

**Forstgenetik, Forstgenressourcen  
und Forstvermehrungsgut**

BAYERISCHE  
FORSTVERWALTUNG



**Forstgenetik,  
Forstgenressourcen  
und Forst-  
vermehrungsgut**

# 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**

Michael Luckas

### **Druck**

Bosch-Druck GmbH, Ergolding

### **Auflage**

800 Stück

### **Copyright**

Bayerische Landesanstalt  
für Wald und Forstwirtschaft  
August 2014

# Vorwort

Viele Fragen des forstlichen Vermehrungsguts sind eng gekoppelt mit den wissenschaftlichen Disziplinen der Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung. Deshalb enthält dieser Band auch Beiträge aus allen drei Bereichen. Er erscheint genau 50 Jahre nach der Gründung der Landesanstalt für forstliche Saat- und Pflanzenzucht – heute ASP Teisendorf. 1964 war mit dieser Einrichtung erstmals in Bayern ein Zentrum geschaffen worden, in dem der Gesamtbereich »Forstliches Vermehrungsgut« im weitesten Sinn administrativ und operativ zusammengefasst war. Diese Einrichtung baute auf den Arbeiten des von Prof. Rohmeder geleiteten Instituts für Forstsamenkunde und Pflanzenzüchtung der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt in München auf.

Heute ist das ASP fester Bestandteil der Bayerischen Forstverwaltung, eine Institution zwischen Kontinuität und Wandel. Neben den klassischen Methoden der Forstpflanzenzüchtung wie Herkunftsversuche, Auslesezüchtung, Sortenprüfung und Samenplantagen werden moderne Labormethoden der Forstgenetik zur Lösung praxisrelevanter Fragestellungen eingesetzt.

Der vorliegende Band enthält Ergebnisse aus beiden Bereichen. Die genetische Variation von Baum- und Straucharten wird mittels sogenannter Genmarker bestimmt. Nachkommenschaftsprüfungen für Roteiche und Douglasie, Sortenprüfungen für Energiewaldpappeln, Plusbaumauswahl und Samenplantagen sind wichtige Bestandteile der klassischen Forstpflanzenzüchtung. Das Ziel aller Arbeiten des ASP ist die Bereitstellung von hochwertigem Vermehrungsgut, ein Thema, das mit dem Klimawandel eine neue Dimension erhalten hat. Es geht auch um die Frage, welche Herkünfte einer Baumart nicht nur jetzt, sondern auch für die Zukunft, am besten geeignet sind.

Auch seltene Baum- und Straucharten sind wichtige Bestandteile unserer Wälder und Landschaften. Ihre Vorkommen und deren genetische Variabilität zu erfassen, ist ein wichtiger Beitrag des ASP zur Sicherung der Biodiversität. Für einige Baumarten, darunter Wildapfel, Wildbirne, Elsbeere und Eibe, werden die Ergebnisse dazu in diesem Band vorgestellt.

Ich wünsche allen Lesern viele interessante Einblicke in einen Fachbereich, in dem für den zukünftigen Wald wichtige Weichenstellungen erfolgen.



Dr. Monika Konnert  
*Leiterin des Bayerischen Amtes für  
forstliche Saat- und Pflanzenzucht*





# Inhaltsverzeichnis

Impressum .....	2
Vorwort .....	3
Inhaltsverzeichnis .....	5
<b>Das Bayerische Amt für forstliche Saat- und Pflanzenzucht – 50 Jahre im Dienst des Waldes</b> .....	7
Franz Brosinger	
<b>Professor Dr. Ernst Rohmeder – ein Leben im Dienst der Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung</b> .....	10
Monika Konnert	
<b>Genetische Variation wichtiger Waldbaumarten in Bayern</b> .....	14
Monika Konnert, Eva Cremer und Barbara Fussi	
<b>Genfluss in Waldbeständen</b> .....	22
Barbara Fussi, Monika Konnert und Eva Cremer	
<b>Auf der Suche nach anpassungsrelevanten Genen bei Waldbäumen</b> .....	27
Barbara Fussi, Eva Cremer, Monika Konnert	
<b>Bedeutung von Umwelt und Erbanlagen für den Waldbau</b> .....	32
Gudula Lermer	
<b>Blühen und Fruktifizieren unserer Waldbäume in den letzten 60 Jahren</b> .....	37
Monika Konnert, Dagmar Schneck und Alois Zollner	
<b>Hochwertiges Vermehrungsgut für die Bergwälder in Bayern</b> .....	46
Alois Zollner und Andreas Wurm	
<b>Die Qualität von Forstpflanzen als entscheidende Voraussetzung für den Kulturerfolg</b> .....	54
Bernd Stimm, Wolfram Rothkegel, Ottmar Ruppert und Reinhard Mosandl	
<b>Zedern und Riesenlebensbaum – welche Herkünfte sind bei uns geeignet?</b> .....	63
Gerhard Huber und Claudia Storz	
<b>Neuer Züchtungsansatz zur Anlage leistungsfähiger Saatguterntebestände von Roteiche</b> .....	72
Randolf Schirmer	
<b>Nachkommenschaftsprüfung deutscher und amerikanischer Douglasienherkünfte</b> .....	78
Randolf Schirmer und Karolina Faust	
<b>Die Verbreitung seltener Baumarten in Bayern</b> .....	85
Gerhard Huber und Andreas Wurm	
<b>Seltene Baum- und Straucharten im forstgenetischen Labor</b> .....	98
Eva Cremer, Barbara Fussi und Monika Konnert	
<b>Sortenprüfung von Pappelhybriden für Energiewälder</b> .....	106
Randolf Schirmer und Anna Haikali	
Glossar .....	119
Anschriften der Autoren .....	120





---

# Das Bayerische Amt für forstliche Saat- und Pflanzenzucht – 50 Jahre im Dienst des Waldes

Franz Brosinger

Die Erhaltung und Verbesserung der Genressourcen unserer Wälder ist von großer Bedeutung für eine naturnahe und nachhaltige Forstwirtschaft. Mit dem Amt für forstliche Saat- und Pflanzenzucht (ASP) in Teisendorf verfügt die Bayerische Forstverwaltung über eine Sonderbehörde, die auf dem Feld der Forstgenetik und des Forstvermehrungsguts für den Wald und die Waldbesitzer unverzichtbare Arbeit leistet.

Wald und Forstwirtschaft sind in den letzten Jahren zunehmend in das Blickfeld der Öffentlichkeit gerückt. Im Mittelpunkt vieler Diskussionen steht dabei die Frage, wie der Wald der Zukunft aussehen soll. Die Antwort darauf ist nicht einfach, zumal die Vorstellungen sehr unterschiedlich sind. Unbestritten ist, dass die entscheidenden Weichen für die Schaffung stabiler, zukunftssicherer Wälder bei der Verjüngung gestellt werden. Auf den dabei geschaffenen Grundlagen kann und muss bei der Pflege und Entwicklung eines Waldbestands aufgebaut werden. Das ASP liefert die Grundlagen dafür, dass den Waldbesitzern in Bayern hochwertiges Saat- und Pflanzgut zur Verfügung gestellt werden kann. Dies ist deshalb besonders wichtig, weil die Begründung einer Kultur durch Saat oder Pflanzung eine aufwändige Investition darstellt, bei der

sich der Waldbesitzer langfristig festlegt. Der Erfolg dieser Investition, im Hinblick auf die Stabilität und Wertleistung des Bestands, hängt dabei nicht nur von der Wahl der richtigen Baumart ab, sondern ganz entscheidend auch von der richtigen Herkunft.

## Herkunftssicherheit ist Verbraucherschutz

Dieser erste und wichtigste Schritt bei der Begründung der nächsten Waldgeneration ist nicht einfach. Zur Erleichterung seiner Entscheidung bietet das ASP dem Waldbesitzer wertvolle Unterstützung an: die Bayerischen Herkunftsempfehlungen. Diese basieren auf langjährigen Anbauerfahrungen der Praxis, umfangreichen wissenschaftlichen Erkenntnissen und zahlreichen Ergebnissen von Feld- und Provenienzversuchen des ASP.

Im Sinne des Verbraucherschutzes ist es wichtig sicherzustellen, dass der Käufer auch das bekommt, was er bestellt. Für das Inverkehrbringen von forstlichem Vermehrungsgut wurde deshalb ein umfangreiches rechtliches Regelwerk geschaffen, das den ganzen Produktions- und Handelsprozess umfasst: Von der Auswahl

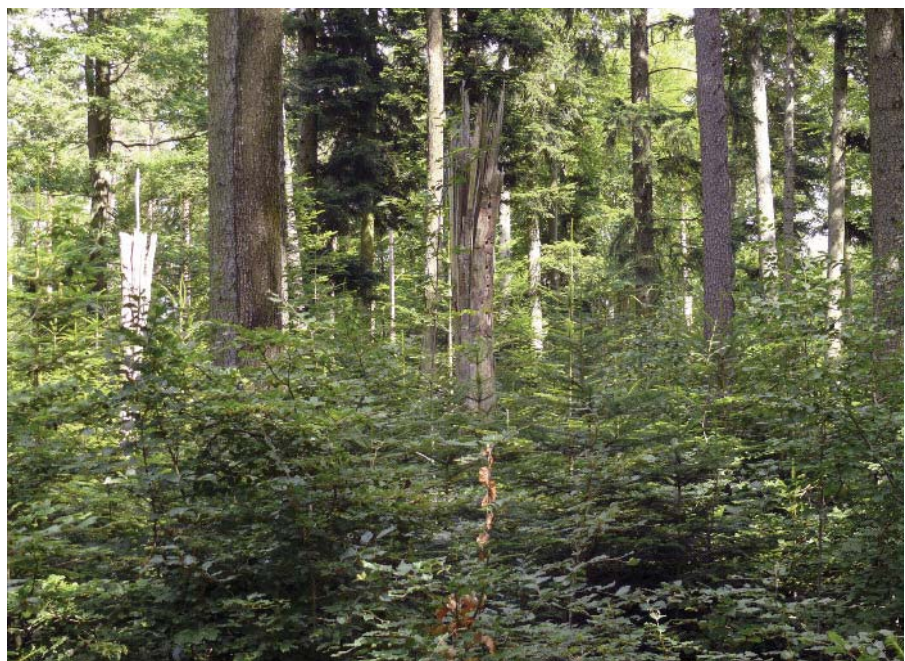


Abbildung 1:  
Ein naturnaher Mischwald  
ist ein wichtiger Beitrag  
zur Erhaltung forstlicher  
Genressourcen

Foto: M. Luckas



geeigneter, qualitativ hochwertiger Erntebestände, über die Überwachung der Erntetätigkeit und Ausstellung eines Stammzertifikats, die Kontrolle der Aussaat und Anzucht in den Forstbaumschulen bis hin zur Auslieferung der Pflanzen an die Waldbesitzer. Die Umsetzung der Vorschriften des Forstvermehrungsgutgesetzes (FoVG) obliegt dem ASP als zuständiger Landesstelle in Bayern. Besonders wichtig ist hier die enge und vertrauensvolle Zusammenarbeit mit der Baumschulbranche und den zuständigen Stellen des Bundes. Insbesondere bei der zunehmend internationalen Gesetzgebung auch im Bereich des Forstvermehrungsguts hat das ASP eine wichtige Beratungsfunktion gegenüber den zuständigen Gremien auf Bundes- und EU-Ebene.

Darüber hinaus gibt es seit einigen Jahren auch die Möglichkeit, über genetische Labormethoden die Herkunftssicherheit zu gewährleisten. Das ASP hat hier zusammen mit der Erzeugergemeinschaft für Qualitätsforstpflanzen Süddeutschland e.V. erstmalig ein Verfahren entwickelt, das bahnbrechend für die Herkunftskontrolle von forstlichem Vermehrungsgut ist. Da dieses Verfahren nicht nur Vorteile für den Verbraucher bietet, sondern auch klare Wettbewerbsvorteile für die Forstbaumschulen, ist es nicht verwunderlich, dass sich die wichtigsten Forstbaumschulen in Süddeutschland zu einem Erzeugerring für überprüfbare Herkunft zusammengeschlossen haben und bereits seit einigen Jahren herkunftsgesicherte Forstpflanzen für nahezu alle forstlich wichtigen Baumarten anbieten.

Die Aufgabe des ASP erschöpft sich jedoch nicht in der Umsetzung rechtlicher Vorschriften zum FoVG und der Entwicklung neuer Verfahren zur Herkunftssicherung. Es wird auch tätig bei der Bereitstellung von hochwertigem Vermehrungsgut in Bereichen, in denen wegen des geringen wirtschaftlichen Interesses privater Firmen ein staatliches Handeln notwendig und sinnvoll ist. Dazu seien genannt: Anlage und Betrieb von 54 Samenplantagen, die Gewinnung von Saatgut bei schwer zu beerntenden und selten fruktifizierenden Herkünften im bayerischen Hochgebirge und in den Hochlagen der ostbayerischen Grenzgebirge sowie Erhaltungsmaßnahmen für seltene Baum- und Straucharten. So konnte in den letzten beiden Jahren im Rahmen der Bergwaldoffensive der Bayerischen Forstverwaltung die Versorgungssituation mit Saatgut der hierfür wichtigsten Baumarten vor allem von Buche, Bergahorn und Lärche deutlich verbessert werden: eine wesentliche Voraussetzung für das Gelingen des Waldumbaus hin zu gemischten, stabilen Bergwäldern.

Bei der Gewinnung und Lagerung von Saatgut bei Anbauversuchen und der Pflege von Samenplantagen kann das ASP auf die konstruktive Zusammenarbeit mit den Bayerischen Staatsforsten AöR bauen, die über zwei Forstpflanzenbetriebe in Laufen und Bindlach verfügen.

### **Produktionssicherheit auch bei Kurzumtriebsplantagen**

Im Zusammenhang mit der Energiewende hat das Interesse an schnellwachsenden Baumarten zur Biomasseproduktion auf landwirtschaftlichen Flächen enorm zugenommen. Für Kurzumtriebsplantagen wird geprüftes Klonmaterial benötigt, das auch die Erwartungen der Käufer erfüllt. Dank der langjährigen züchterischen Erfahrungen bei den Pappel- und Weidenklonen sowie umfangreicher Testanbauten in der Vergangenheit kann das ASP nicht nur die enorm gestiegene Nachfrage nach fachkundiger Beratung auf diesem Gebiet befriedigen, sondern den Forstbaumschulen auch entsprechend geeignetes Material über Mutterquartiere anbieten. Die Weichen für eine weitere Stärkung dieses Arbeitsbereichs am ASP sind bereits gestellt, damit auch künftig eine hohe forstliche Kompetenz im Bereich Sortenwahl für Energiewald gesichert ist.

### **Genetische Untersuchungen als Zukunftsfeld**

Nachhaltig bewirtschaftete, gesunde Mischwälder aus Laub- und Nadelbaumarten sind seit über 100 Jahren das Leitbild der Forstwirtschaft in Bayern. Ein wesentlicher Grundpfeiler hierfür ist die Sicherung der Genressourcen. Vom Genpotenzial unserer Waldbäume hängt sowohl die Leistungsfähigkeit und Stabilität unserer Wälder heute als auch deren Anpassungsfähigkeit an sich verändernde Umweltbedingungen ab.

Die Erforschung der »inneren Qualität« von Waldbäumen hat in den letzten beiden Jahrzehnten einen kaum vorstellbaren Fortschritt erlebt. Mit den heute zur Verfügung stehenden Methoden der Genforschung kann man wesentliche Eigenschaften eines Baums bereits aus kleinen Gewebeproben bzw. Knospen oder Samen ableiten. Das ASP war im Bereich der angewandten forstlichen Genforschung von Anfang an dabei und gehört heute mit seiner modernen Labortechnik und Fachkompetenz zu den führenden Institutionen im deutschsprachigen Raum. In den letzten

Jahren konnten über Projektmittel die personellen und sachlichen Kapazitäten in diesem Bereich entsprechend erweitert werden. Dank der hier durchgeführten Forschungen haben wir heute einen Einblick in die genetische Zusammensetzung zahlreicher Baumarten und deren Populationen in unserem Land. So wissen wir z. B., dass die Tannenvorkommen in bestimmten Regionen Bayerns genetisch deutlich eingeeengt sind und aus welchen Regionen Nordamerikas die in Bayern vorhandenen, bewährten Douglasienbestände stammen. Hieraus lassen sich wichtige Erkenntnisse für den künftigen Anbau dieser Baumarten ableiten.



Abbildung 2: Fortbildung von Baumschulbesitzern und Forstleuten durch das ASP. Besichtigung eines Tannentebestands Foto: M. Lucas



Abbildung 3: Zapfenernte bei Weißtanne Foto: M. Lucas

Ein möglichst breites genetisches Potenzial der Bäume innerhalb eines Bestands ist für die Anpassungsfähigkeit an die sich wandelnden Umweltbedingungen äußerst wichtig. Hierfür sind außerdem langfristige Verjüngungsprozesse und individuenreiche Verjüngungen von Vorteil. Dadurch kann zum einen das Erbgut vieler Elternbäume weitergegeben und zum anderen eine hervorragende Basis für eine natürliche

Auslese und damit Anpassung einer Population geschaffen werden. Aus den Ergebnissen der Arbeiten des ASP über die Vererbung wichtiger Eigenschaften von Baumarten im Rahmen der Naturverjüngung können wir dies heute belegen. Die Genforschung trägt somit nicht nur wesentlich zum besseren Verständnis der ökologischen Zusammenhänge und der Biodiversität in unseren Wäldern bei, sondern ermöglicht es auch, Handlungsempfehlungen für die Baumartenwahl und den Waldbau auf wissenschaftlicher Grundlage zu erstellen.

### Kooperationen zunehmend wichtiger

Die künftigen Herausforderungen für Forstleute und Waldbesitzer bei der Wahl passender, klimatoleranter Baumarten und Herkünfte sowie der Erhaltung der Biodiversität und eines möglichst großen Genpotenzials können nur mit Unterstützung der praxisorientierten Arbeit des ASP bewältigt werden. Wie hoch die Arbeit dieser Sondereinrichtung der Forstverwaltung geschätzt wird, zeigen die vielen derzeit laufenden, aus Drittmitteln finanzierten Forschungsprojekte und die zunehmende länderübergreifende Zusammenarbeit. So wurde vor einem Jahr mit der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg eine dauerhafte Kooperation im Bereich forstlicher Genforschung eingegangen, die zu deutlichen Synergieeffekten führt. Von steigender Bedeutung sind auch die internationale Vernetzung mit vergleichbaren Forschungseinrichtungen und der Austausch von Experten. Hier ist das ASP vor allem für Einrichtungen aus Ost- und Südosteuropa ein gesuchter Kooperationspartner.

### Fazit

Seit fünf Jahrzehnten leistet das ASP hervorragende Arbeit auf dem Gebiet des forstlichen Vermehrungsguts und der Forstgenetik. Die Erkenntnisse sind für die Forstpraxis und die Waldbesitzer von enormer Bedeutung. Wegen der hohen fachlichen Kompetenz, sowohl im wissenschaftlichen als auch im praktischen Bereich, wird das ASP weit über die Grenzen Bayerns hinaus geschätzt. Durch umfangreiche Investitionen und mit dem fachlich hoch qualifizierten Personal ist es gut für die Zukunft aufgestellt. Die Bayerische Forstverwaltung ist froh und stolz, diese national und international hoch angesehene, für den Wald der Zukunft so wichtige Einrichtung in Teisendorf zu haben.

---

# Professor Dr. Ernst Rohmeder – ein Leben im Dienst der Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung

Monika Konnert

Jede wissenschaftliche Disziplin hat Persönlichkeiten, die sie grundlegend prägen und deren Namen über Jahrzehnte oder Jahrhunderte mit ihnen verbunden bleiben. Denkt man an den Begriff der »Nachhaltigkeit«, so sind dies Hans Carl von Carlowitz und Georg Ludwig Hartig. In Bayern ist der nachhaltige Waldbau eng mit dem Namen von Karl Gayer verbunden. Für die Forstsamenkunde und Forstpflanzenzüchtung nicht nur in Bayern, sondern im gesamten deutschsprachigen Raum und weit darüber hinaus, steht Ernst Rohmeder. Als er nach mehrjähriger Tätigkeit in der forstlichen Praxis seine wissenschaftliche Tätigkeit an dem von Prof. Fabricius geleiteten Waldbauinstitut der Forstlichen Versuchsanstalt in München begann, waren Forstsamenkunde und Forstpflanzenzüchtung kaum bekannt und wenig bearbeitet. Als Professor Rohmeder 1972 unerwartet mit knapp 70 Jahren viel zu früh verstarb, hatte er beide Gebiete intensiv bearbeitet

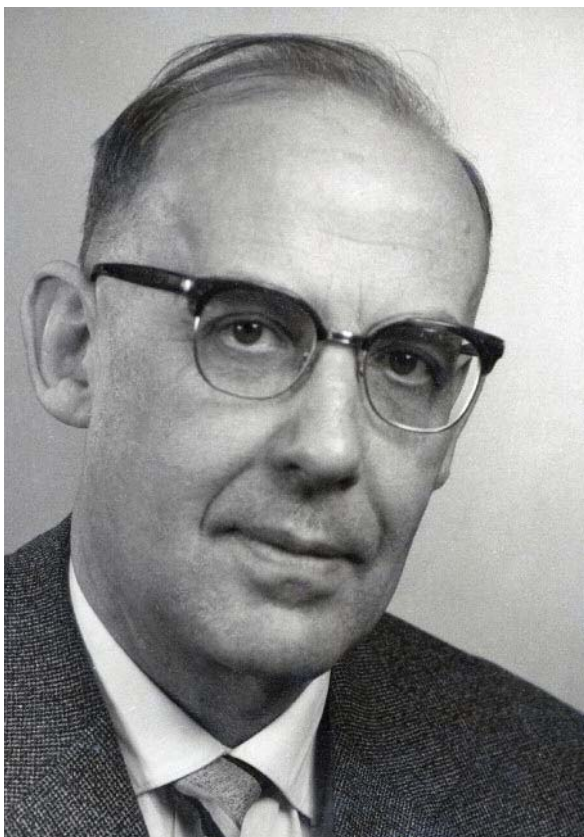


Abbildung 1: Professor Dr. Ernst Rohmeder  
Foto: (überreicht von Dr. Dimpflmeier)

und sie in die forstliche Praxis gebracht. Dies war nur möglich mit analytischem Sachverstand, voller Hingabe, Fleiß und Disziplin, Verständnis für die Belange der Forstpraxis, Talent zur Problemanalyse und der Fähigkeit zu klaren Aussagen und verständlichen Formulierungen.

Natürlich war die Zeit auch »reif« geworden für eine Intensivierung der Forschung zu Fragen der Herkunft und Qualität von Saat- und Pflanzgut. Mit der Gründung forstlicher Versuchsanstalten an der Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert, unter anderem 1881 auch in Bayern, und durch die Arbeiten unter anderem von Cieslar, Engler, Kienitz, Schott und Schwappach hatte sich der Blick auf das forstliche Vermehrungsgut grundlegend geändert (Behm et al. 2002). 1911 wurde von privaten Baumschulen die »Deutsche Kontrollvereinigung für forstliches Saatgut« gegründet, 1924 der »Hauptausschuss für forstliche Saatgutenerkennung«. Zehn Jahre später, 1934, wurde das erste forstliche Saatgutgesetz im Deutschen Reich erlassen und 1936 eine »Forstliche Samenprüfstelle« an der Bayerischen Forstlichen Versuchsanstalt in München eingerichtet. Sie wurde 1939 in das neu gegründete Institut für Forstsamenkunde und Pflanzenzüchtung unter Leitung von Prof. Rohmeder integriert. Damit war erstmals in Bayern ein eigenes wissenschaftliches Institut für Fragen des Forstvermehrungsgutes eingerichtet worden.

*»Ich halte die Samenfrage für die wichtigste in der Forstwirtschaft«*

Diese Aussage hatte der bekannte Münchner Forstpolitiker Endres 1910 auf der Tagung des Deutschen Forstvereins in Danzig gemacht. Man kann sich diesen Satz leicht als Leitmotiv von Prof. Rohmeder vorstellen, das seine umfangreichen Untersuchungen und wissenschaftlichen Aufsätze im Bereich der Forstsamenkunde geprägt hat. Zu Lebzeiten Rohmeders wurden durch die »Forstliche Samenprüfstelle« des von ihm geleiteten Instituts viele tausend Saatgutpartien auf Keimfähigkeit, Tausendkorngewicht, Hohlkornanteil etc. untersucht. Dabei wurde von Beginn an eine ständige Verbesserung der Untersuchungsmethoden und der dazu ver-



wendeten Einrichtungen angestrebt. Neben der routinemäßigen amtlichen Saatgutprüfung wurde an dem Institut aber sehr schnell mit einer intensiven Forschungstätigkeit mit Forstsaatgut begonnen. Diese umfasste unter anderem das Fruktifikationsgeschehen der Waldbäume, die Reife und Ernte, Aufbereitung und Aufbewahrung des Saatguts sowie die Keimungsphysiologie. Über 90 Veröffentlichungen von Rohmeder und seinen Mitarbeitern beschäftigen sich allein mit der Keimung bei unterschiedlichen Waldbäumen, den Keimungsbedingungen, dem Einfluss der Reifezeit auf die Keimung, der Keimhemmung und deren Abbau. Die Ergebnisse aus über 35 Jahren intensiver Forschungsarbeit an Forstsaatgut hat Rohmeder in dem kurz vor seinem Tod fertiggestellten Buch »Das Saatgut in der Forstwirtschaft« (Rohmeder 1972) zusammengefasst. Es ist neben dem bereits 1957 zusammen mit Schönbach verfassten Werk zur »Genetik und Züchtung der Waldbäume« sein zweites Standardwerk, an dem wohl kein am Fachbereich »Forstsamenkunde« Interessierter vorbeikommt. Nennenswert ist dabei auch die zusammenfassende Darstellung zur Saatgutgesetzgebung in ihrer geschichtlichen Entwicklung bis zur Novellierung des Gesetzes über forstliches Saat- und Pflanzgut 1969. Zu der Gesetzgebung zum forstlichen Vermehrungsgut nach dem Krieg hat sich Rohmeder konstruktiv und kritisch eingebracht. Wichtige Gedanken von ihm sind auch heute noch im aktuellen Forstvermehrungsgutgesetz (FoVG) und seinen Durchführungsverordnungen zu finden: Nachweis der Herkunft, die Ausweisung von klar abgegrenzten Erntebeständen, konkrete Vorschläge zur Kennzeichnung von Saatgutpartien sowie das Ergebnis der Saatgutprüfung als wichtiger Teil der Kontrolle. Bereits 1961 machte er Vorschläge für eine internationale Zertifizierung und Rückverfolgbarkeit von Saatgutpartien, weil er erkannt hatte, dass der zunehmende Saatguthandel über Grenzen hinweg nur dann die Herkunftssicherheit gewährleisten kann, wenn ein genaues und nachvollziehbares Kennzeichnungssystem und damit Kontrollsystem besteht.

1954 wurde auf Anregung von Rohmeder die jährliche Prognose der Waldsamenernte nach über 20-jähriger Unterbrechung wieder eingeführt. Ab diesem Jahr wurden die Berichte durch das von ihm geleitete Institut, später dann von der an die LWF (damals FVA München) übergegangenen amtlichen Forstlichen Samenprüfstelle durch Dr. Gisela Eicke erstellt. Seit ihrem Tod 1998 wird die Serie durch Dagmar Schneck vom Amt für Forstwirtschaft Müllrose in Brandenburg weitergeführt. Diese Information ist nicht nur für Erntefir-

men und Pflanzenzuchtbetriebe wichtig, sondern auch als Zeitreihe für Blüh- und Erntegeschehen, gerade in Zeiten des Klimawandels, von hohem Wert.

Letztendlich verstand Rohmeder die forstliche Saatgutforschung stets als »ein Mittel zur Ertragssteigerung im Wald« und als »Mittler zwischen Samenerzeugung und Samenverwendung«.

### *»Die Leistungssteigerung durch Hochzüchtung muss nachhaltig sein«*

Diese Aussage stammt nicht aus dem vor kurzem neu erarbeiteten Konzept für eine nachhaltige Forstpflanzenzüchtung in Deutschland (Janssen et al. 2011), sondern aus der ersten Abhandlung Rohmeders zur forstlichen Pflanzenzüchtung von 1938 (Rohmeder 1938). Hier werden bereits wesentliche Aussagen zu den Grundlagen der Züchtung, den Züchtungszielen und den Arbeitsverfahren gemacht. Interessant ist die Diskussion zu Pro und Contra der Züchtung, wo Rohmeder viele Einwände gekonnt entkräftet, aber auch ganz klar postuliert, dass dort, »wo der Wald sich natürlich verjüngt«, auf Züchtung verzichtet werden kann, »weil der gesunde Wald sich mit einer Vielzahl von Pflanzen ansamt«. 1959 erscheint das Standardwerk von Rohmeder und Schönbach zur »Genetik und Züchtung der Waldbäume« (Rohmeder und Schönbach 1959), das einen umfassenden Einblick in alle Facetten der Forstpflanzenzüchtung ermöglicht. Praktische Versuche wurden am Institut Rohmeder vor allem bei der Kreuzungszüchtung bei den Gattungen Pappel, Weide und Esche sowie Lärche und Tanne durchgeführt. Aber auch Auslesezüchtung auf höhere Massenleistung, Spätfrostresistenz und Resistenz gegen Industrieabgase bei Fichte wurde intensiv bearbeitet. Allerdings sah Rohmeders Konzept bei diesen Züchtungen nach der Auslese die klonale Vermehrung des Materials vor, was sich mit der Forderung nach Nachhaltigkeit in der Züchtung wohl weniger in Einklang bringen ließ und sich auch in der Praxis nicht dauerhaft durchgesetzt hat. Auch andere Erwartungen Rohmeders haben sich nicht erfüllt: dass etwa bis zum Jahr 2000 die Forstpflanzenzüchtung soweit fortgeschritten sei, dass nahezu das gesamte Vermehrungsgut aus vegetativer Vermehrung geprüfter Klone oder aus Samenplantagen hervorgeht und dass die Mutationszüchtung sich als ein wichtiges Züchtungsverfahren etablieren wird (Rohmeder 1970).

Die Steigerung des Holzmasseertrags und der Holzgüte durch Züchtung wird aber in Zeiten knapper werdender Ressourcen aktueller denn je und hat bereits dazu geführt, dass die forstlichen Züchtungsaktivitäten in Deutschland nach einer langen Durststrecke in den letzten ca. 30 Jahren zur Zeit wiederbelebt werden (Liesebach et al. 2013).

### *»Praktische Anwendungsmöglichkeiten forstgenetischer Forschungsergebnisse«*

1960 hielt Prof. Rohmeder eine Gastvorlesung an der ETH Zürich zu dem damals noch »jungen Wissenszweig Forstgenetik«. Sie wurde in der Schweizerischen Zeitschrift für Forstwesen unter dem Titel »Praktische Anwendungsmöglichkeiten forstgenetischer Forschungsergebnisse« veröffentlicht (Rohmeder 1961) und verdeutlicht das Credo Rohmeders: Forstgenetik ist als »Hilfs- und Grundlagenfach des Waldbaus zu betrachten«. Dies gilt uneingeschränkt bis heute. Genetische Erkenntnisse aus Herkunftsversuchen, Nachkommenschaftsprüfungen, Auslesezüchtung und gezielter Hybridisierung dienen letztendlich dem praktischen Waldbau. Nach Rohmeder sollte sich die Forstgenetik nicht anmaßen, »den Waldbau radikal umzugestalten«, sondern muss »ergänzend und unterstützend« wirken. Die Ergebnisse zahlreicher Versuche, die an dem von ihm geleiteten Institut durchgeführt wurden, führten zu Erkenntnissen, die neu und so nicht erwartet wurden, wie dass die heimische Rasse nicht immer die Beste sein muss, sondern »manchmal von anderen Standortrassen übertroffen wird«. »Die forstliche Praxis kann also in manchen Fällen die Ertragsleistungen noch steigern, wenn sie durch Anbauversuche neben der einheimischen Standortrasse auch andere, aus nicht zu sehr abweichenden Klimabereichen erprobt«, so Rohmeder. Heute selbstverständlich, damals neu war auch die Feststellung, dass sich Bestände desselben Wuchsgebietes in ihrer Leistung unterscheiden, weil nicht nur der Standort (Lage, Klima, Boden), sondern auch der »Erbanlagenbestand« (heute genetische Zusammensetzung oder Genverteilung genannt) entscheidend sind. Rohmeder fordert die Auswahl von besonders wüchsigen Saatguterntebeständen und die bestandsweise Beerntung und Dokumentation, denn »es genügt nicht ... die Angabe eines großräumigen Herkunftsgebietes, wie dies das neue westdeutsche Saatgutgesetz (1957 verabschiedet, Anmerkung der Verfasserin) fordert«. Dass dieser Gedanke damals keine Selbstverständlichkeit war, zeigt die folgende von ihm anschließende Einschränkung: »Ich bin mir der Schwierigkei-

ten ... voll bewusst und möchte dieses Vorgehen auch nicht für die allgemeine Kulturtätigkeit empfehlen, sondern nur ... bei größeren Aufforstungsobjekten«. Heute ist die bestandsweise Getrennthaltung und Dokumentation integraler Bestandteil im Forstvermehrungsgutgesetz.

Die Bemühungen Rohmeders und seiner Mitarbeiter zur Steigerung der Holzproduktion durch künstlich gelenkte Bastardierungen fanden bei der Forstpraxis damals wie heute ein geteiltes Echo. Die Pappelzüchtungen, vor allem zwischen europäischen und amerikanischen Schwarzpappeln oder zwischen Schwarz- und Balsampappeln, wurden eine Erfolgsgeschichte, die sich heute mit den Züchtungen für Kurzumtriebsplantagen fortsetzt. Übrigens – die ersten Kurzumtriebsplantagen mit Pappeln wurden von Rohmeder und seinen Mitarbeitern bereits 1955 angelegt. Bei den Nadelbäumen sind es vor allem die Kreuzungen zwischen Europäischer und Japanischer Lärche, die zu den sehr wüchsigen Hybridlärchen geführt haben (Dimpflmeier 1959). Kaum in die Praxis Einzug gehalten haben die zahlreichen Tannenbastarde, die seit 1950 von Rohmeder und seinen Mitarbeitern gezüchtet wurden, auch mit dem Gedanken, den »Gefährdungen durch Tannensterben« entgegenzuwirken.

### **Schlussbetrachtung**

Prof. Ernst Rohmeder hat sich in über 160 wissenschaftlichen Veröffentlichungen und mehreren richtungweisenden Büchern selbst ein Denkmal gesetzt. Seine Standardwerke zum »Saatgut der Waldbäume« und zur »Genetik und Züchtung der Waldbäume« sind auch heute noch Pflichtlektüre für Studierende und Fachleute. Seine Arbeiten sind Grundlage für moderne Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung. Bei seiner Forschungstätigkeit hatte er stets die Praxis im Auge und war um die Umsetzung seiner Ergebnisse in das forstwissenschaftliche Handeln bemüht. Folgerichtig hat Rohmeder »die Schaffung einer zweckmäßigen Organisationsform für die praktische Forstpflanzenzüchtung« bereits 1960 als vordringlich bezeichnet. Seine Anregung und die von der Bayerischen Forstverwaltung begonnenen Organisationsänderungen im Bereich des forstlichen Versuchswesens führten 1964 zur Gründung der Bayerischen Landesanstalt für forstliche Saat- und Pflanzenzucht in Teisendorf (heute ASP). Sein langjähriger wissenschaftlicher Mitarbeiter, Dr. Rudolf Dimpflmeier, wurde der erste Leiter der neuen Institution.

