflächen (7,7–123,5 m² ha⁻¹) und Vorräte (35–2.071 m³ ha⁻¹) resultiert ebenfalls aus dem breiten Rahmen von Bestandsaltern und Standortbedingungen.

Insbesondere die Extremwerte dürften aber auch auf die eher kleineren Flächengrößen der temporären Probeflächen (minimal 0,05 ha, das heißt, der Hochrechnungsfaktor auf Hektarwerte beträgt 20) und die entsprechend großen Hochrechnungsfaktoren zurückzuführen sein.

Ergebnisse

Effekt der Mischung auf die Mittelhöhe und den Mitteldurchmesser

Abbildung 1 zeigt, dass die Mittelhöhen und Mitteldurchmesser in den Mischbeständen über alle untersuchten Artenkombinationen hinweg insgesamt dem gewichteten Mittel der benachbarten Reinbestände ähneln. Im Einzelnen kommt es zu deutlichen Abweichungen. Im Durchschnitt liegen die Mittelhöhen im Mischbestand aber nur um 2 % unter den entsprechenden Dimensionen benachbarter Reinbestände; diese Unterlegenheit ist zwar statistisch signifikant, aber in ihrer Größenordnung nicht bedeutsam. Die Stammdurchmesser und Stammvolumina sind im Mischbestand um durchschnittlich 1 % bzw. 5 % höher als in den benachbarten Reinbeständen. Diese Überlegenheiten gegenüber dem Reinbestand sind aber nicht signifikant.

Für drei ausgewählte Kombinationen mit der Fichte als Mischbaumart (Fichte/Kiefer, Fichte/Lärche, Fichte/Buche), erfolgte der Vergleich zwischen Misch- und Reinbeständen auch auf der Ebene der Artenkombination und der Arten. Ähnlich wie bei der pauschalen artenübergreifenden Analyse zeigen sich auch auf der Ebene dieser einzelnen Artenkombinationen kaum Unterschiede zwischen den mittleren Bestandshöhen und Durchmessern im Misch- gegenüber dem Reinbestand (Tabelle 1, Spalte »Gesamtbestand misch/mono«). Die Analyse zeigt auch, dass geringfügige Vorteile der einen Art in den meisten Fällen durch

Nachteile der anderen Art kompensiert werden (Tabelle 1, Spalten »Fichte misch/mono« und »Art 2« misch/mono), sodass für den Bestand insgesamt keine signifikanten Differenzen zwischen Misch- und Reinbestand bestehen.

Effekt der Mischung auf die Bestandsdichte und den stehenden Vorrat

Ähnlich wie bei der Mittelhöhe und dem Mitteldurchmesser streuen die einzelnen Versuchflächen in ihren Dichten und Vorräten in breitem Rahmen. Abbildung 2 zeigt, dass dabei die Mehrzahl der Beobachtungswerte oberhalb der 1:1-Linie liegt. Im Mittel über

die neun betrachteten Artenkombinationen liegen die Baumzahlen (+22 %), Bestandsgrundflächen (+12 %), Bestandsdichtewerte (+16 %) und Vorräte (+8 %) in Mischbeständen im Mittel signifikant ($p < 0,05$) höher als das gewichtete Mittel der benachbarten Reinbestände. Die Baumartenmischung steigert also weniger das Größenwachstum der Einzelbäume, sondern erhöht die Packungsdichte auf der Fläche.

Abbildung 3 zeigt die Dichte in Mischbeständen im Vergleich zum gewichteten Mittel benachbarter Reinbestände gesondert für alle Artenkombinationen. Die Dichten der Fichtenmischbestände liegen im Mittel zwischen 4 % (Fichte/Buche) und 36 % (Kiefer/Buche)

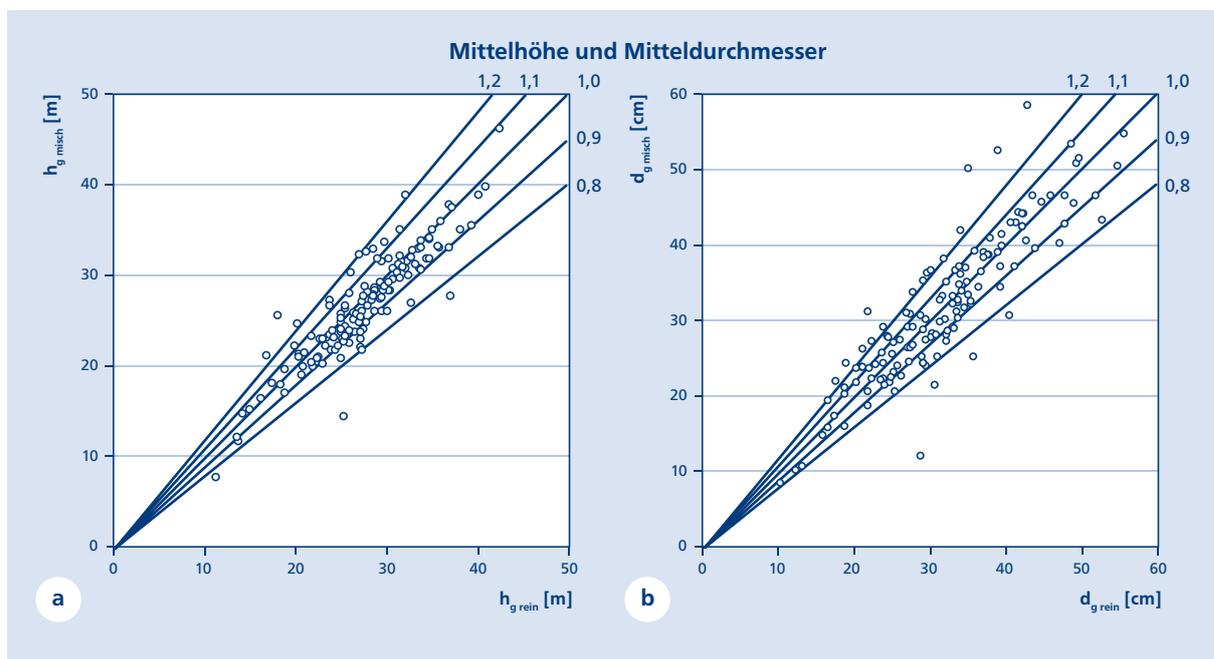


Abbildung 1: Mittelhöhe (a) und Mitteldurchmesser (b) der Bäume im Mischbestand unterscheiden sich im Mittel kaum von den entsprechenden Mittelwerten der benachbarten Reinbestände. Punkte nahe der Winkelhalbierenden (1,0-Linie) zeigen an, dass die Mittelwerte im Mischbestand denen der gewichteten Mittelwerte in den benachbarten Reinbeständen ähnlich sind.

Variablen	Artenkombination	n	Fichte misch/mono (± SE)	Art 2 misch/mono (± SE)	Gesamtbestand misch/mono (± SE)
Mittelhöhe h_g [m]	Fichte/Kiefer	7	0,86 (± 0,06)	1,05 (± 0,03)	0,94 (± 0,04)
	Fichte/Lärche	10	0,71 (± 0,31)	1,07 (± 0,10)	0,95 (± 0,10)
	Fichte/Buche	52	1,01 (± 0,01)	0,99 (± 0,02)	1,00 (± 0,01)
Mitteldurchmesser d_g [cm]	Fichte/Kiefer	7	0,82 (± 0,09)	1,03 (± 0,03)	0,89 (± 0,05)
	Fichte/Lärche	10	0,74 (± 0,21)	1,11 (± 0,08)	1,08 (± 0,13)
	Fichte/Buche	28	1,12 (± 0,02)	0,95 (± 0,02)	1,05 (± 0,02)

Tabelle 1: Mittelhöhe (h_g) und Mitteldurchmesser (d_g) im Mischbestand in Relation zum Reinbestand, gesondert für die Artenkombinationen Fichte/Kiefer, Fichte/Lärche und Fichte/Buche. Quotienten über/unter 1,00 zeigen eine Über-/Unterlegenheit der Mischbestände gegenüber benachbarten Reinbeständen an. Fett gedruckte Quotienten zeigen signifikante ($p < 0,05$) Unterschiede zwischen Misch- und Reinbeständen an.

über dem gewichteten Mittel benachbarter Reinbestände. Von den Mischungen mit Beteiligung der Fichte erreicht die Kombination Fichte/Lärche mit 29% ($p < 0,01$) die größte Überlegenheit gegenüber entsprechenden Reinbeständen.

Effekt der Mischung auf die Gesamtwuchsleistung und das allgemeine Ertragsniveau

Weil die Quantifizierung der Gesamtwuchsleistung (Summe aus bei einer Aufnahme stehendem Vorrat und aller Vornutzungen seit Bestandsbegründung bis zur Aufnahme) langfristige Versuche bedarf und die

se in Mischbeständen eher rar sind, war bisher wenig darüber bekannt wie Mischbestände gegenüber Reinbeständen in der Gesamtwuchsleistung abschneiden. Abbildung 4 zeigt in dieser Hinsicht eine tendenzielle Überlegenheit der in diese Untersuchung einbezogenen Mischbestände gegenüber den Reinbeständen. Demnach übertreffen die neun untersuchten Artenkombinationen das gewichtete Mittel benachbarter Reinbestände im Durchschnitt signifikant ($p < 0,01$) um 12%. Die Überlegenheit der Mischbestände in der Gesamtwuchsleistung ist also etwas größer als die ihres Vorrates (+8%, $p < 0,01$).