Es war das Verdienst von Prof. Rohmeder, dass die Disziplin »Genetik und Züchtung der Waldbäume« in Bayern für viele Jahre zu einem selbständigen Lehrfach reifen konnte. Mit der Emmeritierung von Prof. Alexander v. Schönborn wurde der Lehrstuhl 1994 im Zuge von Umstrukturierungen an der TU München in das Fachgebiet Forstgenetik überführt. Es wurde bis 2012 durch Prof. Dr. Gerhard Müller-Starck geführt. Mit dessen Ausscheiden aus dem aktiven Dienst 2012 wurden die Lehrschwerpunkte neu ausgerichtet und das Fachgebiet in »Biodiversität der Pflanzen« umbenannt. Wichtige Aufgaben zur Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung werden nun vom Lehrstuhl für Waldbau der TU München und dem ASP weitergeführt. Beide Institutionen möchten die Verbindung der Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung mit der Forstpraxis im Sinne von Rohmeder weiterführen. Anlässlich der Feier zum 50-jährigen Bestehen der Landesanstalt für forstliche Saat- und Pflanzzucht – heute ASP – in Teisendorf ist es mehr als angemessen, dem Forstmann und Wissenschaftler Ernst Rohmeder diese Rückschau zu widmen.

## Literatur

Aus Platzgründen konnte nur ein kleiner Teil der umfangreichen Literatur, die für die Abfassung des Artikels konsultiert wurde, hier angegeben werden. Die gesamte Veröffentlichungsliste von Prof. Rohmeder kann bei Interesse beim ASP angefordert werden.

Behm, A.; Dimpflmeier, R.; Konnert, M.; Ruetz, W. (2002): Vom bayerischen Salinenmeister Lohmayer zur genetischen Analyse an Waldbäumen – genetische Nachhaltigkeit gestern und heute. *Mitteilungen aus der Bayer. Staatsforstverwaltung* 51, Band II, S. 445–460

Dimpflmeier, R. (1959): Die Bastardierung in der Gattung *Larix*. *Forstwissenschaftliche Forschungen*; Beihefte zum *Forstwissenschaftlichen Centralblatt*, Heft 12

Janssen, A.; Degen, B.; Konnert, M.; Rau, H.-M.; Wolf, H. (2011): Forstpflanzenzüchtung – Situationsanalyse angesichts Rohstoffverknappung und Klimawandel. In: W.D. Maurer & B. Haase (Hrsg.): *Holzproduktion auf forstgenetischer Grundlage im Hinblick auf Klimawandel und Rohstoffverknappung*. *Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz*, Nr. 69, S. 25–42

Schneck, D.; Schneck, V.; Steiner, W.; Wolf, H. (2013): Strategie zur mittel- und langfristigen Versorgung mit hochwertigem forstlichem Vermehrungsgut durch Züchtung in Deutschland. *Thünen Report* 7, DOI: 10.3220, 69 Seiten

Rohmeder, E. (1938): Die forstliche Pflanzenzüchtung. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 60, S. 105–118

Rohmeder, E. (1960): Forstliche Samenkunde, Genetik und Züchtung. In: »Fortschritte in der Forstwirtschaft«. *Bayerischer Landwirtschaftsverlag*, München, S. 31–46

Rohmeder, E. (1961): Praktische Anwendungsmöglichkeiten forstgenetischer Forschungsergebnisse. *Schweiz Z Forstwes* 112, S. 43–71

Rohmeder, E. (1970): Genetik und Züchtung der Waldbäume im Jahr 2000. *Schweiz Z Forstwes* 121, S. 327–328

Rohmeder, E. (1972): *Das Saatgut in der Forstwirtschaft*, Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 273 Seiten.

Rohmeder, E.; Schönbach, H. (1959): *Genetik und Züchtung der Waldbäume*. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 338 Seiten.



---

# Genetische Variation wichtiger Waldbaumarten in Bayern

Monika Konnert, Eva Cremer und Barbara Fussi

**Schlüsselwörter:** Genetische Variation, Genmarker, Weißtanne, Fichte, Douglasie, Buche, Bergahorn, Esche

---

**Zusammenfassung:** Der Begriff »genetische Variation« umfasst die Variation der Erbanlagen einzelner Individuen innerhalb sowie zwischen Populationen. Dies gilt auch für Waldbäume (Individuen) und Bestände (Populationen). Kenntnisse über geografische Muster genetischer Variation bei Waldbaumarten sind wichtige Entscheidungshilfen für Generhaltungsmaßnahmen und für die Auswahl und Verwendung von forstlichem Vermehrungsgut. Durch genetische Inventuren wird die genetische Variation von Waldbaumpopulationen in einem bestimmten Gebiet unter Verwendung von Genmarkern erfasst und beschrieben. In Bayern wurden durch das ASP genetische Inventuren für wichtige Baumarten, darunter Weißtanne (*Abies alba*), Fichte (*Picea abies*), Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*), Buche (*Fagus sylvatica*), Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*) und Esche (*Fraxinus excelsior*) durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Inventuren werden zusammenfassend dargestellt.

---

Genetische Variation als Ebene der Biodiversität beschreibt die Unterschiede in den Erbanlagen zwischen den Individuen (z. B. Bäume, Samen) einer Population (z. B. Bestand, Saatgutpartie) und zwischen den Populationen einer Art. Die Forstgenetik hat in den letzten Jahrzehnten mit den Genmarkern ein Werkzeug entwickelt, mit dem genetische Variation im Labor mit relativ geringem Aufwand bestimmt werden kann. Durch die Untersuchung einer repräsentativen Stichprobe von Bäumen eines Bestands kann auf dessen genetische Zusammensetzung geschlossen und seine genetische Vielfalt und Diversität quantifiziert werden. Über sogenannte »genetische Inventuren«, bei denen viele Bestände eines bestimmten Gebietes nach derselben Methodik untersucht und verglichen werden, wird die genetische Variation einer Art innerhalb dieses Gebietes erfasst. Solche Studien liefern Entscheidungshilfen für Generhaltungsmaßnahmen, Zulassung von Erntebeständen, Abgrenzung von Herkunftsgebieten, Herkunftskontrollen etc. Das ASP hat in den letzten 20 Jahren genetische Inventuren für wich-



Abbildung 1: Tannenbestand mit Naturverjüngung

Foto: ASP

tige Baumarten in Bayern durchgeführt, deren Ergebnisse hier zusammenfassend dargestellt werden. Anfangs wurden Isoenzyme als Genmarker eingesetzt. In den letzten Jahren nahm der Einsatz von Markern der Kern- und Organellen-DNA (Chloroplasten, Mitochondrien) stetig zu.

## Weißtanne (*Abies alba*)

Die Weißtanne war die erste Baumart, die am ASP intensiv genetisch untersucht wurde; zuerst mit Isozymgenmarkern an 18 bis 20 Genorten, in den letzten Jahren zunehmend mit DNA-Markern (Chloroplasten- und Kern-Mikrosatelliten mit sechs bis acht Genorten). Die neuen Verfahren der DNA-Analyse haben die Ergebnisse der Isozymanalyse bestätigt und erhärtet.

Im Unterschied zu anderen Baumarten wurden bei der Tanne in den Hauptgebieten der natürlichen Verbreitung »Alpen und Ostbayerische Mittelgebirge« klinale Veränderungen der Häufigkeiten bestimmter Genvarianten gefunden. So nimmt z.B. die Häufigkeit der Isoenzym-Genvariante AP-A3 von West nach Ost und von Süd nach Nord ab, und zwar von bis zu 40% im Allgäu auf etwa 5% in Nordostbayern. Da sich auch andere Genvarianten ähnlich verhalten, ist ein Abfall der Diversität in die gleiche Richtung zu beobachten, denn die Diversität ist umso geringer, je ungleichmäßiger die Genvarianten in einem Bestand vorkommen. Die Diversität in natürlichen Tannenpopulationen aus dem Allgäu ist bis zu zweimal höher als die von Populationen aus dem Chiemgau und bis zu fünfmal höher als bei Beständen im Frankenwald und dem Fichtelgebirge. Dort, an der nördlichen Grenze der natürlichen Verbreitung, sind die Tannenpopulationen deutlich genetisch eingengt. Bei Neuzulassungen von Tannen-Erntebeständen wird in diesen Regionen eine genetische Analyse vorgeschaltet zur Überprüfung der Diversität und Autochthonie.

Es wird grundsätzlich angenommen, dass die klaren regionalen Unterschiede in den Gebieten, in denen sich die Tanne überwiegend natürlich verjüngt hat, vor allem auf die Rückwanderungsgeschichte nach der letzten Eiszeit zurückgehen (z. B. Konnert et al. 2003; Konnert und Hussendörfer, 2004; Konnert und Schirmer 2011).

Bei den Tannenpopulationen aus dem Tertiären Hügelland und aus Mittelfranken gibt es teilweise große Unterschiede in der genetischen Zusammensetzung und Diversität ohne erkennbare Regelmäßigkeiten (z. B. klinale Veränderungen). Ursächlich dafür könnte die unterschiedliche Begründung (Kunst- oder Natur-

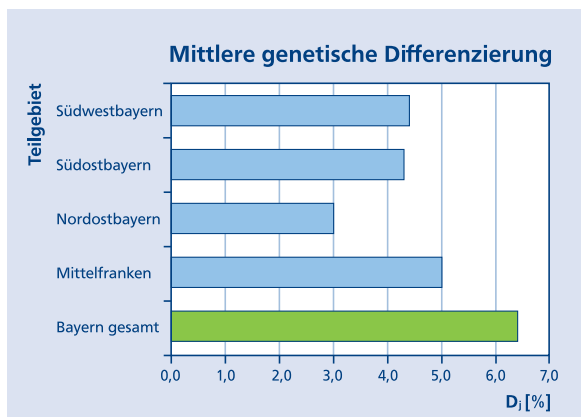


Abbildung 2: Mittlere genetische Differenzierung (D<sub>1</sub>) zwischen Tannenpopulationen in Bayern

verjüngung) oder das Vermehrungsgut (örtlich oder aus anderen Regionen) sein. Bei einigen Beständen konnte aufgrund von Genvarianten aus anderen Teilgebieten der natürlichen Verbreitung Autochthonie ausgeschlossen werden. Hinzu kommen Zufallsverluste (sogenannte Drifteffekte) durch den sehr starken Rückgang des Tannenanteils in diesen Regionen sowie den fehlenden Genfluss zwischen den Populationen infolge starker Fragmentierung der ursprünglich viel größeren Population. Es gibt aber auch in diesen Regionen noch autochthone Tannenbestände mit hoher genetischer Diversität, die an die lokalen Bedingungen gut angepasst sind und sich zur natürlichen Verjüngung und als Erntebestände eignen. Allerdings sind Restvorkommen von nur wenigen Alt-tannen genetisch oft extrem eingengt und deshalb nicht zur Gewinnung von Saatgut geeignet.

Die genetische Heterogenität der Tannenpopulationen aus Bayern zeigt sich auch in den hohen Differenzierungswerten von über 6%. Innerhalb von Teilgebieten (z. B. Südwestbayern etc.) ist die Differenzierung geringer und liegt nur zwischen 3,0 und 4,5% (Abbildung 2).

### Fichte (*Picea abies*)

Für die Fichte wurden bayernweit bislang mehr als 60 Bestände in den Alpen, dem Tertiären Hügelland, dem Frankenwald und dem Bayerischen Wald untersucht. In den Alpen wurde die genetische Variation entlang zweier Höhen transekte bei Berchtesgaden und Oberammergau (1.000 bis 1.800 m) bestimmt.

Erste Untersuchungen zur Fichte hat das ASP zwischen 1993 und 1995 mit Isoenzymgenmarkern durchgeführt. Unter Einsatz von 23 Genorten waren die genetischen Abstände zwischen den Fichtenpopulationen im Vergleich zu anderen Baumarten meist gering. Es wurden aber klare genetische Unterschiede zwischen dem Alpenbereich und den ostbayerischen Mittelgebirgen in der Art seltener Genvarianten (Genvarianten mit Häufigkeiten unter 5%) gefunden. Die genetische Vielfalt, d. h. die Anzahl der Allele, ist in den ostbayerischen Mittelgebirgen höher als im Alpenraum. In diese beiden Regionen ist die Fichte aus unterschiedlichen Refugien zurückgewandert: In die Alpen aus den Dinarischen Gebirgen, nach Nordostbayern sowohl aus den Dinarischen Gebirgen als auch aus den rumänischen Südkarpaten. Viele der heutigen Fichtenbestände sind künstlich begründet. Die festgestellten Unterschiede in

der Art der Genvarianten deuten darauf hin, dass bei der Pflanzung doch vorrangig örtliches Vermehrungsgut verwendet wurde. Bei einem regelmäßigen überregionalen Saatguttransfer hätten sich regionale Variationsmuster nicht erhalten können. Es ist wohl eher davon auszugehen, dass innerhalb einer Region das Verbringen von Saatgut aus tieferen Lagen in Hochlagen erfolgte, wo die Fruktifikation schwach und die Saatgutgewinnung beschwerlich war. Die sichere Unterscheidung von Hoch- und Tieflagentypen ist mit Isoenzymen schwierig. Nur am Genort SAP-B war es im Nationalpark Berchtesgaden teilweise möglich, autochthone Hochlagen- von Tieflagenfichten zu unterscheiden (Ruetz und Bergmann 1989; Konnert 2002).

Mit Isoenzymmarkern wurden entlang von zwei Höhen transekten in den Alpen zwischen 1.000 und 1.800 m keine Unterschiede in den genetischen Strukturen und in der genetischen Diversität der Fichtenpopulationen gefunden. Zwischen den beiden Transekten – Berchtesgaden und Oberammergau – waren die Unterschiede in der genetischen Diversität aber deutlich und haben sich auch in der Naturverjüngung erhalten (Tabelle 1).

Zurzeit prüft das ASP bei Fichtenbeständen aus dem Bayerischen Wald, ob neu entwickelte DNA-Marker sich zur Unterscheidung von Hoch- und Tieflagenfichten eignen.

In einem Pilotprojekt wurden zehn Fichtenpopulationen aus Süd- und Ostbayern mit sogenannten EST-Markern untersucht. ESTs sind kernkodierte, kodominant vererbte Marker, die sich auf exprimierte DNA-Sequenzabschnitte beziehen (Perry et al. 1999; Schubert et al. 2001). Die mit diesen Markern festgestellten genetischen Unterschiede zwischen den Fichtenpopulationen sind deutlich größer als die Unterschiede ausgehend von den Enzymgenorten. Dies zeigen sowohl die

Werte des genetischen Abstands als auch die der Gesamtdifferenzierung. Eine klinale Variation oder regionale Gliederung innerhalb Bayerns war mit diesem Markertyp bislang aber auch nicht erkennbar.

### Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*)

Bei der Douglasie wurden mehr als 300 zur Ernte zugelassene Bestände in ganz Bayern untersucht. Durch Isoenzymanalysen an elf Genorten wurden die Varietät (Küstendouglasie (grün), Inlandsdouglasie (blau) bzw. deren Übergangsform (grau)) und die genetische Diversität bestimmt. Die Beurteilung der Varietät erfolgte aufgrund der Verteilung der Genvarianten an den Genorten 6-PGDH-A und PGM-A (Klumpff 1999; Leinemann 1996; Leinemann und Maurer 1999). Die Diversität wurde in drei Stufen eingeteilt, ausgehend von allen am ASP ermittelten Werten, darunter Populationen aus den Ursprungsgebieten oder außerhalb von Bayern. Von den untersuchten Beständen waren ca. 70% reine Küstendouglasien (»grüne Douglasie«), 3% waren der Inlandsdouglasie bzw. der Übergangsform zuzuordnen (»graue« oder »blaue« Douglasie) und ca. 22% waren Mischbestände von Küsten- und Inlandsdouglasien. Bei ca. 10% der Bestände war die genetische Diversität gering, bei 60% lag sie im mittleren Bereich, während sie bei ca. 30% der Bestände als hoch einzustufen war. Bestände der Inlandsdouglasie und Mischbestände haben eine höhere Diversität als Bestände der Küstendouglasie. Dies ist aber keine Eigenheit der bayerischen Vorkommen, sondern trifft auch für Bestände im Ursprungsgebiet der Douglasie zu (Konnert und Fussi 2011; Fussi et al. 2013). Die Ergebnisse zur genetischen Variation in den bayerischen Douglasienvorkommen haben zur Bereinigung des Ernteregisters geführt. Bestände mit geringer Variation und Mischbestände wurden im Einvernehmen mit dem Besitzer aus der Zulassung genommen. Bei Neuzulassungen wird vorab

		Vielfalt		Diversität		Heterozygotie	
Transekt	Höhe	A/L		V <sub>gam</sub>		H <sub>a</sub>	
		Alt	NVJ	Alt	NVJ	Alt	NVJ
D1	1.200 m	2,35	2,22	242,1	285,1	0,179	0,185
Oberammergau	1.500 m	2,35	2,47	280,4	280,5	0,189	0,167
	1.800 m	2,26	–	202,3	–	0,167	–
D2	1.000 m	2,30	2,43	388,4	334,4	0,199	0,194
Berchtesgaden	1.500 m	2,26	2,56	410,1	343,6	0,193	0,193
	1.750 m	2,22	2,13	440,8	330,9	0,202	0,190

Tabelle 1: Genetische Variation der Fichte entlang zweier Höhen transekten in den Alpen

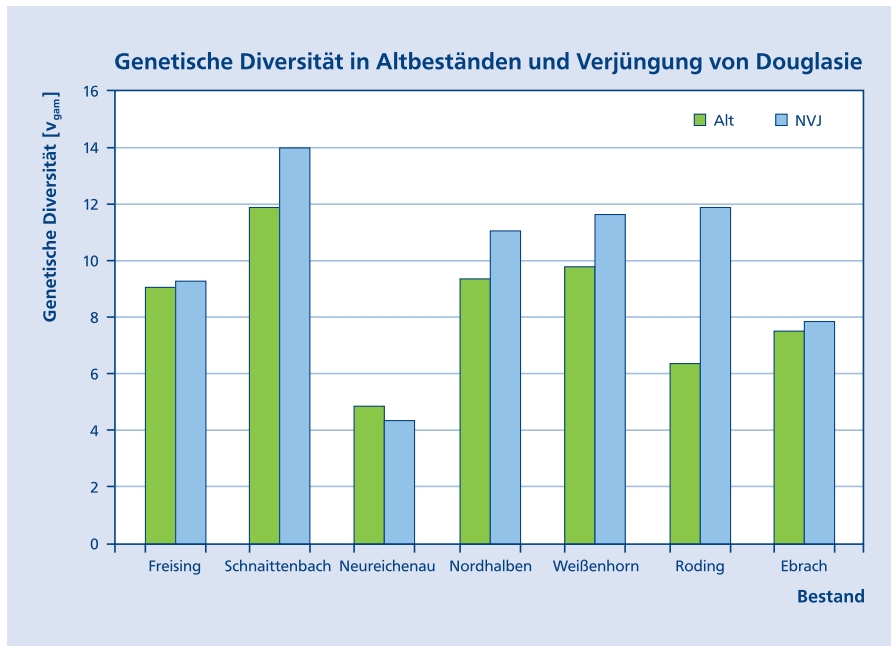


Abbildung 3:  
Genetische Diversität in Altbeständen und Naturverjüngung von Douglasienbeständen in Bayern ( $v_{gam}$  ist ein Maß für die genetische Diversität innerhalb eines Bestands)

die genetische Zusammensetzung des Erntebestands und der ihn umgebenden Douglasienbestände geprüft. Aktuell werden nur Bestände der Küstendouglasie mit mittlerer bis hoher Diversität zugelassen, sofern sie auch die Vorgaben des Forstvermehrungsgutgesetzes (FoVG) erfüllen. Bei ca. 30 Beständen wurde auch die Naturverjüngung genetisch untersucht und mit dem jeweiligen Altbestand verglichen. Die genetischen Unterschiede zwischen Altbestand und Verjüngung waren, bis auf fünf Bestände gering. Abbildung 3 zeigt diesen Vergleich beispielhaft für sieben Bestände.

Es gab keine Hinweise auf Inzuchteffekte in der Verjüngung. Dort, wo sich die genetische Zusammensetzung der Verjüngung von der des Altbestandes signifikant unterschied, konnte dies auf Genfluss durch Pollen oder Samen aus den meist trupp- oder horstweise eingebrachten Douglasienpopulationen im nahen Umfeld zurückgeführt werden. Wenn z. B. Individuen oder Douglasiengruppen unterschiedlicher Varietät nahe beieinander stehen, können sie in Paarungskontakt treten und hybridisieren. Über das Wuchsverhalten der Hybride ist noch wenig bekannt. Das ASP hat zwischenzeitlich ein Projekt eingeleitet, bei dem dies geprüft werden soll.

### Buche (*Fagus sylvatica*)

Neben der Weißtanne ist die Buche die genetisch am intensivsten untersuchte Baumart in Bayern. Auch deutschlandweit wurden zahlreiche Untersuchungen an Buche durchgeführt (z. B. Starke et al. 1994; Tröber 1995; Turok et al. 1998; Konnert und Henkel 1997; Konnert et al. 2000; Vornam et al. 2004). In Bayern hat das ASP mit Isoenzymanalysen bislang über 130 Buchenaltbestände, ca. 200 Saat- und Sämlingspartien und die Naturverjüngung in ca. 30 Beständen untersucht. In den Alpen war ein Höhen transekt von 300 bis 1.200 m ü. NN in die Untersuchungen mit einbezogen worden und Vergleiche von Wirtschaftswäldern und Naturwaldreservaten (z. B. Konnert 1995; Hussendörfer und Konnert 1999). An der Waldklimastation Freising ist eine Fläche zum genetischen Monitoring bei Buche eingerichtet worden. Hier wird die langfristige Veränderung in der genetischen Zusammensetzung in einem regulär bewirtschafteten Buchenbestand regelmäßig untersucht. Bis auf wenige Ausnahmen kamen bei allen Untersuchungen 16 Enzymgenorte zum Einsatz.

Die genetische Variation innerhalb der Buchenbestände, d. h. die genetische Diversität ist bei allen untersuchten Buchenpopulationen hoch. Die höchste Diversität haben Bestände aus den Ostbayerischen Mittelgebirgen. Diese weisen auch am Genort PGM-A unterschiedliche genetische Strukturen gegenüber allen anderen Beständen aus Bayern und Deutschland auf (Konnert et al. 2000). Das spezifische genetische



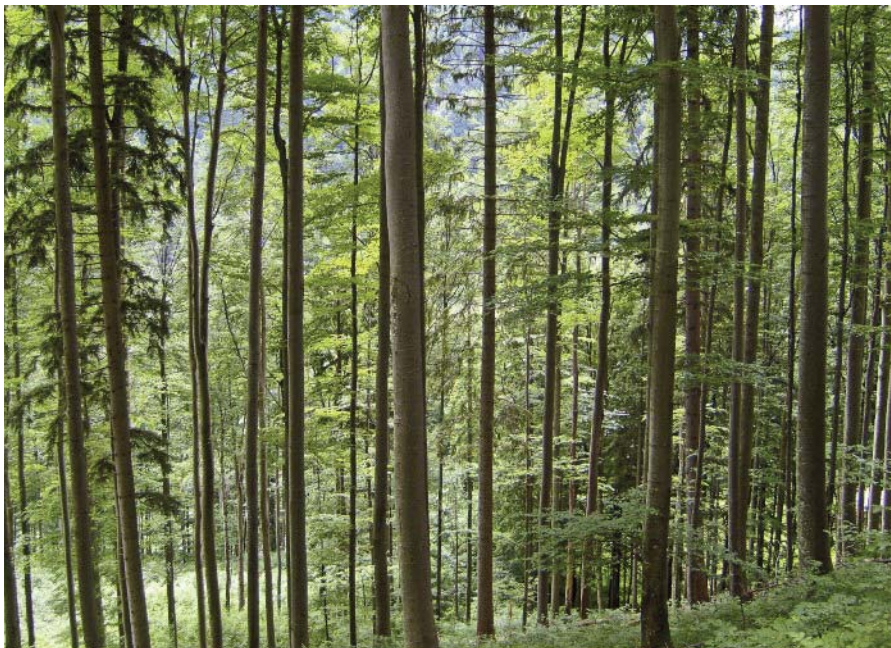


Abbildung 4:  
Buchenbestand in den  
Alpen Foto: ASP

Variationsmuster der Buche an diesem Genort ist auch in der Naturverjüngung sowie bei Saat- und Pflanzgut zu finden und kann daher für die Herkunftskontrolle genutzt werden. In den übrigen Regionen Bayerns gibt es keine großen Unterschiede oder regionalen Muster bezüglich genetischer Vielfalt, Diversität oder Heterozygotie. Die absoluten Werte sowie der Schwankungsbereich sind bei Samenproben etwas größer als bei den Altbeständen. Auch sind die Saatgutproben etwas stärker differenziert als die Altbestände. Diese Feststellung entspricht den Erwartungen. Bei den in den einzelnen Jahren entstandenen Samen tragen unterschiedliche Blüh- und Befruchtungsverhältnisse in den Beständen zu einer stärkeren Differenzierung der

Nachkommen aus einem Jahr bei. Bei natürlicher Verjüngung, zu der viele Samenjahre beitragen und bei der die Nachkommen der natürlichen Selektion unterliegen, werden diese Unterschiede über die Jahre geringer. Inzuchteffekte wurden weder bei den Altbeständen noch in der Verjüngung oder in den Samen beobachtet.

Die genetischen Unterschiede zwischen den Buchenbeständen sind geringer als bei den meisten anderen Baumarten mit Ausnahme der Fichte. So ist z. B. die Gesamtdifferenzierung der Weißtanne in Bayern mehr als doppelt so hoch wie die der Buche. Entlang des Höhentransektes in den Alpen wurde eine klinale Veränderung in den Häufigkeiten von Genvarianten an mehreren Genorten festgestellt. Dies spricht für eine Anpassung an die Höhenlage, wie sie auch im Schwarzwald beobachtet wurde (Löchelt und Franke 1995).

Zwischen unbewirtschafteten und bewirtschafteten Buchenwäldern wurden keine signifikanten Unterschiede in der genetischen Variation gefunden (Hussendörfer und Konnerth 1999). Allerdings ist zu berücksichtigen, dass die Zeiträume ohne Bewirtschaftung bei den untersuchten Naturwaldreservaten noch vergleichsweise kurz sind und dass viele der bewirtschafteten Buchenwälder natürlich verjüngt werden (Tabelle 2).

Genetischer Variationsparameter	Wirtschaftswälder		Naturwaldreservate	
	von	bis	von	bis
Allelische Vielfalt (Anzahl Allele pro Locus)	2,25	2,94	2,47	2,67
Diversität (effektive Anzahl Allele pro Locus)	1,27	1,45	1,32	1,40
Populationsdifferenzierung	0,21	0,31	0,25	0,28
Mittlere beobachtete Heterozygotie	0,21	0,32	0,24	0,29
Differenzierung zwischen Populationen	5%		4,8%	

Tabelle 2: Vergleich der genetischen Diversität in bewirtschafteten und unbewirtschafteten Buchenwäldern



Abbildung 5:  
Samenplantage des  
Bergahorn bei Laufing  
(Oberbayern) Foto: ASP

Der Vergleich von Altbeständen und Verjüngung zeigte bis auf wenige Ausnahmen nur sehr geringe Unterschiede in den genetischen Strukturen. Diese gute Übereinstimmung wird immer dann gefunden, wenn bei der Verjüngung kleinräumig vorgegangen wird (z. B. Femelschlag) und wenn lange Verjüngungszeiträume mit relativ hohen Stammzahlen gewählt werden (Konnert et al. 2007). Großschirmschlag und Lochhiebe sind aus genetischer Sicht daher weniger günstig.

### Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*)

Bergahorn ist eine tetraploide Baumart. Die mit Isoenzymen erhaltenen Muster sind daher sehr komplex und schwer auswertbar. Deshalb wurden genetische Untersuchungen an Bergahorn erst mit der Entwicklung von DNA-Markern verstärkt durchgeführt. Um einen ersten Überblick zu der möglichen Variation solcher Marker innerhalb Bayerns zu bekommen, wurden zuerst Klone aus zwei Plantagen in Laufing untersucht. Dabei wurden an einem Chloroplastengenort (ccmp10) regionale Unterschiede gefunden. Klone aus Regionen östlich des Innerts (Berchtesgaden, Reichenhall, Siegsdorf, Ruhpolding) hatten vorwiegend die Variante 105. Klone, die von Regionen westlich des Innerts stammen (Schliersee, Füssen, Fall), hatten nur die Variante 102. Dieses Ergebnis wurde durch die Analyse von sechs autochthonen Bergahornpopulationen aus Südostbayern (Berchtesgaden, Reichenhall, Ruhpolding) und von vier Samenpartien aus der Genbank Laufing (Ern-

tebestand Traunstein) untermauert. In allen weiteren Regionen Bayerns trat die Variante 102 auf. Demnach eignet sich der Chloroplasten-Marker ccmp10 zur Überprüfung der großräumigen Abstammung von Samen und Pflanzen von Bergahorn.

Mittels Kernmikrosatelliten (fünf Genorte) wurden bislang ca. 30 Bergahornbestände bayernweit untersucht. Es wurde eine hohe genetische Diversität in allen Beständen festgestellt. Die genetischen Unterschiede zwischen den Beständen waren im Mittel geringer als z. B. bei der Esche, aber deutlich höher als bei Buche. Die Häufigkeiten einzelner Genvarianten schwankten stark von Bestand zu Bestand. So lag z. B. die Häufigkeit des Allels MAP2-160 zwischen 7 % und 48 %, die des Allels MAP33-166 zwischen 2 % und 32 %. Geografische Kline bei den Häufigkeiten und/oder regionale Unterschiede in der Diversität, wie z. B. bei der Tanne, wurden bei Bergahorn nicht festgestellt.

### Esche (*Fraxinus excelsior*)

Vor dem Hintergrund des Eschentriebsterbens wurde vor kurzem eine Studie zur genetischen Variabilität von Esche in Bayern durchgeführt. Als Genmarker kamen Kern- und Chloroplasten-Mikrosatelliten zum Einsatz (Fussi und Konnert 2014). Einbezogen wurden ca. 30 Bestände, darunter Saatguterntebestände und Dauerbeobachtungsflächen der LWF zum Eschentriebsterben.



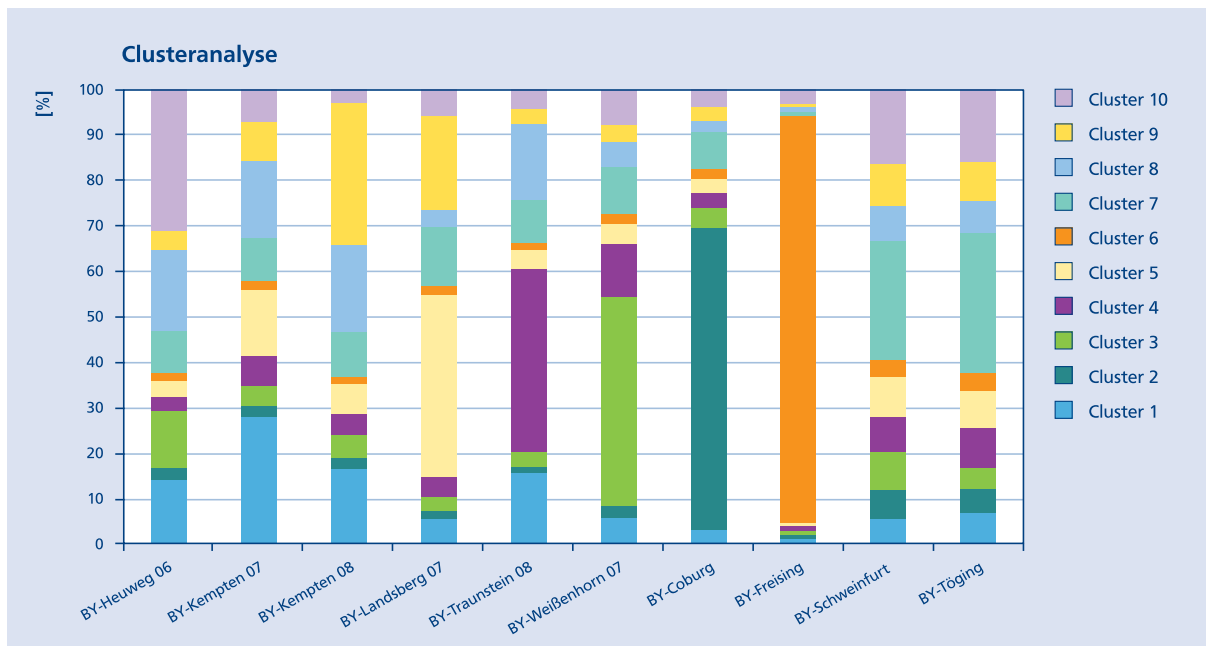


Abbildung 6: Clusteranalyse von Saatgutbeständen und Dauerbeobachtungsflächen der LWF in Bayern

Die genetische Variation ist sowohl innerhalb als auch zwischen den untersuchten Eschenbeständen hoch. Die unterschiedlichen Farbzusammensetzungen in Abbildung 6 sind ein Hinweis für diese hohen genetischen Unterschiede und zeigen, dass sich keine einheitlichen Gruppen bilden. Während bei den Kernmikrosatelliten keine geografische Gruppierung der Bestände herausgearbeitet werden konnte und viele der analysierten Bestände genetisch spezifisch waren (z. B. BY-Coburg und BY-Freising), deuten die konservativeren Chloroplastenmarker eine Ost-West-Teilung der Esche in Bayern an. Dabei ist der östliche Teil deutlich heterogener. Bestände im Südosten Bayerns enthalten meist deutlich mehr Chloroplastentypen als die aus anderen Regionen Süddeutschlands. Dies deckt sich mit anderen genetischen Untersuchungen bei dieser Baumart (z. B. Heuertz et al 2004) und wird größtenteils durch das Zusammentreffen von Rückwanderungswegen nach der letzten Eiszeit erklärt. Interessant ist, dass auch die Bergahornpopulationen in dieser Region eine größere haplotypische Vielfalt haben als im übrigen Süddeutschland. Eine hohe haplotypische Diversität wurde auch in einem Eschenbestand in Nordbayern gefunden. Da die Chloroplasten mütterlicherseits vererbt werden, ist hier die künstliche Einbringung durch das Pflanzmaterial als Ursache denkbar.

## Literatur

- Fussi, B.; Dounavi, A.; Konnert, M. (2013): Identification of varieties and gene flow in Douglas-fir exemplified in artificially established stands in Germany. *Annals of Forest Research* 56 (2), S.249–268
- Fussi, B.; Konnert, M. (2014): Genetic analysis of European common ash (*Fraxinus excelsior* L.) populations affected by ash dieback. *Silvae Genetica*. In Veröffentlichung.
- Heuertz, M.; Fineschi, S.; Anzidei, M. et al. (2004): Chloroplast DNA variation and postglacial recolonization of common ash (*Fraxinus excelsior* L.) in Europe. *Molecular Ecology*, 13, S. 3437–3452
- Hussendörfer, E.; Konnert, M. (1999): Genetische Variation der Buchen in Naturwäldern. Natur- und Umweltschutz-Akademie des Landes Nordrhein-Westfalen, Recklinghausen. NUA-Seminarbericht, Band 4, S.128–139
- Klumpp, R. (1999): Untersuchungen zur Genökologie der Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* MIRB. Franco). Dissertation der Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie der Uni Göttingen. 290 S.
- Konnert, M. (1995): Investigations on the Genetic Variation of Beech (*Fagus sylvatica* L.) in Bavaria. *Silvae Genetica* 44, S.346–351
- Konnert, M. (1996): Genetische Variation der Weißtanne (*Abies alba* Mill.) in Bayern. *Mitteilungen der Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft Gotha*, 11, (Tannensymposium 30./31.05.96 in Schwarzburg), S. 71–81

- Konnert, M. (2002): Genetische Untersuchungen im Nationalpark Berchtesgaden. Forschung im Nationalpark Berchtesgaden von 1978 bis 2001, Forschungsbericht 46, S. 49–55
- Konnert, M.; Henkel, W. (1997): Untersuchungen zur genetischen Variation der Buche (*Fagus sylvatica* L.) in Thüringen. Allg. Forst- und Jagdztg. 10, S. 182–190
- Konnert, M.; Ziehe, M.; Tröber, U.; Maurer, W.; Janßen, A.; Sander, T.; Hussendörfer, E.; Hertel, H. (2000): Genetische Variation der Buche (*Fagus sylvatica* L.) in Deutschland: Gemeinsame Auswertung genetischer Inventuren über verschiedene Bundesländer. Forst und Holz, 55. Jahrgang, 13, S. 403–408
- Konnert, M.; Hussendörfer, E.; Müller-Starck, G. (2003): Genetische Variation und Differenzierung bei Weißtanne und Lärche. AFZ/Der Wald 17, S. 864–866
- Konnert, M.; Hussendörfer, E. (2004): Genetische Variation der Weißtanne in Bayern. LWF Wissen 45, S. 30–32
- Konnert, M.; Hosius, B.; Hussendörfer, E. (2007): Genetische Auswirkungen waldbaulicher Maßnahmen – Ergebnisse, Stand und Forschungsbedarf. Forst und Holz 1, S. 8–14
- Konnert, M.; Schirmer, R. (2011): Weißtanne und Küstentanne – Herkunftsfragen und weitere genetische Aspekte. LWF Wissen 66, S. 20–27
- Konnert, M.; Fussi, B. (2012): Natürliche und künstliche Verjüngung der Douglasie in Bayern aus genetischer Sicht. Schweiz Z Forstwes 163, 3: S. 79–87
- Leinemann, L. (1996): Genetische Untersuchungen an Rassen der Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*) (Mirb.) Franco am Beispiel gesunder und geschädigter Bestände. Göttinger Forstgenetische Berichte Nr. 23: 146 S.
- Leinemann, L.; Maurer, W. (1999): Bedeutung von Isoenzymmarkern für den Anbau der Douglasie. AFZ/Der Wald 5: S. 242–243
- Löchelt, S.; Franke, A. (1995): Bestimmung der genetischen Konstitution von Buchenbeständen (*Fagus sylvatica* L.) entlang eines Höhen transektes von Freiburg auf den Schauinsland. Silvae Genetica 44 (5-6): S. 312–319
- Perry, J. D.; Isabel, N.; Bousquet, J. (1999): Sequence-tagged site (STS) markers of arbitrary genes: the amount and nature of variation revealed in Norway spruce. Heredity 83: S. 239–248
- Ruetz, W.; Bergmann, F. (1989): Möglichkeiten zum Nachweis von autochthonen Hochlagenbeständen der Fichte (*Picea abies*) in den Berchtesgadener Alpen. Forstwissenschaftliches Centralblatt 108, Heft 3, S. 164–174
- Schubert, R.; Mueller-Starck, G.; Riegel, R. (2001): Development of EST-PCR markers and monitoring their intrapopulation genetic variation in *Picea abies* (L.) Karst. Theor Appl Genet 103: S. 1223–1231
- Starke, R.; Hattemer, H. H.; Ziehe, M.; Vornam, B.; Turok, J.; Herzog, S.; Maurer, W.; Tabel, U. (1994): Genetische Variation an Enzymgenloci der Buche. Allg. Forst- und Jagdztg. 166, S. 161–167
- Tröber, U. (1995): Genetic variation in Saxon beech populations (*Fagus sylvatica* L.). In Madsen, S.F. (ed). Genetics and Silviculture of Beech. Proceedings 5th IUFRO Beech Symposium, Horsholm, S. 168–179
- Turok, J.; Starke, R.; Ziehe, M.; Hattemer, H.H. (1998): Genetische Differenzierung rheinland-pfälzischer Buchenbestände an Enzymgenloci. Allg. Forst- und Jagdztg. 169, S. 126–135
- Vornam, B.; Decarli, N.; Gailing, O. (2004): Spatial distribution of genetic variation in a natural beech stand (*Fagus sylvatica* L.) based on microsatellite markers. Conservation genetics 5 S. 561–570

**Keywords:** genetic variation, gene marker, *Abies alba*, *Picea abies*, *Pseudotsuga menziesii*, *Fagus sylvatica*, *Acer pseudoplatanus* and *Fraxinus excelsior*.

**Summary:** The term »genetic variation« encompasses the variation of the hereditary material of individuals within and between populations. It also applies for forest trees (individuals) and stands (populations). Knowledge about the geographic pattern of genetic variation is an important decision-making tool for conservation, as well as for selection and use of forest reproductive material. Genetic variation of forest populations in a specific area is described based on genetic markers in the frame of forest inventories. In Bavaria, genetic inventories have been carried out by the ASP for important tree species like *Abies alba*, *Picea abies*, *Pseudotsuga menziesii*, *Fagus sylvatica*, *Acer pseudoplatanus* and *Fraxinus excelsior*. Results from these inventories are summarized.

---

# Genfluss in Waldbeständen

Barbara Fussi, Monika Konnert und Eva Cremer

**Schlüsselwörter:** Genfluss, Stieleiche (*Quercus robur*), Buche (*Fagus sylvatica*), Wildkirsche (*Prunus avium*)

**Zusammenfassung:** Unter Genfluss versteht man den Austausch von Genen innerhalb und zwischen Beständen durch Pollen- und Samenausbreitung. Einzelbäume und Bestände sind über Genfluss »genetisch vernetzt«. Hochvariable DNA-Marker (sogenannte Mikrosatelliten) ermöglichen eine exakte Nachverfolgung des Genflusses und die Bestimmung der elterlichen Anteile in den Nachkommen (z. B. in Samen und Sämlingen) der Waldbäume. Räumliche Distanzen der Pollen- und Samenverbreitung können berechnet und der Eintrag von Fremdpollen in Populationen nachgewiesen werden. Am Beispiel der windbestäubten Baumarten Stieleiche (*Quercus robur*) und Buche (*Fagus sylvatica*) sowie der insektenbestäubten Vogelkirsche (*Prunus avium*) werden Ergebnisse zu Pollenausbreitung und Paarungssystem aufgezeigt und ihre Bedeutung für den Erhalt der genetischen Vielfalt in Raum und Zeit diskutiert.

Wälder sind Ökosysteme mit großer genetischer Vielfalt. Die Anpassungsfähigkeit eines Waldbestands ist umso höher, je mehr unterschiedliche Genotypen er enthält. Aus dem vorhandenen Genpool werden sich im Laufe des Anpassungsprozesses diejenigen Genotypen durchsetzen, die unter den jeweils gegebenen Umweltbedingungen die höchste Fitness haben, d. h. die überleben und sich fortpflanzen. Zum Erhalt der genetischen Variation in Raum und Zeit tragen natürliche Vorgänge bei, zu denen auch der Genfluss gehört. Darunter versteht man den Austausch von Genen innerhalb und zwischen Beständen. Paarungssystem und Genfluss sind wichtige Faktoren, die die genetische Vielfalt einer Art und die räumliche Struktur dieser Vielfalt bestimmen.

Durch die sexuelle Vermehrung geben die Waldbäume die in einer Generation enthaltene genetische Information an die Folgegeneration weiter. Dabei trifft der Pollen vom Vaterbaum auf die weibliche Blüte des Mutterbaumes, mit der er verschmilzt. Durch die Kombination der genetischen Information des Pollens mit der

Samenzelle entsteht der neue Genotyp des Samens. Die Verbreitung des Pollens, bei unseren heimischen Waldbaumarten vorrangig durch Wind, führt somit zur Verbreitung der genetischen Information und wird als Genfluss bezeichnet. Gleiches gilt für die Samenverbreitung, einer weiteren Komponente des Genflusses, oft auch als Migration bezeichnet (z. B. Finkeldey 2010). Einzelbäume und Bestände sind über Pollen- und Samenausbreitung »genetisch vernetzt«.

Hochvariable DNA-Marker (sogenannte Mikrosatelliten) ermöglichen eine exakte Nachverfolgung des Genflusses. Die elterlichen Anteile im Samen und das Paarungsmuster können nachvollzogen werden. Studien dieser Art werden daher auch als »Elternschaftsanalysen« bezeichnet (z. B. Gugerli 2009). Aufbauend auf dem genetischen Fingerabdruck aller blühfähigen Bäume eines Bestands oder einer Samenplantage sowie deren Nachkommen (Samen, Sämlinge, Jungpflanzen) können räumliche Distanzen der Pollen- und Samenverbreitung berechnet oder Eintrag von Fremdpollen in die untersuchte Population nachgewiesen werden. Auch kann erkannt werden, ob in einer Population die genetische Vielfalt über die Generationen erhalten bleibt und man somit von einem intakten Genfluss mit Zufallspaarung ausgehen kann oder ob Störungen das Paarungsverhalten negativ beeinflussen. Solche Studien haben neben einem theoretischen Erkenntnisgewinn auch eine hohe praktische Relevanz, bieten sie doch Entscheidungshilfen z. B. für die Durchführung von Erntemaßnahmen, die Anlage von Samenplantagen, von Generhaltungsmaßnahmen bei seltenen Baumarten und Reliktpopulationen u. v. m.

Die nachfolgenden Studien in einem Stieleichen- und in einem Buchenbestand sowie in einer Samenplantage der Vogelkirsche beschäftigen sich mit Genfluss bei zwei windbestäubten und einer insektenbestäubten Baumart.

## Genfluss im Stieleichenbestand »Eichet«

In einem deutschlandweiten Projekt zum Thema »genetisch nachhaltige Saatguternte« wurden drei Erntebestände der Eiche einer intensiven genetischen Analyse unterzogen. Darunter war auch der Stieleichen-Erntebestand »Eichet« nahe Freilassing (Oberbayern). In dem 2,4 ha großen Bestand (Abbildung 1) wurden alle 600 Altbäume eingemessen (GPS Koordinaten) und für die genetische Analyse beprobt.

Des Weiteren wurden 40 Einzelbaumabsaaten und 40 daraus angezogene Sämlingspartien beprobt (jeweils 20 Individuen pro Kollektiv). Im Labor wurde die genetische Zusammensetzung der einzelnen Individuen (Altbäume, Samen, Jungpflanzen) an elf hochvariablen Kernmikrosatelliten-Genorten bestimmt. Darauf aufbauend wurden Elternschaftsanalysen durchgeführt (Programm CERVUS – Kalinowski et al. 2007) und die genetische Diversität in den verschiedenen Entwicklungsstadien mittels unterschiedlicher Parameter quantifiziert (Programm Fstat v. 2.9.3.2 – Goudet 1995; Programm GenALEx – Peakall und Smouse 2006; GDA\_NT – Degen, unveröffentlicht).

Von den 600 Altbäumen des Bestands waren 282 (d. h. 47%) als Pollenspender bei den untersuchten Nachkommen mit relativ ausgeglichener Verteilung in den 40 Einzelbaumabsaaten beteiligt. 44,3% der Väter (d. h. 125 Bäume) waren jeweils einmal beteiligt; andere häufiger, davon sechs Bäume öfter als zehnmal.

Unmittelbar benachbarte Bäume oder solche mit überlappenden Kronen kreuzten sich häufiger als weiter entfernt stehende. Dies wurde auch in der Pollenverbreitungsdistanz innerhalb des Bestands deutlich. Für 25% des Pollens wurde eine Verbreitung von nur 20 m gefunden. Weitere 25% wurden bis zu 60 m verbreitet. Ein sehr geringer Anteil (unter 2%) konnte aber auch noch bei einer Distanz von 420 m detektiert werden. Der Mittelwert der Pollenverbreitung lag bei 88 m.

In den untersuchten Nachkommen wurden keine Vollgeschwister gefunden. Der Anteil der Verwandtenpaarung war mit 16% ebenfalls gering. Die Selbstbefruchtung (Mutter = Vater) lag bei unter 1%, so dass Inzucht ausgeschlossen werden kann. Da sich in der näheren Umgebung kein größerer Eichenbestand befindet, ist der Polleneintrag von außerhalb mit ca. 17% auch vergleichsweise gering. Zum Vergleich betrug er in den beiden anderen untersuchten Eichenbeständen, die weniger gut isoliert waren, 42% bzw. 37% (BMELV/BLE

2012). Auch andere Autoren berichten, dass fast die Hälfte des erfolgreich befruchtenden Pollens von außerhalb der untersuchten Bestände stammte (Streiff et al. 1999; Lepais et al. 2009).

Diese Ergebnisse sprechen für einen effektiven Genfluss durch Pollen innerhalb des Bestands und für ein intaktes Paarungssystem. Die Anzahl der Paarungspartner (blühfähige Bäume) ist hoch und der Pollen ist gut durchmischt, so dass sich nicht nur räumlich nahe stehende Bäume miteinander paaren. Als Folge sind die Unterschiede in der genetischen Diversität zwischen den einzelnen Entwicklungsstadien sehr gering (Abbildung 2). Das bedeutet, dass sich die genetische Variabilität des Altbestands in den Samen der 40 Stieleichen bzw. in den daraus gezogenen Sämlingen gut wiederfindet.



Abbildung 1: Stieleichenbestand »Eichet« bei Freilassing  
Foto: ASP

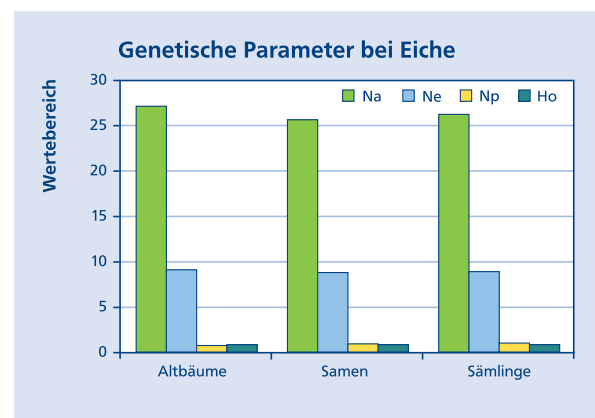


Abbildung 2: Genetische Parameter der unterschiedlichen Entwicklungsstadien bei der Eiche.

(Na: mittlere Anzahl der Allele je Genort; Ne: genetische Diversität; Np: mittlere Anzahl der privaten Allele je Genort; Ho: mittlere beobachtete Heterozygotie, hier mit Wertebereich auf der x-Achse von 0 bis 1 – entspricht 0 bis 100%)



Diese Ergebnisse sind unter anderem für die Praxis einer genetisch nachhaltigen Saatguternte relevant. Eine aus genetischer Sicht optimale Ernte forstlichen Saatguts ist dann realisiert, wenn es im Saatgut eine hohe genetische Vielfalt (effektive Anzahl Allele, Anzahl Genotypen) gibt und wenn die genetischen Unterschiede zwischen dem Saatgut und den Altbäumen des Erntebestands gering sind. Da sich nachgewiesenermaßen überproportional viele Bestäubungen in den ersten Entfernungsklassen ergeben, ist in dem Eichenbestand die Gewinnung von Saatgut von benachbarten Bäumen kritisch zu sehen. In dem erwähnten Projekt zur »Etablierung einer Standardmethode zur genetisch nachhaltigen Ernte von forstlichem Vermehrungsgut in zugelassenen Saatgutbeständen« (FKZ 07/BM009 gefördert im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft durch die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung) wird daher empfohlen, in kleineren Beständen (<10 ha) einen Mindestabstand von 20m zwischen Samenbäumen und in größeren Beständen (>10 ha) einen Mindestabstand von 50m zwischen Saatgutbäumen einzuhalten. Diese Regelungen sind im derzeitigen Forstvermehrungsgutgesetz nicht enthalten und werden bislang kaum befolgt.

### Genfluss in einem Buchenbestand

In einer deutschlandweiten Pilotstudie zum genetischen Monitoring, an der auch das ASP beteiligt war, wurden in drei Buchenbeständen unter anderem Untersuchungen der Pollenverbreitung und des Paarungssystems durchgeführt. Die Zielsetzung einer solchen als »Monitoring« bezeichneten genetischen Langzeitbeobachtung ist es, den Zustand und die Veränderungen des genetischen Systems von Baumarten anhand von Kriterien, Indikatoren und Verifikatoren über einen langen Zeitraum zu erfassen (Kätzel et al. 2005; Konnert et al. 2011). Die Indikatoren zeigen, ob das System intakt ist, die Verifikatoren dienen der Überprüfung dieser Feststellungen (Boyle 2000). Zu den Indikatoren gehören unter anderem das Paarungssystem und der Genfluss. Als Verifikatoren dazu dienen z.B. die Selbstbefruchtungsrate, der Pool der potenziellen Eltern und die Pollen- und Samenverbreitung (Namkoong et al. 1996).

Als Monitoringfläche in Bayern wurde durch das ASP eine Level-II-Beobachtungsfläche bei Freising ausgewählt. Innerhalb der vier Hektar großen Monitoringfläche wurden 302 Altbäume eingemessen und für genetische Untersuchungen beprobt (Abbildung 3).



Abbildung 3: Buchen-Monitoringfläche bei Freising  
Foto: H.-P. Dietrich

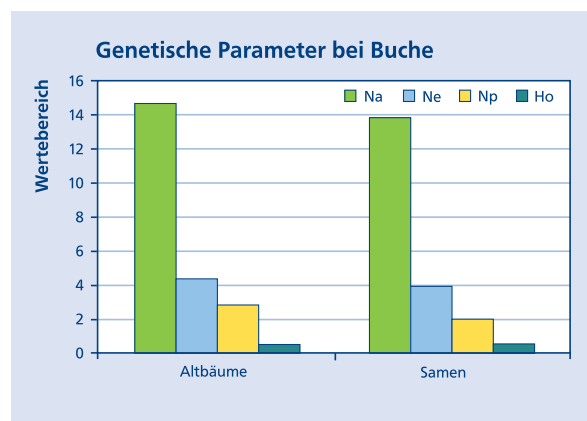


Abbildung 4: Genetische Parameter der unterschiedlichen Entwicklungsstadien bei der Buche. (Na: mittlere Anzahl der Allele je Genort; Ne: genetische Diversität; Np: mittlere Anzahl der privaten Allele je Genort; Ho: beobachtete Heterozygotie, hier mit Wertebereich auf der x-Achse von 0 bis 1 – entspricht 0 bis 100 %)

Desgleichen wurden jeweils 20 Eckern von 19 Einzelbaumabsaaten untersucht. Zum Einsatz kamen auch hier hoch variable Mikrosatelliten an sechs Genorten. Für die Berechnungen zum Paarungssystem wurde die Software MLTR (Ritland 2002) eingesetzt. Die Elternschaftsanalysen wurden wie bei Eiche mit der Software CERVUS durchgeführt (Kalinowski et al. 2007). Dabei wurde der jeweils höchst wahrscheinliche Vater einer Buchecker gewählt und daraus die Distanz zwischen Mutter und Vater berechnet, die die Pollenverbreitungsdistanz bzw. den Genfluss durch Pollen darstellt.

Im Mittel wurde der effektive Pollen über 63m innerhalb des Bestands verbreitet. Die geringste Distanz wurde bei 5m, die größte bei 121m gefunden. Diese Werte sind in allen drei untersuchten Buchenbeständen ähnlich und sind etwas geringer als bei den Eichenbeständen in der vorhergehenden Untersuchung.

Unter den Nachkommen (Samen) wurden 8,4% Vollgeschwister gefunden. Dies ist deutlich höher als in den beiden anderen in das Monitoring einbezogenen Buchenbeständen, wo keine bzw. ca. 4,0% Vollgeschwister identifiziert wurden (Maurer et al. 2008). Allerdings ist die Paarung von Verwandten mit 15% niedrig und mit der in den beiden anderen Beständen fast identisch. Die Selbstbefruchtung war mit 2,7% ebenfalls gering.

Zusammenfassend zeigen aber auch diese Ergebnisse ein weitgehend intaktes Paarungssystem und ein hohes Weitergabepotenzial der genetischen Information an die Nachfolgeneration. Als Folge ergab auch hier der Vergleich von Altbäumen und Samen, ähnlich wie bei Eiche, kaum Unterschiede in der genetischen Variabilität (Abbildung 4). Die genetische Vielfalt war in den Samen etwas geringer als bei den Altbäumen. Dies kann aber mit der vergleichsweise geringen Anzahl von Mutterbäumen (19) zusammenhängen. Die Untersuchungen bei Eiche haben nämlich gezeigt, dass mit zunehmender Anzahl beernteter Samenbäume die genetische Diversität des Saatguts steigt und die genetische Ähnlichkeit des Saatguts mit den Altbäumen zunimmt. Ab einer bestimmten Anzahl Bäume (bei Eiche ca. 35) ist die Zunahme der Diversität aber nur noch sehr gering.

Für das genetische Langzeitmonitoring sind solche Untersuchungen wichtig als Frühwarnsystem für Veränderungen auf übergeordneten Monitoringebenen (z. B. Bestandsstruktur, Vitalität, Naturverjüngung) (Kätzel et al. 2005). Denn Verschiebungen auf der Ebene des genetischen Systems treten deutlich früher auf als sichtbare Veränderungen in der Stabilität und der Wachstumsleistung.

### Genfluss in einer Samenplantage der Vogelkirsche

Samenplantagen sind gezielt zusammengesetzte Zuchtpopulationen, die der Erzeugung von hochwertigem forstlichem Vermehrungsgut dienen. Dafür werden sogenannte »Plusbäume« mit überdurchschnittlichen phänotypischen Eigenschaften (z. B. Form, Vitalität) und hoher Wachstumsleistung in einer Bestäubungseinheit zusammengeführt. Um eine möglichst hohe genetische Ähnlichkeit zwischen Altbäumen und Nachkommen zu haben, ist man bestrebt, den Standort so zu wählen, dass der Eintrag von Fremdpollen in die Plantage möglichst gering ist. Externer Pollen steigert zwar die Diversität im Saatgut, er verringert jedoch auch die



Abbildung 5: Vogelkirschenplantage »Liliental« in Baden-Württemberg Foto: M. Karopka

genetische Ähnlichkeit zwischen den Altbäumen des Saatgutbestands und deren Nachkommen.

Eine der meistgenutzten forstlichen Samenplantagen in Deutschland ist die Vogelkirschenplantage »Liliental« in Baden-Württemberg (Abbildung 5). Sie wurde 1963 auf 3,3 ha begründet und enthält 49 Klone in mehrfacher Wiederholung. 1996 wurde die Plantage durch Anpflanzung weiterer Klone um 0,75 ha erweitert. Eine erste genetische Analyse der 49 Klone des 1963 begründeten Teils und ihrer Nachkommen ergab mit mindestens 42% per Klon einen sehr hohen Anteil von Fremdpollen (Dounavi und Karopka 2010). Darin sah man eine mögliche Ursache für die teilweise schlechte Qualität der aus den Samen produzierten Pflanzen. Als Maßnahme zur Verminderung der »Pollenverfälschung« wurden daraufhin zahlreiche Kirschen in der Umgebung der Plantage entnommen.

Um diese für die Forstpraxis sehr wichtige Aussage und die Effektivität der Maßnahme zu überprüfen, wurde für das Samenjahr 2013 die Untersuchung wiederholt. Mittels zwölf hochvariabler Kernmikrosatelliten-Marker wurde diesmal der genetische Fingerabdruck aller Plantagenglieder (insgesamt 577 Individuen) erstellt und weitere 26 Einzelbaumabsaaten untersucht. Je Absaat wurden 15–16 Samen analysiert. Die Berechnungen zum Paarungssystem erfolgten mit der Software MLTR (Ritland 2002). Für alle Vaterschaftsanalysen wurde die Software CERVUS (Kalinowski et al. 2007) eingesetzt. Bei der Vaterschaftsanalyse konnte bei 85% der Samen ein Vater zugeordnet werden. Damit lag der Polleintrag von Bäumen außerhalb der Plantage bei 15% und ist somit deutlich geringer als bei der Untersuchung 2010. Dies kann eine Folge der Entnahme der umliegenden Kirschen sein. Innerhalb der Plantage



wurden drei Genotypen als durchgewachsene Unterlagen identifiziert. Zwei dieser Genotypen waren auch als Väter beteiligt und trugen 3% des Pollens zum untersuchten Saatgut bei. Dieser Anteil wird nach der Entnahme der betroffenen Bäume (vermutliche Unterlagen) in Zukunft als Fremdpollenanteil wieder wegfallen. Eine ähnliche Untersuchung in drei natürlichen Beständen zeigte einen Polleneintrag von außerhalb zwischen 8% und 25% (Degen et al. 2012).

In der Plantage Liliental waren 2013 mehr als 60% der Genotypen der Plantage als Väter an den untersuchten Einzelbaumabsaaten beteiligt und trugen damit zur Weitergabe der genetischen Information über Samenproduktion bei. Die drei erfolgreichsten Väter waren in 20–29 Samen vertreten und stellten damit knapp 22% des erfolgreichen Pollens zur Verfügung. Der Anteil der Verwandtenpaarung mit 3,3% und der Anteil der Vollgeschwister unter den Samen mit 6,2% waren ebenfalls gering.

Die Pollenverbreitungsdistanz wurde in dieser Studie noch nicht bestimmt. In anderen Studien in vier Beständen der Vogelkirsche lag das Maximum der Pollenverbreitung je nach Bestand zwischen 149 m und 614 m mit einem Median zwischen 45 m und 161 m (Jolivet et al. 2010).

### Literatur

Degen, B.; Jolivet, C.; Rogge, M.; Fussi, B.; Konnert, M.; Cremer, E.; Becker, F.; Kätzel, R. (2012): Etablierung einer Standardmethode zur genetisch nachhaltigen Ernte von forstlichem Vermehrungsgut in zugelassenen Saatgutbeständen. Projekt-Endbericht. Gefördert durch die BLE im Auftrag des BMEL – FKZ 07/BM009). 60 Seiten

Finkeldey, R. (2010): Kleines genetisches Glossar. Schweiz Z Forstwes 161, Heft 6, S. 194–197

Goudet, J. (1995): FSTAT (Version 1.2): A computer program to calculate F-statistics. Journal of Heredity 86, S. 485–486

Gugerli, F. (2009): Können genetische Grundlagen zur nachhaltigen Waldnutzung beitragen? Forum für Wissen, S. 103–109

Kalinowski, S.T.; Taper, M.L.; Marshall, T.C. (2007): Revising how the computer program CERVUS accommodates genotyping error increases success in paternity assignment. Molecular Ecology 16, S. 1099–1106

Kätzel, R.; Maurer, W. D.; Konnert, M.; Scholz, F. (2005): Genetisches Monitoring in Wäldern. Forst und Holz 5, S. 179–183

Konnert, M.; Maurer, W.; Degen, B.; Kätzel, R. (2011): Genetic monitoring in forests – early warning and controlling system for ecosystemic changes. iForest, 4, S. 77–81; DOI 10.3832/ifor0571-00477 – 81

Lepais, O.; Petit, R.J.; Guichoux, E.; Lavabre, J.E.; Alberto, F.; Kremer, A.; Gerber, S. (2009): Species relative abundance and direction of introgression in oaks. Mol.Ecol. 18, S. 2228–2242

Ritland, K. (2002): Extensions of models for the estimation of mating systems using n independent loci. Heredity 88, S. 221–228 (Computersoftware veröffentlicht im Internet unter <http://genetics.forestry.ubc.ca/ritland/programs.html>, Version 3.2)

Maurer, W.; Cremer, E.; Degen, B.; Konnert, M.; Tröber, U. (2008): Erfassung der genetischen Struktur der Rotbuche (*Fagus sylvatica*) als Grundlage für ein genetisches Monitoring wichtiger Waldbaumarten in Deutschland. Projekt-Endbericht. Gefördert durch BLE im Auftrag des BMEL – FKZ 81 Seiten

Streiff, R.; Ducouso, A.; Lexer, C.; Steinkellner, G.; Glössl, J.; Kremer, A. (1999): Pollen dispersal inferred from paternity analysis in a mixed oak stand of *Quercus robur* L. and *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. Mol. Ecol. 8, S. 831–842

Jolivet, C.; Höltnen, A.; Liesebach, H.; Steiner, W.; Degen, B. (2010): Mating patterns and pollen dispersal in four contrasting wild cherry populations (*Prunus avium* L.). Eur J Forest Res. DOI 10.1007/s10342-011-0576-3

Peakall, R.; Smouse, P.E. (2006): GenAlex 6: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research. Molecular Ecology Notes 6, S. 288–295

**Keywords:** gene flow, pedunculate oak (*Quercus robur*), European beech (*Fagus sylvatica*), wild cherry (*Prunus avium*)

---

**Summary:** Gene flow describes the exchange of genes within and between populations through pollen and seed dispersal. Single trees and populations are genetically linked via gene flow. Highly polymorphic DNA-markers (microsatellites) allow the exact tracking of gene flow and the identification of parental shares within the offspring (e.g. seeds, seedlings) of forest trees. Pollen and seed dispersal distances can be calculated and the input of pollen from outside the population can be estimated. Results from studies of pollen dispersal and mating systems will be presented for pedunculate oak (*Quercus robur*) and European beech (*Fagus sylvatica*), two wind-pollinated species, and for wild cherry (*Prunus avium*), an insect-pollinated species, and discussed in view of their relevance for conservation of genetic diversity in space and time.

---

---

# Auf der Suche nach anpassungsrelevanten Genen bei Waldbäumen

Barbara Fussi, Eva Cremer, Monika Konnert

**Schlüsselwörter:** adaptive Marker, SNPs, Trockenstress, Rotbuche (*Fagus sylvatica*)

---

**Zusammenfassung:** Die Analyse anpassungsrelevanter Gene, die für bestimmte Eigenschaften verantwortlich sind, wird auch bei Waldbäumen immer wichtiger. Vor allem im Klimawandel benötigt die forstliche Praxis rasche Entscheidungshilfen zur Herkunftswahl. Mittels SNP-Marker soll es in Zukunft gelingen, forstliches Vermehrungsgut zu empfehlen, das mit bestimmten Stressbedingungen besser zurechtkommt. Über Genexpressions- oder Assoziationsstudien werden derzeit phänotypische Merkmale und Reaktionen auf Stressbedingungen mit genetischen Markern in Verbindung gebracht. Vor allem bei Pappel, Kiefer und Eiche sind bereits zahlreiche sogenannte adaptive SNPs entwickelt worden, die nun auf andere Baumarten übertragen werden sollen. Derzeit untersucht das ASP diese Möglichkeiten für Buche unter Einbeziehung von 20 Herkünften vorwiegend aus Deutschland und Bulgarien. Acht potenzielle Kandidatengene für Trockenstress sind im Fokus. Erste Ergebnisse zeigen große Unterschiede in der Variabilität der analysierten Kandidatengene. Sie bilden die Grundlage für weitere Studien in Richtung Trockenstresstoleranz bei diesen Baumarten.

---

## Einleitung

Neben der Baumartenwahl muss im Klimawandel auch der Herkunftswahl große Aufmerksamkeit geschenkt werden. Viele unserer Hauptbaumarten haben ein großes Verbreitungsgebiet und wachsen auch in Regionen, wo es trockener und wärmer ist als bei uns. Herkunftsversuche, wie sie das ASP für unterschiedliche Baumarten betreibt, liefern zwar Aussagen zur Standortverträglichkeit und zur genetischen Anpassungsfähigkeit von Herkünften einer Baumart, beziehen sich aber auf die derzeitigen und nicht auf zukünftige Bedingungen bei uns. Zudem ist die Langfristigkeit solcher Versuche bis zur Umsetzung in praktische Handlungsempfehlungen ein begrenzender Faktor, vor allem angesichts der prognostizierten Schnelligkeit des Klimawandels. Die Waldbesitzer benötigen rasche Entscheidungen und Empfehlungen und sollten auf Ver-

mehrungsgut zurückgreifen können, bei dem die Wahrscheinlichkeit größer ist, dass es mit bestimmten Stressbedingungen (z. B. Trockenstress) besser zurechtkommt.

In genetischen Untersuchungen wurden bislang überwiegend sogenannte neutrale DNA-Marker eingesetzt, die nicht in Beziehung zu bestimmten Eigenschaften der Bäume stehen. Zunehmend jedoch zielen neue genetische Untersuchungsmethoden auf adaptive Genmarker ab, mit denen versucht wird Gene zu finden, die für bestimmte Eigenschaften verantwortlich und damit relevant für die Anpassung sind (Neale 2007). Dabei geht man davon aus, dass Populationen mit höherer Diversität in anpassungsrelevanten Genen besser mit veränderten Umweltbedingungen umgehen können. In den letzten Jahren wurde ein neuer Typ von Genmarkern entwickelt, der auf Einzelnukleotidaustauschen in der DNA basiert und als SNPs (SNP = Single Nucleotide Polymorphism) bezeichnet wird. Es gibt inzwischen Hinweise, dass einige dieser SNPs bzw. eine Kombination mehrerer SNPs mit Trockenstresstoleranz, Winterhärte, Austriebszeit und Zeit des Blattfalls assoziiert sind (González-Martínez et al. 2006; Wachowiak et al. 2009). Solche SNPs könnten als diagnostische Werkzeuge benutzt werden, um Herkünfte mit bestimmten Eigenschaften auszuwählen.

## Auffinden anpassungsrelevanter Gene – methodische Einsichten

An der Identifizierung von anpassungsrelevanten Genen wird seit einigen Jahren in Feld- und Laborversuchen gearbeitet (z. B. Finkeldey und Hattemer 2010). Physiologische Studien unter kontrollierten Bedingungen zeigen, dass auf bestimmte Umwelt- oder Stressfaktoren spezifische Gene reagieren. Solche Fragestellungen wurden anfangs an Modellpflanzen im Labor studiert (Ingram und Bartels 1996) und später dann auf Bäume ausgeweitet (*Pinus pinaster*, Costa et al. 1998; Dubos et al. 2003). Für die Lokalisierung von Genorten, die für Stressbewältigung zuständig sind, können Studien der sogenannten »Genexpression« dienen. Genexpression ist der Vorgang, bei dem die genetische Infor-

mation der Zelle in ein für den Stoffwechsel benötigtes Produkt umgesetzt wird. Bei Waldbäumen sind Genexpressionsstudien aber noch wenig fortgeschritten. Auf diesem Wege hat man z. B. bei einzelnen Genotypen extreme Unterschiede in der Reaktion auf Trockenheit gefunden (Street et al. 2006).



Abbildung 1: DNA-Extraktion bei der Buche Foto: ASP

### SNP in einem Sequenzabschnitt

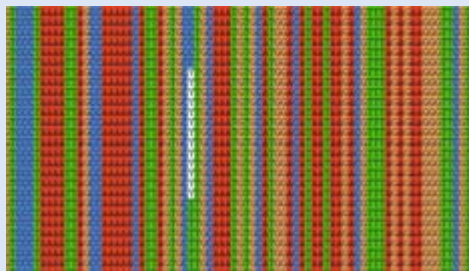


Abbildung 2: SNP in einem Sequenzabschnitt des Gens ALDH bei unterschiedlichen Individuen, die an einer bestimmten Stelle ein C (blau hinterlegt), ein T (grün hinterlegt) oder ein Y (weiß hinterlegt) zeigen; das Y steht für den heterozygoten Status C und T an dieser Stelle

Anpassungsrelevante Gene können auch über »Assoziationsstudien« identifiziert werden. Diese Studien versuchen, phänotypische Variation mit allelischer Variation in Kandidatengen, d. h. mit Genen, die bekannterweise in Zusammenhang mit dem zu untersuchenden phänotypischen Merkmal stehen, zu verbinden (González-Martínez et al. 2008) und dadurch anpassungsrelevante SNPs zu lokalisieren. Wenn die Variation an einem oder mehreren Genorten in Kandidatengen mit der Variation eines wichtigen Merkmals »assoziiert« werden kann, können in einem nächsten Schritt Allele identifiziert werden, die zur Auswahl dieses Merkmals genutzt werden können. Einige Gene, die mit Trockenheitstoleranz in Verbindung stehen, sind bereits bekannt und bei bestimmten Baumarten auch untersucht (*Pinus taeda*, González-Martínez et al. 2006; *Pinus halepensis*, Grivet et al. 2009; *Pinus pinaster*, Eveno et al. 2008). Im Vordergrund solcher Untersuchungen stehen vor allem die beiden mediterranen Kiefernarten, weil die Region, in der sie wachsen, besonders stark vom Klimawandel und dem prognostizierten Niederschlagsrückgang im Mittelmeergebiet betroffen sein wird.