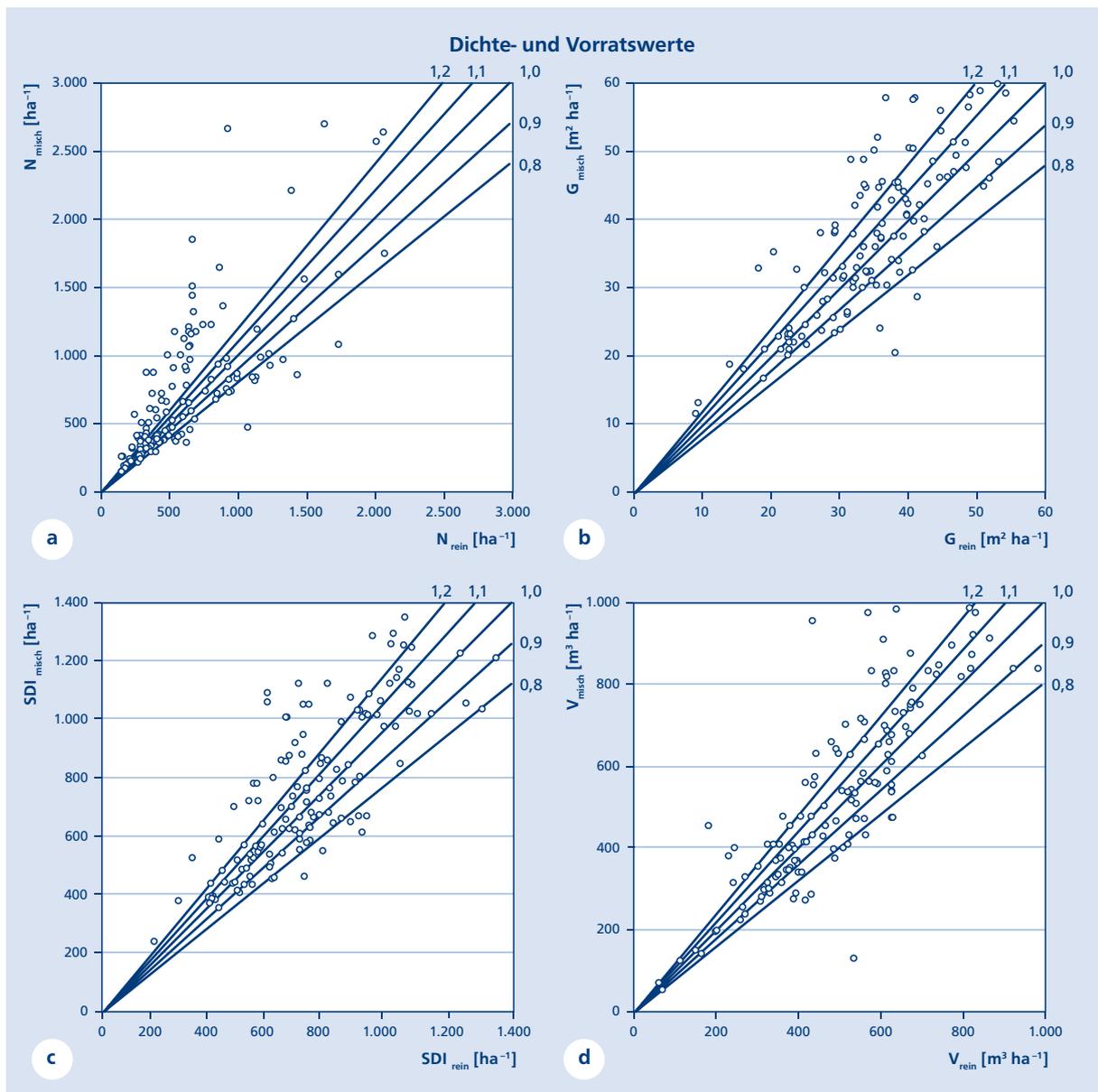


Abbildung 2: Baumzahl (a), Bestandsgrundfläche (b), Bestandsdichteindex (c) und stehender Vorrat (d) der Mischbestände liegen häufig deutlich über den entsprechenden Dichte- und Vorratswerten benachbarter Reinbestände. Punkte nahe der Winkelhalbierenden (1,0-Linie) zeigen an, dass die Dichte- und Vorratswerte im Mischbestand ähnlich sind wie das gewichtete Mittel der benachbarten Reinbestände.

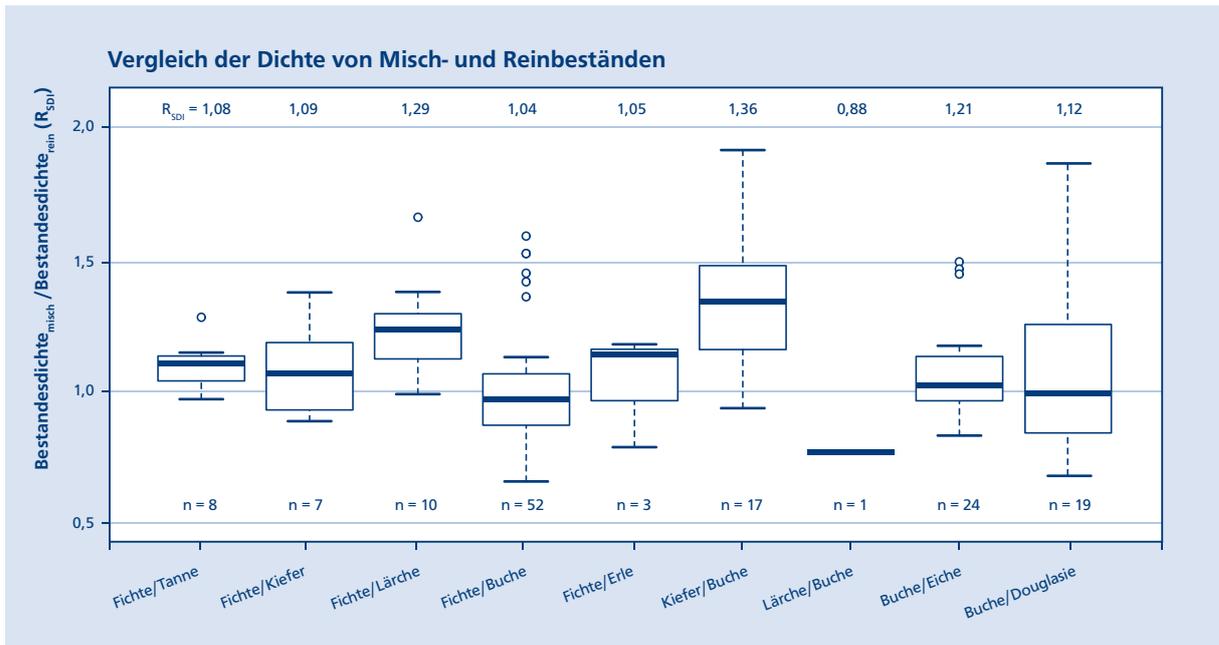


Abbildung 3: Die Quotienten Bestandesdichte in Mischbeständen/Bestandesdichte in Reinbeständen (R_{SDI}) zeigen überwiegend Werte > 1, das heißt überlegene Dichten für Mischbestände an. Eine besonders deutliche, signifikante Überlegenheit besteht mit 29 % bei der Mischung aus Fichte und Lärche ($p < 0,01$). Die Berechnung der Dichte basiert auf dem Stand Density Index nach Reineke (1933) (siehe Pretzsch und Biber 2016).

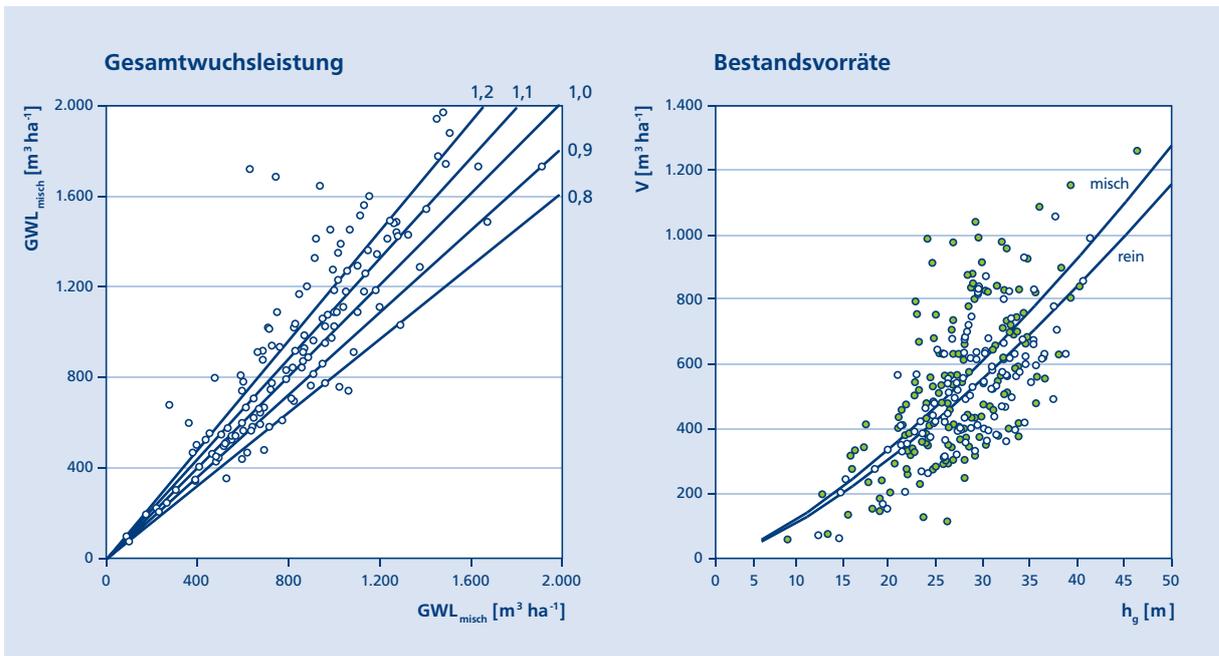


Abbildung 4: Die Gesamtwuchsleistung in Mischbeständen übertrifft im Durchschnitt das Niveau benachbarter Reinbestände. Punkte nahe der Winkelhalbierenden (1,0-Linie) zeigen an, dass die Gesamtwuchsleistungen im Misch- und Reinbestand ähnlich sind. Punkte oberhalb der Winkelhalbierenden zeigen eine Überlegenheit der Mischbestände an.

Abbildung 5: Darstellung der Bestandsvorräte V , über der Mittelhöhe, h_g , in den Reinbeständen (leere Symbole) im Vergleich zu benachbarten Mischbeständen (ausgefüllte Symbole). Den Regressionslinien liegt folgendes Modell zugrunde:

$$\ln(V) = 1,13 (\pm 0,282) + 1,526 (\pm 0,085) \times \ln(h_g) + 0,086 (\pm 0,041) \times \text{misch}$$

(misch = 0 für Reinbestände und misch = 1 für Mischbestände ($n = 282$, $R^2 = 0,536$, $p < 0,001^{***}$, Werte in Klammern bezeichnen die Standardfehler der jeweiligen Parameterschätzwerte).

Variablen	Artenkombination	n	Fichte misch/mono (± SE)	Art 2 misch/mono (± SE)	Gesamtbestand misch/mono (± SE)
V_{hg20} [m ³ ha ⁻¹]	Fichte/Kiefer	7	1,19 (± 0,07)	1,38 (± 0,04)	1,22 (± 0,04)
	Fichte/Lärche	10	1,84 (± 0,94)	1,32 (± 0,19)	1,43 (± 0,31)
	Fichte/Buche	52	1,07 (± 0,04)	1,05 (± 0,04)	1,05 (± 0,03)
GWL_{hg20} [m ³ ha ⁻¹]	Fichte/Kiefer	5	2,10 (± 0,29)	1,43 (± 0,16)	1,31 (± 0,04)
	Fichte/Lärche	6	1,26 (± 0,36)	1,37 (± 0,18)	1,55 (± 0,40)
	Fichte/Buche	32	1,01 (± 0,06)	1,11 (± 0,05)	1,07 (± 0,03)

Tabelle 2: Vorrat bei Mittelhöhe 20 m, V_{hg20} , und Gesamtwuchsleistung bei Mittelhöhe 20 m, GWL_{hg20} , im Mischbestand (misch) in Relation zum Reinbestand (mono), gesondert für die Artenkombinationen Fichte/Kiefer, Fichte/Lärche und Fichte/Buche. Liegen die Quotienten zwischen misch und mono über/unter 1,00, so deuten sie auf eine Über-/Unterlegenheit der Eichhorn'schen Beziehung bzw. des allgemeinen Ertragsniveaus in Mischbeständen gegenüber benachbarten Reinbeständen hin. Fett gedruckte Quotienten zeigen signifikante ($p < 0,05$) Unterschiede zwischen Misch- und Reinbeständen an.

Abbildung 5 zeigt die in den Mischbeständen (graue Kreise) und Reinbeständen (weiße Kreise) gemessenen Vorräte über der Mittelhöhe und die Eichhorn'sche Beziehung zwischen Vorrat V und Mittelhöhe h_g als Ergebnis einer Regressionsanalyse. Das im Abbildungstext gezeigte Regressionsmodell ergibt in delogarithmierter Form $V = e^{1,13} \times h_g^{1,526} \times e^{0,086 \times misch}$, wobei für Mischbestände $misch = 1$ gilt, so dass $e^{0,086 \times misch} = 1,09$. Gegenüber dem Reinbestand liegt die Eichhorn'sche Beziehung im Mischbestand nach dieser Auswertung also um etwa 9% höher.

Die auf eine Standardhöhe von 20 m bezogenen Vorräte V_{hg20} und Gesamtwuchsleistungen GWL_{hg20} untermauern das überlegene Niveau der Mischbestände in den V_{hg20} - und GWL_{hg20} -Beziehungen. Tabelle 2 zeigt für die Fichtenmischbestände deutliche Anhebungen der Eichhorn'schen Beziehung (V_{hg20}) und des allgemeinen Ertragsniveaus (GWL_{hg20}). Das gilt sowohl für die Ebene der Baumart, als auch für den Bestand insgesamt. Die hinsichtlich der Lichtökologie besonders komplementären Artenkombinationen (z. B. Fichte/Lärche, Fichte/Kiefer) zeigen tendenziell größere Anhebungen der V_{hg} - und GWL_{hg} -Relation als die weniger komplementären Artenkombinationen (z. B. Fichte/Tanne, Buche/Douglasie). Über alle untersuchten Kombinationen hinweg und auf die Standardhöhe 20 m bezogen beträgt die mischungsbedingte Anhebung der Eichhorn'schen Beziehung 16% ($p < 0,01$) und die des allgemeinen Ertragsniveaus 21% ($p < 0,001$).

Diskussion

Gleiche Höhenleistung, aber Anhebung der maximalen Dichte und des Ertragsniveaus durch Baumartenmischung

Für einige weit verbreitete Baumartenmischungen konnte gezeigt werden, dass sie die Mittelhöhe im Vergleich zu Reinbeständen nur geringfügig verändern, die Bestandsdichte und das Ertragsniveau aber deutlich anheben können. Der Untersuchung liegen voll bestockte Bestände zugrunde, so dass aus den Ergebnissen auf eine erhöhte Tragfähigkeit von Mischbeständen im Vergleich zu benachbarten Reinbeständen geschlossen werden kann.

Durch die Mischung kann eine Art, z. B. die in der Jugend schneller wüchsige Kiefer, zwar zeitweilig im Höhenwachstum gefördert, und die andere Art, z. B. die eher später kulminierende Buche, in der Entwicklung abgebremst werden. Das bedeutet, dass eine Art auf Kosten der anderen höher werden kann (Pretzsch et al. 2015). Die mittlere Bestandshöhe wird dadurch aber kaum verändert. Es konnte also keine Steigerung der Höhenwuchsleistung und Bonitätserhöhung festgestellt werden, wie sie etwa nach Düngungsmaßnahmen festzustellen ist (Foerster 1990).

Trotz etwa gleichbleibender Höhenleistung äußert sich die Mischung aber in einer signifikanten Erhöhung des Bestandsvolumens bei gegebener Höhe (Eichhorn'sche Beziehung, im Mittel +16%) und des allgemeinen Ertragsniveaus (im Mittel +21%).

Der Anstieg des Ertragsniveaus um circa 20% entspricht etwa der Relation zwischen dem mittleren und oberen Ertragsniveau, die Assmann (1961) für Fichten- und Buchenreinbestände gezeigt hat. Assmann (1961, S. 164–174) führt den Anstieg von Vorrat und GWL bei

gegebener Höhe und Bonität auf Verbesserungen der Wasserversorgung wegen erhöhter Wasserspeicherkapazität der Böden zurück. Im Fall der hier jeweils kombinierten Rein- und Mischbestände bestehen aber keine Unterschiede im Hinblick auf die Wasserspeicherkapazität; vielmehr sind die großregionalen sowie lokalen Wuchsbedingungen weitgehend gleich. Unterschiede dürften daher eher in der Aufnahme und Nutzungseffizienz der Ressourcen Licht und Wasser bestehen (Forrester 2014; Forrester und Albrecht 2014).

Mischung als zugwachssteigernde waldbauliche Maßnahme

Mischbestände können viele Waldfunktionen und -leistungen wie z. B. Stabilität (Griess und Knoke 2011), Habitat- und Biodiversität (Tews et al. 2004) oder Ästhetik- und Erholungsfunktionen (Stölb 2005) häufig besser erbringen als Reinbestände. Die vorliegende Untersuchung unterstreicht, dass durch Mischung komplementärer Baumarten auch eine dauerhafte Erhöhung von Zuwachs und Dichte erreicht werden kann. Die Mischungseffekte fallen bei einer Kombination von Licht- mit Schattenbaumarten, Koniferen mit Laubbaumarten oder Pionier- mit Klimaxbaumarten besonders deutlich aus. Dieser Vorteil entsteht aus der überlegten Kombination von Baumarten, die die verfügbaren Ressourcen aufgrund ihrer ökologischen Komplementarität besser aufnehmen oder effizienter nutzen. Die Voraussetzung für die Ausschöpfung des Potentials von Mischbeständen im Sinne einer Erhöhung der Produktivität oder Dichte ist ökologisches Wissen, wie es dieser Beitrag vermitteln möchte. Im Vergleich zu anderen waldbaulichen Maßnahmen wie Durchforstung, Düngung oder Astung bildet die Baumartenmischung eine besonders effiziente Maßnahme zur Verbesserung der Funktionen und Leistungen von Wäldern.

Praktische Relevanz der Ergebnisse

Bei Bestandsaufnahmen und Betriebsinventuren erfolgt die Vorratsermittlung häufig über Bonitierung der Bestände und Abgriff ihres Vorrats aus Tabellenwerken in Abhängigkeit von Alter und Höhe der Bestände. Die entsprechenden Tafelwerke wurden durchweg für Reinbestände entwickelt und repräsentieren demnach auch die Eichhorn'sche Beziehung und das Ertragsniveau von Reinbeständen. Bei ihrer Anwendung für die Vorratsschätzung von Mischbeständen, in welchen die genannten Beziehungen auf höherem Niveau liegen können, sollten die aus der Ertragstafel abgegriffenen Werte ($Vorrat_{ET}$) deshalb mit dem Bestockungsgrad korrigiert werden ($Vorrat_{geschätzt} = Vorrat_{ET} \times BG_G$). Der

grundflächenbezogene Bestockungsgrad (BG_G) lässt sich besonders einfach über Winkelzählproben in dem betreffenden Bestand ermitteln ($BG_G = G_{WZP}/G_{ET}$), wobei G_{WZP} und G_{ET} für die Bestandesgrundflächen aus der Winkelzählprobe bzw. Ertragstafel stehen. Auf Basis von Ertragstafeln ermittelte Vorräte sollten dann nach Ermittlungen des Bestockungsgrads bei überlegenen Dichten der Mischbestände auf wirklichkeitsnähere Dichte mit dem gemessenen Bestockungsgrad ($BG_G = G_{WZP}/G_{ET} > 1.0$) erhöht werden.

Die Erhöhung der Tragfähigkeit durch Baumartenmischung ist eine wichtige Information, die in die Entwicklung von waldbaulichen Pflegerichtlinien einfließen sollte (Schütz und Zingg 2010). Werden für Mischbestände, wie bisher üblich, dieselben maximalen Bestandsdichten wie für Reinbestände unterstellt, und erfolgen in ihnen ähnliche Dichteabsenkungen im Zuge von Durchforstungen wie in Reinbeständen, dann besteht die Gefahr suboptimaler Dichtehaltung. Die Tragfähigkeit könnte dann durch zu starke Dichteabsenkungen nicht voll ausgeschöpft werden und es könnten Produktionsverluste entstehen. Die Mischungseffekte würden quasi durch Unterschreitung der zugwachs optimalen Dichte eliminiert. Die gezeigte erhöhte Tragfähigkeit erlaubt vielmehr höhere Stammzahlhaltungen und höhere Anzahlen von Z- oder Ausleseebäumen als in Reinbeständen.

Danksagung

Dank geht an das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten für die Unterstützung des Projektes W07 »Betreuung der langfristigen ertragskundlichen Versuchsflächen« und an die Europäische Union für die Förderung der COST Action FP1206 EuMIXFOR, durch welche einige der Rein- und Mischbestände für diese Untersuchung verfügbar wurden. Dank gilt außerdem Martin Nickel und Leonhard Steinacker für die Zusammenstellung der Daten und Ulrich Kern für die Anfertigung der Grafiken.

Literatur

Assmann, E. (1961): Waldertragskunde. Organische Produktion, Struktur, Zuwachs und Ertrag von Waldbeständen. BLV Verlagsgesellschaft, München, Bonn, Wien, 490 S.