Die Eiche wird als Modellbaumart für Studien bezüglich der Anpassungsfähigkeit an sich ändernde Umweltbedingungen verwendet, weil sie sehr große Populationen bildet und hohe Variation in anpassungsrelevanten Genen besitzt (Gailing et al. 2009). So wurde bei Eiche die natürliche Nukleotiddiversität an Kandidatengen, die am Blattaustrieb beteiligt sind, charakterisiert (Vornam et al. 2010) und dabei an einem Gen eine vergleichsweise hohe Differenzierung entlang eines Höhengradienten gefunden. Bei Traubeneiche wurden kürzlich statistisch signifikante Unterschiede zwischen Populationen entlang eines klimatischen Gradienten an drei Kandidatengen für Trockenstress gefunden; bei Stieleiche fanden sich solche Unterschiede nur bei einem Gen (Homolka et al. 2013). Im Rahmen eines europäischen Projektes (EVOLTREE) wurden auch bei Buche erste Gene identifiziert, für die Funktionen in der Reaktion auf Umweltfaktoren und Stress angenommen werden (Kremer et al. 2010). Zunehmend wird auch bei Buche über die Entdeckung und Analyse von SNPs in Kandidatengen berichtet, die bei Trockenstress und Austrieb eine Rolle spielen könnten (Seifert et al. 2012; Lalagüe et al. 2014). Die bisher gefundene Nukleotiddiversität, d. h. die Anzahl der SNPs in einem Gen, ist nach bisherigen Erkenntnissen bei Buche geringer als z. B. bei Eichen- und Pappelarten (Lalagüe et al. 2014).

## Analyse anpassungsrelevanter Gene

Der Analyse von anpassungsrelevanten Genen in natürlichen Populationen geht eine Analyse mit neutralen Genmarkern voraus, um genetische Unterschiede, deren Ursachen neutrale Prozesse sind, abzugrenzen von solchen, die auf stressbedingte Selektion zurückzuführen sind. Neutrale Marker zeigen genetische Differenzierung zwischen Beständen auf, die auf demografische oder anthropogen bedingte Prozesse (z. B. Genfluss, Rückwanderungsgeschichte, waldbauliche Behandlung) zurückzuführen ist. Solche Untersuchungen werden auch am ASP routinemäßig durchgeführt und bildeten auch in einem Projekt zur Analyse anpassungsrelevanter Marker bei Buche den ersten Schritt. Dabei wurde festgestellt, dass sich Buchenpopulationen aus Deutschland und Bulgarien deutlich in ihrer genetischen Zusammensetzung unterscheiden, auch wenn sie auf Standorten mit ähnlichem Ariditätsindex stocken. Daher müssen sie bei der Analyse anpassungsrelevanter Gene getrennt betrachtet werden.

Die eigentliche Analyse beginnt mit der Auswahl potenzieller Kandidatengene mit bekannter Funktion und damit Relevanz für das zu untersuchende Merkmal (z. B. Reaktion auf Trockenstress) durch Recherchen in der Literatur und in Datenbanken. Die Anzahl solcher Gene ist bei Waldbaumarten noch gering. Zum Auffinden weiterer Kandidatengene kann eine sogenannte Transkriptomanalyse durchgeführt werden an Herkünften, die im gewünschten Merkmal möglichst unterschiedlich sind (z. B. Vorkommen auf trockenen und feuchten Standorten). Für Buche hat eine solche Analyse am IGA-Udine (IT) im Auftrag des ASP zur Identifizierung von 580.000 Positionen in der Basenabfolge geführt, an denen sich die Basen (Buchstaben) in der DNA-Sequenz der Individuen unterscheiden. Daraus wurden 10.000 hochqualitative SNPs ausgewählt, die zwischen Individuen der Herkünfte von trockenen und feuchten Standorten unterschiedlich waren. In einem ersten Schritt wurden aus diesem umfangreichen Datensatz über Abgleich mit Datenbanken drei Genfragmente ausgewählt, die möglicherweise mit Trockenstress in Verbindung stehen.

Als nächster Schritt erfolgt die Sequenzierung der ausgewählten Gene, in Individuen von feuchten und trockenen Standorten, d. h. das Ablesen der Basenreihenfolge (Nukleotidreihenfolge) eines Gens. Dafür werden zuerst die gewünschten Genfragmente (Kandidatengene) in einer PCR-Reaktion (PCR = Polymerase-Kettenreaktion) vervielfältigt. Anschließend erfolgt die eigent-

liche Entschlüsselung der Basen, ein als »Sequenzierung« bezeichneter Vorgang. Dies geschieht voll automatisiert in einem Sequenziergerät, das die Reihenfolge der unterschiedlich fluoreszierenden Nukleotide bestimmen kann. Die Sequenzierung ist zurzeit noch sehr aufwändig und wesentlich kostenintensiver als z. B. die Analyse der Kernmikrosatelliten. Für die Auswertung der Sequenzen und die Berechnung der populationsgenetischen Parameter der analysierten Gene kommen spezielle Computerprogramme zum Einsatz.

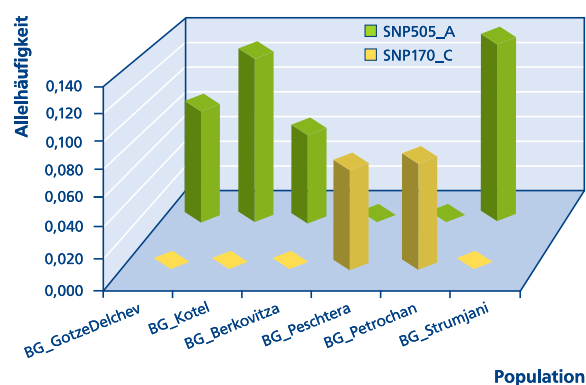


Abbildung 3: Verteilung der SNPs am Gen ALDH innerhalb der bulgarischen Buchenherkünfte am Beispiel von zwei Genorten (505 und 170)

Am ASP werden aktuell 400 Individuen aus 20 Buchenherkünften aus Deutschland und Bulgarien an acht potenziellen Kandidatengenen für Trockenstress untersucht. Beispielfhaft werden in Abbildung 3 erste Ergebnisse am Gen ALDH innerhalb der bulgarischen Herkünfte dargestellt. Am Genort 505 kommt in den beiden feuchten Herkünften BG\_Peschtera und BG\_Petrochan zu 6% die Base »A« vor. In den trockenen Beständen (BG\_GotzeDelchev, BG\_Kotel, BG\_Berkovitzka, BG\_Strumjani) kommt hier nur die Base »G« vor. An einer anderen Stelle (170) innerhalb des Gens ALDH zeigen Individuen der Herkünfte BG\_Peschtera und BG\_Petrochan keine Variation (nur Base G), Individuen der anderen bulgarischen Herkünfte von trockenen Standorten zeigen dort neben »G« auch zwischen 6% und 13% die Base »C«.

In den acht analysierten Kandidatengenen wurden insgesamt 484 polymorphe Nukleotidpositionen gefunden, mit 14 bis 112 variablen Stellen je Gen (Tabelle 1).



Genfragment	Anzahl der Individuen mit erfolgreicher Sequenzierung	Fragmentlänge des Gens (bp)	Variable Stellen	Anzahl der Haplotypen	Haplotypische Diversität
Gen_53	390	154	14	22	0,421
DHN	383	510	49	59	0,736
APX4_1	347	674	66	81	0,867
APX4_2	352	635	43	49	0,841
ALDH	363	505	45	41	0,383
IDH1	343	512	52	48	0,795
Gen_154_1	338	894	103	93	0,827
Gen_8983_2	338	514	112	203	0,893

Tabelle 1: Genetische Parameter der acht sequenzierten Genfragmente

Aus allen variablen Stellen werden pro Gen Haplotypen erstellt, deren Anzahl schwankte zwischen 22 und 203. Je höher ihre Anzahl, umso variabler ist das Gen. Die haplotypische Diversität gibt Auskunft über die Verteilung der einzelnen Haplotypen. Kommen wenige davon sehr häufig vor und viele wiederum selten, ergibt sich daraus ein niedriger Wert. Sind sie annähernd gleichverteilt, entsteht ein höherer Wert.

Das bedeutet, dass je mehr Haplotypen in einer Population vorkommen und je gleichmäßiger sie verteilt sind, die Wahrscheinlichkeit umso höher ist, dass die Population auf unterschiedliche Umweltsituationen positiv reagieren kann.

**Fazit**

Die hier dargestellten Untersuchungen bilden die Grundlage für weitere Studien in Richtung genetische Variation adaptiver Merkmale. Diese Arbeiten stehen bei Bäumen erst am Anfang und es ist in Zukunft noch mehr Arbeit nötig. Um den Zusammenhang zwischen einem bestimmten SNP und dem betreffenden Merkmal herstellen und gut absichern zu können, müssen eine große Anzahl von Individuen für dieses Merkmal phänotypisiert und genotypisiert werden. Dies wird nur mittels Hochdurchsatztechnologien möglich sein. Für die Anwendbarkeit von adaptiven Markern für die Praxis müssen die Ergebnisse noch in weiteren Studien abgesichert werden.



Abbildung 4: Buchenbestand in Bulgarien. Foto: ASP

## Literatur

- Costa, P.; Bahrman, N.; Frigerio, J.M.; Kremer, A.; Plomion, C. (1998): Water-deficit-responsive 754 proteins in maritime pine. *Plant Mol Biol* 38, S.587–596
- Dubos, C.; Plomion, C. (2003): Identification of water-deficit responsive genes in maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) roots. *Plant Mol Biol* 51, S.249–262
- Eveno, E.; Collada, C.; Guevara, M.A.; Léger, V.; Soto, A.; Díaz, L.; Léger, P. et al. (2008): Contrasting patterns of selection at *Pinus pinaster* Ait. drought stress candidate genes as revealed by genetic differentiation analyses. *Mol Biol Evol* 2, S.417–437
- Finkeldey, R.; Hattmer, H.H. (2010): Genetische Variation in Wäldern – Wo stehen wir? *Forstarchiv* 81, Heft, S.123–129
- Gailing, O.; Vornam, B.; Leinemann, L.; Finkeldey, R. (2009): Genetic and genomic approaches to assess adaptive genetic variation in plants: forest trees as a model. *Physiol Plant* 137, S.509–519
- González-Martínez, S.C.; Ersoz, E.; Brown, G.R.; Wheeler N.C.; Neale, D.B. (2006): DNA sequence variation and selection of tag single-nucleotide polymorphisms at candidate genes for drought-stress response in *Pinus taeda* L. *Genetics* 172, S.1915–1926 DOI: 10.1534/genetics.105.047126
- González-Martínez, S.C.; Huber, D.; Ersoz, E.; Davis, J.M.; Neale, D.B. (2008): Association genetics in *Pinus taeda* L. II. Carbon isotope discrimination. *Heredity* 101, S.19–26
- Grivet, D.; Sebastiani, F.; Vendramin, G.G. (2009): Patterns of polymorphism resulting from long-range colonization in the Mediterranean conifer Aleppo pine. *New Phytol* DOI: 10.1111/j.1469-8137.2009.03015.x
- Homolka, A.; Schueler, S.; Burg, K.; Fluch, S.; Kremer, A. (2013): Insights into drought adaptation of two European oak species revealed by nucleotide diversity of candidate genes. *Tree Genetics&Genomics*. DOI 10.1007/s11295-013-0627-7
- Ingram, J.; Bartels, D. (1996): The molecular basis of dehydration tolerance in plants. *Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol* 47, S.377–403
- Kremer, A.; Sederoff, R.; Wheeler, N. (2010): Genomics of forest health in the Fagaceae: meeting report. *TGG*. DOI 10.1007/s11295-010-0277-y
- Lalagüe, H.; Csillery, K.; Oddou-Muratorio, S.; Safrana, J.; de Quattro, C.; Fady, B.; Gonzalez-Martinez, S.C.; Vendramin, G.G. (2014): Nucleotide diversity and linkage disequilibrium at 58 stress response and phenology candidate genes in a European beech (*Fagus sylvatica* L.) populations from southeastern France. *Tree Genetics&Genomics*. DOI 10.1007/s11295-013-0658-0
- Neale, D.B. (2007): Genomics to tree breeding and forest health. *Curr Opin Genet & Develop* 17, S.539–544
- Seifert, S.; Vornam, B.; Finkeldey, R. (2012): DNA sequence variation and development of SNP markers in beech (*Fagus sylvatica* L.). *Eur. J. For. Res.* 131, S.1761–1770
- Street, N.R.; Skogström, O.; Sjödin, A.; Tucker, J.; Rodríguez-Acosta, M.; Nielson, P.; Jansson, S.; Taylor, G. (2006): The genetics and genomics of the drought response in *Populus*. *The Plant Journal* 48: S.321–341
- Vornam, B.; Gailing, O.; Finkeldey, R. (2010): Natürliche Nukleotid-Diversität von Kandidatengenen für den Blattaustrieb der Traubeneiche (*Quercus petraea*). *Forstarchiv* 81, S.146–149
- Wachowiak, W.; Balk, P.A.; Savolainen, O. (2009): Search for nucleotide diversity patterns of local adaptation in dehydrins and other cold-related candidate genes in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) *TGG* 5: S.117–132 DOI 10.1007/s11295-008-0188-3

**Keywords:** adaptive markers, SNPs, drought stress, European beech (*Fagus sylvatica*)

**Summary:** The analysis of adaptive genes, responsible for certain characteristics, gains importance also in forest trees. Especially under climate change the forest practice needs prompt decision support for choosing the right provenance. Thereby SNP-markers should aid in the process of recommending forest reproductive material, which is able to cope with specific stress conditions. Gene expression and association studies are currently underway in order to link phenotypic traits and reaction to stress conditions with the underlying genes. Mainly in poplar, pine and oak several adaptive SNPs have already been developed, which should now be transferred to other tree species. ASP currently explores this possibility for beech using 20 provenances mainly from Germany and Bulgaria. Eight potential candidate genes for drought resistance are focused on. First results show large differences in the variability of the analyzed candidate genes. They form the basis of further studies dealing with drought tolerance in this tree species.



---

# Bedeutung von Umwelt und Erbanlagen für den Waldbau

Gudula Lerner

**Schlüsselwörter:** Umwelteinflüsse, Pflege, Erbanlagen, Herkunft

---

**Zusammenfassung:** Mit diesem Beitrag soll versucht werden, anhand von Beispielen aus der Praxis, den Zusammenhang von Waldbau und Genetik aufzuzeigen. Als Vertreterin naturnaher und aktiver Waldbewirtschaftung will die Autorin die möglichen Auswirkungen herausstellen, die planvolle und gezielte Pflegemaßnahmen auf die Qualität von Waldbeständen haben. Wenn allerdings Herkunft und genetische Veranlagung bei der Verjüngung von Beständen nicht berücksichtigt werden, sind für lange Jahrzehnte die Weichen falsch gestellt. Vor allem für Gastbaumarten und einige heimische Arten, die nur relativ selten angebaut werden, ist es besonders wichtig, deren Erbanlagen zu kennen und eine entsprechende Auswahl zu treffen.

---

## Beispiel 1: Bedeutung der Umwelteinflüsse und gezielter Pflege

Viele Jahre lang kamen die Forstreferendare Bayerns im Rahmen ihrer Reisezeit im Neuburger Wald bei Passau mit dem Thema Forstvermehrungsgutgesetz (FoVG) an lebenden Beispielen in Berührung. In der Abteilung »Unruhbauerndickicht« des ehemaligen Forstamts Griesbach im Rottal steht ein für niederbayrische Verhältnisse recht schöner, ca. 180-jähriger Eichenbestand, der nach den strengen Regeln des FoVG zur Beerntung von Saatgut zugelassen worden war. Gemeinsam mit dem Waldbaureferenten der zuständigen Oberforstdirektion und dem Personal des Forstamts wurden die bestandsbezogenen Kriterien für die Auswahl von Erntebeständen erarbeitet, wie Form und Habitus, besonders gute phänotypische Merkmale, insbesondere Geradschaftigkeit, Wipfelschäftigkeit, geringe Wasserreiserbildung und Schaftrundheit, gute Verzweigung und Feinstigkeit, wenige Bäume mit Zwieseln oder Drehwuchs. Diese Kriterien sind für alle Baumarten gültig, für Stieleiche gibt es zusätzliche Kriterien wie Mindestalter 70 Jahre, Mindestfläche 0,5 ha, Mindestanzahl der Eichen im Bestand 40, Mindestzahl der zu beerntenden Eichen 20. (Das wurde

den Referendaren vom Forstpersonal ergänzend mitgegeben.).

Bei der Beurteilung der Qualität des Bestandes im »Unruhbauerndickicht« entwickelten sich meist heftige Diskussionen. Einige im unterfränkischen Eichenanbaugebiet geschulte Forstreferendare legten in der Regel sehr strenge Maßstäbe an. Das Forstamtspersonal verteidigte die vergleichsweise gute Qualität »seiner« Eichen. Der Blick in das Zulassungsregister bescheinigte den Bäumen eine »durchschnittliche Qualität«.

Dann entspann sich regelmäßig der Disput über die Einwertung der nach dem Zulassungsregister geforderten Eigenschaften, ob oder inwieweit diese im Erbgut festgelegt seien oder eben nicht. Ob Eichen glatte Stämme ohne Wasserreiser ausbilden, geradschaftig wachsen oder keine Zwiesel bilden, kann auch von der Erziehung eines Bestands abhängen. So können z. B. durch zu starke Eingriffe oder einen unzureichenden Unter- und Zwischenstand negative Merkmale ausgeprägt auftreten.

Im »Unruhbauerndickicht« diese Thematik zu diskutieren, war insbesondere deshalb immer spannend, weil die Entstehungsgeschichte des Bestands sorgfältig aufgeschrieben wurde und heute noch bekannt ist. Einige der »Eltern« des Bestands sind noch am Leben. Es sind prächtige, starkastige Straßenrandbäume mit weit ausladenden Kronen! Kundige Eingriffe und gezielte Pflegeeingriffe über ein langes Bestandsleben haben sicher wesentlich dazu beigetragen, die guten Erbanlagen der Straßenbäume, die äußerlich gar nicht erkennbar sind, zum Vorschein zu bringen!

Fazit: Aktiver Waldbau prägt ganz wesentlich die Qualität unserer Bäume und Wälder!

## Beispiel 2: Einfluss der Vererbung

Dass auch die Veranlagung eine große Rolle spielen kann, sieht man an zahlreichen Anbauten mit der Vogelkirsche. In den letzten Jahrzehnten auf vielen verschiedenen Standorten gepflanzt, zeigen die Kirschen überdeutlich die Bedeutung der genetischen Veranlagung. So hatte der Besitzer eines privaten Forstbetriebs aus ein und derselben Lieferung aus einer Baumschule sehr unterschiedliche Bäume heranwachsen sehen – siehe Abbildungen 1.

Die Bäume haben nicht nur einen sehr unterschiedlichen Wuchs, sondern auch alle Farb-, Süße- und Fruchtfleischvarianten, die man sich vorstellen kann. Obwohl im Falle der Lieferung eine besonders qualitativ hochwertige, ausgewählte Pflanzenkategorie, die sogenannte Sonderherkunft DKV-Grabfeld/D; Kategorie »ausgewählt« (DKV = Deutsche Kontrollvereinigung) bestellt und laut Rechnung auch geliefert worden war, hatten offenbar etliche Kirschkerne aus der »Süß-und-Sauer-Marmeladenherstellung« irgendwie den Weg in die Verschulbeete der Baumschule gefunden. Erst seit 2003 unterliegt die Vogelkirsche dem FoVG, vielleicht eine Reaktion auf die gewonnenen Erkenntnisse auf vielen Anbauflächen. Oder tragen die Gene ein derart breites Spektrum von Merkmalen?

Fazit: Für bestimmte Baumarten wie Kirsche oder Pappel, die im Wirtschaftswald vergleichsweise selten anzutreffen sind, ist es wichtig, genau auf die genetische Herkunft zu achten.



Abbildungen 1: Unterschiedliche Erscheinungsformen von Kirschen aus derselben Pflanzenlieferung Foto: G. Lerner

## Beispiel 3: Tannenherkunftsversuch

Das dritte Beispiel stammt wieder aus dem Neuburger Wald: Abbildung 2 zeigt einen 1987 vom Amt für Forstliche Saat- und Pflanzenzucht, Teisendorf angelegten Tannenherkunftsversuch. Auf einer großen Fläche wurden, wie man das bei Herkunftsversuchen macht, nebeneinander 34 Parzellen mit Tannen 34 verschiedener süddeutscher Herkünfte bepflanzt, unter möglichst homogenen Standortsbedingungen, bei gleichen Pflegeeingriffen etc. Das Bild zeigt deutlich, dass eine Tannenherkunft sich heute eindeutig hervor tut!



Abbildung 2: Tannenherkunftsversuch begründet 1987 Foto: G. Lerner

## Was können wir aus den so verschiedenen Beispielen für Schlüsse ziehen?

Wie groß ist der Einfluss des Erbguts auf die Qualität der Bäume? Sind es jetzt die Gene oder ist es die waldbauliche Behandlung, die die Qualität der Bäume bestimmen? Sicher hat beides eine wesentliche Bedeutung, aber nicht bei allen Baumarten zu gleichen Anteilen.

Konnert (2010) erklärt, warum das so ist: »250 Millionen Einzelbausteine in der DNS der Vogelkirsche machen sie hinsichtlich ihrer Erbanlagen zu einer der »kleinen« Baumarten. Das Genom der Pappel ist doppelt so groß und das Genom vieler Nadelbaumarten schätzungsweise 140-mal so groß.« Das bezieht sich also auf die unterschiedliche Bedeutung der Erbanlagen zwischen den Arten.

Aber auch innerhalb einer Art gibt es große Unterschiede, die wir nicht immer erkennen können.

Der Waldbaulehrer der ETH Zürich, Hans Leibundgut, formuliert es so: »Den Einfluss der Erbanlagen können wir einigermaßen erfassen bei vergleichenden Anbauversuchen unter einheitlichen Umweltbedingungen. Dennoch können erbgleiche Individuen verschieden aussehen, erbverschiedene dagegen unter Umständen gleich. Unsere Auslese aus dem Formengemisch kann daher niemals Erbgut- und Umweltwirkungen mit Sicherheit auseinanderhalten.«.

Die gründliche Kenntnis der natürlichen Formenmannigfaltigkeit der Waldbäume, ihrer Erbanlagen und der Rolle beeinflussbarer Umweltbedingungen – wie Licht und Schatten, Konkurrenz, Verbiss- und andere Schäden für die Erscheinungsformen – bildet eine wichtige Grundlage für unser Handeln im Wald, für die Waldpflege.

### Unterschiede zwischen Wildpflanzen und Kulturpflanzen

In unseren Wirtschaftswäldern arbeiten wir fast nur mit natürlich vorkommenden Arten, die Bäume sind in der Regel Wildpflanzen, nicht gezüchtete Kulturpflanzen. Die genetische Vielfalt ist vergleichsweise groß, was eine wichtige Voraussetzung für die Anpassungsfähigkeit und damit das Überleben der Baumarten ist. Diese genetische Vielfalt ist ein hohes, zu schützendes Gut. Sie bietet die Gewähr dafür, dass Wälder gegenüber biotischen wie abiotischen Einflüssen reagieren können. Das ist wegen der Langlebigkeit von Bäumen besonders wichtig – Bäume können nicht einfach davonlaufen, wenn es ihnen zu heiß, zu kalt, zu trocken oder zu nass wird. Auch in Zukunft unter vermutlich anderen Umweltbedingungen sollen die Wälder leistungsfähig sein, nicht nur bezüglich der Holzproduktion. Dafür zu sorgen, sind wir unseren Nachkommen schuldig!

Die Langlebigkeit der Waldbäume wie der Wälder und die entsprechend langen Zeiträume von der Keimung über die Fortpflanzung bis zur Ernte erfordern von Forstleuten besondere Kenntnisse und Sorgfalt. Dies gilt sowohl für die Pflege und Ernte der Wälder wie für die Auswahl des verwendeten Vermehrungsguts. Anders als in Gartenbau oder Landwirtschaft können wir im Forst nur sehr eingeschränkt über züchterische Methoden auf die Bäume Einfluss nehmen. Allerdings dürfen wir den Einfluss auf Erbanlagen nicht unterschätzen, der durch die gezielte Nutzung von Bedrängern bzw. durch ständige Förderung der dicksten und höchsten Bäume entsteht.

### Naturverjüngung und Pflanzung oder Saat

Waldbau hat immer das Ziel, standortgemäße, stabile, artenreiche, leistungsfähige und zukunftsfähige Wälder zu begründen, zu pflegen und schließlich zu ernten. Die Begründung geschieht über natürliche Verjüngung, über Pflanzung und Saat.

Das Bayerische Waldgesetz (BayWaldG) wendet sich im Artikel 14 direkt an die Waldbesitzer. Dort heißt es:

»Der Wald ist im Rahmen der Zweckbestimmung dieses Gesetzes sachgemäß zu bewirtschaften und vor Schäden zu bewahren. Hierzu sind insbesondere bei der Waldverjüngung standortgemäße Baumarten auszuwählen und standortheimische Baumarten angemessen zu beteiligen sowie die Möglichkeiten der Naturverjüngung zu nutzen ...«

Dafür sind lange Verjüngungszeiträume, eine hohe Anzahl von Samenbäumen pro Baumart, kleinflächige Verfahren (z. B. Femelschlag), der Erhalt phänotypisch wertvoller Bäume über lange Zeiträume erforderlich. Dass es angepasster Schalenwild-, insbesondere Rehwildbestände bedarf, hat sich immer noch nicht überall herumgesprochen. Bei einigen Beständen, wie z. B. den im Beispiel 2 genannten Schwartau-Kirschen oder bei Fichten und Kiefern, die, aus dem Flachland stammend ins Gebirge verpflanzt, dort mit den Umweltbedingungen nicht gut zurecht kommen, sollten die Verantwortlichen jedoch verhindern, dass diese sich verjüngen. Ingo Kowarik (2010) beschreibt Misserfolge mit gebietsfremden Herkünften von Bäumen:

»Seit dem 10. Jahrhundert hat der Bergbau die Hochlagen-Fichtenwälder des Harzes stark zurückgedrängt. Zur Wiederaufforstung wurden seit Mitte des 18. Jahrhunderts Flachlandherkünfte der Fichte verwendet. Diese waren jedoch in den Hochlagen ungeeignet, da sie – anders als die schmalkronigen Hochlagenherkünfte – morphologisch nicht an die hohe Eis- und Schneebruchgefahr angepasst waren.«

In der Forstwirtschaft werden solche genetisch bedingten Nachteile erst Jahre bis Jahrzehnte nach der Saat oder Pflanzung erkannt – anders als in Landwirtschaft oder Gartenbau – und die Lieferanten können nicht mehr zur Verantwortung gezogen werden. Wirtschaftliche und ökologische Schäden wirken sich über lange Zeiträume aus.

Auch mit der Baumart Douglasie wurden in der Vergangenheit einige Waldbesitzer mit ungeeigneten Herkünften versorgt, nicht um die Folgen wissend. Sie haben anstelle der grünen Douglasie *Pseudotsuga menziesii* var. *viridis*, die an der Küste Nordamerikas vorkommt, die blaue Inlandsform (*P. menziesii* var. *glauca*) angebaut. Die »blaue Douglasie« wächst nicht so freudig, ist anfälliger gegen viele Umwelteinflüsse und fühlt sich in unserer Klimaregion insgesamt nicht sehr wohl. Sie sollten sich nicht weiter verjüngen.

Wenn gepflanzt oder gesät werden muss, ist unbedingt auf die Auswahl geeigneter Herkünfte und wo möglich Samenerntebestände zu achten. Die Versorgung mit hochwertigem Vermehrungsgut ist bei uns durch Selbstverpflichtungen der Erzeuger (ZÜF) und durch staatliche Regelungen gewährleistet. Eine ausreichende Bereitstellung tauglichen Pflanzenmaterials und geeigneten Saatguts ist aufgrund der Zulassung vieler Saatguterntebestände nach den Vorschriften des FoVG sichergestellt. Zudem gibt es genügend Samenplantagen für die Produktion wertvollen Saatguts. Waldbesitzer müssen nur die verschiedenen Angebote kennen! Die Bayerische Forstverwaltung berät sie in diesen Fragen und nimmt über die finanzielle Förderung waldbaulicher Maßnahmen Einfluss.

## Pflege

Mit allen Pflege- und Ernteeingriffen wird versucht, die Qualität der Bestände zu verbessern und ihren Wert zu steigern. Wir wählen die »Besten, Vitalsten, Schönsten, Dicksten, Wipfelschäftigsten, Gesundesten« aus. Je reicher die Auswahlmöglichkeiten sind, umso besser (z.B. in stammzahlreichen Naturverjüngungsbeständen). Wenn wir ein klares Ziel haben und zur rechten Zeit an der richtigen Stelle eingreifen, gelingt es uns, mit geringem Aufwand das beste Ergebnis für den Bestand zu erreichen. Kontraproduktiv sind meist die schematischen, wenig überlegten Eingriffe. Damit macht man sich oft unnötige, sogar schädliche Arbeit. Gezielte Auslese und Erziehung verlangen in der Regel weniger körperlichen Arbeitseinsatz als Kenntnisse der Zusammenhänge, der Konkurrenzverhältnisse und der Ansprüche der Arten. Hans Leibundgut sagt: »Gute Auswahl der Arbeitskräfte, gute Ausbildung und Freude an dieser Arbeit sind wichtiger als ein großer Aufwand an Arbeitsstunden.«

Und natürlich müssen im Zuge der Pflege unerwünschte Bestandsglieder baldmöglichst entnommen werden, bevor sie sich natürlich verjüngen (z.B. die Kirschen in Abbildung 1 rechts).

## Wozu ein Forstvermehrungsgutgesetz?

Das Forstvermehrungsgutgesetz FoVG regelt die Zulassung, Erzeugung, das Inverkehrbringen, die Ein- und Ausfuhr sowie die Identitäts- und Herkunftssicherung von forstlichem Vermehrungsgut. Zweck dieser Regelungen ist es, die vielfältigen positiven Wirkungen des Waldes zu erhalten durch Bereitstellen von hochwertigem und identitätsgesichertem forstlichem Vermehrungsgut sowie dessen genetische Vielfalt, auch im Hinblick auf die Leistungsfähigkeit der Wälder, zu erhalten. Saatgut darf nur geerntet werden, wenn Aussehen und Zustand des Altbestands leistungsfähige Nachkommen erwarten lassen. Von der Ernte des Saatguts bis nach dem Verkauf der Pflanze werden die Pflanzen von einem Herkunftsnachweis begleitet, der wie ein Personalausweis Auskunft über die Identität gibt. Waldbesitzer können beim Kauf solchen Materials davon ausgehen, dass sie nicht nur standortangepasste, sondern auch leistungsfähige Pflanzen einkaufen. An Pflanzen und Saatgut ist die Herkunft anders nicht erkennbar.

## Das Schlusswort gebührt dem Lehrmeister Karl Gayer

In »Der gemischte Wald« (1896) schreibt Karl Gayer: »Erkennen wir an, dass die Natur schließlich doch unsere beste Lehrmeisterin ist, und dass wir uns nicht auf Wegen bewegen dürfen, die allzu weit von ihren Bahnen abliegen, dann werden wir unser Programm stets in erster Linie auf die Arbeit der Natur und erst in zweiter Linie auf die menschliche Leistungskraft begründen. Beschränken wir unsere egoistische Benutzungsweise des Waldes nur bis zu jenem Maße, bei welchem es uns möglich wird, die Voraussetzungen zur Selbstverjüngung des Waldes zu erfüllen, so wird uns die Natur niemals ganz im Stiche lassen, und unsere ergänzende Hilfe durch die Kunst hat sich dann auch eines doppelt gesicherten Gedeihens zu erfreuen.«



## Literatur

Gayer, K. (1896): Der gemischte Wald, München

Konnert, M. (2010): in LWF Wissen 65, Freising

Kowarik, I. (2010): Biologische Invasionen, Neophyten und Neozoen in Mitteleuropa, Ulmer, Stuttgart

Leibundgut, H. (1984): Die Waldpflege, Haupt, Bern und Stuttgart

Rohmeder, E.; Schönbach, H. (1959): Genetik und Züchtung der Waldbäume, Paul Parey, Hamburg und Berlin

Wilhelm, G.J. (2013): Naturnahe Waldwirtschaft mit der QD-Strategie, Ulmer, Stuttgart

[www.stmelf.bayern.de/mam/cms02/asp/dateien/fovg.pdf](http://www.stmelf.bayern.de/mam/cms02/asp/dateien/fovg.pdf)

[www.stmelf.bayern.de/wald/forstpolitik/waldgesetze](http://www.stmelf.bayern.de/wald/forstpolitik/waldgesetze)

**Keywords:** Environmental influence, forest tending, genetics, provenance, silviculture

---

**Summary:** This article intends to show by means of practical examples the close connection of silviculture and genetics. As a representant of close-to nature and active forest management the author intends to emphasize the possibilities of well-planned and specific tending measures on the quality of stands. If provenance and genetic predisposition are not taken in consideration, things are set on the wrong course for a very long time. This concerns in particular nonnative species and some indigenous trees which are cultivated relatively rare. Here it is particularly important to have detailed knowledge about the hereditary factors to make the right choice.

---

---

# Blühen und Fruktifizieren unserer Waldbäume in den letzten 60 Jahren

Monika Konnert, Dagmar Schneck und Alois Zollner

**Schlüsselwörter:** Blühprognose, Fruktifikationsverlauf, Buche (*Fagus sylvatica*), Traubeneiche (*Quercus petraea*), Weißtanne (*Abies alba*), Fichte (*Picea abies*)

**Zusammenfassung:** Blühen und Fruchten der Waldbäume sind für die Verjüngungsvorgänge im Wald von essenzieller Bedeutung. Eine erste Bewertung der für das gesamte Bundesgebiet seit den 1950er Jahren erstellten Blühprognosen und Erntestatistiken gibt wichtige Einblicke in das Blüh- und Fruktifikationsgeschehen unserer Waldbäume am Beispiel von vier Hauptbaumarten: Buche (*Fagus sylvatica*), Traubeneiche (*Quercus petraea*), Weißtanne (*Abies alba*) und Fichte (*Picea abies*). Bei Buche und Fichte gab es etwa in einem Drittel der Jahre gute Erntemöglichkeiten. Bei den anderen beiden Baumarten bieten etwa 40% der Jahre gute Erntemöglichkeiten, in ca. 30% der Jahre sind Fehlmalen zu vermelden. Die mit Abstand besten Samenjahre mit »Jahrhunderternten« bei allen Baumarten waren 1958 und 1992. Des Weiteren waren 1982, 1990, 2009 und 2011 sehr gute Erntejahre, mit Halb- oder Vollmast bei allen Baumarten.

Die Analyse zeigt, dass der Ernteerfolg vom Wettergeschehen erheblich abhängt: Spätfröste, große Trockenheit im Frühjahr und Herbst, aber auch die in Süddeutschland häufig auftretenden kalten und nassen Sommer- und Herbstmonate beeinflussen das Erntegeschehen negativ. Bei der Eiche beeinflusst darüber hinaus auch der Wickler- und Spannerfraß das Saatgutaufkommen. Bei der Fichte hängt die Erntemenge stark vom Marktgeschehen und der Bevorratungssituation ab. Abgesicherte Veränderungen in dem Blüh- und Fruktifikationsverhalten infolge des Klimawandels wurden, trotz leicht steigender Tendenzen besonders bei Weißtanne und Fichte, nicht beobachtet.

Blühen und Fruchten sind normale Vorgänge im Lebenszyklus eines Baums. Für die natürliche Verjüngung von Waldbeständen sind sie von entscheidender Bedeutung. Aber auch die künstliche Verjüngung und die damit verbundenen waldbaulichen und wirtschaftlichen Aktivitäten werden stark von diesen Vorgängen beeinflusst. Erntefirmen, Pflanzenproduzenten und Waldbesitzer wollen wissen, in welchen zeitlichen Abständen und mit welcher Intensität die Baumart frucht-

et, welche Samenmenge zu erwarten und wie es um die Qualität des Saatguts bestellt ist. Der Klimawandel mit zunehmenden Temperaturen und sich ändernden Niederschlagsmustern wird aller Voraussicht nach auch das Blüh- und Fruktifikationsgeschehen beeinflussen. Zur Richtung dieser Veränderungen gibt es noch keine gesicherten Erkenntnisse. Die Auswertung des Blüh- und Ernteverlaufs über eine längere Zeitreihe kann erste Hinweise liefern, ob für eine bestimmte Baumart Veränderungen in der Abfolge von Samenjahren bzw. der Intensität des Samenbehangs (Vollmast, Halbmast, Sprengmast, Fehlmalen) zu beobachten sind.

In Deutschland werden seit 1954 jährliche Prognosen über die Ernteaussichten (ab 1984 als Blühprognosen bezeichnet) für wirtschaftlich wichtige Baumarten erstellt und in der Allgemeinen Forstzeitschrift (heute AFZ/Der Wald) im August veröffentlicht. Die Serie geht auf die Initiative von Prof. Rohmeder, dem damaligen Leiter des Instituts für Forstsamenkunde und Pflanzenzüchtung in München zurück. Damit wurden die zwischen 1922 und 1940 im »Deutschen Forstwirt« erschienenen Berichte über die Waldsamenernte im gesamten Reichsgebiet, die durch den Krieg unterbrochen worden waren, wieder aufgenommen (Siegl 1954). Bis 1998 wurden die Berichte von München aus dem Institut für Forstsamenkunde und Pflanzenzüchtung bzw. seinen Nachfolgeeinrichtungen erstellt. Seit 1999 wird die Serie in leicht veränderter Form durch Frau Dagmar Schneck, Leiterin der Landesstelle für forstliches Vermehrungsgut beim Landesbetrieb Forst Brandenburg (Schneck 1999) fortgeführt. Diese Veröffentlichungen sind die wichtigste fortlaufende Quelle, die vom Amt für forstliche Saat- und Pflanzenzüchtung (ASP) zur Erstellung der Statistiken zum Blüh- und Fruktifikationsgeschehen genutzt wurde. Da sie bis 1998 auch jeweils einen Rückblick auf das vorhergegangene Erntejahr enthalten, ist die Verknüpfung des tatsächlichen Erntegeschehens mit der Prognose möglich. Anfangs waren die Prognosen nur beschreibend, 1992 wurden von Frau Dr. Eicke erstmals sogenannte Bewertungsziffern (BZ) eingeführt, um die Blühprognosen quantifizieren und in Tabellenform darstellen zu können (Eicke 1992). Dieses System hat sich bewährt, dadurch sind

die hier vorgestellten Auswertungen erst möglich geworden.

Nach der Wiedervereinigung der beiden deutschen Staaten wurden ab 1990 erstmals auch Meldungen aus der ehemaligen DDR in die Auswertungen einbezogen. Damit hat sich das Beobachtungsgebiet deutlich erweitert.

Zur Einschätzung des Fruktifikationsgeschehens und der tatsächlichen Erntetätigkeiten wurden weiterhin die jährlichen Statistiken der Deutschen Kontrollvereinigung für Forstliches Vermehrungsgut (DKV) zu den geernteten Sonderherkünften (veröffentlicht im gleichen AFZ-Heft wie die Blühprognosen) sowie die seit 1983 jährlich veröffentlichten Erntemengen durch die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung ([http://www.ble.de/DE/02\\_Kontrolle/07\\_Saat-undPflanzgut/ForstlichesVermehrungsgut/ForstlichesVermehrungsgut\\_node.html](http://www.ble.de/DE/02_Kontrolle/07_Saat-undPflanzgut/ForstlichesVermehrungsgut/ForstlichesVermehrungsgut_node.html)) genutzt.

### Zusammenfassung der Fruktifikation 1954–2013 für ausgewählte Baumarten

In Abbildung 1 wurden für vier wichtige Waldbaumarten – Rotbuche, Weißtanne, Traubeneiche und Fichte – das Fruktifikationsgeschehen in den letzten 60 Jahren zusammengefasst. Die Einteilung von Vollmast bis Sprengmast erfolgte aufgrund des Ernterückblicks des Folgejahres unter Beachtung der vorangegangenen Blühprognosen. Der Beurteilung liegt das in den jährlichen Prognosen verwendete Bewertungsschema zugrunde, bei dem eine Vollmast mit 100% angesetzt wird (in Klammern sind die ab 1992 vergebenen Bewertungsziffern (BZ) angegeben):

0–10	Fehlmast (BZ 1) – Fehlernte
11–30	Sprengmast (BZ 2) – geringe Erntemöglichkeiten
31–60	Halbmast (BZ 3) – gute Erntemöglichkeiten
61–100	Vollmast (BZ 4) – Vollernte

Bei allen Unsicherheiten, die in dem verwendeten Datenmaterial begründet sind, gibt die Zusammenfassung nach diesen vier Kategorien erste wichtige Rückschlüsse auf das Fruktifikationsgeschehen in den letzten 60 Jahren.

Betrachtet man Voll- und Halbmasten, die beide gute Erntemöglichkeiten bieten, gemeinsam, so ergibt sich nach Baumarten folgendes zusammenfassendes Bild: Bei Buche und Fichte gab es etwa in einem Drittel der

Jahre gute Erntemöglichkeiten. Durch besonders gute Fruktifikation fallen bei Fichte die Jahre 1958 und 1971 auf (Siegl und v. Schönborn 1990). Bei den anderen Baumarten bieten etwa 40% der Jahre gute Erntemöglichkeiten, in circa 30% der Jahre sind Fehlmasten zu vermelden.

Die mit Abstand besten Samenjahre mit »Jahrhundert-ernten« bei allen Baumarten waren 1958 und 1992. Des Weiteren waren 1982, 1990, 2009 und 2011 sehr gute Erntejahre, mit Halb- oder Vollmast bei allen Baumarten.

Auf Jahre mit extrem guten Ernten folgten bei allen Baumarten Fehlmasten oder höchstens schwache Sprengmasten, wie z. B. 1959, 1993, 1996, 2010 und 2012. Dieser Rückgang liegt in der natürlichen Gesetzmäßigkeit. Bemerkenswert ist aber die auf die Halbmast von 1962 (drei Jahre nach der Vollmast 1958) folgende Periode von beinahe zehn Jahren, in der es fast ausschließlich Spreng- und Fehlmasten gab. 1971 folgte die erste gute Ernte bei Fichte nach acht Jahren, die zu einer Entschärfung der Versorgungslage bei Fichtensaatgut geführt hat. Die Versorgung mit Fichtensaatgut war bis in die 1975er Jahre das Hauptthema bei der Pflanzenprognose. So steht bereits in der Prognose von 1957: »Die allmählich katastrophal werdende Lage auf dem Fichten-Samenmarkt sollte Veranlassung dazu geben, alle quantitativ und qualitativ irgendwie vertretbaren Gewinnungsmöglichkeiten restlos auszuschöpfen.« (Schönborn 1957). Entsprechend groß war auch die Erleichterung über die Ernte 1971, die eine »13-jährige Periode von Minder- und Fehlernten« (Eicke 1972) beendete.

Die anhaltende Trockenheit 2003 hat sich vor allem bei den Laubbäumen negativ auf die Samenbildung ausgewirkt. Nach guter Blüte kam es bei Buche und Eiche nur zu einer Sprengmast.

Für die sehr guten Erntejahre 1958 und 1992, als sich sowohl Blütenansatz als auch Zapfen- bzw. Samenbehang im Bereich einer Vollernte bewegten, sind Ähnlichkeiten bei dem Klimaverlauf sowohl im Vorjahr als auch im eigentlichen Erntejahr zu beobachten: Im Vorjahr (dem Sommer der Blüteninduktion) gibt es eine längere Wärmeperiode, vor allem im Juni/Juli. Der folgende Winter hat bis in den März hinein gleichmäßig verteilte, aber nicht zu niedrige Temperaturen. Es folgt ein recht warmes aber nicht zu trockenes Frühjahr im März und April, eine warme und trockene Periode im Frühsommer, aber mit noch rechtzeitigen Niederschlägen im Juni oder Juli. Im August und September

(bis Mitte Oktober) wechseln sich warm-trockene und nass-kühle Abschnitte ab.

**Validierung der Daten für Eiche und Buche aus älteren Unterlagen der Forstverwaltung**

Da bis 1983 keine Angaben zu den tatsächlich geernteten Saatgutmengen vorlagen und die Blühprognosen bis 1992 nur beschreibend dargestellt wurden, suchte man nach Möglichkeiten, die Prognosen mit Daten zu realen Ernten zu überprüfen bzw. abzusichern.

Bei Traubeneiche wurden dafür die am ASP vorhandenen Berichte der Oberforstdirektion (OFD) Würzburg zu »Ausnutzung und Ergebnis der Eichenmast im Staatswald Unterfrankens«, dem größten Eichenerntegebiet Bayerns, für die 1970er und 1980er Jahre verwendet. Hier sind genaue Angaben zu den Mengen gesammelter Eichen nach Waldgebiet und Forstamt enthalten sowie eine Einschätzung der Mast. Aus Platzgründen kann hier nicht ins Detail eingegangen, sondern nur beispielhaft für einige Jahre die Prognosen mit den tatsächlichen Ernten verglichen werden.

1982 wurden für die Traubeneiche gute bis sehr gute Ernteaussichten prognostiziert. Tatsächlich schrieb die OFD Würzburg im Rückblick zum Erntegeschehen 1982: »Rückblickend ist die Eichenmast im hiesigen Bereich als gute Halb- bis Vollmast zu bewerten. Circa 13.200 Zentner (entspricht rund 660.000 kg) Eicheln wurden im Bereich der OFD Würzburg gesammelt«.

Auch für 1985 war eine gute Halb- bis Vollmast vorausgesagt, allerdings mit großen regionalen Unterschieden (Eicke 1985). Der Bericht der OFD Würzburg bestätigt dies mit der Formulierung: »Rückblickend ist die Eichenmast 1985 im Hochspessart als Halbmast, im Nord- und Vorspessart, in der Rhön und auf der Fränkischen Platte als Sprengmast und im Bereich Steigerwald-Haßberge als gute Spreng- bis Halbmast zu bewerten«. Die Erntemenge war mit ca. 350.000 kg deutlich geringer als 1982.

Voll bestätigt wurde in den Berichten auch die Vollmast 1976 bei Eiche und Buche. Hier finden sich ebenfalls Hinweise zu der Witterung: »Im Frühjahr 1976 kam es im gesamten hiesigen Gebiet der Traubeneiche zu einer guten Blüte, die eine Halb- bis Vollmast zu erkennen ließ. Es folgten ein ziemlich trockenes Frühjahr

und Sommer, aber anfangs September kam es gerade noch rechtzeitig zu relativ ergiebigen Niederschlägen«. In den Jahren 1975 und 1974 wird Sprengmast angeführt. Auch das stimmt mit den Blühprognosen überein.



Abbildung 1: Fruktifikationsverlauf zwischen 1954 und 2013 (F = Fehlmast, S = Sprengmast, H = Halbmast, V = Vollmast) bei den vier Baumarten



### Detaillierte Analyse des Blüh- und Ernteverlaufs der ausgewählten Baumarten ab 1992

Wie bereits erwähnt wurden ab 1992 zur Schätzung der Blühintensität erstmals Bewertungsziffern (BZ) verwendet, die die bis dahin beschreibenden Aussagen quantifizieren. Die BZ liegen zwischen 1 (kein/geringstes Blühen, entspricht 0–10%) und 4 (reichliches/volles Blühen, entspricht 60(70)–100%). Bei Werten über 3 bestehen Vollerntemöglichkeiten, bei Werten unter 1,3 sind höchstens noch regional kleinere Ernten zu erwarten (Eicke 1992). Verbindet man die Aussagen zum Blühgeschehen mit den Erhebungen der geernteten Saatgutmengen, dann zeigen sich interessante Zusammenhänge. Vor allem die Jahre, in denen es trotz guter Blüte keine oder nur eine sehr schwache Ernte gab, sind für die Ursachenanalyse (Witterungsgeschehen, Marktlage) interessant. Im Folgenden sollen für die Baumarten Rotbuche, Traubeneiche, Weißtanne und Fichte das Blüh- und Fruktifikationsgeschehen ab 1992 näher analysiert werden.

#### Rotbuche (*Fagus sylvatica*)

Bei der Rotbuche gab es zwischen 1992 und 2013 sechs Jahre mit sehr guter Blüte (1992, 1995, 1998, 2006, 2009 und 2011) und sieben Jahre mit sehr schwacher Blüte (1993, 1996, 1997, 2005, 2008, 2010, 2012) (Abbildung 2).

Auf jedes sehr gute Blühjahr folgten meist zwei Jahre mit schwacher Blüte. Bei mittlerem Blütenansatz ist der Rückgang im Folgejahr deutlich geringer (siehe 1999 bis 2004). Zwischen 2009 und 2011 liegt nur ein

Jahr mit geringer Blüte und ausfallender Ernte, was im betrachteten Gesamtzeitraum eine Ausnahme darstellt. In vier Jahren führte die starke Blüte auch zu einer starken Fruktifikation und einem sehr hohen Ernteaufkommen, nämlich 1992, 1995, 2009 und 2011. In den Jahren 1998 und 2006 fielen die Ernten deutlich geringer aus, als es die Bewertungsziffer (BZ) erwarten ließ. Die hier nicht dargestellten herkunftsgebietsweisen Erhebungen zeigen für 2006 starke regionale Unterschiede bei den Erntemengen. So war z. B. im Alpenvorland (Herkunftsgebiet 810 24), wo immer sehr viel Buche geerntet wird, die Ernte viel geringer als nach der BZ (für dieses Herkunftsgebiet mit 2,7 angegeben) erwartet. In diesem Jahr waren die Monate März, Juni und Juli im Alpenvorland überdurchschnittlich niederschlagsreich. Nach wenigen heißen Augusttagen folgte ein sehr kühler und nasser September. Der Oktober brachte eine Dauerregenperiode, die bis zum früh im November einsetzenden Winter anhielt. Durch diesen Witterungsverlauf wurden die Ernteergebnisse nachhaltig negativ beeinflusst.

2000 und 2007 war die Ernte in Nord- und Mitteldeutschland recht gut, während sie in Süddeutschland total ausgefallen ist. Das Jahr 2000 war damals nach Aussagen der Wetterdienste das wärmste im letzten Jahrhundert. Auf eine warme und trockene Periode von April bis Juni folgte in Süddeutschland ein sehr kühler, feuchter Juli (Mitteltemperatur in Laufen nur 16,3 °C) und ein regenreicher Herbst. Auch 2007 folgte auf ein extrem warmes und trockenes Frühjahr ein kalter regenreicher Herbst (vor allem im Septem-

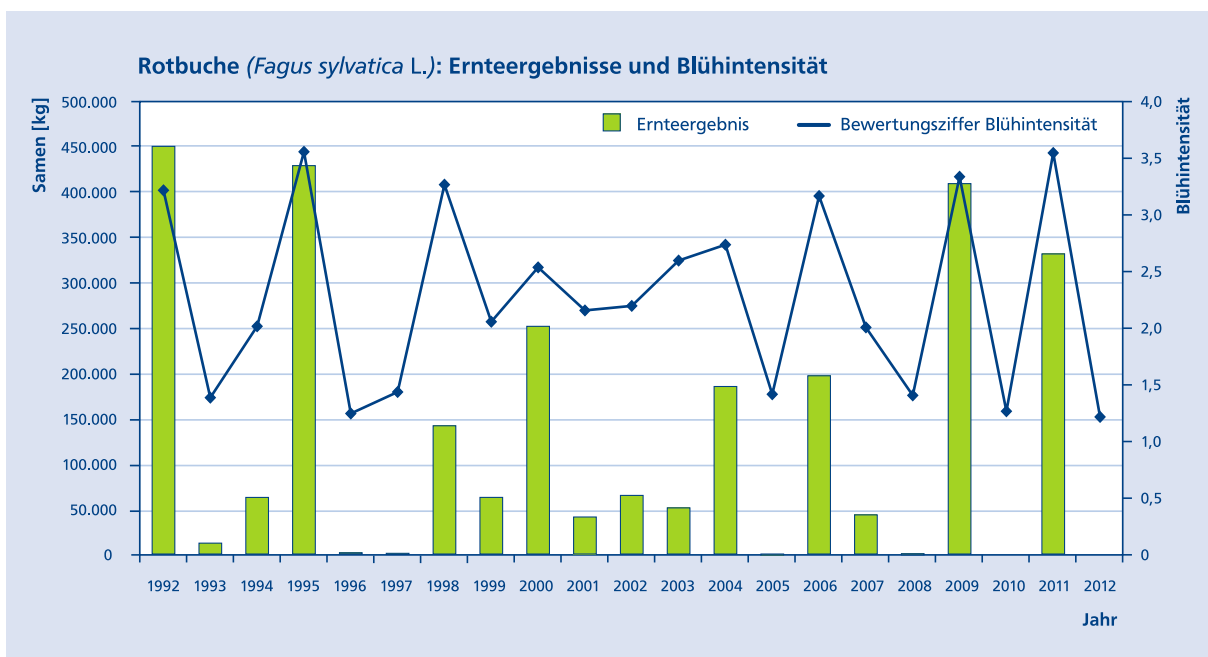


Abbildung 2: Blühverlauf und Ernteergebnis für Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.) zwischen 1992 und 2013

ber/Oktober). Derartige Witterungsverläufe während der Vegetationsperiode beeinflussen die Samenbildung und Qualität der Samen und damit die Erntemöglichkeiten negativ.

Schlussfolgernd lässt sich feststellen, dass bei der Buche die alle vier bis fünf Jahre auftretenden guten Erntemöglichkeiten voll zur Saatgutversorgung genutzt werden. Ob die beiden aufeinanderfolgenden Samenjahre 2009 und 2011 Zufall sind, oder schon als Trend zu zunehmender Fruktifikation zu werten, wird die Zukunft zeigen.



Abbildung 3: Blüte der Eiche Foto: ASP

**Traubeneiche (*Quercus petraea*)**

Die Eiche hat in den letzten 20 Jahren jedes zweite bis dritte Jahr gut bis reichlich geblüht. Nur in einem Jahr (2010) war die Bewertungszahl unter 2,0, was auf eine Sprengmast hingedeutet hat. Allerdings folgte auf die gute Blüte nur in einem Fall, nämlich 1992 eine Vollmast, weil es in den anderen Jahren häufig zu Schäden durch Wickler- und Spannerfraß kam. Dieser Faktor, zusammen mit den Schäden durch Spätfrost, führte bei der Eiche dazu, dass der Zusammenhang zwischen Blühintensität und Erntemengen nicht so eindeutig ist, wie bei anderen Baumarten (Abbildung 4, z.B. die Jahre 1997, 1998 und 2009) und die Ernten deutlich geringer ausfallen als prognostiziert. So gibt es zwischen 1992 und 2013 sieben Jahre mit Fehlmast (1996, 1999, 2001, 2002, 2004, 2008, 2010).

Über Schäden durch den Eichentriebwickler wird erstmals 1957 berichtet: »Der Eichentriebwickler wirkt sich allmählich zu einer verheerenden Landplage aus« (Schönborn 1957). Außerhalb des hier dargestellten Beobachtungszeitraums erwähnen unter anderem die Prognosen und Ernteberichte von 1967, 1978, 1981, 1983 und 1984 starke Einbußen in den Erntemöglichkeiten, verursacht durch diese Schädlinge. Auch 1996 wird eine Beeinträchtigung durch Insektenfraß prognostiziert (»Für Stiel- und Traubeneiche muss aber mit erheblichen Verlusten durch Insektenfraß gerechnet werden« Eicke 1996). Dies sind nur einige Beispiele aus den wiederkehrenden Meldungen zu diesem Thema.

Das Trockenjahr 2003 hat sich bei der Eiche deutlicher negativ auf die Samenbildung ausgewirkt, wie z. B. bei den Nadelbaumarten.

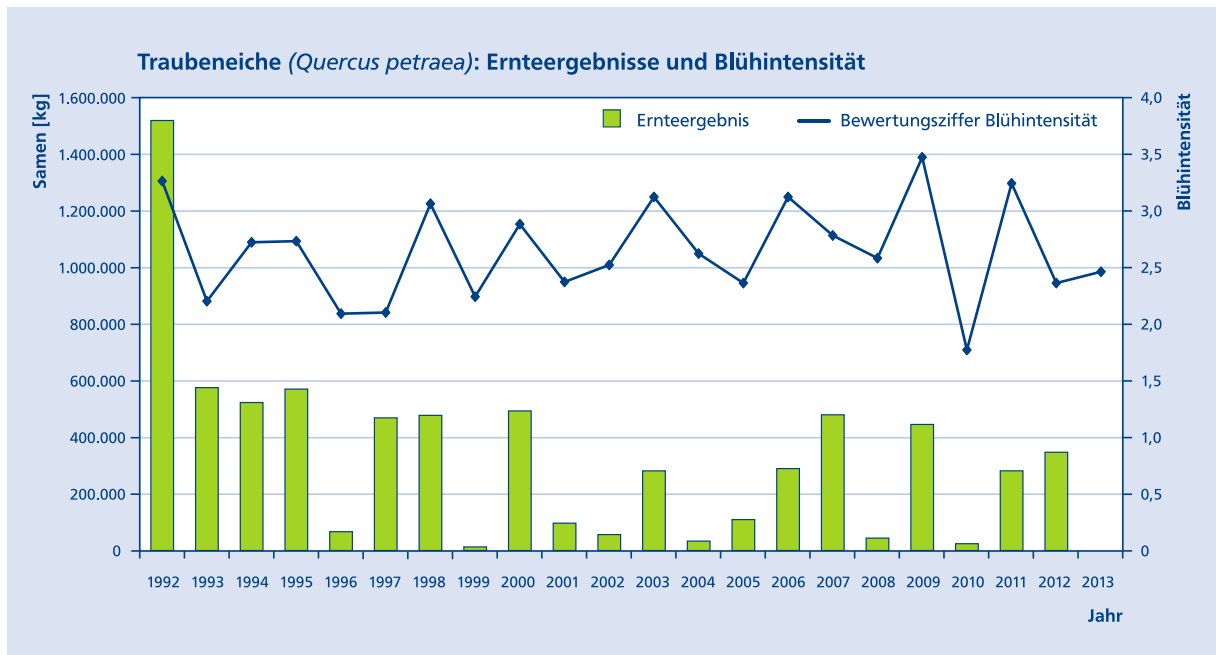


Abbildung 4: Blühverlauf und Ernteergebnis für Traubeneiche (*Quercus petraea*) zwischen 1992 und 2013

**Weißtanne (*Abies alba*)**

Die Weißtanne ist vor allem in Süddeutschland (Bayern, Baden-Württemberg) eine wichtige Baumart, wo auch der Großteil der Ernten durchgeführt wird. In den meisten anderen Regionen ist ihre Bedeutung zur Saatguternte gering. Dementsprechend ungenau, da von geringem Interesse, sind in diesen Regionen auch die Blüh- und Ernteprognosen. Deutschlandweit ergeben sich daraus immer wieder Diskrepanzen zwischen Prognose und Ernteergebnissen. Ernteprognosen basierend auf der Bewertungsziffer des Blühgeschehens sind nicht immer zutreffend, wie z. B. 1992, 1994 und 1997, als die Prognosen (BZ) auf eine Halbmast hinwiesen, die Ernteergebnisse aber auf Vollmast schließen lassen. Demgegenüber haben sich die für die Jahre 1995, 1998, 2000 und 2003 aufgrund der Blühintensität aufgestellten Ernteprognosen nicht erfüllt (Abbildung 1 und 6). Die Ernten waren in diesen Jahren deutlich geringer als erhofft. Hier könnte auch die Witterung eine Rolle gespielt haben. Die für die Fruktifikation negativen Witterungsverläufe in den Jahren 1998 und 2000, vor allem die sehr kühlen und extrem niederschlagsreichen Sommer und Herbstmonate dieser Jahre wurden bereits bei der Buche angeführt. Sie haben sich auch auf die Tannenernte negativ ausgewirkt. Die geringen Erntemöglichkeiten 1995 gehen wahrscheinlich auf einen Spätfrost am 15. Mai zurück, der mit Temperaturen bis unter  $-3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  die Weißtanne hart getroffen hat. Demgegenüber war 2003 in Süddeutschland ein Jahr mit einem extrem heißen und trockenen Frühling und Sommer. Das Jahr 2002, das



Abbildung 5: Zapfen der Weißtanne Foto: ASP

Jahr der Blüteninduktion, war in den dafür relevanten Monaten Juni/Juli in Süddeutschland sehr regenreich und sonnenscheinarm. Das Jahr 2002 war überhaupt das nasseste und eines der wärmsten seit Beginn des 20. Jahrhunderts. Besonders große Niederschlagsmengen ergaben sich in den Gebirgen Süddeutschlands.

In vier Jahren, nämlich 1996, 2002, 2010 und 2012 gab es trotz prognostizierter Sprengmast so gut wie keine Ernten. Allerdings folgten die Jahre 2002, 2010 und 2012 immer auf gute Fruktifikationsjahre, während 1996 ein sehr kaltes Jahr war, das auf einen sehr langen und kalten, bis in den April hineineichenden Winter folgte. 1996 war bei allen Baumarten ein Ausfall der Blüte und Samenbildung zu beobachten.

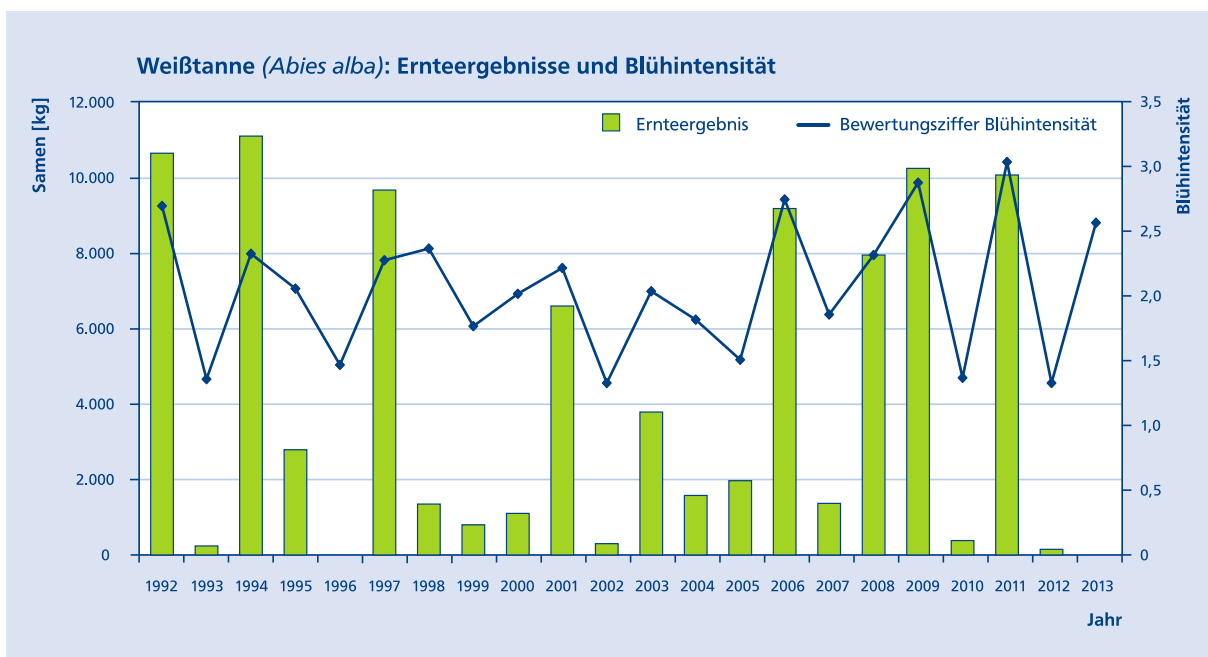


Abbildung 6: Blühverlauf und Ernteergebnis für Weißtanne (*Abies alba*) zwischen 1992 und 2013

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass es seit 1992 bei der Weißtanne dreizehn Jahre mit guter bis reichlicher Blüte gab, von denen neun auch einen starken Fruchtbehang und gute Ernteergebnisse aufwiesen. Allerdings waren diese Jahre unregelmäßig verteilt. Nach drei guten Ernten zwischen 1992 und 1997 folgten fast acht Jahre mit schwächerer Blüte und nur geringen Erntemöglichkeiten. Seit 2006 gibt es mindestens jedes zweite Jahr eine gute Tannenernte. 2008 und 2009 sogar in zwei aufeinanderfolgenden Jahren. Ob diese Zunahme zufällig ist oder sich weiter fortsetzt, werden die kommenden Jahre zeigen. Seit 1954 allerdings wiederholt sich bei der Tanne ein ähnliches Muster: Perioden von sechs bis sieben Jahren ohne nennenswerte Erntemöglichkeiten, gefolgt von Perioden mit guten Ernten alle zwei bis drei Jahre. Da der Tannensamen nicht sehr lange gelagert werden kann, kann es bei dieser Konstellation zeitweise zu Engpässen in der Saatgutversorgung kommen.

#### Fichte (*Picea abies*)

Bei der Fichte gab es seit 1992 in jedem dritten Jahr eine gute bis sehr gute Blüte (BZ > 2,5), die eine Halb- oder Vollmast erwarten ließ (Abbildung 7). Obwohl in jedem Jahr mit guter Blüte auch Ernten stattfinden, sind die Erntemengen seit 1990 deutlich zurückgegangen. Während z. B. in den sechs Jahren zwischen 1983 und 1989 in Deutschland ca. 31.000 kg Fichtensamen geerntet wurden (jährliches Mittel ca. 4.400 kg), waren es in den nächsten 20 Jahren (1990–2011) noch ca. 28.000 kg (jährliches Mittel ca. 1.400 kg) (Abbil-

dung 8). Sogar 1992, dem Jahr mit einer »Jahrhundertblüte« wurden nur ca. 8.000 kg geerntet, während es bei der Vollmast 1987 mit 17.000 kg noch gut doppelt so viel waren. Dabei ist auch zu beachten, dass es zwischen 1983 und 1989 nur ein Jahr mit Vollmast und damit erfolgversprechenden Ernteaussichten gab. In diesem Zeitraum wurden auch die vier Sprengmasten (1983, 1984, 1985, 1988) nach Möglichkeit genutzt. Zwischen 1990 und 2011 waren elf Jahre mit guter bis sehr guter Blüte, die auf gute bis sehr gute Erntemöglichkeiten hindeuteten (Abbildungen 1 und 6). So war z. B. 1998 und 2006 die Blüte bei Fichte noch besser als 1992, geerntet wurde aber deutlich weniger.

Das Erntegeschehen bei der Fichte ist stark geprägt von zwei Faktoren: der Nachfrage auf dem Pflanzenmarkt und der Bevorratung. Während der Jahre 1950 – 1980 war die Fichte sehr gefragt; alle Erntemöglichkeiten wurden genutzt. Die zunehmenden Schäden z. B. durch Stürme und Trockenperioden und die allgemeine Diskussion über die Rolle der Fichte im Klimawandel haben zu einem Rückgang bei der Pflanzung von Fichte geführt und damit zu einer deutlichen Abschwächung der Nachfrage. Zudem wurden ab Mitte des vorigen Jahrhunderts in vielen Bundesländern, darunter auch Bayern, Samenplantagen für Fichte angelegt, die nach ca. 30–40 Jahren als Erntebasis zusätzlich zur Verfügung stehen. Fichtensaatgut ist ohne nennenswerte Verluste der Keimfähigkeit Jahrzehnte lagerbar. Gute Erntejahre werden darum zur Bevorratung genutzt, auf Ernte in den Folgejahren wird oft trotz guter Fruktifikation verzichtet.

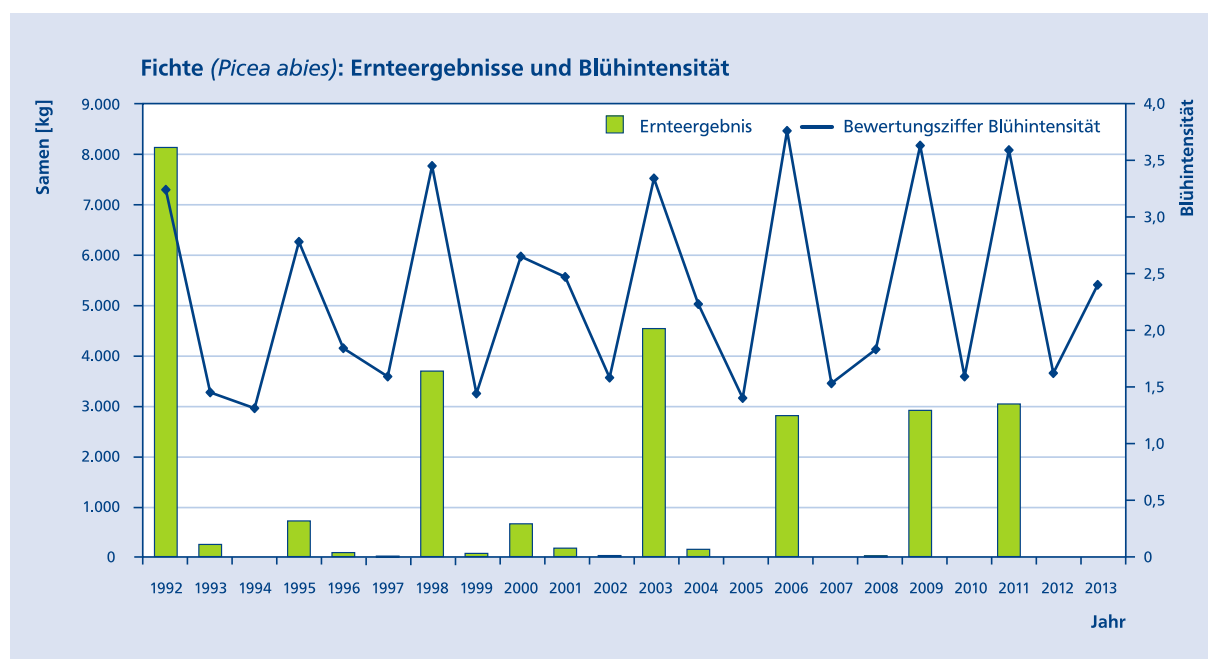


Abbildung 7: Blühverlauf und Ernteergebnis für Fichte (*Picea abies*) zwischen 1992 und 2013



**Fazit**

Eine erste Bewertung der für das gesamte Bundesgebiet seit den 1950er Jahren erstellten Blühprognosen und Erntestatistiken gibt wichtige Einblicke in das Blüh- und Fruktifikationsgeschehen unserer Waldbäume am Beispiel von vier wichtigen Hauptbaumarten (Fichte, Buche, Traubeneiche und Weißtanne). Solche Auswertungen sind nicht nur für die Forstpraxis, sondern auch für Erntefirmen und Baumschulen sowie für Ornithologen, Wildforscher und nicht zuletzt Jäger interessant. Es zeigt sich, dass in Jahren mit guter Blüte in der Regel intensiv Saatgut geerntet wird. Auch wenn diese Analyse aufgrund des verwendeten Datenmaterials einen direkten Zusammenhang mit Klimaparametern nicht herstellen kann, (dafür ist das Beobachtungsgebiet Deutschland zu groß und klimatisch zu heterogen) deutet sie dennoch an, dass der Ernteerfolg vom Wettergeschehen erheblich abhängt: Spätfröste, große Trockenheit im Frühjahr und Herbst, aber auch die in Süddeutschland häufig auftretenden kalten und nassen Sommer- und Herbstmonate beeinflussen das Erntegeschehen negativ. Bei der Eiche beeinflusst darüber hinaus auch der Wickler- und Spannerfraß das Saatgutaufkommen. Bei der Fichte hängt die Erntemenge stark vom Marktgeschehen und der Bevorratungssituation ab.

bei einigen Baumarten, wie z. B. bei der Weißtanne, in den letzten Jahren eine gehäufte Blüte und Fruktifikation zu beobachten, die aber noch keine gesicherten Schlussfolgerungen für die Zukunft zulässt. Die am ASP auch für alle wichtigen Baumarten vorliegenden Daten sollen weiter ausgewertet werden. Sie in Beziehung zu genauen Klimadaten zu setzen ist die spannende Aufgabe der Zukunft.