Binkley, D.; Senock, R.; Bird, S.; Cole, T.; G. (2003): Twenty years of stand development in pure and mixed stands of *Eucalyptus saligna* and nitrogen-fixing *Facaltaria moluccana*. *Forest Ecology and Management*, 182(1), S. 93–102

Eichhorn, F. (1902): Ertragstafeln für die Weißtanne. Verlag Julius Springer, Berlin, 81 S. + annex

Foerster, W. (1990): Zusammenfassende ertragskundliche Auswertung der Kiefern-Düngungsversuchsflächen in Bayern. *Forstl Forschungsber München* 105, S. 1–328

Forrester, D. I. (2014): The spatial and temporal dynamics of species interactions in mixed-species forests: from pattern to process. *Forest Ecology and Management*, 312: S. 282–292

Forrester, D. I.; Albrecht, A. T. (2014): Light absorption and light-use efficiency in mixtures of *Abies alba* and *Picea abies* along a productivity gradient. *Forest Ecology and Management*, 328, S. 94–102

Griess, V. C.; Knoke, Th. (2011): Growth performance, wind-throw, and insects: meta-analyses of parameters influencing performance of mixed-species stands in boreal and northern temperate biomes. *Canadian Journal of Forest Research* 41: S. 1141–1159

Piotto, D. (2008): A meta-analysis comparing tree growth in monocultures and mixed plantations. *Forest Eco Mngt* 255: S. 781–786

Pretzsch, H. (2014): Canopy space filling and tree crown morphology in mixed-species stands compared with monocultures. *Forest Ecology and Management*, 327: S. 251–264

Pretzsch, H.; Schütze, G.; Biber, P. (2016): Zum Einfluss der Baumartenmischung auf die Ertragskomponenten von Waldbeständen. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung* 187 (7/8): S. 122–135

Pretzsch, H.; Biber, P. (2016): Tree species mixing can increase maximum stand density. *Canadian Journal of Forest Research*, 46(10), S. 1179–1193

Pretzsch, H.; Forrester, D. I.; Rötzer, T. (2015): Representation of species mixing in forest growth models. A review and perspective. *Ecological Modelling*, 313, S. 276–292

Pretzsch, H.; del Río, M.; Ammer, Ch.; Avdagic, A.; Barbeito, I.; Bielak, K.; Brazaitis, G.; Coll, L.; Dirnberger, G.; Drössler, L.; Fabrika, M.; Forrester, D. I.; Godvod, K.; Heym, M.; Hurt, V.; Kurylyak, V.; Löf, M.; Lombardi, F.; Matovič, B.; Mohren, F.; Motta, R.; den Ouden, J.; Pach, M.; Ponette, Q.; Schütze, G.; Schweig, J.; Skrzyszewski, J.; Sramek, V.; Sterba, H.; Stojanovič, D.; Svoboda, M.; Vanhellefont, M.; Verheyen, K.; Wellhausen, K.; Zlatanov, T.; Bravo-Oviedo, A. (2015): Growth and yield of mixed versus pure stands of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and European beech (*Fagus sylvatica* L.) analysed along a productivity gradient through Europe. *Eur J Forest Res*, 134 (5): S. 927–947

Reineke, L. H. (1933): Perfecting a stand-density index for even-aged forests. *J Agr Res* 46: S. 627–638

Río, M. D.; Schütze, G.; Pretzsch, H. (2014): Temporal variation of competition and facilitation in mixed species forests in Central Europe. *Plant Biology*, 16(1): S. 166–176

Río, del, M.; Sterba, H. (2009): Comparing volume growth in pure and mixed stands of *Pinus sylvestris* and *Quercus pyrenaica*. *Annals of Forest Science*, 66(5): S. 1–11

Schütz, J. P.; Zingg, A. (2010): Improving estimations of maximal stand density by combining Reineke's size-density rule and the yield level, using the example of spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and European Beech (*Fagus sylvatica* L.). *Annals of forest science*, 67(5): S. 507

Stölb, W. (2005): Waldästhetik: über Forstwirtschaft, Naturschutz und die Menschenseele. Kessel, 400 S.

Tews, J.; Brose, U.; Grimm, V.; Tielbörger, K.; Wichmann, M. C.; Schwager, M.; Jeltsch, F. (2004): Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. *Journal of biogeography*, 31(1): S. 79–92

Zhang, Y.; Chen, H. Y.; Reich, P. B. (2012): Forest productivity increases with evenness, species richness and trait variation: a global meta-analysis. *Journal of Ecology*, 100(3): S. 742–749

Keywords: Norway spruce, mixed stands, structure, stand density, yield level

Summary: It is known from overarching analyses that mixed forest stands with Norway spruce can produce about 10-25 % more than monospecific stands. In this article we show how mixture influences stand structure, stand density and the yield level. Species mixture results in a more diverse height structure, usually due to one species being accelerated while the other one is slowed down in its height growth. Hereby however, the overall stand height stays mostly unaffected. When Norway spruce is mixed with other species, stand density can increase by 10 % in average (max. 30 %) related to the weighted mean density of neighboring monospecific stands. Similarly, yield level and total volume production is by 15 % to 20 % higher in mixed stands. We discuss causes and silvicultural consequences of these species mixing effects.

Betriebswirtschaftliche Chancen und Risiken der Fichtenwirtschaft im Klimawandel

Thomas Knoke

Schlüsselwörter: Fichte, Klimawandel, Alternativbaumarten, Baumartenportfolios

Zusammenfassung: Die Forstwirtschaft in Bayern lebt mehr denn je von der Fichte. Von keiner anderen Baumart wird so viel Holz eingeschlagen (mehr als $\frac{2}{3}$ des Holzaufkommens aus den bayerischen Wäldern). Gleichzeitig führt aber der Waldumbau zu einer merklichen Reduktion der mit Fichte bestockten Flächen. Begründet wird dieses Vorgehen unter anderem mit den klimabedingten Unsicherheiten. Der Beitrag demonstriert in diesem Zusammenhang, wie sich die Wirtschaftlichkeitsverhältnisse in Fichten- und Fichten-Buchen-Mischbeständen im Zuge des Klimawandels verändern könnten. Darüber hinaus wird beispielhaft dargestellt, wie heute existierende Fichtenflächen teilweise durch alternative, wirtschaftlich leistungskräftige Baumarten, wie Douglasie und Tanne, ersetzt werden können, ohne dabei zu sehr auf eine Baumart zu fokussieren. Die Betrachtungen auf der Bestandesebene zeigen, dass selbst unter drastischen Veränderungen die von Fichten dominierten Bestände betriebswirtschaftlich besser abschneiden als von Buchen dominierte Bestände. Für das gewählte Beispiel des bayerischen Tertiären Hügellandes, wo heute die Fichte auf großer Fläche vorherrscht, zeigt eine betriebliche Betrachtung eine wirtschaftlich optimale Baumartenmischung aus 16 % Laubholz, 42 % Fichte, 25 % Douglasie und 17 % Tanne. Hierdurch kann der wirtschaftliche Ertrag deutlich gesteigert werden, ohne das wirtschaftliche Risiko unverantwortlich zu erhöhen.

Die Fichte ist nicht nur Baum des Jahres 2017, sondern sie bildet auch das Rückgrat der Forstwirtschaft in Bayern. Laut Bundeswaldinventur hat die Fichte jedoch allein in Bayern von 2002 bis 2012 um 64.000 ha an Fläche und um 7 % an Holzvorrat abgenommen (BWI 2014). Dies ist sicher nur zum Teil bzw. nur indirekt eine Auswirkung des Klimawandels. Vielmehr wird in diesen Zahlen ein bedeutsamer aktiver Umbau der bayerischen Wälder deutlich. Es bleibt jedoch die Frage offen, ob der nachwachsende Wald aus betriebswirtschaftlicher Sicht ähnlich erfolgreich sein kann, wie der leider oft ungerechtfertigt negativ bewertete

Fichtenwald. Immerhin repräsentiert die Fichte ein jährliches Holzaufkommen in Höhe von 15,4 Millionen Efm (Efm = Erntefestmeter) und nimmt damit rund 70 % des Holzangebots aus den bayerischen Wäldern ein. Bezogen auf den finanziellen Umsatz liegt ihr Anteil (gutachtliche Schätzung der Holzpreise durch den Autor) sogar bei rund 76 %. Diese starke Fokussierung der bayerischen Forstwirtschaft auf die Fichte macht diesen Sektor allerdings auch »verwundbar«. Die Prognosen für die Verbreitung und Anbaueignung der Fichte im Klimawandel fallen sehr ungünstig aus (Kölling et al. 2009). Der durch den Klimawandel gerechtfertigte Rückgang der Fichte könnte zu bedeutsamen ökonomischen Ertragsrückgängen in Deutschland und ganz Europa führen. Allein für Baden-Württemberg wurde aufgrund des prognostizierten Rückgangs der Fichte eine Verminderung der Bodenertragswerte um 0,69 bis 3,10 Milliarden Euro abgeschätzt (Hanewinkel et al. 2010).

In einer Initiative des Zentrums Wald-Forst-Holz Weihenstephan wurde diese Problematik bereits vor einiger Zeit sorgfältig aufgearbeitet (Biermayer 2009). Auch über die ökonomische Zukunft der Fichte wurde in diesem Zusammenhang schon kurz berichtet (Knoke 2009). Damals wurden vor allem die Mischbestands-Option sowie der Waldbau mit ungleichaltrigen Beständen beleuchtet. Seither sind neue Erkenntnisse über die durch den Klimawandel bedingten Verschiebungen von Überlebenswahrscheinlichkeiten der Fichte im Rein- und Mischbestand hinzugekommen. Zudem haben sich die Möglichkeiten der betriebswirtschaftlichen Modellierung weiter verbessert. Daher sollen die betriebswirtschaftlichen Chancen und Risiken der bayerischen Fichtenwirtschaft bei einem geänderten Klima anhand von neuen Beispielen diskutiert werden.

Mit dem vorliegenden Artikel sollen zwei Strategien beispielhaft im Hinblick auf betriebswirtschaftliche Gesichtspunkte beleuchtet werden, beide unter Beachtung von vom Nadelholz geprägten Bestandestypen:

- Der Umbau von Fichtenreinbeständen in Mischbestände. Auf vielen Flächen in Bayern läuft die Fichte mit dichter Naturverjüngung auf. Es bietet selbstverständlich betriebswirtschaftliche Vorteile, diese

Naturverjüngung zu übernehmen. Die betriebswirtschaftlichen Chancen, die in der Übernahme von Naturverjüngung zu sehen sind, haben beispielsweise Heidingsfelder und Knoke (2004) sowie Knoke et al. (2016a) erläutert. Mithilfe eines rechtzeitigen Voranbaus (bzw. einer natürlichen Vorausverjüngung) von Schattbaumarten wie Buche oder Tanne könnten Mischbestände erzielt werden, die besser an ein geändertes Klima angepasst sind.

- Der teilweise Ersatz der Fichte durch andere Alternativen, z. B. durch ertragskräftige Baumarten wie die Douglasie. Es ist in dem Zusammenhang sehr interessant zu untersuchen, wie ein diversifiziertes Portfolio mit viel Nadelholz aussieht und was es betriebswirtschaftlich leisten könnte.

Mögliche Verschiebung der wirtschaftlichen Verhältnisse im Klimawandel

Nachdem sich in einem konzeptionell ausgerichteten Artikel die Überlebenswahrscheinlichkeit der Baumarten in Rein- und Mischbeständen als sehr wichtige Einflussgröße für betriebswirtschaftliche Kennzahlen gezeigt hat (Knoke und Seifert 2008), wurden Forschungsarbeiten zur Modellierung dieser Variablen eingeleitet. Basierend auf den Daten der Waldzustandserhebung in Rheinland-Pfalz konnten Griess et al. (2012) deutliche Stabilisierungseffekte in Mischbeständen nachweisen, von denen vor allem die Fichte profitiert. Aufgrund dieses positiven Mischbestands-effektes können bei geringfügiger Beimischung von Buche (Flächenanteil in einer Größenordnung von circa 10 %) sogar etwas höhere wirtschaftliche Erfolge (gemessen am Kapitalwert) als in einem Fichtenreinbestand erzielt werden – und dies bei geringerem Risiko (Griess und Knoke 2013). Bei sehr langfristiger Betrachtung ergibt sich eine gleich hohe Wirtschaftlichkeit für den Fichten-Reinbestand und den Bestand mit geringer Buchen-Beimischung (gemessen am Bodenertragswert¹). Die Beimischung der Buche in einer Größenordnung von 50 % bedeutet erheblich niedrigere Deckungsbeitragsäquivalente, aber auch ein sehr viel niedrigeres Risiko.

Die geschilderten Ergebnisse haben jedoch nur eingeschränkte Gültigkeit für die Zukunft, da keine Verschiebungen der Höhe der Überlebenswahrscheinlichkeit der Baumarten berücksichtigt wurden. Solche Ver-

schiebungen werden im Zuge des Klimawandels erwartet. Neuner et al. (2015) konnten einen umfangreichen Datensatz aus Bayern, Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz verwenden, um die Überlebenszeiten der Fichte in Rein- und Mischbeständen anhand von Daten der Waldzustandserhebung zu analysieren. Im Zuge dieser Analyse wurden auch Klimavariablen berücksichtigt. Dabei zeigte sich, dass die Überlebenswahrscheinlichkeit der Fichte in einem wärmeren und trockeneren Klima durch Beimischung von Laubholz auf einem deutlich höheren Niveau gehalten werden kann, als in einem Fichten-Reinbestand. Allerdings liegen die resultierenden Kurven zur Überlebenswahrscheinlichkeit generell auf einem erstaunlich hohen Niveau, unabhängig davon, welches Klima unterstellt wird. Hier müssen noch methodische Probleme gelöst werden, denen in dem derzeit laufenden Forschungsprojekt SURVIVAL-KW² nachgegangen wird. Ein Beispiel für solch ein Problem ist die Tatsache, dass beispielsweise in Bayern das Mindestalter der im Rahmen der Waldzustandserhebung untersuchten Bäume 60 Jahre beträgt. Dies führt zwangsläufig zu einem zu hohen Verlauf der Überlebenskurven, da ja durch das Ausklammern der Zeit bis zum Alter 60 fälschlicherweise ein sicheres Erreichen dieses Zeitpunktes unterstellt wird.

Aufgrund solcher Einschränkungen ist der bisher mit statistischen Methoden darstellbare Einfluss des Klimawandels auf die betriebswirtschaftlichen Kennzahlen von Fichten-Buchen-Bestandestypen verhältnismäßig unspektakulär (Abbildung 1).

Zwar zeigen die in Abbildung 1 dargestellten Untersuchungen von Neuner und Knoke (2017) einen merklichen Effekt des zukünftig als wärmer und trockener unterstellten Klimas. Die Deckungsbeitragsäquivalente sinken und die als Maß für das Risiko verwendeten Standardabweichungen steigen an. Diese Veränderungen werden in den beiden Mischbestandstypen abgepuffert. Allerdings sind die Auswirkungen des Klimawandels in diesem Beispiel insgesamt vernachlässigbar gering.

In einem weiteren hypothetischen Szenario mit stark reduziertem Zuwachs der Fichte (–40 %) und leicht erhöhtem Zuwachs der Buche (+10 %) zeigten sich drastische Absenkungen der Deckungsbeitragsäquivalente in allen Bestandestypen mit Fichtenbeteiligung. Die Rückgänge lagen in einer Größenordnung

¹Das ist die Summe der Barwerte aller zukünftig unterstellten Deckungsbeiträge. Bei dieser Betrachtung wird somit ein unendlicher Betrachtungshorizont unterstellt.

²Finanziert durch den Waldklimafonds, für mehr Information siehe <http://waldinventur.wzw.tum.de/index.php?id=161&L=0>

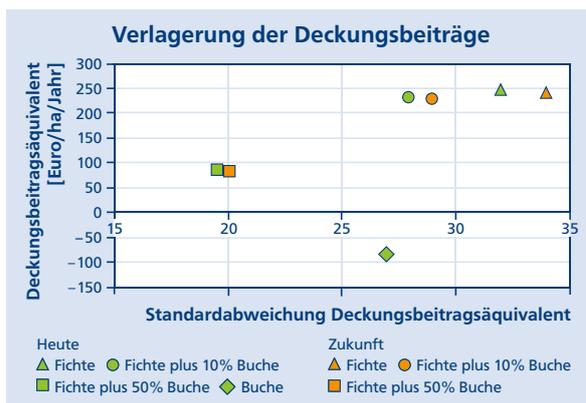


Abbildung 1: Mögliche Verlagerung der Deckungsbeiträge und ihrer Standardabweichungen in Rein- und Mischbeständen (Daten aus Neuner und Knoke 2017). Mit Deckungsbeitragsäquivalent wird die Annuität des jeweiligen Kapitalwertes (Kalkulationszinssatz 2 %) bezeichnet. Bei allen Modell-Beständen wurde künstliche Begründung unterstellt und die Prozentanteile sind Flächenanteile.

von 100 bis 120 Euro/ha/Jahr. Dennoch rangierten die resultierenden Deckungsbeitragsäquivalente der von Fichte dominierten Bestände (mit bis zu 10 % Buche) weiterhin um mindestens ~30 Euro/ha/Jahr über denen der Bestände mit 50 % und mehr Buche. Selbst wenn also die befürchteten Beeinträchtigungen der Fichte durch den Klimawandel tatsächlich eintreten, kann durch eine erhebliche Beteiligung der Buche oder gar durch Buchen-Reinbestände im Durchschnitt kein besseres Ergebnis als durch von Fichte dominierte Bestände erwartet werden. Allerdings erweist sich eine geringfügige Beteiligung der Buche in allen Szenarien als betriebswirtschaftlich vorteilhaft, weil dies zu keiner nennenswerten Senkung der Deckungsbeitragsäquivalente, wohl aber zu einer spürbaren Risikosenkung führt.

Mögliche Strategie zur Diversifizierung des Baumarten-Portfolios

Vor dem Hintergrund der begrenzten Möglichkeiten, die eventuellen negativen Auswirkungen des Klimawandels auf das Wachstum und die Überlebensraten der Fichte durch erhöhte Beteiligung von Laubholz zu kompensieren, müssen alternative Baumarten betrachtet werden. Diese Baumarten könnten Teile der heutigen Fichtenfläche übernehmen. Im Folgenden soll demonstriert werden, wie ein Baumarten-Portfolio aus Fichte und anderen Baumarten für die standörtlichen Verhältnisse im bayerischen Tertiären Hügelland aus-

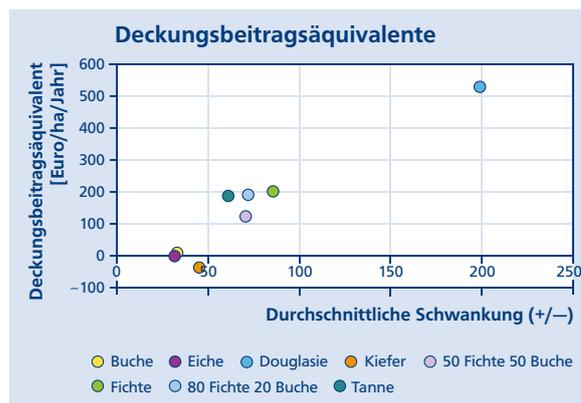


Abbildung 2: Deckungsbeitragsäquivalente (hier Annuitäten bei einem Kalkulationszinssatz in Höhe von 1,5 %) für verschiedene Bestandestypen und durchschnittliche standörtliche Verhältnisse im Tertiären Hügelland. Werte für Tanne wurden gutachtlich anhand von Erfahrungswerten aus dem Universitätsforstbetrieb der Ludwig-Maximilians-Universität München angepasst. Für Fichte wurde ein hoher Naturverjüngungsanteil einhergehend mit niedrigen Kulturkosten (1.000 Euro/ha) unterstellt.

sehen könnte. Im Zuge dieser Modellanalyse wird auf unveröffentlichte Daten von Härtl (2016) zurückgegriffen, welche dieser im Rahmen des BioHolz-Projektes³ mithilfe des Waldwachstumsmodells SILVA (Pretsch et al. 2002) sowie des Betriebsoptimierungsmodells YAFO (Härtl et al. 2013) generiert hat. Die jeweiligen Deckungsbeitragsäquivalente sowie ihre Standardabweichungen sind für die betrachteten Baumarten in Abbildung 2 dargestellt.