Bereits gesicherte Veränderungen im Blühverhalten und Blühhrythmus infolge des Klimawandels sind aus den analysierten Daten nicht zu entnehmen. Zwar ist

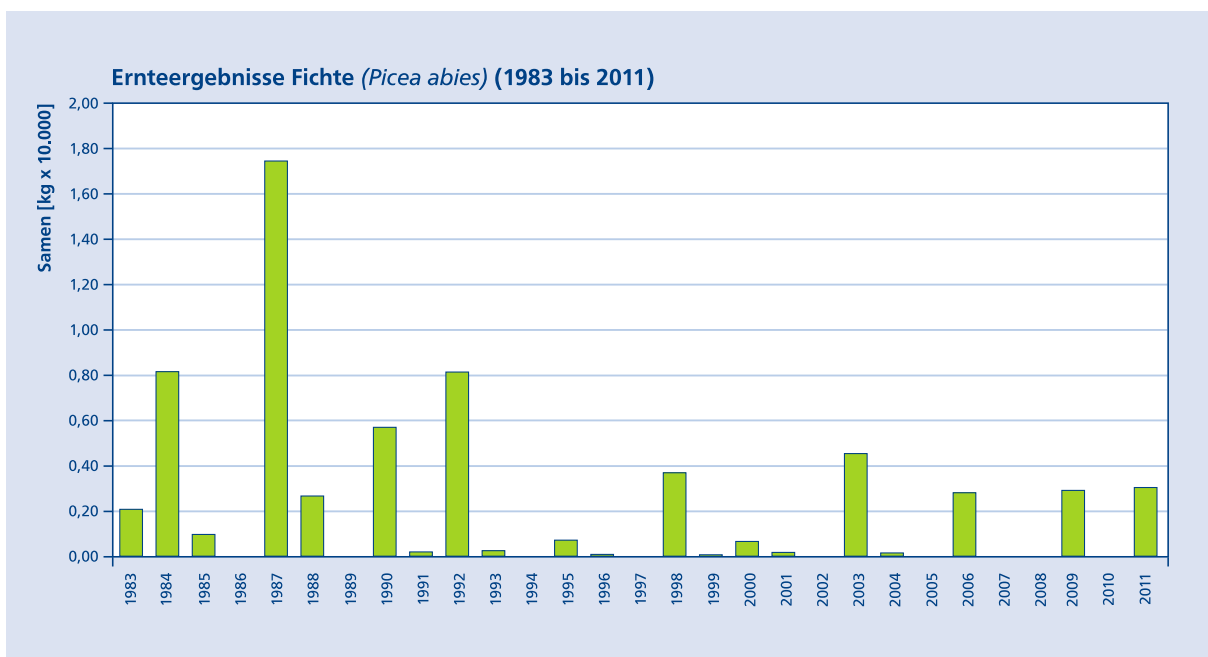


Abbildung 8: Ernteergebnis bei Fichte (*Picea abies*) zwischen 1983 und 2011

## Literatur

Anmerkung: Eine ähnliche Arbeit wie die hier zitierten erscheint jährlich in der August-Ausgabe der AFZ. Alle Arbeiten zu zitieren war aus Platzgründen nicht möglich. Es wurden nur wenige ausgesucht, auf die im Text explizit Bezug genommen wird.

Eicke, G. (1972): Prognose der Waldsamenernte 1972. AFZ/Der Wald, S. 717–718

Eicke, G. (1985): Das Blühen der Waldbaumarten 1985. AFZ/Der Wald 33: S. 855–856

Eicke, G. (1992): Das Blühen der Waldbaumarten 1992. AFZ/Der Wald 17: S. 886–887

Eicke, G. (1996): Das Blühen der Waldbäume 1996. AFZ/Der Wald 18: S. 982–983

Siegl, T. (1954): Prognose der Waldsamenernte 1954. AFZ/Der Wald 9. Jhg. Nr. 31/32

Schneck, D. (1999): Das Blühen der Waldbäume 1999. AFZ/Der Wald 16, S. 828–829

Schönborn, v. A. (1957): Prognose der Waldsamenernte. AFZ/Der Wald 40/14, S. 460–461

Siegl, T.; Schönborn, v. A. (1990): Fruktifikation der Fichte (*Picea abies* (L.) Karst.). Interner Bericht des Lehrstuhls für Forstpflanzenzüchtung und Immissionsforschung der Forstwissenschaftlichen Fakultät der LMU München. 50 S.

**Keywords:** Flowering prediction, fructification, beech (*Fagus sylvatica*), Sessile oak (*Quercus petraea*), Silver Fir (*Abies alba*), Norway spruce (*Picea abies*)

---

**Summary:** Flowering and fructification of forest trees is of essential importance for regeneration processes. A first nationwide evaluation of flowering prognoses and seed crop statistics since the 50s provides insights about flowering and fructification of four main tree species: common beech (*Fagus sylvatica*), sessile oak (*Quercus petraea*), silver fir (*Abies alba*) and Norway spruce (*Picea abies*). In beech and spruce, about one third of the years were characterized by good seed crops. In the other two species, about 40% of the years offered good harvesting possibilities, whereas ca. 30% were years with missing fructification. 1958 and 1992 were by far the best years with respect to seed production. Furthermore, years 1982, 1990, 2009 and 2011 were characterized by good harvests with medium to good fructification in all four species.

Data analysis demonstrates that crop success strongly depends on weather conditions. Late frosts, intensive drought during spring and autumn, but also wet and cool weather conditions during summer and autumn, which frequently occur in Southern Germany, have a negative effect on seed crops. Infestations by tortrix and winter moth pose an additional factor with a negative influence on seed production in oaks. In spruce, the amount of harvested seeds depends on market conditions and available reserves. In spite of a slight increase, changes in flowering and fructification behaviour of silver fir and spruce as a consequence of climate change were not significant.

---

---

# Hochwertiges Vermehrungsgut für die Bergwälder in Bayern

Alois Zollner und Andreas Wurm

**Schlüsselwörter:** Bergwald, Schutzwald, Vermehrungsgut, Herkunftsgebiet, Erntebestand, Samenplantage, Anpassung, Erntegeschehen

**Zusammenfassung:** In den nächsten Jahren wird angesichts des sich abzeichnenden Klimawandels der Bedarf an qualitativ hochwertigem Pflanzmaterial für die Sanierung und Stabilisierung der Bergwälder in Bayern deutlich ansteigen. Damit diese Pflanzen in ausreichendem Umfang für die Forstwirtschaft bereitgestellt werden können, muss genügend Saatgut für die Anzucht in Baumschulen zur Verfügung stehen. Das Amt für forstliche Saat- und Pflanzenzucht (ASP) hat daher das Saatgutaufkommen der Jahre 1995 bis 2013 näher untersucht, um daraus Rückschlüsse auf die aktuelle Versorgungssituation zu ziehen und Handlungsstrategien für die Zukunft abzuleiten. Die Auswertung der Ergebnisse zeigte, dass die Bereitstellung von ausreichend Saatgut aus den Bergwäldern im Großen und Ganzen sichergestellt ist. Allerdings bestehen insbesondere bei den wichtigen Mischbaumarten Buche und Bergahorn größere Defizite bei der Ausstattung mit Saatguterntebeständen und bei der Nutzung des vorhandenen genetischen Potenzials in bestimmten Herkunftsgebieten. Das gilt entsprechend auch für Europäische Lärche im Alpenraum und für Fichte in Ost- und Nordostbayern. Eine Besonderheit stellt die genetische Ausdünnung der Weißtanne in Nordostbayern dar. Daher wird es in den nächsten Jahren darauf ankommen, die Erntebasis für die Saatgutgewinnung vor allem bei diesen Baumarten zu verbreitern und eine größere Zahl an Erntebeständen am Saatgutaufkommen zu beteiligen.

Die Bergwälder im Alpenraum und in den ostbayerischen Mittelgebirgen müssen von Natur aus mit besonderen Umweltbedingungen zurechtkommen. Das Klima ist geprägt von kurzen Vegetationszeiten, niedrigen Durchschnittstemperaturen, Eis- und Duftanhang, hohen Schneelagen und Starkniederschlägen. Im Herbst und Winter kommen häufig Inversionswetterlagen hinzu. Die geologische Ausgangslage bilden unterschiedliche Kalk- oder Urgesteinsformationen mit häufig unterbrochener Bodenentwicklung und teilweise deutlich eingeschränkter Nährstoffausstattung.

Darüber hinaus ist das Gelände meist intensiv gegliedert und stark geneigt.

An diese extremen Standortsbedingungen haben sich die Baumpopulationen der Bergwälder über lange Zeiträume hinweg angepasst. Die Bäume im Bergwald weisen deshalb spezifische physiologische Eigenschaften (z. B. Austrieb oder Blattfall) und morphologische Merkmale (z. B. Kronenform) auf, die sie von denen ihrer Artgenossen im Flachland deutlich unterscheiden. Durch die intensive Nutzung der Bergwälder und die Verwendung ungeeigneter Herkünfte bei der Wiederaufforstung in der Vergangenheit ist diese Anpassung in Teilbereichen des Bergwalds verloren gegangen.



Abbildung 1: Beispiel eines Saatguterntebestands der Europäischen Lärche in der hochmontanen Stufe bei Berchtesgaden Foto: ASP

Ein großer Teil der Bergwälder erfüllt wegen der Steilheit des Geländes vielfältige Schutzfunktionen (z. B. vor Lawinen, Steinschlag oder Erosion). Den Bergwald für die Zukunft gesund, stabil und leistungsfähig zu erhalten bzw. diesen Zustand wiederherzustellen, ist deshalb eine der wichtigsten Aufgaben der Forstwirtschaft in Bayern. Dabei haben die Schutzfunktionen Vorrang vor den berechtigten Nutzungsinteressen der Waldbesitzer.

Um die natürliche Angepasstheit und Anpassungsfähigkeit intakter Bergwälder zu erhalten oder wieder herzustellen, ist es entscheidend, qualitativ hochwertiges

und herkunftsgesichertes Vermehrungsgut bei dessen Verjüngung zu verwenden. Im Bergwald sollten deshalb nur Pflanzen ausgebracht werden, die aus Saatgut angezogen wurden, das von Waldbeständen stammt, die an die besonderen Standortbedingungen des Bergwaldes angepasst sind. Dem Wissen um die Bedeutung der genetischen Vielfalt und der richtigen Herkunft für die Stabilität des Bergwaldes hat man bei der Ausweisung von Herkunftsgebieten bereits früh Rechnung getragen und verschiedene Höhenstufen (von submontan bis subalpin) abgegrenzt (Tabelle 3). Gleichzeitig wurde eine größere Anzahl vitaler und standortsheimischer Waldbestände ausgewählt und für die Saatguternte zugelassen, um die Versorgung des Bergwalds mit angepasstem Vermehrungsgut sicherzustellen (Abbildung 1).

Die Gewinnung von Saatgut im Bergwald unterscheidet sich wesentlich von der im Flachland. Mit zunehmender Meereshöhe reifen die Baumsamen deutlich langsamer und der wirtschaftliche Erfolg von Erntemaßnahmen wird stark von Witterungsverhältnissen (z. B. Föhnwinde oder frühzeitiger Wintereinbruch) beeinflusst. Vielfach sind die Erntebestände darüber hinaus nur teilweise erschlossen oder schwer zugänglich (Steilheit des Geländes). Häufig stehen sie sehr dicht und fruktifizieren nur wenig oder sind flächig verjüngt, wodurch Erntemaßnahmen wie zum Beispiel Netzern bei Buche (Abbildung 2) stark einschränkt oder sogar ganz verhindert werden.

Das geringere Saatgutaufkommen und der deutlich höhere Arbeitsaufwand machen die Saatgutgewinnung im Bergwald oft schwierig und unattraktiv. Daher werden Ernten meist nur in Jahren mit starkem Fruchtbehang und in Beständen durchgeführt, die einfach zu erreichen und zu beernten sind.

Um die Samenausbeute zu verbessern und die Ernte im Bergwald unabhängiger von den schwierigen Standortseinflüssen zu machen, hat die Bayerische Forstverwaltung bereits Ende der 1950er Jahre damit begonnen, erste Plantagen zur Samenproduktion aufzubauen. Aus den geschilderten Gründen lag der Schwerpunkt stark auf dem Bergwald. Eine der ersten Baumarten des Bergwaldes für die 1957 ein Samengarten aufgebaut wurde, war die Europäische Lärche. Später kamen Plantagen für Fichte, Kiefer, Bergahorn (Alpen) und Tanne (Ostbayern) hinzu.

Neben der Auswahl einer ausreichenden Zahl von Saatguterntebeständen und der Anlage von Samenplantagen kann die Saatgutversorgung nach ergiebigen



Abbildung 2: Beispiel für eine Netzernte bei Buche

Foto: ASP

Ernten auch durch Lagerung zusätzlich abgesichert werden. Mit Hilfe moderner Kühltechnik ist es möglich geworden, Saatgut über längere Zeiträume keimfähig aufzubewahren. Samen der kleinfrüchtigen Baumarten wie zum Beispiel der Fichte, Lärche und Kiefer können mehrere Jahrzehnte lebensfähig gelagert werden (vgl. Schubert 1993). Bei diesen Baumarten ist daher eine Vorratshaltung nach Mastjahren möglich. Im Gegensatz dazu ist das Saatgut von Buche und Bergahorn nur begrenzt haltbar (zwei bis fünf Jahre) und eine Bevorratung daher deutlich eingeschränkt.

Seit 1986 ist das ASP eng in das Sanierungsprogramm für die Schutzwälder im Alpenraum eingebunden. Zwischen 2008 und 2012 hat es im Rahmen eines Projekts der Bergwaldoffensive das Erntegeschehen, das Saatgutaufkommen und die Ausstattung des Bergwalds im Alpenraum mit Saatguterntebeständen näher untersucht (vgl. Zollner und Nickl 2012). Seit 2013 unterstützt es zusätzlich die Waldinitiative in Ostbayern bei Fragen zur Versorgungslage mit geeignetem Vermehrungsgut. Im Folgenden soll daher näher auf die aktuelle Situation bei der Saatgutbereitstellung für die Bergwälder in Bayern eingegangen werden.



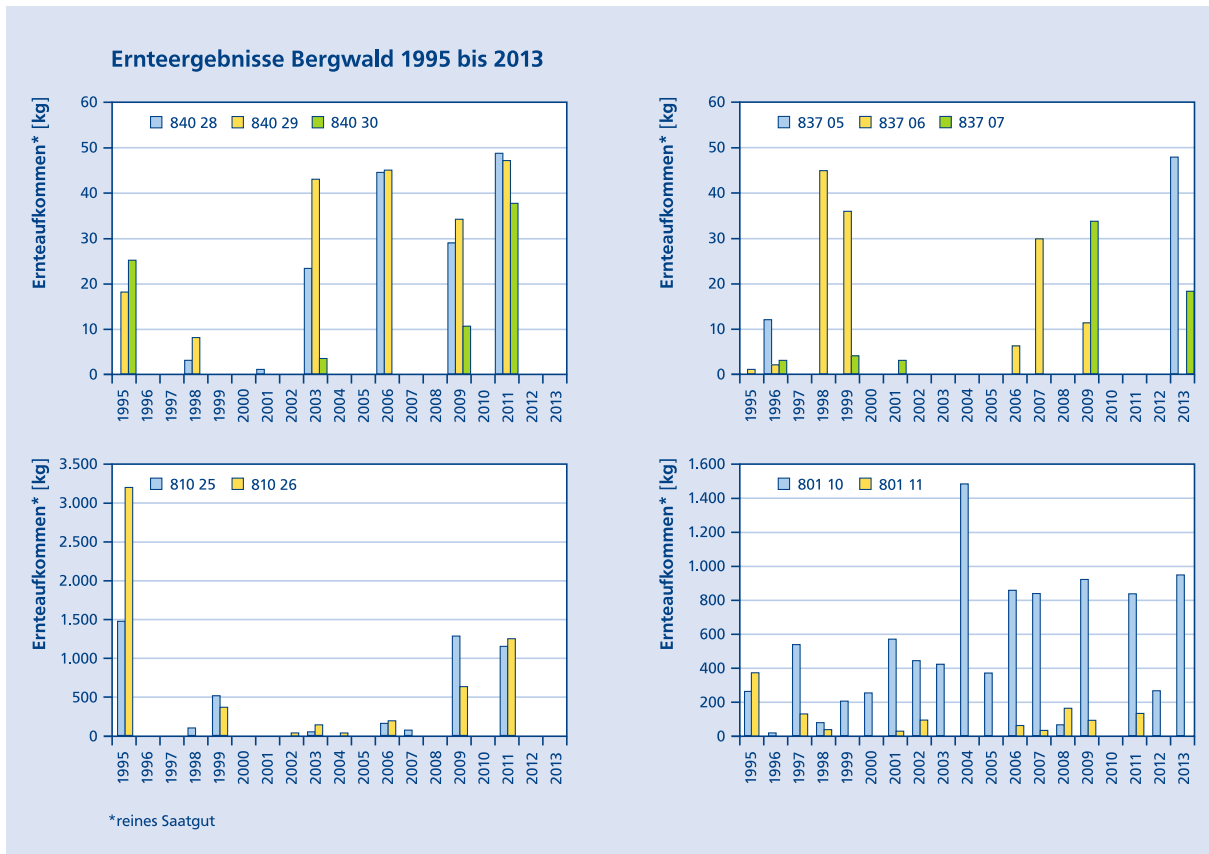


Abbildung 3: Zusammenstellung der durchgeführten Erntemaßnahmen ausgewählter Baumarten nach Herkunftsgebieten im Bergwald des Alpenraums zwischen 1995 und 2013

HKG	Baumart	Anzahl Erntebestände	davon im			Anzahl Plantagen	Anzahl Ernten**	Bestände beerntet**
			Staatswald*	P-Wald	K-Wald			
801 10	BAh	10	6	2	1	1	17	5
801 11	BAh	13	9	1	2	1	8	6
810 25	Bu	20	12	7	1	0	10	5
810 26	Bu	47	43	4	0	0	13	10
827 11	Ta	58	31	13	14	0	18	7
827 12	Ta	61	50	9	2	0	17	10
837 05	EuLä	11	11	0	0	0	3	1
837 06	EuLä	13	12	0	0	1	4	2
837 07	EuLä	12	12	0	0	0	4	2
840 28	Fi	29	27	2	0	0	5	4
840 29	Fi	83	80	1	0	2	7	6
840 30	Fi	43	37	2	3	1	5	4
<b>Summe</b>		<b>400</b>	<b>330</b>	<b>41</b>	<b>23</b>	<b>6</b>	<b>111</b>	<b>62</b>

\* inklusive Nationalpark und Bundeswald

\*\* Zeitraum von 2005 bis 2013

Tabelle 1: Aufteilung der aktuell zugelassenen Saatguterntebestände ausgewählter Herkunftsgebiete nach Waldbesitzarten und durchgeführten Ernten für den Alpenraum

## Erntegeschehen, Saatgutaufkommen und Erntebasis in den Bergwäldern Bayerns

Die Auswertung des Erntegeschehens im Alpenraum für den Zeitraum von 1995 bis 2013 ergab, dass die Häufigkeit und die Intensität der Ernten bei den untersuchten Baumarten sehr unterschiedlich waren. Bei Fichte wurde fast regelmäßig und meist auch in größeren Mengen Saatgut gewonnen (Abbildung 3). Ernteaufträge traten lediglich in der subalpinen Stufe häufiger auf. Bei der Europäischen Lärche fanden vor allem in der submontanen und subalpinen Stufe über längere Zeit nahezu keine Ernten statt. In der hochmontanen Stufe wurde dagegen häufiger Saatgut gewonnen. Vermutlich dadurch begründet, dass dieses Vermehrungsmaterial auch als Ersatzherkunft für die submontane Stufe verwendet werden kann. Deutlich kritischer stellte sich dagegen die Situation bei den Laubbaumarten Buche und Bergahorn dar. Insbesondere bei der Buche konnte nach einer Vollmast 1995 und einer Sprengmast 1999 (Abbildung 3) in den folgenden Jahren nur noch vereinzelt und in geringem Umfang Saatgut gewonnen werden. Das trifft in ähnlicher Weise auch für den Bergahorn der hochmontanen Stufe über 900 m zu. Etwas entspannter stellte sich dagegen dessen Situation in der submontanen Stufe bis 900 m dar. Hier wurde fast jedes Jahr reichlich Saatgut gewonnen.

Tabelle 1 gibt einen Überblick zur Anzahl aktuell zugelassener Erntebestände nach Waldbesitzarten. Darüber hinaus listet sie auf, wie viele Erntemaßnahmen im Beobachtungszeitraum durchgeführt und wie viele Bestände dabei tatsächlich genutzt wurden. Bei Fichte fanden demnach in den einzelnen Höhenstufen fünf bzw. sieben Ernten in der letzten Dekade statt, wobei zwischen vier und sechs Erntebestände tatsächlich beerntet wurden. Das heißt, dass in den letzten zehn Jahren rund 10% des jeweils vorhandenen Erntepools genutzt wurde. Diese Nutzungsquote muss aufgrund der breiten Erntebasis künftig weiter ausgebaut werden. Im Unterschied dazu ist das bei den Baumarten, die nur über einen relativ begrenzten Erntepool verfügen (z. B. Bergahorn, Europäische Lärche), nicht so einfach möglich. Es ist daher gerade bei diesen Baumarten besonders wichtig, die Erntebasis in den nächsten Jahren deutlich zu vergrößern.

Teilt man die gewonnenen Saatgutmengen auf die einzelnen Erntebestände auf, verdeutlicht sich, dass das Saatgutaufkommen stark von wenigen Erntebeständen oder Samenplantagen bestimmt wird (Abbildung 4).

Bei der Fichte (hier nicht dargestellt) stammte das gewonnene Saatgut neben Waldbeständen zu einem erheblichen Teil auch von Plantagen. Für das Herkunftsgebiet 84030 (Alpen, subalpine Stufe) lieferte zum Beispiel allein die 1967 begründete Samenplantage Ebrach-Turtelberg rund ein Viertel des geernteten Saatguts, weitere 42% stammten aus einem anderen Erntebestand im Privatwald.

Abbildung 4 stellt die Verteilung des Saatgutaufkommens für die Baumarten Bergahorn, Europäische Lärche und Buche im Detail dar. Dabei zeigt sich, dass seit 2003 das forstliche Vermehrungsgut auch bei diesen Baumarten von nur wenigen Erntebeständen stark dominiert wird. Besonders auffällig sind dabei die ergiebigen Ernten im Privatwald (grüne Säulen in Abbildung 4) bei Buche und Bergahorn. Beim Bergahorn 80110 konzentrierten sich die Ernteeaktivitäten überwiegend auf einen einzigen Saatguterntebestand im Privatwald, der in den letzten 15 Jahren mehr als die Hälfte (53%) des gesamten Vermehrungsgutes in dieser Herkunft lieferte. Der Rest entfiel auf drei weitere Bergahornbestände und eine Samenplantage, die mit fast 40% zum Ernteaufkommen beitrug. Noch geringer ist die Beteiligung von Erntebeständen am Saatgutaufkommen bei der Europäischen Lärche. Hier stammt das Vermehrungsgut entweder nur aus einem einzigen oder aber höchstens aus zwei Erntebeständen bzw. einer Plantage (Abbildung 4).

Insgesamt gesehen sind die meisten Herkunftsgebiete ausreichend bis gut mit Saatguterntebeständen ausgestattet. Bei der Europäischen Lärche und beim Bergahorn wurde die Erntebasis im Zuge einer intensiven Revision des ASP wieder auf insgesamt zehn bis dreizehn Erntebestände pro Herkunftsgebiet ausgebaut. Dieser Bestand kann derzeit als ausreichend angesehen, sollte aber in den nächsten Jahren noch etwas erweitert werden.

Betrachtet man den Anteil der einzelnen Waldbesitzarten am Erntegeschehen, so fällt weiterhin auf, dass der Staatswald trotz seines hohen Anteils am Gesamtbestand der Saatguterntebestände nur vereinzelt (z. B. in der subalpinen Stufe bei Europäischer Lärche) prozentual den größten Beitrag an den insgesamt durchgeführten Ernten leistete. In allen anderen Herkunftsgebieten war dagegen der Anteil des Privat und Körperschaftswald am Erntegeschehen überproportional hoch. Abbildung 5 zeigt das am Beispiel für Buche und Bergahorn in der hochmontanen Stufe. Da die Bayerischen Staatsforsten nicht im Privat oder Kör-

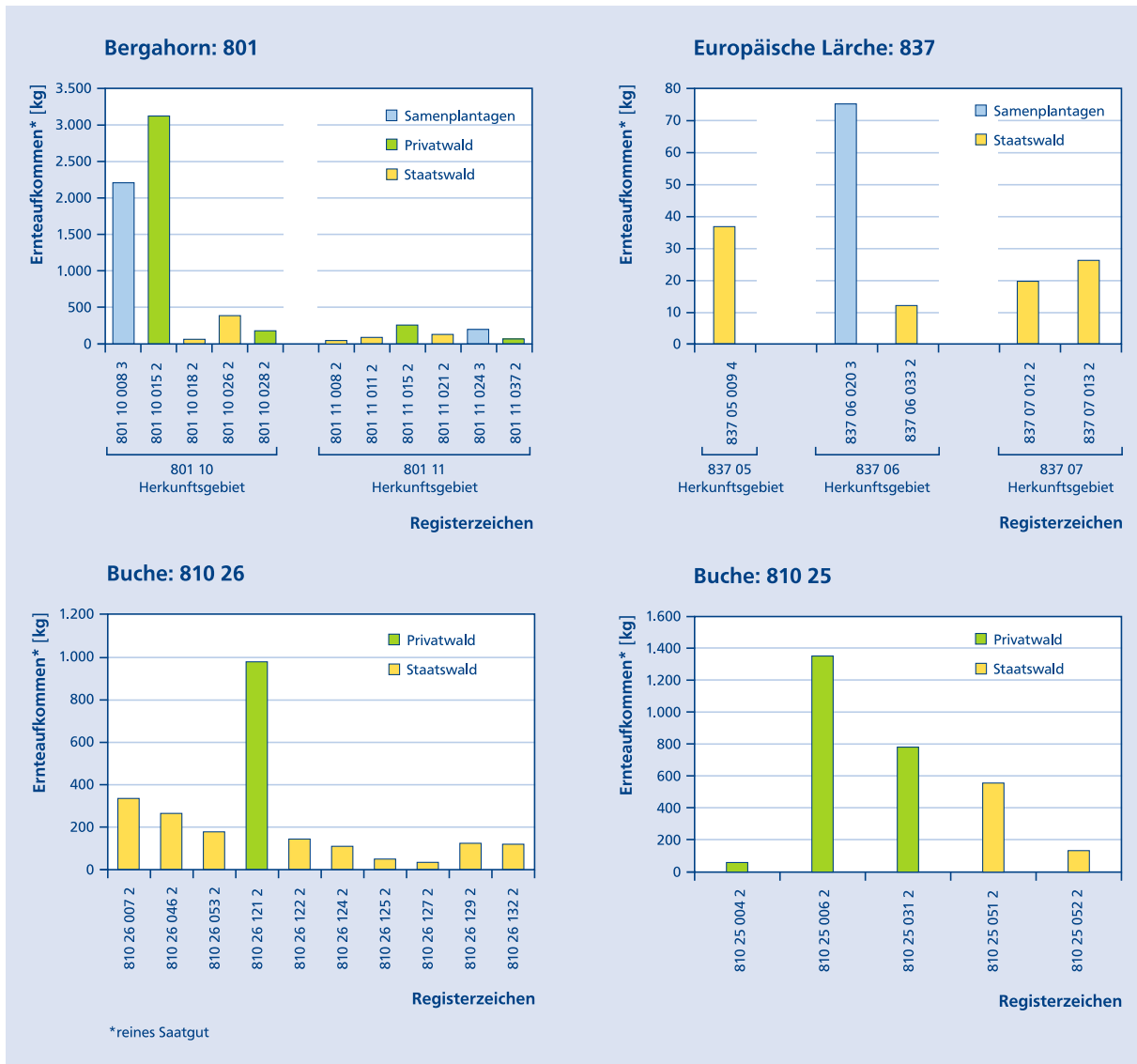


Abbildung 4: Aufteilung der geernteten Saatgutmengen auf die einzelnen Erntebestände für ausgewählte Baumarten und Herkunftsgebiete im Alpenraum für den Zeitraum 2003 bis 2013

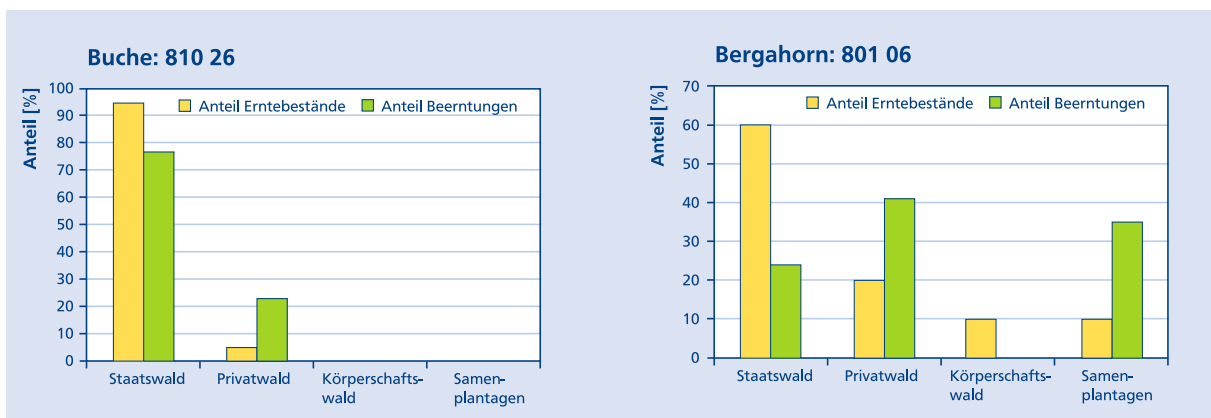


Abbildung 5: Gegenüberstellung der Anteile der verschiedenen Waldbesitzarten am Gesamtbestand der Saatguterntebestände und an den insgesamt durchgeführten Ernten im Alpenraum für die Baumarten Buche und Bergahorn im Beobachtungszeitraum 2003 bis 2013

perschaftswald ernten, lässt dieses Ergebnis darauf schließen, dass private Forstsaatgut- und Forstpflanzenbetriebe ihr Saatgut vor allem aus dem Privat- und Körperschaftswald beziehen, obwohl hier der Erntepool deutlich kleiner ist als im Staatswald. Berücksichtigt man dabei, dass sich die Ernten im Privatwald in den letzten zehn Jahren häufig auf nur wenige Bestände konzentrierten, wird deutlich, dass hier Handlungsbedarf besteht. Zum einen muss gerade im Privatwald die Basis an qualitativ hochwertigen und gut beerntbaren Saatguterntbeständen deutlich erhöht und zum anderen private Erntefirmen stärker an Ernten im Staatswald beteiligt werden.

Tabelle 2 gibt einen Überblick zur Situation der Erntebasis und zum Erntegeschehen in den Bergwäldern Ost- und Nordostbayerns. Grundsätzlich ergibt sich dabei ein ähnliches Bild wie im Alpenraum. Allerdings ist die Ausgangslage bei einigen Baumarten hier deutlich kritischer zu beurteilen. Vor allem bei Bergahorn, Buche und Fichte gibt es in einzelnen Herkunftsgebieten nur wenige Erntebestände, die auch noch ungleichmäßig verteilt sind. Teilweise stehen nur drei, fünf, sieben oder neun Erntebestände für die Saatgut-

gewinnung zur Verfügung. Damit ist sowohl die genetische Nachhaltigkeit als auch die Saatgutversorgung in diesen Herkunftsgebieten aktuell in Frage gestellt.

Diese Problematik verschärft sich noch zusätzlich, wenn die genetische Diversität einer Baumart, wie die der Weißtanne im Herkunftsgebiet 82706, ohnehin schon sehr stark ausgedünnt ist (vgl. Konnert 1993, 1996; Konnert und Hussendörfer 2004). Hier muss langfristig ersatzweise angepasstes Vermehrungsgut aus anderen Herkunftsgebieten (= Ersatzherkünfte) oder Regionen zusätzlich eingebracht werden, um die genetische Diversität und damit die Anpassungsfähigkeit dieser Tannenpopulation langfristig wieder zu erhöhen.

HKG	Baumart	Anzahl Erntebestände	davon im			Anzahl Plantagen	Anzahl Ernten**	Bestände beerntet**
			Staatswald*	P-Wald	K-Wald			
801 06	BAh	5	3	2	0	0	11	5
801 07	BAh	13	12	0	0	1	1	1
810 11	Bu	9	6	1	2	0	22	8
810 12	Bu	5	5	0	0	0	9	4
810 19	Bu	26	14	12	0	0	31	11
810 20	Bu	13	9	4	0	0	2	2
827 06	Ta	15	9	5	0	1	32	11
827 07	Ta	46	21	23	1	1	54	24
837 04	EuLä	12	9	3	0	0	4	4
840 11	Fi	18	10	7	1	0	0	0
840 12	Fi	7	2	4	1	0	0	0
840 18	Fi	14	13	1	0	0	5	3
840 19	Fi	3	2	0	0	1	1	1
840 20	Fi	10	6	3	1	0	5	4
840 21	Fi	17	12	4	0	1	1	1
840 22	Fi	7	6	0	0	1	0	0
Summe		220	139	69	6	6	178	79

\* inklusive Nationalpark und Bundeswald

\*\* Zeitraum von 2005 bis 2013

Tabelle 2: Aufteilung der aktuell zugelassenen Saatguterntbestände ausgewählter Herkunftsgebiete nach Waldbesitzarten und durchgeführten Ernten in Ost- und Nordostbayern



**Ausblick**

Die Analyse der Erntebasis, des Erntegeschehens und des Saatgutaufkommens in den Bergwäldern Bayerns hat folgendes gezeigt: Die Versorgung mit genetisch und qualitativ hochwertigem Vermehrungsgut ist zwar grundsätzlich sichergestellt, bei einzelnen Baumarten und Herkunftsgebieten bestehen aber größere Defizite hinsichtlich der Ausstattung mit Erntebeständen und einer ausreichenden Beteiligung des genetischen Potenzials am Saatgutaufkommen. Besonders kritisch stellen sich die Verhältnisse bei den beiden Laubbaumarten Bergahorn und Buche dar. Im Alpenraum kommt Europäische Lärche, in den nordostbayerischen Grenzgebirgen Weißtanne aber auch Fichte in bestimmten Herkunftsgebieten hinzu.

Da die Bergwälder wichtige Schutzfunktionen erfüllen und im sich abzeichnenden Klimawandel künftig mit tiefgreifenden Veränderungen zurecht kommen müssen, ist es von grundlegender Bedeutung, einen gesunden, gemischten und stabilen Bergmischwald mit einer hohen genetischen Diversität zu erhalten oder wieder herzustellen. In den nächsten Jahrzehnten wird es daher vor allem darauf ankommen, geschwächte und labile fichtendominierte Wälder in laubbaumreiche Bergmischwälder umzubauen. Dabei kommt den wurzelintensiven Laubbaumarten Buche und Bergahorn und der tiefwurzelnden Weißtanne eine entscheidende Bedeutung zu.