Abweichend von den bisherigen Studien zur Ableitung einer langfristigen Baumartenzusammensetzung in einem Forstbetrieb (z. B. Neuner et al. 2013) kann auch ein so genanntes »robustes Optimierungsmodell« eingesetzt werden, um eine langfristige Baumartenstruktur zu eruieren. Ziel dabei ist es, dass auch bei Eintritt ungünstiger Szenarien mit geringen Deckungsbeitragsäquivalenten (so genannte »Worst-Case-Szenarien«) noch relativ gute Ergebnisse erzielt werden. Dazu werden diskrete Szenarien möglicher Deckungsbeitragsäquivalente betrachtet. Für jeden Bestandestyp (Abbildung 2) ist dies ein pessimistisches (erwartetes Deckungsbeitragsäquivalent *minus* 2,5 Mal die simulierte Standardabweichung) und ein optimistisches Szenario (erwartetes Deckungsbeitragsäquivalent *plus* 2,5 Mal die simulierte Standardabweichung). Diese Szenarien werden in der Optimierung für alle Kombinationsmöglichkeiten berücksichtigt. Bei, wie in unserem Falle, acht Bestandestypen ergeben sich

³ <http://waldinventur.wzw.tum.de/index.php?id=159&L=0>

damit insgesamt $2^8 = 256$ diskrete Szenarien. Im Zuge der Optimierung werden den Bestandestypen nun Flächenanteile (deren Summe immer eins ergeben muss) so zugeordnet, dass für jedes der 256 Szenarien der Abstand zum maximal erreichbaren Deckungsbeitragsäquivalent (ausgedrückt als 100 %) minimiert wird. Dieses Verfahren wurde für Landnutzungs-Portfolios in Ecuador erprobt (Knöke et al. 2015), für die Planung der Rekultivierung verlassener tropischer Weideflächen eingesetzt (Knöke et al. 2016b) und von Messerer et al. (2017) auf ein forstwirtschaftliches Optimierungsproblem angewandt. Ein großer Vorteil dieser »robusten« Art von Optimierung liegt in den relativ geringen Anforderungen an die Eingangsdaten. Das Ergebnis einer solchen Optimierung ist ein relativ ausgewogenes Baumarten-Portfolio (Abbildung 3 unten).

Das »optimierte« Baumarten-Portfolio erreicht ein um 27 % höheres Deckungsbeitragsäquivalent als ein Portfolio mit reiner Fichte, bei einer Standardabweichung, die um 34 % niedriger liegt. Gegenüber einer aktuellen Baumartenstruktur eines Beispielbetriebes aus dem Tertiären Hügelland (Abbildung 3 oben) verspricht das optimierte Portfolio sogar um 128 % gesteigerte Deckungsbeitragsäquivalente, bei einem nur wenig erhöhten Risiko. Trotz des extrem hohen mittleren Deckungsbeitragsäquivalents der Douglasie (über 500 Euro/ha/Jahr) wird das Portfolio nicht von dieser Baumart dominiert. Die Douglasie weist ja auch eine enorme Standardabweichung der Deckungsbeitragsäquivalente auf, da zum einen recht hohe Werte des stehenden Holzvorrates »im Risiko« stehen und zum anderen weil die Ausgaben für die Kulturbegründung stark schwanken können.

Selbst wenn nun die Douglasie sich in Zukunft als unerwartet anfällig erweisen sollte, würde aufgrund der anderen Baumarten, auf den verbleibenden 75 % der Betriebsfläche, der wirtschaftliche Erfolg nicht gänzlich in Frage stehen. Der mit 17 % hohe Tannenanteil lässt sich natürlich nur mit Hilfe eines angepassten Wildmanagements erreichen. Rechnet man die Buchenanteile des Portfolios zusammen, so ergibt sich ein Laubholzanteil von lediglich 16 %. Kiefer und Eiche sind in diesem Beispiel nicht vertreten. Alles in allem verspricht dieses »Nadelholz-Portfolio« gute betriebswirtschaftliche Chancen, ohne alles auf eine Karte setzen zu müssen.

Das optimierte Baumarten-Portfolio (Abbildung 3 unten) darf nun nicht so verstanden werden, dass der Douglasien-Anteil, sowie der Tannen-Anteil, in Form

von Reinbeständen realisiert werden sollte. Vielmehr wäre die Tanne einzeln bis truppweise beizumischen (z. B. zur Fichte) und die Douglasie sollte eine Beimischung entweder von Tanne, Buche oder auch Fichte haben. Die betriebswirtschaftliche Darstellung dieser Mischbestands-Typen ist jedoch im Moment aufgrund methodischer Einschränkungen noch nicht möglich. Betriebswirtschaftliche Mischbestandseffekte wurden bisher nur für Fichten-Buchen-Typen erforscht.

Baumarten-Portfolios

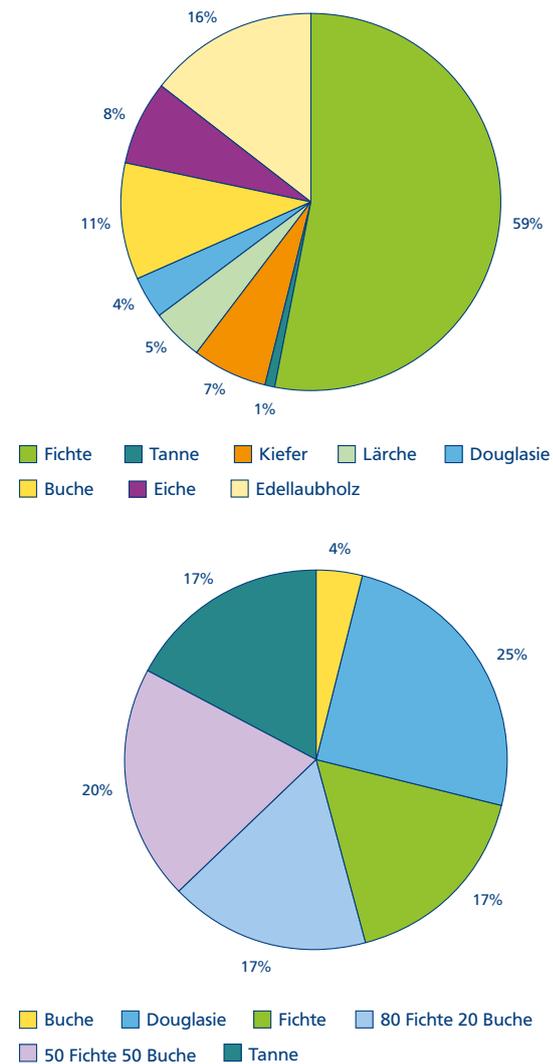


Abbildung 3: Oben: Beispiel einer aktuellen Baumartenstruktur eines Beispielbetriebes aus dem Bayerischen Tertiären Hügelland (Universitätsforstbetrieb der Ludwig-Maximilians-Universität München, Friedrich 2017). Unten: Beispiel einer betriebswirtschaftlich optimierten Baumartenstruktur für einen ehemals von Fichten dominierten Betrieb unter stärkerer Beteiligung wirtschaftlich vorteilhafter Alternativbaumarten, wie Tanne und Douglasie, aber auch von verschiedenen Fichten-Buchen-Mischbestandstypen (Zahlen der Mischbestandstypen entsprechen flächenbezogenen Prozentanteilen)

Fazit

Mit großer Wahrscheinlichkeit werden betriebswirtschaftliche Zielsetzungen privater und staatlicher Waldbesitzer allein durch Umwandlung von Fichten-Reinbeständen in Mischbestände mit Fichte oder Laubholz-Reinbestände nicht erreicht werden können. Alternativbaumarten wie beispielsweise Douglasie oder Tanne sollten größere Flächenanteile einnehmen, um die betriebswirtschaftlichen Chancen der Nadelholzwirtschaft zu nutzen und trotzdem eine stärkere Durchmischung und damit Abkehr von der Fichtenreinbestandswirtschaft zu erreichen. Auch sollte man weitere Nadelholzarten, beispielsweise die Lärche, verstärkt beteiligen und Gastbaumarten testen. Dies könnte unter anderem die Libanon-Zeder sein. Ein Waldbau mit verschiedensten Nadelholzarten unter maßgeblicher Beteiligung von Tanne lässt sich jedoch nur bei angepassten Wildbeständen erreichen.

Die angestellten Überlegungen gelten für einen betriebswirtschaftlich orientierten Waldbau, welcher insbesondere für den privaten Waldbesitz interessant sein könnte. Damit wird natürlich nicht behauptet, dass ein solcher Waldbau im Privatwald zwingend ist. Die Möglichkeit dazu muss allerdings gesichert werden. Dieser eher wirtschaftlich orientierte Waldbau kann auch einige Anforderungen einer multifunktionalen Waldwirtschaft gut mit erfüllen, beispielsweise die Kohlenstoffspeicherung. Andere Aspekte, wie Totholzbereitstellung oder Habitatschutz, laufen in diesem Waldbau jedoch nicht automatisch mit. Die Berücksichtigung solcher Aspekte erfordert eine abweichende Waldstruktur, sicherlich mit deutlich mehr Laubholz, welche aber betriebswirtschaftlich nicht als besonders vorteilhaft gelten kann. So verspricht das in Abbildung 3 dargestellte laubholzreiche Baumarten-Portfolio des Beispielbetriebes langfristig um rund 140 Euro/ha/Jahr geringere Deckungsbeitragsäquivalente als das »optimierte« nadelholzreichere Baumarten-Portfolio. Durch die Berücksichtigung von Naturschutz-Aspekten entstehen folglich mitunter erhebliche Opportunitätskosten.

Diese Opportunitätskosten müssen in Zukunft mit hoher Priorität beziffert und ausgewiesen werden, denn diese Kosten dürfen nicht einseitig auf den Waldbesitz abgewälzt werden. Eine Gesellschaft die verstärkt Naturschutzaspekte einfordert, muss auch bereit sein sich an deren Kosten zu beteiligen. Dieselbe Gesellschaft fördert ja durch ihr Konsumverhalten und ihren generellen Lebensstil durchaus gerade diejenigen Wirtschaftssektoren mit enormem ökologischen Fuß-

abdruck und hohem Naturverbrauch. Beispielsweise wird durch zunehmenden Erwerb von High-Tech-Produkten der Abbau seltener Erden massiv gefördert, der Dienstleistungssektor (Tourismusindustrie) führt zu stetig zunehmenden Flugreisen und unser Lebensmittelkonsum fördert den Raubbau an der Natur durch Umwandlung natürlicher Ökosystem in landwirtschaftliche Produktionsflächen. Zahlreiche weitere Beispiele wären leicht zu nennen. Vor diesem Hintergrund kann man tatsächlich den Eindruck gewinnen, dass die vor allem von der städtischen Bevölkerung unterstützten Naturschutzaspekte, die in vielen Fällen mit signifikanten Nutzungsverzichten und hohen Kosten für die Waldbesitzer einhergehen, eine gewisse Stellvertreterfunktion haben, um das im Unterbewusstsein schlummernde, eigentlich schlechte ökologische Gewissen zu beruhigen. Wie in allen anderen Bereichen unserer Volkswirtschaft auch, müssen aber kostspielige Forderungen auch bezahlt werden. Daher sollte fairerweise der dem US-Ökonomen und Wirtschaftsnobelpreisträger Milton Friedmann zugeschrieben Satz: »*There is no free lunch*«, endlich auch für die Waldwirtschaft gelten. Mit Blick auf die Ausweisung der Kosten des Naturschutzes stehen dabei insbesondere die großen Landesforstbetriebe in der Pflicht, beispielsweise die Bayerischen Staatsforsten, welche auch finanziell sehr anspruchsvolle Naturschutzkonzepte praktizieren.

Danksagung

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft und dem Kuratorium für Forstliche Forschung gebühren Dank für die großzügige Förderung der Forschungsarbeiten, über die berichtet wurde (Förderkennzeichen KN 586/7-1,2 und KN 586/11-1). Darüber hinaus bin ich Frau Dr. Carola Paul für hilfreiche Kommentare sehr dankbar.

Literatur

Biermayer, G. (2009): Fichtenwälder im Klimawandel – Konsequenzen für Forstwirtschaft und Forstwissenschaft. LWF Wissen 63: S. 7–10

BWI (2014): Bundeswaldinventur Ergebnisdatenbank. <https://bwi.info/>. Zugriff 29.04.2017

Friedrich, S. (2017): Abschlussdokumentation der Inventur 2016 im Wald der Ludwig-Maximilians-Universität München. Unveröffentlicht

Griess, V.C.; Knoke, T. (2013): Bioeconomic modelling of mixed Norway spruce - European beech stands: Economic consequences of considering ecological effects. *European Journal of Forest Research* 132: S. 511–522

Griess, V.C., Acevedo, R.; Härtl, F.; Staupendahl, K.; Knoke, T. (2012): Does mixing tree species enhance stand resistance against natural hazards? A case study for spruce. *Forest Ecology and Management* 267: S. 284–296

Hanewinkel, M.; Hummel, S.; Cullmann, D. A. (2010): Modelling and economic evaluation of forest biome shifts under climate change in Southwest Germany. *Forest Ecology and Management* 259: S. 710–719

Härtl, F.; Hahn, A.; Knoke, T. (2013): Risksensitive planning support for forest enterprises: The YAFO model. *Computers and Electronics in Agriculture* 94: S. 58–70

Heidingsfelder, A.; Knoke, T. (2004): Douglasie versus Fichte: Ein betriebswirtschaftlicher Leistungsvergleich auf Grundlage des Provenienzversuches Kaiserslautern. *Schriften zur Forstökonomie* Band 26, Sauerländer's Verlag, Frankfurt a.M.

Knoke, T.; Clasen, C.; Paul, C.; Friedrich, S. (2016a): Ökonomische Kalkulationen sprechen oft für Naturverjüngung. *Allgemeine Forst Zeitschrift für Waldwirtschaft und Umweltvorsorge* 71: S. 42–45

Knoke, T.; Paul, C.; Hildebrandt, P.; Calvas, B.; Castro, L.M.; Härtl, F.; Döllner, M.; Hamer, U.; Windhorst, D.; Wiersma, Y.F.; Curatola Fernandez, G.F.; Obermeier, W.A.; Adams, J.; Breuer, L.; Mosandl, R.; Beck, E.; Weber, M.; Stimm, B.; Haber, W.; Fürst, C.; Bendix, J. (2016): Compositional diversity of rehabilitated tropical lands supports multiple ecosystem services and buffers uncertainties. *Nature Communications* 7: Artikel Nummer: 11877

Knoke, T.; Paul, C.; Härtl, F.; Castro, L.M.; Calvas, B.; Hildebrandt, P. (2015): Optimizing agricultural land-use portfolios with scarce data – A non-stochastic model. *Ecological Economics* 120: S. 250–259

Knoke, T. (2009): Die ökonomische Zukunft der Fichte. LWF Wissen 63: S. 16–21

Knoke, T.; Seifert, T. (2008): Integrating selected ecological effects of mixed European beech – Norway spruce stands in bioeconomic modelling. *Ecological Modelling* 210: S. 487–498

Kölling, C.; Knoke, T.; Schall, P.; Ammer, C. (2009): Überlegungen zum Risiko des Fichtenanbaus in Deutschland vor dem Hintergrund des Klimawandels. *Forstarchiv* 80: S. 42–54

Messerer, K.; Pretzsch, H.; Knoke, T. (2017): A non-stochastic portfolio model for optimizing the transformation of an even-aged forest stand to continuous cover forestry when information about return fluctuation is incomplete. *Annals of Forest Science: Accepted pending minor revisions*.

Neuner, S.; Knoke, T. (2017): Economic consequences of altered survival of mixed or pure Norway spruce under a dryer and warmer climate. *Climatic Change* 140: S. 519–531

Neuner, S.; Albrecht, A.; Cullmann, D.; Engels, F.; Griess, V. C.; Hahn, W. A.; Hanewinkel, M.; Härtl, F.; Kölling, C.; Staupendahl, K.; Knoke, T. (2015): Survival of Norway spruce remains higher in mixed stands under a dryer and warmer climate. *Global Change Biology* 21: S. 935–946

Neuner, S.; Beinhofer, B.; Knoke, T. (2013): The optimal tree species composition for a private forest enterprise – applying the theory of portfolio selection. *Scandinavian Journal of Forest Research* 28: S. 38–48

Pretzsch, H.; Biber, P.; Dursky, J. (2002): The single tree-based stand simulator SILVA: construction, application and evaluation. *Forest Ecology and Management* 162: S. 3–21

Keywords: Spruce, Climate Change, Alternative tree species, Tree species portfolios

Summary: Today more than ever, Bavarian forestry lives from spruce. There is no tree species from which more timber is harvested than spruce (representing $\frac{2}{3}$ of the Bavarian timber supply). Forest conversion has led at the same time to a significant reduction of forest area with spruce. Forest conversion is partly justified by means of the uncertainties associated with climate change. The present contribution outlines how the economic aspects of spruce may change at stand level, under a changing climate. In addition, I show how actual spruce area may partly be replaced by (and admixed with) profitable alternative conifers, for example Douglas fir or White fir, without concentrating too much on only one tree species. The stand level considerations show that even if survival and growth of spruce worsened significantly due to climate change, the profitability of spruce dominated stands would still be higher than that of European beech dominated stands. For the enterprise level example chosen from the growing region "Bayerisches Tertiäres Hügelland", an economic optimization leads to a desirable forest composition of 16 % deciduous trees, 42 % spruce, 25 % Douglas fir and 17 % White fir. This portfolio achieves higher economic return than pure spruce portfolios or an example of a current forest composition, without enhancing the economic risk much.

Die Fichte oder Rothtanne, *Picea excelsa* Lamarck

(*Pinus Abies* L., *P. Picea Duroi*)

In Ostpreußen, wie überhaupt wohl in allen Gegenden Norddeutschlands, wo die Edeltanne fehlt, wird die Fichte kurzweg »Tanne« genannt. In den russischen Ostseeprovinzen, wo sie theils allein, theils im Gemenge mit Kiefern und Birken große Waldungen bildet, heißt sie »Gräne«. Dieser Volksname stammt offenbar aus der Zeit der schwedischen Herrschaft, da die Fichte im Schwedischen den Namen »gran« führt.

Zinsichtlich der Blüten, der männlichen sowohl wie der weiblichen, besteht zwischen den Kiefern, Fichten, Tannen und Lärchen, also allen Arten der alten Linné'schen Gattung *Pinus*, eine große Ähnlichkeit, so daß wenigstens in den ersteren kein Grund zu einer Gattungsabtrennung gegeben ist.

Der Stamm alter im Schlusse erwachsener Bäume ist immer walzenrund, kerzengerade und fällt nach oben langsam und allmählig, aber mehr als der der Tanne, zu einem langaufgezogenen Kegels ab.

Der Habitus der jungen Fichten und das gute Gedeihen derselben in grasigen Kulturen – dafern nur das Gras die Pflänzchen nicht überwächst – deutet darauf hin, daß die Fichte eine Beschattung ihres Stammes erfordert wie sie überhaupt zu den Schattenbäumen gehört.

Daß der Wurzel der Fichte die Pfahlwurzel gänzlich abgeht, daß sie vielmehr nur in der Oberfläche ihres Standortes bleibende kräftige Wurzeln treibt, haben wir bei Besprechung der Gefahren des Windbruchs schon erfahren. Durch diese horizontal in sehr geringer Tiefe streichenden Wurzeln bildet sich in geschlossenen Fichtenbeständen ein dichtes Wurzelgeflecht, in welchem die Wurzeläste benachbarter Bäume oft verwachsen und so zu Stocküberwallungen Anlaß geben. In den Gebirgswaldungen findet man zuweilen einzelne alte Fichten, welche wie ein Pfeilertisch auf 3–4 über eine Elle hohen freien Wurzeln wie auf Stelzen stehen, was bei anderen Bäumen viel seltener vorkommt.

Das Fichtenholz unterscheidet sich von dem Kiefernholz durch größere Weiße und den gänzlichen Mangel eines eigentlichen Kernes; Jahrestinge stark bezeichnet mit deutlicher Unterscheidung des Frühjahr- und Herbstholzes; die ziemlich spärlichen Harzsporen fast nur in jenem. Es ist dennoch ziemlich harzreich und Harzscharren wird fast nur an der Fichte betrieben. Dem Kiefern- und Lärchenholze steht es an Dauerhaftigkeit weit

nach. Daß die Benutzung der Fichte eine außerordentliche manchfaltige und umfangreiche ist, braucht nicht erst hervorgehoben zu werden, und im Bauwesen übertrifft sie die Kiefer, welche nicht so lange Stämme giebt, und die viel seltener Tanne weit.

Der Standort der Fichte muß vor allem frisch, steinig und moderreich und nicht zu flachgründig sein. Da sie besonders Luftfeuchtigkeit verlangt, durch welche ihr zum Theil die Bodenfeuchtigkeit ersetzt werden kann, und durch Wärme mehr leidet als die Kiefer, so ist sie mehr ein Gebirgs- als ein Ebenen-Baum. Kühle feuchte Lagen, also Abend- und Mitternachtstage, sagen ihr im Mittelgebirge mehr zu, als die entgegengesetzten; dagegen zieht sie in Hochgebirgen (z. B. den Alpen) die südwestlichen Lagen vor. Am schönsten gedeiht die Fichte in durch häufige Nebel- und reichliche Thaubildung ausgezeichneten Gebirgslagen. Sie vermag selbst auf nassem, morastigem Boden noch gut zu gedeihen, soll aber auf solchem Boden, wie auch auf sehr nahrhaftem und humusreichem rascher rothfaul werden. Torfmoorboden sagt auch ihr nicht zu.