Im Zuge der Schutzwaldsanierung, der Bergwaldoffensive und der Waldinitiative Ostbayern wird der Bedarf der Forstwirtschaft an genetisch hochwertigem Vermehrungsgut zur Stabilisierung der Bergwälder und

Erläuterungen zu den Herkunftsbezeichnungen		
Ziffer	Baumart	Höhenstufe
801 06	Bergahorn (BAh)	kolline Stufe bis 600 m in Nordostbayern kolline Stufe bis 800 m in Ostbayern
801 07	Bergahorn (BAh)	montane Stufe über 600 m in Nordostbayern montane Stufe über 800 m in Ostbayern
801 10	Bergahorn (BAh)	submontane Stufe bis 900 m im Alpenraum
801 11	Bergahorn (BAh)	hochmontane Stufe über 900 m im Alpenraum
810 11	Buche (Bu)	kolline Stufe bis 600 m im Frankenwald kolline Stufe bis 700 m im Fichtelgebirge
810 12	Buche (Bu)	montane Stufe über 600 m im Frankenwald montane Stufe über 700 m im Fichtelgebirge
810 19	Buche (Bu)	submontane Stufe bis 800 m Ostbayern
810 20	Buche (Bu)	hochmontane Stufe über 800 m Ostbayern
810 25	Buche (Bu)	submontane Stufe bis 900 m im Alpenraum
810 26	Buche (Bu)	hochmontane Stufe über 900 m im Alpenraum
837 04	Europäische Lärche (EuLä)	Südostdeutsches Hügel- und Bergland
837 05	Europäische Lärche (EuLä)	submontane Stufe bis 900 m im Alpenraum
837 06	Europäische Lärche (EuLä)	hochmontane Stufe 900 bis 1.300 m im Alpenraum
837 07	Europäische Lärche (EuLä)	subalpine Stufe über 1.300 m im Alpenraum
840 11	Fichte	kolline Stufe bis 600 m Frankenwald
840 12	Fichte	montane Stufe über 600 m Frankenwald
840 18	Fichte	submontane Stufe bis 800 m Fichtelgebirge/Oberpfälzer Wald
840 19	Fichte	hochmontane Stufe über 800 m Fichtelgebirge/Oberpfälzer Wald
840 20	Fichte	submontane Stufe bis 900 m im Alpenraum
840 21	Fichte	hochmontane Stufe 900 bis 1.300 m im Alpenraum
840 22	Fichte	subalpine Stufe über 1.300 m im Alpenraum

Tabelle 3: Herkunftsbezeichnungen ausgewählter Baumarten

deren Anpassung an den bevorstehenden Klimawandel ansteigen. Daher sind gezielte Maßnahmen notwendig, um die Saatgutbereitstellung zu verbessern. In den nächsten Jahren muss die Erntebasis in den Bergwäldern noch einmal deutlich erweitert werden, insbesondere für die Laubbaumarten Buche und Bergahorn. Im Alpenraum kommt die Nadelbaumart Europäische Lärche und in Ost- und Nordostbayern auch die Fichte hinzu. Bei Baumarten wie Weißtanne und Buche muss in Nordostbayern zusätzlich nach geeigneten Ersatzherkünften außerhalb Bayerns gesucht werden, um den verdünnten Genpool anzureichern und die Saatgutversorgung nachhaltig sicherzustellen. Ergebnisse aus Herkunftsversuchen und Laboruntersuchungen des ASP dienen dabei als Grundlage.

Wichtig ist weiterhin, den derzeitigen Erntepool daraufhin zu überprüfen, ob die zugelassenen Erntebestände in der Praxis überhaupt beerntbar und die Mindestanforderungen für eine Beibehaltung der Zulassung weiterhin erfüllt sind (laufende Revision). Bestände, bei denen diese Voraussetzungen nicht mehr vorliegen, sind aus der Zulassung zu nehmen. Eine Ausnahme bilden lediglich Waldbestände, die eine wichtige Bedeutung für die Erhaltung des natürlichen Genpools aufweisen. Darüber hinaus ist es wichtig, die Waldbesitzer im Zuge der Beratung auf potentielle Saatguterntebestände in ihrem Wald hinzuweisen. Es muss erläutert werden wie solche Bestände zu behandeln sind, um daraus qualitativ hochwertige und produktive Erntebestände zu formen. Häufig ist den Waldbesitzern von Saatguterntebeständen nicht bewusst, dass ihre Bestände nur dann ausreichend blühen und fruktifizieren können, wenn die Kronen der Erntebäume rechtzeitig ausgebaut und die Bestände auf eine Beerntung gezielt vorbereitet werden.

Wo eine bestimmte Baumart (z. B. Bergahorn) nur vereinzelt vorkommt und keine effektiven Bestäubungseinheiten bilden kann, müssen neue Samenplantagen zur Sicherstellung der Saatgutversorgung aufgebaut werden. Das ASP bereitet derzeit die Anlage einer neuen Plantage mit Bergahorn für das Herkunftsgebiet 801 06 vor, weil hier die Erntebasis besorgniserregend schmal ist. Samenplantagen bleiben auch in Zukunft wichtig für die Saatgutversorgung im Bergwald. Daher wird es in den nächsten Jahren darauf ankommen, die älteren Plantagen konsequent zu verjüngen und in ihrem genetischen Potenzial zu verbessern. Das betrifft vor allem die Samenplantagen der Baumarten Europäische Lärche, Bergahorn und Fichte, die bereits vor

mehr als 40 oder 50 Jahren angelegt wurden. Um negative Auswirkungen häufiger Plantagernten auf die genetische Vielfalt der Waldpopulationen zu vermeiden, sind künftig deutlich mehr Plusbäume am Aufbau von Samengärten zu beteiligen als bisher. Dabei sollte eine Mindestzahl von 80 bis 100 Klonen je Plantage angestrebt werden.

## Literatur

Konnert, M. (1993): Untersuchungen über die genetische Variation der Weißtanne (*Abies alba* Mill.) in Bayern. Allgem. Forst- und Jagdztg. 9/10, S. 162–169

Konnert, M. (1996): Genetische Variation der Weißtanne (*Abies alba* Mill.) in Bayern. Mitteilungen der Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft Gotha 11, S. 71–81.

Konnert, M.; Hussendörfer, E. (2004): Genetische Variation der Weißtanne in Bayern. LWF Wissen 45, S. 30–32

Schubert, J. (1993): Lagerung und Vorbehandlung von Saatgut wichtiger Baum- und Straucharten, Eberswalde-Finow

Zollner, A.; Nickl, A. (2012): Forstliches Vermehrungsgut im Bergwald. AFZ/DerWald 5/2012, S. 16–19

**Keywords:** Mountain forest, protection forest, forest reproductive material, provenance, seed stand, seed orchard, adaptation, seed crop,

**Summary:** In face to climate change the demand for forest reproductive material of high quality required for the restoration of mountain forests in Bavaria will rise. The needed planting stock will only be provided, if enough seed unit is collected in the mountain forests before. Therefore the Bavarian Office for Forest Seeding and Planting in Teisendorf has analysed the seed crops between 1995 and 2013 to get current information about the crop events and to develop management strategies in the nearby future. Generally speaking the supply of seed unit was assured for the last decade, but especially for beech and maple deficits in amount of seed stands and utilization of the genetic potential are visible. This also applies for larch in the Alpine region and spruce in East and Northeast Bavaria. A special situation is given for fir in Northeast Bavaria because of its poor genetic diversity. In the next years the amount of seed stands has to be expanded and more seed stands have to be participated in seed crops to save the genetic diversity of mountain forests sustainable.

---

# Die Qualität von Forstpflanzen als entscheidende Voraussetzung für den Kulturerfolg

Bernd Stimm, Wolfram Rothkegel, Ottmar Ruppert und Reinhard Mosandl

**Schlüsselwörter:** Forstpflanzen, Qualitätskriterien, Qualitätsanforderungen, Qualitätssicherung, wurzelnackte Pflanzen

---

**Zusammenfassung:** Die von den Forstverwaltungen angesichts des Klimawandels propagierten Programme zum Umbau von gefährdeten Fichtenreinbeständen in klimatoralante Mischwaldbestockungen erfordern verstärkte Anstrengungen bei der Anzucht und Ausbringung von qualitativ hochwertigen Forstpflanzen, welche die neue Waldgeneration bilden sollen. Damit verbindet sich auch die Hoffnung der Baumschulen auf verbesserte Absatzmöglichkeiten für hochwertiges Pflanzenmaterial. Dies setzt jedoch eine klare, sowohl von den Baumschulen wie von den Waldbesitzern akzeptierte Qualitätsbeurteilung von Forstpflanzen voraus. Auch der Zusammenhang zwischen der Qualität und dem Kulturerfolg von wurzelnackten Forstpflanzen muss beiden Seiten bekannt sein. In dem vorliegenden Artikel wird deshalb der derzeitige Kenntnisstand hierzu in einer Zusammenschau dargestellt und kommentiert.

---

Forstpflanzen lassen sich grundsätzlich nach ihrer Vermehrungsart und nach dem Pflanzentyp einteilen (Burschel und Huss 1997). Hinsichtlich der Vermehrungsart unterscheidet man zwischen Pflanzgut aus Saatgut (generatives Vermehrungsgut) und solchem aus Pflanzenteilen (vegetatives Vermehrungsgut), hinsichtlich des Pflanzentyps unterscheidet man zwischen wurzelnackten Pflanzen und Container- bzw. Ballenpflanzen. Wird das Pflanzgut aus Saatgut nur im Saatbeet angezogen, handelt es sich um Sämlinge; werden die Sämlinge nach einer gewissen Verweildauer im Saatbeet (meist ein bis zwei Jahre) oder in Mini-Containern (wenige Wochen bis Monate) in ein anderes Beet verpflanzt, spricht man von Verschulpflanzen. Forstpflanzen unterscheiden sich darüber hinaus auch noch nach der Herkunft (für jede Baumart gibt es eigene, im Forstvermehrungsgutgesetz [FoVG 2002] festgelegte Herkunftsgebiete). Hinzu kommen die unterschiedlichen Sortimente der Baumschulen, d. h. innerhalb der gleichen Baumart und Herkunft kann auch bei gleicher Vermehrungsart und Pflanzentyp die Größe und das

Alter des Pflanzguts immer noch ganz erheblich variieren. Die vorstehend aufgezeigte Vielfalt an Pflanzenmaterial macht deutlich, dass es keineswegs einfach ist, das optimale Pflanzenmaterial für eine geplante Pflanzverjüngung auszuwählen.

Abgesehen von der aufgezeigten Vielfalt an Pflanzentypen und -sortimenten gibt es allerdings auch weitgehend allgemeingültige Anforderungen an die Qualität, die für nahezu alle Pflanzentypen gültig sind. Die Qualität des Pflanzgutes wird neben »äußeren« Kriterien auch an »inneren« Kenngrößen gemessen. Die Suche nach geeigneten Kriterien zur Beschreibung der Pflanzenqualität hat lange Tradition (siehe unter anderem Schmidt-Vogt 1966), wobei einigen Beurteilungsverfahren etwas umfassendere Aussagekraft zukommt als anderen.

Baumschulen haben ein Interesse daran, Forstpflanzen von hoher Qualität zu produzieren; denn die Pflanzenqualität ist eine wichtige Voraussetzung für den Erfolg einer Pflanzung, insbesondere für das gelungene Anwachsen und das weitere Wachstum einer Kultur (EZG 2010).

Bei der Ausarbeitung von Qualitätsindikatoren wird normalerweise zwischen Nadelholz- und Laubholzpflanzen unterschieden. Während Koniferen häufig eine immergrüne Benadelung aufweisen, haben Laubgehölze der temperierten Zone meist eine saisonale Blattbildung, eine intensivere Verzweigung und eine ausgedehntere Bewurzelung. Zudem muss berücksichtigt werden, dass Laubholzpflanzen in der Regel auf besseren Standorten, die ihren höheren Nährstoffansprüchen genügen, ausgebracht werden.

Im Folgenden geben wir einen Überblick über die wichtigsten »äußeren« und »inneren« Attribute der Pflanzenqualität.

## Morphologische Kenngrößen der Pflanzenqualität

Morphologische Kenngrößen der Pflanzenqualität werden erfasst in der Hoffnung, daraus eine makroskopische Einschätzung des Gesundheitszustands und des Anwuchspotenzials von Forstpflanzen ableiten und Mindestanforderungen definieren zu können. Die Kenngrößen sind in der Regel leicht zu erfassen bzw. zu messen und daher im Zuge der Qualitätssortierung von Bedeutung. Während entsprechende Forschungsansätze besonders bei Nadelhölzern eine lange Tradition haben, gibt es im Falle von Laubhölzern sicherlich noch gewissen Forschungs- bzw. Beurteilungsbedarf. Vor allem für Koniferen haben sich Parameter wie die Höhe der Pflanzen, Wurzelhalsdurchmesser, Wurzelvolumen, Pflanzenfrischgewicht, Größe der Terminalknospe und die Anzahl der Seitenwurzeln 1. Ordnung als probat für die Beschreibung der Pflanzenqualität erwiesen. Ähnliches gilt für die Charakterisierung der Qualität von Laubholzpflanzen. Vielfach werden weitere Variablen genannt, die für die Charakterisierung hilfreich sein sollen, wie das Verhältnis von Höhe zu Wurzelhalsdurchmesser, das Spross-Wurzel-Verhältnis (meist auf Basis der Trockenmassen) sowie physiologische Kenngrößen (siehe Wilson und Jacobs 2006).

Die genannten Indikatoren dienen nicht nur der bloßen Beschreibung der Pflanzenqualität, sondern können mit Vorsicht auch als Schätzgröße für den erwarteten Kulturerfolg genutzt werden (Tsakalimi et al. 2013). Interessant ist in diesem Zusammenhang ein Merkmal, das im deutschsprachigen Raum bei entsprechenden Evaluierungen von Forstpflanzen bislang wenig Aufmerksamkeit fand, nämlich die Anzahl und Ausprägung der Seitenwurzeln 1. Ordnung. Bei einer Reihe von Laubhölzern zeigten sich positive Beziehungen zwischen Seitenwurzeln 1. Ordnung und Kulturerfolg, zum Teil bis zu sieben Jahre nach der Pflanzung; bei anderen konnten aber auch gegenteilige Effekte beobachtet werden (Dey und Parker 1997, Wilson und Jacobs 2006).

Vielversprechend ist die Verwendung des Wurzelhalsdurchmessers als Anhaltspunkt für den Kulturerfolg. Pflanzen mit größerem Wurzelhalsdurchmesser haben höhere Überlebenschancen und ein besseres Wachstum. In diesem Zusammenhang muss darauf hingewiesen werden, dass der Wurzelhalsdurchmesser selbst nicht die Ursache für den Kulturerfolg darstellt, sondern vielmehr ein Indikator für ein gut entwickeltes Wurzelsystem ist.

## Physiologische Kenngrößen der Pflanzenqualität

Die Erfassung des physiologischen Zustands von Forstpflanzen wäre ein wichtiger Schritt im Rahmen der Qualitätssicherung. Insbesondere die Wurzeln von Forstpflanzen sind gegenüber widrigen Umwelteinflüssen, wie beispielsweise Trockenstress, häufig anfälliger als die Sprosse. Zuverlässige Schnelltests zur Beurteilung des physiologischen Zustands wären dringend erforderlich. Einige Ansätze dazu werden im Folgenden aufgezeigt (Grossnickle und Folk 1993; Davis und Jacobs 2005; Haase 2007).

Der Test des Wurzelwachstumspotenzials (Root Growth Potential) ist in nordamerikanischen Forstbaumschulen seit Jahren eingeführt (Sampson et al. 1996). Das Verfahren misst nicht den aktuellen physiologischen Zustand, sondern beschreibt die Leistungsfähigkeit der Forstpflanzen an Hand des Potenzials von Wurzelneubildung und Wurzelwachstum während einer definierten Zeitspanne unter standardisierten Umweltbedingungen. In der Qualitätssicherung der Baumschulen hat sich das Testverfahren weitgehend bewährt, da es Auskunft über die innere Qualität der getesteten Pflanzen zum Zeitpunkt des Verlassens der Baumschule gibt. Als Vorhersageinstrument für den Kulturerfolg eignet es sich nur bedingt, da die Feldbedingungen von den standardisierten Testbedingungen abweichen.

Die Methode zur Messung der Elektrolytverluste aus Pflanzengewebe findet für die quantitative Beurteilung von Frosthärte und -schäden Verwendung. Darüber hinaus wird sie zur Beschreibung des Ruhezustands (Dormanz) und der Stresstoleranz eingesetzt. Bei Forstpflanzen wird die Elektrolytverlustbestimmung häufig an der Wurzel eingesetzt, weil dieses Organ sehr kälteempfindlich ist. Bei bestimmten Baumarten hat die Methode eine sehr gute Aussagekraft im Hinblick auf den Anwuchserfolg gezeigt (Edwards 1998; Radoglou et al. 2007).

Mit Hilfe der Messung der Chlorophyllfluoreszenz können Veränderungen der Dormanz oder auch von Stresszuständen aufgezeigt werden. Die Messung ist an das Vorhandensein von Nadeln und Blättern gebunden und findet daher zu Beginn der Pflanzsaison im Frühjahr hauptsächlich bei immergrünen Koniferen Anwendung.



Forstpflanzen sind empfindlich gegen Austrocknung. In solchen Fällen ist die Bestimmung des Wasserpotenzials der Pflanze ein guter Indikator. Hat die Pflanze ein hohes Wasserpotenzial, hat dies in der Regel positive Auswirkungen auf den Anwuchserfolg (Wilson und Jacobs 2006).

Studien zeigen, dass der Kohlenhydratgehalt der Wurzel ein guter Indikator für das Wachstumspotenzial der Forstpflanze sein kann (Tinus et al. 2000). Zu geringe Kohlenhydratreserven während der Zeit zwischen der Beetrodung und der Wiederaufnahme der Fotosynthese kann zu Vitalitätsverlusten und Absterben führen. Pflanzen mit unzureichenden Nährstoffreserven zeigen ähnliche Erscheinungen. Die Kenngrößen können mit pflanzenanalytischen Verfahren bestimmt werden.

Aufgrund ihrer Aussagekraft im Hinblick auf den Kulturerfolg haben einige der oben genannten Verfahren Eingang in die Baumschulpraxis in Teilen der USA sowie in Kanada, Großbritannien und Schweden erlangt (Dunsworth 1997; Morgan 1999).

### Allgemeine Qualitätsanforderungen an Forstpflanzen

Die Regelungen des Forstvermehrungsgutgesetzes (FoVG) bilden für die Pflanzenerzeuger und -vertreiber in Deutschland den verbindlichen Rahmen. »Zweck des Gesetzes ist, den Wald mit seinen vielfältigen positiven Wirkungen durch die Bereitstellung von hochwertigem und identitätsgesichertem forstlichen Vermehrungsgut in seiner genetischen Vielfalt zu erhalten und zu verbessern sowie die Forstwirtschaft und ihre Leistungsfähigkeit zu fördern« (FoVG 2002). Das FoVG erlaubt nur das Inverkehrbringen von Vermehrungsgut, das von amtlich zugelassenem Ausgangsmaterial stammt (AID 2010). Besondere Beachtung kommt in diesem Gesetz der Identitätssicherung und der Herkunft des Vermehrungsguts zu.

Gegenüber dem FoVG regelte das alte FSaatG darüber hinaus auch die Anforderungen, insbesondere an Beschaffenheit, Gesundheitszustand, Alter und Größe, denen das Pflanzgut genügen muss (BGBI. Teil I, 1979, Anlage V, S. 1256 ff), die sogenannten EWG-Mindestnormen (FSaatG 1979). Die formulierten Mindestnormen lieferten über Jahre hinweg den Produzenten und Vertreibern sowie Verbrauchern wertvolle Anhaltspunkte zur Qualitätsbeurteilung an Hand der äußeren Beschaffenheit des Vermehrungsgutes und

fußten auf einer wissenschaftlichen Evaluierung an Tausenden von Einzelpflanzen unserer forstlichen Baumarten (Schmidt-Vogt 1966). Bedauerlicherweise sind diese Mindestnormen nicht mehr im Detail im FoVG aufgeführt, sondern allgemein geregelt, indem auf die handelsübliche Beschaffenheit abgehoben wird (§12 Absatz 3 FoVG). Ausgefüllt wird dieses Manko mittlerweile durch die Qualitätsrichtlinien der Forstpflanzenerzeuger, wie z. B. in der Forstpflanzen-Qualitätsrichtlinie der Erzeugergemeinschaft für Qualitätsforstpflanzen Süddeutschland e.V. (einzusehen unter [www.ezg-forstpflanzen.de](http://www.ezg-forstpflanzen.de)).

Die äußerlich erkennbaren und in den Richtlinien niedergelegten Qualitätskriterien dienen bereits in den Mitgliedsbaumschulen als Vorgabe für die Anzucht sowie für die Qualitäts- und Größensortierung und informieren den Verbraucher, wie er den Zustand der Forstpflanzen, also die Güte des Pflanzenmaterials, beurteilen kann. Einbezogen in die Qualitätsbeurteilung sind sowohl die ober- wie unterirdischen Teile der Forstpflanzen.

Ein probater Weiser ist die sogenannte Stufigkeit der Pflanze, wobei ursprünglich das Verhältnis von Pflanzengewicht zu Sprosslänge gemeint war (Schmidt-Vogt 1966). In der Praxis wird anstelle des Pflanzengewichts meist der Wurzelhalsdurchmesser (WHD) verwendet, der eine enge Beziehung zum Pflanzengewicht aufweist. Zusammen mit der Sprosshöhe (H) errechnet sich daraus das H/D-Verhältnis, das ebenfalls als Indikator für die Stufigkeit Anwendung findet. Stufige Pflanzen mit gut entwickeltem Wurzelsystem begünstigen den Anwuchserfolg deutlich und sind gleichzeitig ein Hinweis auf geeignete Anzuchtbedingungen in der Baumschule (ausreichend Standraum, gute Bodeneigenschaften) (Körner et al. 2012; Morgan 1999).

### Qualitätskriterien des Sprosses

Der Spross sollte geradschaftig und wipfelschäftig sein und keinen deutlichen Knick aufweisen. Leichte Verbiegungen sind zulässig, ebenso wie Zwieselschnitt und Qualitätsschnitt. Die Forstpflanzen müssen frei von Beschädigungen durch Ausheben, Lagerung und Transport sein. Sie sollten gut verholzt sein, über ein lebendes Kambium verfügen und keinen Pilzbefall aufweisen. Sofern aufgrund des Pflanzenalters bereits Seitenholz gebildet wurde, ist dessen artspezifische Ausbildung zu tolerieren. In der Regel ist mit einer stärkeren Seitenholzbildung bei Rotbuche und Nadelholz zu rechnen; Seitenholzbildung beim Edellaubholz ist normalerweise weniger häufig vorhanden.

Fagus sylvatica-Herkunft	Sortiment	Größe (cm)	BS2 (mm)	BS3 (mm)	BS5 (mm)	BS6 (mm)	BS7 (mm)	BS8 (mm)	BS10 (mm)	BS12 (mm)	Schmidt-Vogt-Rahmen (mm)
81017	1+0	Ohne Sortierung				4,7	5,0		3,9		3–4
	1+2	50–80		9,9	10,0		12,9			11,2	7–9
		80–120		13,3	12,6		13,8				9–12
81024	1+0	Ohne Sortierung							4,3		3–4
	1+2	50–80		9,5	10,1		10,1	11,8	10,5	10,1	7–9
		80–120		13,0	12,5		12,7	14,0	15,0	14,2	9–12
	1+3	120–150	19,3								12–14

Tabelle 1: Mittlere Wurzelhalsdurchmesser (in mm) von Buchenpflanzgut (*Fagus sylvatica*) aus acht EZG-Baumschulen (BS2–BS12) im Vergleich mit Minimum-WHD-Empfehlungen nach Schmidt-Vogt (in mm) (zusammengestellt aus Körner 2011)

Die Knospenbildung sollte abgeschlossen, die Knospen ausgereift, gesund und geschlossen sein. Die Terminalknospe muss ausnahmslos gut ausgebildet sein. Knospen dürfen beim Pflanzen im Frühjahr noch nicht angeschwollen sein. Eine geringe Zahl trockener Knospen am Seitenholz ist zulässig, wenn die Pflanze ansonsten insgesamt gesund und vital ist (Rothkegel et al. 2013).

#### Qualitätskriterien der Wurzeln

Ein funktionierendes Wurzelsystem, welches Wasser und Nährstoffe in ausreichender Menge aufnehmen, die junge Pflanze im Boden fest verankern sowie aus sich heraus die Bildung neuer Wurzeln generieren kann, ist für Etablierung, Wachstum und Überleben der Pflanze zwingend notwendig. Studien zeigen, dass Sämlinge mit größerer Wurzelmasse beim Auspflanzen im Freiland besseres Wachstum und höhere Überlebensprozente aufweisen als solche mit geringerer Wurzelmasse (Haase 2011). Hinsichtlich der Wurzelprägung wird ein gut ausgebildetes Wurzelsystem erwartet. Es sollten ein gutes Wurzel-Spross-Verhältnis von 1:2 bis 1:4 (in Masse bzw. Volumen), ein hoher Feinwurzelanteil und eine gute Wurzellänge vorhanden sein. Die Aushebetiefe sollte mindestens 18–25 cm betragen. Bei Verschulpflanzen ist zusätzlich darauf zu achten, dass kein Verschulknick (L- oder J-Wurzel) vorkommt und Wunden und Verletzungen einen Durchmesser von 4 mm nicht überschreiten. Feinwurzeln sollten einen frischen Zustand aufweisen. Der Wurzelhalsdurchmesser (WHD), der als ein Qualitätsweiser dienen kann, soll artspezifisch in einem ausgewogenen Verhältnis zur Sprosslänge stehen. Beispielsweise wird für die Douglasiensortimente (Dgl.) 1 + 2 und 2 + 1 in der Größe 30–50 cm ein WHD von etwa (5) 6 mm, in der Größe 50–80 cm ein WHD von größer oder gleich 8 mm empfohlen (Rothkegel et al. 2013).

Im Rahmen von Bachelorarbeiten wurden in mehreren EZG-Baumschulen im Herbst 2010 und Frühjahr 2012 an rund 5.000 Pflanzen verschiedene Parameter mit Blick auf das Verhältnis Pflanzenhöhe:Wurzelhalsdurchmesser erhoben. Untersucht wurden ausgewählte Herkünfte, Alterssortimente und Größensortierungen der Baumarten Buche, Bergahorn, Fichte und Douglasie (Körner 2011; Kolo 2011; Walter 2012; Müller-Lisa 2013). Als Referenz dieser Arbeiten dienen die Befunde von Schmidt-Vogt bzw. die darauf basierenden Werte aus den alten EWG-Mindestnormen (Richtlinie 71/161/EWG über die Normen für die äußere Beschaffenheit von forstlichem Vermehrungsgut vom 30. März 1971). Insbesondere sollte geprüft werden, ob sich die heutigen Werte gegenüber denen von Schmidt-Vogt geändert haben. Dazu wurden Pflanzen aus den an der Untersuchung beteiligten Baumschulen vermessen und mit den von Schmidt-Vogt aufgestellten minimalen und maximalen Rahmenwerten für Durchmesser in Abhängigkeit von der Pflanzenhöhe verglichen (Körner et al. 2012). Im Folgenden sind die Ergebnisse an Hand zweier ausgewählter Beispiele dargestellt:

Die Befunde der Tabelle 1 zeigen, dass es durchaus Unterschiede zwischen den Baumschulen bei den mittleren Wurzelhalsdurchmessern geben kann; diese sind vermutlich auf die besondere Behandlung durch die jeweilige Baumschule zurückzuführen. Sie zeigen auch, dass die von Schmidt-Vogt empfohlenen unteren Rahmengrenzwerte der Wurzelhalsdurchmesser ( $D_{\min}$ ) nicht unterschritten werden.

Die Aufnahmen der dreijährigen Buchenpflanzen im Jahr 2012 der Herkunft 81024 über alle Sortierungen umfassen Messungen an 180 Pflanzen (Walter 2012), bei Körner (2011) wurden im Jahr 2010 357 Pflanzen vermessen. Bei den im Jahr 2012 vermessenen Buchen-

pflanzen liegen keine Wurzelhalsdurchmesser unter dem unteren Rahmengrenzwert  $D_{\min}$  nach Schmidt-Vogt (Abbildung 1). Die Aufnahmen im Jahr 2010 fanden vor einer Qualitätssortierung durch die Baumschulen statt, sie zeigen die Kennwerte von Pflanzen in den Anzuchtquartieren und nicht Kennwerte von Pflanzen in einem Verkaufssortiment (Körner 2011). Die Aufnahmen im Jahr 2012 fanden nach der Qualitätssortierung durch die Baumschulen statt und zeigen die Kennwerte von Pflanzen aus Verkaufssortimenten im Einschlag (Walter 2012).

Die beiden Untersuchungen (Körner 2011; Walter 2012) zeigen darüber hinaus, dass es Unterschiede zwischen den Produktionsjahren und Baumschulen gibt; erstere sind wahrscheinlich auf verschiedene Umwelteinflüsse, letztere auf die Anzuchtpraxis der jeweiligen Baumschule zurückzuführen. Die Befunde reflektieren eine gemeinhin gute Anzuchtpraxis und gute Bodenverhältnisse in den beteiligten Baumschulen und bestätigen, dass die von Schmidt-Vogt empfohlenen Kenngrößen für die Stufigkeit – Sprosshöhe und Wurzelhalsdurchmesser, die in der Praxis relativ einfach und rasch zu messen sind – zusammen eine gute Schätzgröße für die Qualität der Pflanzen darstellen. Sie sollten jedoch nicht als alleinige Indikatoren für die Pflanzenqualität eingesetzt werden, da sie beispielsweise keine Rückschlüsse auf andere wichtige Qualitätsmerkmale, wie z. B. die Wurzelform oder Pflanzenfrische, zulassen (Körner et al. 2012).

In diesem Zusammenhang wird auch auf die Weiterbehandlung der Wurzel im Zuge der Pflanzung hingewiesen. Der hierbei zum Teil notwendige Wurzelschnitt beeinflusst den Kulturerfolg mindestens so stark wie

die gelieferte Qualität der Pflanzen durch die Baumschulen. Untersuchungen zeigen deutlich den Einfluss von Feinwurzelmasseverlusten durch Wurzelschnitt auf die Überlebensraten bzw. die Vitalität der gesetzten Forstpflanzen. Z. B. führen bei Rotbuche Feinwurzelmasseverluste von mehr als 20% zu schlechteren Kulturerfolgen (Skibbe 2008), bei Weißtanne liegen die kritischen Werte von zusätzlichen Feinwurzelverlusten durch Wurzelschnitt mit Auswirkung auf die Überlebensraten bei 10% (Bella 2006).

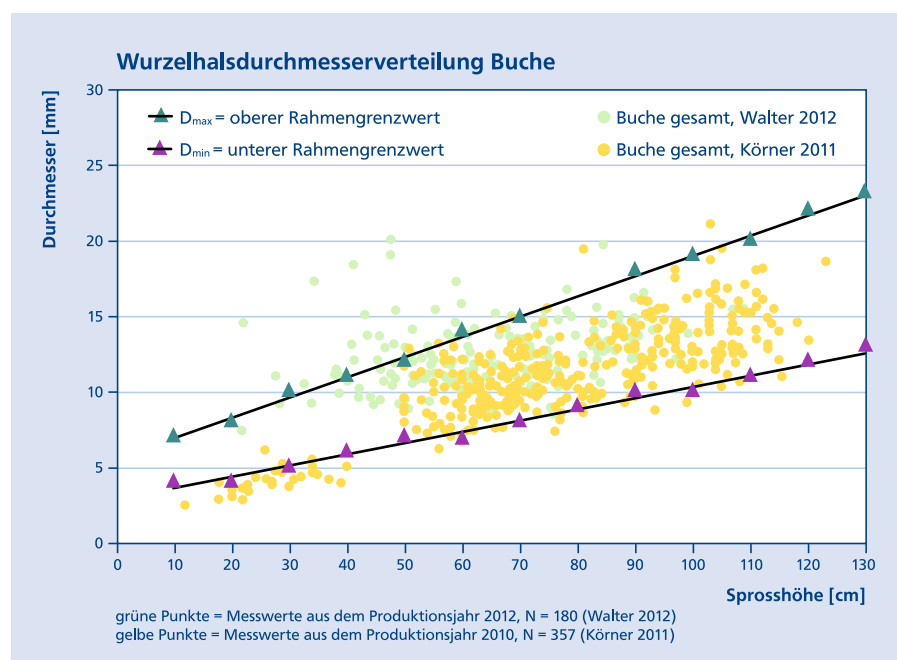
**Pflanzenfrische, Krankheiten und Nährstoffversorgung**

Zu Recht gilt die Pflanzenfrische als wichtigstes Kriterium der zusammenfassenden Beurteilung der Pflanzenqualität. Forstpflanzen dürfen keine Beeinträchtigung der Pflanzenfrische aufweisen, und keinesfalls einer Überhitzung, Gärung oder Fäulnis ausgesetzt gewesen sein. Starker Nadelabfall ist ein Warnzeichen. Erkennbar ist die Frische an einem vitalen Spross, einem nicht eingetrockneten Kambium und gut wasserversorgten Feinwurzeln.

Es versteht sich von selbst, dass die Forstpflanzen frei von Krankheiten, Pilzen, Insekten, Schädlingen und Faulstellen sein müssen. Ebenso sollten sie frei von Verletzungen und Beschädigungen sein; sie sollten keine ausgeprägten Frostschäden aufweisen, wobei leichte Frostschäden am Seitenholz zulässig sein können, wenn keine Auswirkung auf die weitere Entwicklung zu erwarten ist.

Forstpflanzen müssen ausreichend mit Nährstoffen versorgt sein und dürfen keine Mangelerscheinungen

Abbildung 1:  
Wurzelhalsdurchmesser-  
verteilung von Buchen-  
Verschulpflanzen  
(*Fagus sylvatica*, 1+2,  
Herkunft 81024)



(Nadelvergilbungen, sehr kleine Blätter etc.) aufweisen. Überversorgte Pflanzen (erkennbar an überlangen Gipfeltrieben und zum Teil nicht gut verholzten Trieben) sind ebenfalls, bei Beachtung artspezifischer Ausnahmen, unzulässig.

### Vitalität und Anwuchserfolg

Die verschiedenen genannten Kenngrößen stehen in enger Beziehung zu Anwuchserfolg, Wurzelentwicklung, Vitalität, Überlebensrate, langfristiger Stabilität, Zuwachsverhalten und Qualität von Forstpflanzen. Obwohl Forstpflanzen in der Baumschule unter relativ guten Bedingungen kultiviert werden, sind sie in der Folge durchaus vielerlei Gefahren ausgesetzt. Das beginnt bei der Beetrodung, dem Sortieren, der Zwischenlagerung vor dem Transport, dem Transport selbst, der Auslieferung, dem Zwischenlagern vor der Pflanzung und schließlich der eigentlichen Pflanzung. In all diesen Phasen können die Pflanzen ebenfalls Stress erfahren, z.B. Trocken- und Hitzestress oder extreme mechanische Beanspruchung. All dies schwächt ihre Vitalität erheblich. Diese Einwirkungen können sich akkumulieren und zu einem schlechten Anwuchserfolg führen (Rothkegel et al. 2013).

Eine Begutachtung der Pflanzen zu bestimmten Zeitpunkten, zum Beispiel durch Testverfahren zur Wurzelregeneration oder zum Wasserpotenzial, könnte dabei helfen zu klären, wo in der Kette Schwachstellen auftreten (Haase 2008). Die Forstpflanzenerzeuger sind bestrebt, die oben genannten Kriterien im Rahmen der Auslegung der in §12 (3) FoVG angesprochenen »handelsüblichen Beschaffenheit« zu beachten: »Partien

von Pflanzgut müssen von handelsüblicher Beschaffenheit sein, die anhand der Freiheit von Beschädigungen, des Gesundheitszustandes, der Wüchsigkeit und der physiologischen Qualität bestimmt wird«. In der Praxis sind noch Verbesserungspotentiale vor allem beim vorbeugenden Wurzelschutz durch Schutzbehandlungen mit Verdunstungsschutzmitteln (Alginat) erkennbar. Sowohl Anbieter als auch Abnehmer von Forstpflanzen nutzen diese Möglichkeiten zum Erhalt der Wurzelfrische und somit der Vitalität noch nicht in ausreichendem Umfang.

### Entwicklung von baumartenspezifischen Sorgfaltskriterien am Beispiel der Rotbuche

#### Alter

Hinsichtlich des Pflanzenalters empfehlen wir eher jüngere Sortimente (bis zweijährig, bevorzugt 2 + 0, höchstens dreijährig) zu verwenden

#### Sortiergröße

Pflanzengröße 30–50 cm, bei Konkurrenz 50–80 cm

#### Wurzel

Das arttypische Wurzelsystem der Rotbuche ist ein Herzwurzelsystem. Bei Jungpflanzen ist dies jedoch noch nicht entwickelt. Eine Qualitätsbeurteilung der jungen Wurzel wird daher zunächst noch allgemeiner Art sein müssen: Pflanzen mit erkennbaren J-Wurzeln oder L-Wurzeln (Wurzelverkrümmung durch Verschulung) dürfen nicht akzeptiert werden. Die



Abbildung 2: Rotbuchensämlinge 2+0, 50–80 cm; Qualitätskriterien Spross und Wurzel: dargestellt sind 7 Sämlinge, alle mit wipfelschäftigen Sprossen, arttypischer Ausbildung des Seitenholzes und gutem Wurzelhalsdurchmesser. Demgegenüber sind die Wurzeln jedoch nicht durchgängig gut ausgebildet: während die Pflanzen 1, 2, 3 und 6 eine gute Wurzelentwicklung aufweisen (ordentliche Wurzellängen, gutes Wurzel-Spross-Verhältnis von 1:2–1:4 und ausreichende Feinwurzelmasse), sind die Wurzeln der Pflanzen 4, 5 und 7 suboptimal ausgebildet.