Ihr Alter kann die Fichte auf 300 Jahre bringen und sie wird deshalb auf einen »hohen Umtrieb« gestellt, d. h. man läßt die Bestände 80 bis 140 Jahre alt werden, ehe man sie abtreibt.

Ihr ganzes Leben hindurch ist die Fichte mancherlei Gefahren ausgesetzt. Im angehenden Stangenholzalter leiden die Fichtenorte in rauhen Gebirgslagen viel durch Schneedruck, samt feinen meteorologischen Verwandten, dem Dufthanng und dem Windbruch, welcher letztere den flachbewurzelten Fichten besonders verhängnisvoll wird.

Unter den mancherlei schädlichen Insekten sind mehrere Arten von Borkenkäfern vor allem zu nennen, von denen namentlich der gemeine oder Fichten- oder Buchdruckerborkenkäfer, der gefährlichste Feind der Fichte ist. Der großartigste Borkenkäferfraß neuester Zeit fand im Böhmerwalde in Folge der kolossalen Windbrüche durch die Stürme 1868 und 1870 statt. Derselbe währte bis 1876 und verbreitete sich auch in den angrenzenden Bairischen Wald. Allein auf der fürstl. Schwarzenberg'schen Domäne Winterberg (Böhmerwald) waren beinahe ein Drittel der Waldungen durch Windbruch und Borkenkäferfraß vernichtet worden (106,000 Klaftern Fichtenholz).

Erschienen in: E. U. Rossmäslers: Der Wald (1881)

Bäume des Jahres

Jahr	Baum des Jahres	Tagung Deutschland	Tagung Bayern	LWF Wissen Nr.
1989	Stieleiche			
1990	Rotbuche			
1991	Sommerlinde			
1992	Bergulme	Hann. Münden		
1993	Speierling			
1994	Eibe		Ebermannstadt	10 (vergriffen)
1995	Spitzahorn			
1996	Hainbuche		Arnstein	12 (vergriffen)
1997	Vogelbeere	Tharandt	Hohenberg an der Eger	17 (vergriffen)
1998	Wildbirne	Göttingen	Ulsenheim	23 (vergriffen)
1999	Silberweide	Schwedt/Oder	Michelau/Oberfranken	24 (vergriffen)
2000	Sandbirke	Tharandt	Waldsassen	28
2001	Esche	Hann. Münden	Schernfeld (WEZ)	34
2002	Wacholder	(Schneverdingen, abgesagt)	Kloster Ettal	41
2003	Schwarzerle	Burg/Spreewald	Rott am Inn	42
2004	Weißtanne	Wolfach/Schwarzwald	Gunzenhausen	45
2005	Roskastanie	München		48
2006	Schwarzpappel	Eberswalde mit Oder und Rees am Rhein	Essenbach	52
2007	Waldkiefer	Gartow	Walderbach	57
2008	Walnuss	Bernkastel	Veitshöchheim	60
2009	Bergahorn	Garmisch-Partenkirchen		62
2010	Vogelkirsche	(abgesagt)	Veitshöchheim	65
2011	Elsbeere	Freyburg/Unstrut	Haßfurt	67
2012	Europäische Lärche	Hünfeld	Kelheim	69
2013	Wildapfel	Tharandt und Osterzgebirge	Bayreuth	73
2014	Traubeneiche	Bad Colberg-Heldburg	Lohr am Main	75
2015	Feldahorn		München	77
2016	Winterlinde		Berchtesgaden	78
2017	Fichte	Gotha	Bad Steben	80

Jedes Jahr im Oktober wird der Baum des Jahres von der »BAUM DES JAHRES – Dr. Silvius Wodarz Stiftung« und dem »Kuratorium Baum des Jahres« (KBJ) für das darauffolgende Jahr gewählt. www.baum-des-jahres.de

Anschriften der Autoren

Dr. Gregor Aas

Universität Bayreuth
Ökologisch-Botanischer Garten, 95440 Bayreuth
E-Mail: gregor.aas@uni-bayreuth.de

Wolfgang Arenhövel

Forstliches Forschungs- und Kompetenzzentrum Gotha
Jägerstraße 1, 99867 Gotha
E-Mail: wolfgang.arenhoevel@forst.thueringen.de

Dr. Peter Biber

Technische Universität München
Lehrstuhl für Waldwachstumskunde
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 2, 85354 Freising
E-Mail: peter.biber@lrz.tum.de

Dr. Franz Binder

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 1, 85354 Freising
E-Mail: franz.binder@lwf.bayern.de

Franz Brosinger

Bayerisches Staatsministerium für Ernährung,
Landwirtschaft und Forsten,
Referat Waldbau, Waldschutz und Bergwald
Ludwigstraße 2, 80539 München
E-Mail: franz.brosinger@stmelf.bayern.de

Dr. Eva Cremer

Bayerisches Amt für forstliche Saat- und Pflanzenzucht
Forstamtsplatz 1, 83317 Teisendorf
E-Mail: eva.cremer@asp.bayern.de

Gabriele Ehmcke

Technische Universität München
Lehrstuhl für Holzwissenschaft
Winzererstraße 45, 80797 München
E-Mail: ehmcke@hfm.tum.de

Matthias Ernst

Bayerische Staatsforsten, AÖR
Tillystraße 2, 93053 Regensburg
E-Mail: matthias.ernst@baysf.de

Wolfgang Falk

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 1, 85354 Freising
E-Mail: wolfgang.falk@lwf.bayern.de

Walter Faltl

Bayerische Staatsforsten, AÖR
Tillystraße 2, 93053 Regensburg
E-Mail: walter.faltl@baysf.de

Raimund Friderichs

Unternehmensgruppe
Fürst von Hohenzollern
– Forst –
Karl-Anton-Platz 3, 72488 Sigmaringen
E-Mail: friderichs@hohenzollern.com

Dr. Nico Frischbier

Forstliches Forschungs- und Kompetenzzentrum Gotha
Jägerstraße 1, 99867 Gotha
E-Mail: nico.frischbier@forst.thueringen.de

Corinna Geißler

Forstliches Forschungs- und Kompetenzzentrum Gotha
Jägerstraße 1, 99867 Gotha
E-Mail: corinna.geissler@forst.thueringen.de

Hans-Jürgen Gulder

Süddendstraße 21a, 82110 Germering
E-Mail: apfel-gulder@arcor.de

Dr. Sebastian Höllerl

Bayerisches Staatsministerium für Ernährung,
Landwirtschaft und Forsten
Ludwigstraße 2, 80539 München
E-Mail: sebastian.hoellerl@stmelf.bayern.de

Jürgen Kircher

Stadt Augsburg
Forstverwaltung
Tattenbachstraße 15, 86179 Augsburg
E-Mail: juergen.kircher@augzburg.de

Dr. Hans-Joachim Klemmt

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 1, 85354 Freising
E-Mail: hans-joachim.klemmt@lwf.bayern.de

Dr. Thomas Knoke

Technische Universität München
Fachgebiet für Waldinventur und nachhaltige Nutzung
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 2, 85354 Freising
E-Mail: knoke@tum.de

Dr. Norbert Lagoni

Falkenhorstweg 4, 81476 München
E-Mail: n.lagoni@t-online.de

Michael Luckas

Bayerisches Amt für forstliche Saat- und Pflanzenzucht
Forstamtsplatz 1, 83317 Teisendorf
E-Mail: michael.luckas@asp.bayern.de

Hans Mages

Bayerische Staatsforsten, AÖR
Tillystraße 2, 93053 Regensburg
E-Mail: hans.mages@baysf.de

Dr. Stefan Müller-Kroehling

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 1, 85354 Freising
E-Mail: stefan.mueller-kroehling@lwf.bayern.de

Markus Neufanger

Bayerische Staatsforsten, AÖR
Tillystraße 2, 93053 Regensburg
E-Mail: markus.neufanger@baysf.de

Dr. Ralf Petercord

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 1, 85354 Freising
E-Mail: ralf.petercord@lwf.bayern.de

Dr. Hans Pretzsch

Technische Universität München
Lehrstuhl für Waldwachstumskunde
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 2, 85354 Freising
E-Mail: h.pretzsch@lrz.tum.de

Dr. Birgit Reger

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 1, 85354 Freising
E-Mail: birgit.reger@lwf.bayern.de

Dr. Klaus Richter

Technische Universität München
Lehrstuhl für Holzwissenschaft
Winzererstraße 45, 80797 München
E-Mail: richter@hfm.tum.de

Christoph Riegert

Bayerische Staatsforsten, AÖR
Tillystraße 2, 93053 Regensburg
E-Mail: christoph.riegert@baysf.de

Wolfram Rothkegel

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 1, 85354 Freising
E-Mail: wolfram.rothkegel@lwf.bayern.de

Ottmar Ruppert

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 1, 85354 Freising
E-Mail: ottmar.ruppert@lwf.bayern.de

Randolf Schirmer

Bayerisches Amt für forstliche Saat- und Pflanzenzucht
Forstamtsplatz 1, 83317 Teisendorf
E-Mail: randolf.schirmer@asp.bayern.de

Olaf Schmidt

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 1, 85354 Freising
E-Mail: olaf.schmidt@lwf.bayern.de

Dr. Uwe Eduard Schmidt

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Forstwissenschaften
Wald- und Forstgeschichte
Tennenbacherstraße 4, 79106 Freiburg
E-Mail: forstgeschichte@wfg.uni-freiburg.de

Alexander Schnell

Bayerische Staatsforsten, AÖR
Tillystraße 2, 93053 Regensburg
E-Mail: alexander.schnell@baysf.de

Gerhard Schütze

Technische Universität München
Lehrstuhl für Waldwachstumskunde
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 2, 85354 Freising
E-Mail: gerhard.schuetze@lrz.tum.de

Rudolf Seitz

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 1, 85354 Freising
E-Mail: rudolf.seitz@lwf.bayern.de

Wolfgang Stöger

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 1, 85354 Freising
E-Mail: wolfgang.stoeger@lwf.bayern.de

Ludwig Straßer

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 1, 85354 Freising
E-Mail: ludwig.strasser@lwf.bayern.de

Christoph Straub

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 1, 85354 Freising
E-Mail: christoph.straub@lwf.bayern.de

Stefan Tretter

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 1, 85354 Freising
E-Mail: stefan.tretter@lwf.bayern.de

Cornelia Triebenbacher

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 1, 85354 Freising
E-Mail: cornelia.triebenbacher@lwf.bayern.de