Foto: R. Schlegel



Pflanzen sollten über einen hohen Feinwurzelanteil (und Mykorrhiza) verfügen. Primäre Seitenwurzeln (solche, die zum sekundären Dickenwachstum befähigt sind) sollen symmetrisch und mehr oder weniger horizontal nach allen Richtungen ausgerichtet sein. Wurzelackte Pflanzen verlieren beim Ausheben bis zu 50% ihrer Fein- und Feinstwurzelmasse. Diese muss nach der Pflanzung vom Sämling wieder regeneriert werden, um das Gleichgewicht zwischen transpirierendem oberirdischen Pflanzenkörper und wasser- und nährstoffnachschaffender unterirdischer Biomasse wiederherzustellen. Nach Kessel (1994) sollte auf Wurzelschnitte grundsätzlich verzichtet werden. Wenn ein Wurzelschnitt durchgeführt werden muss (z. B. wegen überlanger (Seiten-) Wurzeln oder verletzter Wurzeln), sollte dieser nur von mäßiger Intensität sein, da sonst – mit zunehmender Intensität des Wurzelschnitts – mit einer Verstärkung des Pflanzschocks zu rechnen ist. Wurzelschnitte, die Schnittwunden von >4 mm hinterlassen, sind zu unterlassen (Skibbe 2008).

#### *Wurzelhals-Durchmesser*

- Bu 2+0, 30–50 cm: WHD  $\geq$  6 mm erforderlich
- Bu 2+0, 50–80 cm: WHD  $\geq$  8 mm erforderlich
- Bei gleicher Größensortierung gelten entsprechende WHD-Werte auch für 1 + 1- oder 1 + 2-Sortimente

Eine alleinige Angabe des Wurzelhalsdurchmessers macht keinen Sinn! Wichtig ist, dass das Wurzelwerk in Form, Volumen und Struktur optimal ausgebildet ist (siehe Ausführungen zu Wurzel und Abbildung 2).

#### *H/D-Werte*

Nach den o. g. minimalen WHD-Werten und Größensortierungen ergeben sich für Bu 2 + 0, 30–50 cm H/D-Werte zwischen 50 und 80 (Empfehlung der EZG max. 67), bei 50–80 cm zwischen 60 und 100 (Empfehlung der EZG max. 84). Der H/D-Wert ist nur dann ein aussagekräftiger Kennwert, wenn sichergestellt ist, dass Spross und Wurzel in Form, Volumen und Struktur optimal ausgebildet sind.

#### *Gesundheit*

Frei von Wunden, Pathogenen und Schädlingen

#### *Ernährung*

Wünschenswert wäre, dass die Sämlinge hinsichtlich ihrer Ernährungssituation bereits auf die Verhältnisse am jeweiligen Stand-/Pflanzort eingestellt sind.

### **Ausblick und Vorschläge für künftige Forschungsschwerpunkte zur Charakterisierung von Forstpflanzen**

In einem früheren Beitrag hatten wir uns bereits der Frage gewidmet »Wie muss die ideale Forstpflanze aussehen? Gibt es sie überhaupt?« (Stimm et al. 2013). Wir haben dabei die Bedeutung eines harmonischen Verhältnisses von Wurzel und Spross hervorgehoben. Unter natürlichen Bedingungen ist dieses Verhältnis nicht starr, sondern flexibel und reagiert dynamisch auf Veränderungen im Lebensraum und seinen Umweltbedingungen. So ist beispielsweise ein unverzüglich nach der Pflanzung einsetzendes Wurzelwachstum notwendig, um den Anwuchserfolg zu sichern (Grossnickle 2005). Der Erfolg hängt in dieser Phase stark vom Wurzelsystem ab, das im Wesentlichen noch durch die Kulturbedingungen in der Baumschule geprägt ist. Frische Pflanzen mit größeren Wurzelvolumen können Wasser besser aufnehmen, sind in der Lage den Pflanzchock leichter zu überstehen und haben bessere Anwuchschancen. Die optimale Forstpflanze sollte also ein ausbalanciertes, funktionales Verhältnis zwischen Spross und Wurzel aufweisen, das – zusammen mit einer guten physiologischen Qualität – die wichtigste Voraussetzung für das Anwachsen und Überleben von Forstpflanzen darstellt.

Nachdem in den vergangenen Jahren, vor allem aus Gründen ungünstiger Rahmenbedingungen während der Bestandesbegründung, größere Pflanzensortimente im Mittelpunkt standen, werden heute wieder häufiger jüngere, ein- bis zweijährige Pflanzen, z. B. 1 + 0, 2 + 0, 1 + 1, bevorzugt. Was die Pflanzengröße betrifft, kann man die Faustregel entwickeln:

So klein als möglich – so groß als nötig, zum Beispiel 30–50 cm oder 50–80 cm. Da die Durchführung der Größensortierung in den Baumschulen in der Regel sorgfältig, rasch und unter Aufrechterhaltung des Frischezustands geschieht, scheinen Beeinträchtigungen des Frischezustands eher selten. Gänzlich vermeiden wird man sie aber nicht können, da die heutigen Handels- und damit Transportwege Grenzen setzen. Um hier auf der sicheren Seite zu stehen, empfiehlt es sich – soweit möglich – von der Baumschule seines Vertrauens Pflanzen aus regionaler Produktion, gegebenenfalls beetweise ohne Größensortierung, zu kaufen. Neben der Größe der verwendeten Pflanzen haben jedoch auch noch andere Qualitätsmerkmale eine große Bedeutung hinsichtlich eines späteren Kulturerfolges.

Gerade im Hinblick auf den Privatwald und die damit verbundene oft kleinteilige Waldbewirtschaftung wird das Dilemma der Pflanzenerzeuger offenbar. Die Umstände und Rahmenbedingungen bei der Pflanzverjüngung können hier sehr variabel sein. Das erfolgreiche Anwachsen, Überleben und weitere Wachstum der Forstpflanzen hängt nicht nur von der Wahl des Pflanzguts und dessen äußerer und innerer Beschaffenheit ab, sondern insbesondere von den gegebenen Standortsbedingungen vor Ort. Wünschenswert wäre, dass die Sämlinge hinsichtlich ihrer Ernährungssituation bereits auf die Verhältnisse am jeweiligen Stand-/Pflanzort eingestellt sind. Dazu bedürfte es aber einer verbesserten Organisation des Pflanzenkaufs. Sammelbestellungen von Forstbetriebsgemeinschaften und Waldbesitzervereinigungen von Standardsortimenten bei Baumschulen werden den bisweilen doch sehr variablen Verhältnissen bei den verschiedenen Abnehmern, Standorten, Ausgangssituationen der Verjüngungsflächen (Wasserhaushalt, Nährstoffverfügbarkeit, Überschilderung ja/nein, Konkurrenzvegetation) nicht gerecht. Nicht nur hinsichtlich der Baumartenwahl, sondern auch hinsichtlich der geeigneten Pflanzensortimente wäre im Vorfeld eine fachliche Beurteilung und zeitlich deutlich vorauslaufende Beratung für den Pflanzenkauf durch die Ämter für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (ÄELF) wichtig. Es wäre zu prüfen, ob die Waldbesitzer nicht ermutigt werden können, Lohnanzuchten mit Baumschulen zu vereinbaren, um dadurch auf besondere Bedürfnisse Rücksicht zu nehmen.

Für eine erfolgreiche Pflanzverjüngung ist es wichtig, dass Waldbesitzer, Förster, Forstbaumschuler und Forstwissenschaftler offen miteinander kommunizieren und sich über die biologischen Grundlagen und die technischen wie geschäftlichen Rahmenbedingungen im Klaren sind. Qualität erhält man nicht zum Nulltarif. Voraussetzung für eine funktionierende Qualitätssicherung und ein gegenseitiges Verstehen ist nicht nur die Verständigung über geeignete Qualitätsattribute, sondern auch die Verständigung darüber, wie diese gemessen werden können. Morphologische Kenngrößen der Pflanzenqualität erschließen sich Produzenten wie Abnehmern relativ leicht. Die Ermittlung physiologischer Kenngrößen ist dagegen schwieriger, weil kostenträchtiger und zeitaufwändig, aber möglicherweise bei Anwendung geeigneter Verfahren wesentlich aufschlussreicher, was den Kulturerfolg betrifft (Edwards 1998; Mattson 1996; Mohammed 1996; Puttonen 1989 und 1996). Nachdem viele der erfassten morphologischen und physiologischen Kenngrößen der Forstpflanzen sehr fein auf die herrschenden Umweltbedingungen

zum Zeitpunkt der Pflanzung und in Jahren danach reagieren, wäre es wünschenswert, wenn öfter einmal an gut dokumentierten Pflanzungen mehrjährige Beobachtungen angestellt werden könnten. Damit ließe sich zeigen, welchen Kenngrößen oder Kenngrößenkombinationen langfristig die größte Aussagekraft hinsichtlich des Kulturerfolges zukommt.

### Literatur

- AID (2010): Forstliches Vermehrungsgut. Informationen für die Praxis. Aid infodienst Verbraucherschutz, Ernährung, Landwirtschaft Heft 1164
- Bella, K. (2006): Auswirkungen von Verpflanzung und Wurzelschnitt auf Mortalität, Vitalität, Austrieb und Wachstum von Weiß-Tannen (*Abies alba* Mill.). Diplomarbeit, TU Dresden, Fachrichtung Forstwissenschaften Tharandt
- Burschel, P.; Huss, J. (1997): Grundriß des Waldbaus. Parey, Berlin
- Davis, A.S.; Jacobs, D.F. (2005): Quantifying root system quality of nursery seedlings and relationship to outplanting performance. *New Forests* 30, S. 295–311
- Dey, D.C.; Parker, W.C. (1997): Morphological indicators of stock quality and field performance of red oak (*Quercus rubra* L.) seedlings underplanted in a central Ontario shelterwood. *New Forests* 14, S. 145–156
- Dunsworth, G.B. (1997): Plant quality assessment: an industrial perspective. *New Forests* 13, S. 431–440
- Edwards, C. (1998): Testing Plant Quality. Forestry Commission, UK, Information Note
- EZG (2009): Forstpflanzen Qualitätsrichtlinien. [http://www.ezg-forstpflanzen.de/Qualitat-RL/Qualitatsrichtlinien\\_EZG\\_10-07-09.pdf](http://www.ezg-forstpflanzen.de/Qualitat-RL/Qualitatsrichtlinien_EZG_10-07-09.pdf)
- EZG (2010): Zur Qualität von Forstpflanzen. i-aktuell Nr.2/2010
- FoVG (2002): Forstvermehrungsgutgesetz vom 22. Mai 2002 (BGBl. I S. 1658), zuletzt geändert durch Art. 37 G v. 9.12.2010 I 1934. <http://www.gesetze-im-internet.de/fovg/BJNR165800002.html>
- FSaatG (1979): Neufassung des Gesetzes über forstliches Saat- und Pflanzgut. BGBl. I, 1979, Nr. 47, S. 1242–1261
- Grossnickle, S.C. (2005): Importance of root growth in overcoming planting stress. *New Forests* 30, S. 273–294
- Grossnickle, S.C. (2012): Why seedlings survive: influence of plant attributes. *New Forests* 43, S. 711–738
- Grossnickle, S.C.; Folk, R.S. (1993): Stock Quality Assessment: Forecasting Survival or Performance on a Reforestation Site. *Tree Planters' Notes* 44, 3, S. 113–121

- Haase, D.L. (2007): Morphological and Physiological Evaluations of Seedling Quality. USDA For.Serv.Proc. RMRS-P-50, S.3–8
- Haase, D.L. (2008): Understanding Forest Seedling Quality: Measurements and Interpretation. Tree Planters' Notes 52 (2), S.24–30
- Haase, D.L. (2011): Seedling Root Targets. USDA Forest Service Proceedings RMRS-P-65, S.80–82
- Kessel, H. (1994): Das Wachstum von Buchenwildlingen und Baumschulpflanzen nach Sproßschnitt, Wurzelschnitt, Konkurrenzregelung, Beschattung und bei weitem Pflanzverband. Dissertation, Forstwissenschaftliche Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg i. Br.
- Körner, A. (2011): Äußere Qualitätskriterien von Forstpflanzen – Dargestellt an *Fagus sylvatica* und *Acer pseudoplatanus*. Unveröff. Bachelorarbeit an der Studienfakultät für Forstwissenschaft und Ressourcenmanagement der Technischen Universität München
- Körner, A.; Kolo, H.; Stimm, B.; Wezel, G. (2012): Stufigkeit als wichtiges Merkmal der Qualität von Forstpflanzen. AFZ-Der Wald, H. 16, S.13–15
- Kolo, H. (2011): Qualitätskriterien von Forstpflanzen. Unveröff. Bachelorarbeit an der Studienfakultät für Forstwissenschaft und Ressourcenmanagement der Technischen Universität München.
- Mattson, A. (1996): Predicting field performance using seedling quality assessment. New Forests 13, S.223–248
- McKay, H.M. (1996): A review of the effect of stresses between lifting and planting on nursery stock quality and performance. New Forests 13, S.363–393
- Min ELR (2009): Pflanzgut und Pflanzung. ForstBW Praxis.
- Mohammed, G.H. (1996): The status and future of stock quality testing. New Forests 13, S.481–504
- Morgan, J.L. (1999): Forest Tree Seedlings – best practice in supply, treatment and planting. Forestry Commission, Bull. 121
- Müller-Lisa, C. (2013): Äußere Qualitätskriterien von Forstpflanzen – Dargestellt an *Picea abies* und *Pseudotsuga menziesii*. Unveröff. Bachelorarbeit an der Studienfakultät für Forstwissenschaft und Ressourcenmanagement der Technischen Universität München.
- NLF (2005): Merkblatt Pflanzenqualität. Niedersächsische Landesforsten, Braunschweig.
- Puttonen, P. (1989): Criteria for using seedling performance potential tests. New Forests 3, S.67–87.
- Puttonen, P. (1996): Looking for the »silver bullet« – can one test do it all? New Forests 13, S.9–27
- Radoglou, K.; Cabral, R.; Repo, T.; Hasanagas, N.; Sutinen, M.-L.; Waisel, Y. (2007): Appraisal of root leakage as a method for estimation of root viability. Plant Biosystems 141, S.443–459
- Rothkegel, W.; Ruppert, O.; Blaschke, H.; Stimm, B. (2013): Sorgfaltskriterien für Buche und Douglasie. AFZ-Der Wald, H. 20, S.4–7
- Sampson, P.H.; Templeton, C.W.G.; Colombo, S.J. (1996): An overview of Ontario's Stock Quality Assessment Program. New Forests 13, S.461–479
- Schmidt-Vogt, H. (1966): Wachstum und Qualität von Forstpflanzen. BLV München–Basel–Wien
- Skibbe, K. (2008): Auswirkungen von Verpflanzung und Wurzelschnitt auf Mortalität, Vitalität und Wachstum von Rot-Buchen (*Fagus sylvatica* L.). Diplomarbeit, TU Dresden, Fachrichtung Forstwissenschaften Tharandt
- Stimm, B.; Blaschke, H.; Rothkegel, W.; Ruppert, O. (2013): Stabilität hat tiefe Wurzeln. AFZ-Der Wald, H. 20, S.8–12
- Sutton, R.F. (1979): Planting stock quality and grading. For Ecol Managem 2, S.123–132
- Tinus, R.W.; Burr, K.E.; Atzmon, N.; Riov, J. (2000): Relationship between carbohydrate concentration and root growth potential in coniferous seedlings from three climates during cold hardening and dehardening. Tree Physiology 20, S.1097–1104
- Tsakalimi, M.; Ganatsas, P.; Jacobs, D.F. (2013): Prediction of planted seedling survival of five Mediterranean species based on initial seedling morphology. New Forests 44, S.327–339
- Walter, E. (2012): Äußere Qualitätskriterien von Ahorn- und Buchensämlingen. Unveröff. Bachelorarbeit an der Studienfakultät für Forstwissenschaft und Ressourcenmanagement der Technischen Universität München.
- Wasem, U. (2005): Wurzeldeformationen bei Topfpflanzen. [http://www.waldwissen.net/waldwirtschaft/waldbau/zucht/wsl\\_wurzeldeformationen/index\\_DE](http://www.waldwissen.net/waldwirtschaft/waldbau/zucht/wsl_wurzeldeformationen/index_DE)
- Wilson, B. C.; Jacobs, D. F. (2006): Quality assessment of temperate zone deciduous hardwood seedlings. New Forests 31, S.417–433

**Keywords:** Seedlings, bareroot, stocktype, quality criteria, morphological and physiological criteria, performance attributes, quality assessment, evaluation

---

**Summary:** Forest restoration and regeneration under climate change becomes a new challenge for silviculturists, forest owners and land managers. This fact may raise a revival of outplanting activities as well as a growing market for forest nurseries in Germany. Forest nurseries and forest owners have to agree upon quality criteria of seedling stock and that high quality planting stock is essential for successful reforestation. This paper summarizes in brief the state of knowledge on quality criteria of bareroot seedling stocktypes and possibilities of its quality assessment with emphasis on outplanting performance.

---

---

# Zedern und Riesenlebensbaum – welche Herkünfte sind bei uns geeignet?

Gerhard Huber und Claudia Storz

**Schlüsselwörter:** *Cedrus libani*, *Cedrus atlantica*, *Thuja plicata*, Provenienz, Herkunftseignung, Klimawandel

---

**Zusammenfassung:** Verschiedene bisher in Bayern kaum angebaute Baumarten werden im Zuge des Klimawandels als möglicher Ersatz diskutiert. Erkenntnisse über herkunftsbedingte Wuchsunterschiede und ihre Standortsansprüche können wir aus Anbauerfahrungen, Herkunftsversuchen sowie aus wissenschaftlichen Experimenten gewinnen. Dabei zeigt sich, dass für mitteleuropäische Verhältnisse bisher nur wenige Kenntnisse vorliegen, die eine Risikoabschätzung erlauben oder konkrete Herkunftsempfehlungen ableiten lassen. Die in der Sondierungsstudie untersuchten Baumarten (*Cedrus libani*, *Cedrus atlantica*, *Thuja plicata*) zeigen z.T. sehr große Herkunftsunterschiede im Wuchs, der Trockentoleranz sowie in ihrem Austriebs- und Wuchsabschlusseigenschaften. Daraus lassen sich Gefährdungen, z. B. durch Spätfrost oder Trockenperioden, ableiten. Für alle Baumarten und Herkunftsregionen gibt es jedoch derzeit keine aussagekräftigen Erkenntnisse über ihre aktuelle und zukünftige Anbaueignung in Bayern. Zudem ist der Bezug von Saatgut aus den Ursprungsländern für einige der genannten Baumarten bisher nicht oder nur schwer möglich.

---

Einige einheimische Baumarten sind durch den Klimawandel gefährdet. Längere Trockenphasen im Sommer oder Frühjahr, veränderte Niederschlagsmuster oder Extremereignisse werden dazu führen, dass einige Baumarten an ihre ökologischen Vorkommensgrenzen abgedrängt oder ihre Konkurrenzkraft geschwächt werden. Je nach ihrem natürlichen Verbreitungsschwerpunkt verlieren oder gewinnen Waldbaumarten an Übereinstimmung mit den für sie günstigen Klimabedingungen (Kölling 2007). In einigen Bereichen wird ein Baumartenwechsel notwendig werden. Die vorzuziehende Umbaufläche für Bayern wird derzeit auf über 250.000 ha geschätzt. Ein Waldumbau erfordert neben entsprechenden waldbaulichen Konzepten vor allem eine sichere Versorgung mit geeignetem Vermehrungsgut und standortgerechte Gastbaumarten wie es z. B. bei der Douglasie möglich ist. Ersatzbaumarten, die heimische Arten ersetzen sollen, müssen

sowohl forstwirtschaftlichen wie auch ökologischen Anforderungen genügen und ihr Anbaurisiko minimieren.

Da sich im Laufe der postglazialen Geschichte der Baumarten genetische Unterschiede durch Anpassung an den jeweiligen Standort und die jeweils vorherrschenden Klimabedingungen manifestiert haben, ist die Suche nach geeigneten Provenienzen notwendig. Nicht zuletzt zeigen die Erfahrungen bei der Einfuhr von fremdländischen Baumarten in den letzten 120 Jahren, dass die Herkunftsfrage für die erfolgreiche Einbürgerung von entscheidender Bedeutung ist.

Nachfolgend werden die Ergebnisse einer Sondierungsstudie zu Herkunftsfragen von drei Baumarten, die als möglicher Ersatz oder Ergänzung des Baumartenspektrums diskutiert werden, vorgestellt.

## Libanonzeder (*Cedrus libani*)

Zur Gattung *Cedrus* gehören vier Arten (*Cedrus atlantica*, *C. libani*, *C. brevifolia*, *C. deodara*). Für den Anbau in Deutschland sind die Libanonzeder (*Cedrus libani*) und die Atlas-Zeder (*Cedrus atlantica*) von Interesse.

### Verbreitung und ökologische Eigenschaften

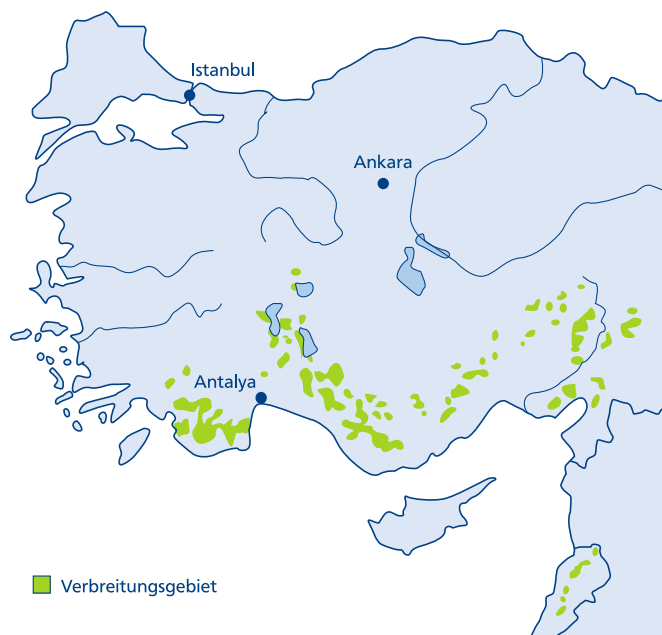
(Angaben vorwiegend aus Mayer 1984, Ayasligil 1997, Akkemik 2003, Boydak et al. 2008, Hajar et al. 2010, Fusaro 2011)

Das natürliche Verbreitungsgebiet der Libanonzeder (*Cedrus libani*) umfasst zwei Hauptareale (Abbildung 1): Süd- und Südwestanatolien in der Türkei und das hiervon geografisch getrennte Areal im Libanon und Syrien.

Das Areal in der Türkei umfasst einen großen Teil des westlichen und mittleren Taurusgebirges und des Amanusgebirges mit einer Anbaufläche von ca. 400.000 ha. Es ist aufgrund jahrhundertelanger Übernutzungen in viele inselförmige Einzelvorkommen aufgeteilt. Größere und zusammenhängende Zedernwälder finden sich noch im Westtaurus. In der Türkei werden derzeit jährlich ca. 30.000 ha mit der Libanon-



Abbildung 1:  
Verbreitung der Libanonzeder  
(*Cedrus libani*)  
aus Hajar et al. 2010



zeder aufgeforstet. Im Libanon ist das Verbreitungsgebiet von ursprünglich 500.000 ha auf 1.700 ha zurückgegangen (FAO 2013). Aufforstungen außerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebiets wurden in Italien, im Iran, in Bulgarien und in den Gebirgslagen Frankreichs sowie auf der Krim und in Usbekistan durchgeführt. In Mitteleuropa wird die Libanonzeder lediglich als Parkbaum angepflanzt. In Deutschland bzw. Bayern gibt es bisher keine forstlich nennenswerten Anbauten.

Die Libanonzeder besiedelt in den Ursprungsländern Höhenlagen zwischen 800 bis 2.100 m. Sie bildet oft die Waldgrenze. Im Taurusgebirge sind auch Vorkommen aus tieferen Lagen (500–800 m) bekannt. Die natürlichen Populationen an der südanatolischen Küste liegen im mediterranen Winterregengebiet. Niederschlagsreich sind die Teilareale im Amanus- und Aluitedgebirge (Syrien) und im Libanon. Höhere Lagen sind durch ein mediterranes Gebirgsklima mit Übergängen zum Steppenklima geprägt. In ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet schwanken die jährlichen Niederschläge im Mittel zwischen 600 und 1.300 mm, in höheren Lagen bis über 2.000 mm. Während der Vegetationszeit von Mai bis September fallen im Ursprungsgebiet gewöhnlich nur etwa 5% bis 25% der jährlichen Niederschlagsmenge. Trockenperioden in den Sommermonaten mit einer Niederschlagsmenge von lediglich 50 bis 100 mm erträgt die Libanonzeder gut. In höheren Lagen kann die extreme Sommertrockenheit durch auftretende Nebelbildung abgemildert werden. Die Winterniederschläge fallen oft ab ca. 1.000 m als Schnee. Die Schneedecke kann bis zu 2 m mächtig werden und bis April liegen bleiben. Mit

Schneedruck kommt die Libanonzeder gut zurecht. Für das Wachstum sind aber unabhängig von Trockenperioden mindestens 600 mm (400 mm) Niederschlag pro Jahr erforderlich.

Die Jahresdurchschnittstemperaturen reichen von 6,0 bis 15,7 °C. Wintertemperaturen unter –16 °C führen zu Kältestress und vermehrten Ausfällen. Die extrem kalten Winter 1928/29 und 1956 führten in Deutschland zu erheblichen Ausfällen bei Parkbäumen. Die Libanonzeder gilt insgesamt als nicht so widerstandsfähig wie die Atlaszeder.

*C. libani* kommt mit kalkhaltigen und silikatischen Böden zurecht. In Frankreich wird der Anbau insbesondere auf kalkhaltigen Böden empfohlen. Durch die Ausbildung einer 2–3 m kräftigen Pfahlwurzel kann *C. libani* tiefere und frischere Lagen sowie felsige Standorte erschließen. Auf Grund ihrer geringen Konkurrenzfähigkeit gegenüber anderen Baumarten, wird sie im natürlichen Areal oft auf Zwangsstandorte wie arme, steinige und harte und basische Böden zurückgedrängt. Hier besitzt sie nur geringe Zuwächse.

#### Anbau- und Herkunftsversuche

(Angaben aus Fady et al. 2008; Boydak et al. 2008; Bari-teau et al. 2011; Fusaro 2011; Gökdemir et al. 2011)

Anbau- und Herkunftsversuche sind aus der Türkei, Frankreich und Italien bekannt. Herkünfte aus der Türkei zeigen dabei in allen Versuchen (Türkei, Italien, Frankreich) ein besseres Wachstum als Herkünfte aus dem Libanon. Sie verfügen zudem über eine höhere Widerstandsfähigkeit gegen Trockenperioden und da-



Abbildung 2: Zedernbestand (*Cedrus libani*) im südlichen Libanon Foto: M. Bou Dagher Kharrat

mit höhere Überlebensraten bei sommerlichen Dürreperioden. Türkische Herkünfte treiben zudem bis zu 20 Tage später aus als libanesische und sind daher weniger spätfrostgefährdet. In den Versuchen zeigen vor allem Herkünfte aus der Ost- und Zentraltürkei die beste Wüchsigkeit und höchste Überlebensfähigkeit. Herkünfte an der Grenze des Verbreitungsgebiets zeigen dagegen sehr häufig niedrige Überlebensraten und Mattwüchsigkeit. Das durchschnittliche Höhenwachstum der Libanonzeder ist im Vergleich zur Atlaszeder meistens geringer. Einige besonders wüchsige Herkünfte aus der Ost-Türkei erreichen jedoch eine vergleichbare Höhenwuchsleistung.

Für den Anbau der Libanonzeder werden in den Anbauländern folgende Herkunftsregionen empfohlen:

- Türkei: Herkünfte aus den zentral- und ostmediterranen Regionen
- Frankreich: Türkische Provenienzen aus dem östlichen Verbreitungsgebiet (Anti-Taurus)
- Italien: generell alle türkischen Herkünfte. Begründet wird dies mit dem späteren Austrieb, dem besseren Wachstum und einer längeren Wachstumsphase im Herbst.

Benötigtes Saatgut der Libanonzeder ist derzeit nur aus Frankreich und mit Einschränkungen aus der Türkei zu beziehen. Obwohl es in der Türkei ausgewiesene Erntebestände gibt und regelmäßige Beerntungen stattfinden ist der Bezug von Saatgut und insbesondere von speziellen Herkünften bisher mit hohem Aufwand verbunden.

### Atlaszeder (*Cedrus atlantica*)

Die Atlaszeder umfasst derzeit eine Anbaufläche von ca. 250.000 ha – Marokko 184.000 ha, Algerien 38.000 ha, Frankreich 20.000 ha, Italien 4.000 ha (Bariteau et al. 2011). Nach Europa wurde die Atlaszeder in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts als Zier- und Parkbaum eingeführt. Erste forstliche Anbauten stammen aus dem Jahr 1862 in Südfrankreich am Mont Ventoux.

### Verbreitung und ökologische Eigenschaften

(Angaben vorwiegend aus Mayer 1984; Bariteau et al. 2011; König 2012; Magri 2012)

Das natürliche Verbreitungsgebiet der Atlaszeder ist stark fragmentiert und beschränkt sich auf die nordafrikanischen Bergregionen Marokkos (Rif, Mittlerer und Hoher Atlas) und Algeriens (Tell- und Sahara-Atlas). Ihre Waldfläche für die Atlaszeder umfasst derzeit noch ca. 145.000 ha, die teilweise aber stark degradiert sind.

Ihr Optimum hat die Atlaszeder in Plateaulagen des Mittleren Atlas in Höhen von 1.600 bis 2.200 m. Die Niederschläge sind dort relativ hoch bei 900–1.500 mm. Vom Mittleren Atlas (Azrou) lösen sich die Bestände gegen Osten immer weiter auf und nur die höchsten und niederschlagsreichsten Gebirge werden besiedelt. Die Waldgrenze wird unter natürlichen Bedingungen nicht von der Atlaszeder gebildet, da sie der zunehmenden Kälte und Trockenheit in den höheren Lagen nicht standhalten kann.

Das Vorkommen der Atlaszeder erstreckt sich über mehrere Höhenstufen mit unterschiedlichen Niederschlagsverhältnissen, die vor allem in den Wintermonaten fallen:

- mediterrane semiaride Höhenstufe im Sahara-Atlas (Algerien): 500–700 mm Niederschlag
- mediterrane subhumide Höhenstufe des kontinentalen Mittleren und Hohen Atlas: 700–1.000 mm
- humide Höhenstufe mit über 1.000 mm Niederschlag.

Das mediterrane Klima zeichnet sich durch eine ausgeprägte Trockenperiode im Sommer aus. Im Tell- und Sahara-Atlas wird das Klima entscheidend von den vom Meer her niederschlagsbringenden Winden be-

stimmt. Die Atlaszeder erträgt Temperaturen bis zu +40 °C, aber keine zu langen Kälteperioden. Im Vergleich zu anderen Baumarten besitzt sie eine sehr lange Wachstumsphase von Ende April bis Ende September. *C. atlantica* kommt sowohl auf kalkhaltigen wie auch auf silikatischen Böden vor. Für ein optimales Wachstum sind silikatische Böden jedoch geeigneter, während karbonatische Böden nur bei Tiefgründigkeit und ausreichender Niederschlagsmenge toleriert werden. Eine dichte Krautschicht oder Grasnarbe verhindert die natürliche Verjüngung. Erst zweijährige Pflanzen zeigen eine höhere Trockentoleranz.

Auf Standorten mit starker Trockenheit konkurriert sie mit Zedern-Wacholder (*Juniperus oxycedrus*), Aleppo-Kiefer (*Pinus halepensis*), See-Kiefer (*Pinus pinaster*) und Steineiche (*Quercus ilex*). Im feuchteren Klimabereich des Rif mit milden Wintern dominieren Eichenarten. Auch die Marokkanische Tanne (*Abies maroccana*) kann in die Zedernbestände einwandern.

#### Anbau- und Herkunftsversuche

(Angaben aus Nedjahi et al. 2001; Carvalho et al. 2011; Fusaro 2011; Bariteau et al. 2011; Sbay 2011; König 2012)

In den meisten Herkunftsversuchen wurden beide Zedernarten untersucht. Grundsätzlich zeigte sich, dass die Atlaszeder später austreibt als die Libanonzeder. Sie ist deshalb gegenüber Spätfrösten weniger gefährdet. Auch in der Wuchsleistung ist sie der Libanonzeder meist überlegen. Gegenüber Sommerdürre ist sie aber weniger widerstandsfähig als die Libanonzeder. Auch zeigten einige algerische Herkünfte eine höhere Widerstandsfähigkeit gegenüber Trockenperioden im Sommer als Herkünfte aus Marokko.

In den französischen Versuchsanbauten (1970 und 1993) erwiesen sich Sekundär-Herkünfte der Atlaszeder aus Frankreich als sehr wüchsig. Eine gute Anpassungsfähigkeit auf allen Standorten zeigten fast alle Herkünfte aus Algerien. Als besonders geeignet für den Anbau erwiesen sich die französische Sekundär-Herkunft Mont Ventoux (algerischen Ursprungs), und die algerischen Herkünfte Tikjda und Barbors aus dem Tell-Atlas sowie die Herkunft Chélia aus dem Sahara-Atlas.

Auch in den Herkunftsversuchen in Italien (1983 und 1994) zeigte sich die gute Wüchsigkeit der Atlaszeder. Jedoch erreichten auch einige türkischen Herkünfte der Libanonzeder (Arslankoy, Sutlegen) ein ähnliches oder sogar besseres Höhenwachstum als die Atlaszeder. Deutliche Unterschiede zeigten sich auch beim Austrieb der marokkanischen Populationen. Die Herkünfte vom Rif (Marokko) treiben deutlich früher aus (7–15 Tage) als Herkünfte vom Hohen oder Mitt-

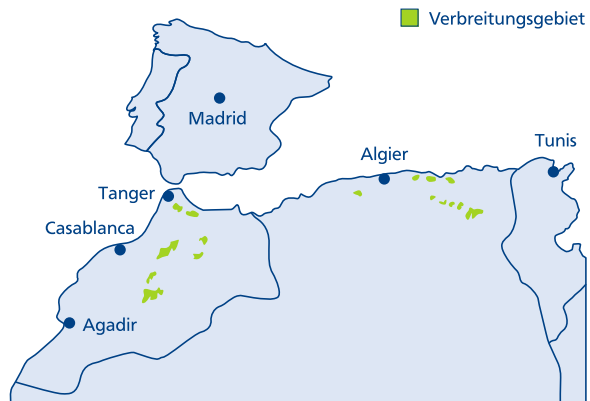


Abbildung 3: Verbreitung der Atlaszeder (*Cedrus atlantica*) – aus M'Hirit et al. 1994



Abbildung 4: Reife Zapfen der Zeder zerfallen am Baum  
Foto: G. Huber

leren Atlas. Für Italien werden daher Herkünfte aus dem Mittleren und Hohen Atlas empfohlen. Versuche in Algerien belegen, dass Herkünfte aus dem Sahara-Atlas besser an trockene Klimabedingungen angepasst sind. In Ungarn wurden waldwachstumkundliche Versuche auf trockenen Standorten begründet (König 2012). Für das Alter 36 wurde ein Holzvorrat von 550 m<sup>3</sup> ermittelt. Das Wachstum in der Jugend ist sehr langsam, nimmt jedoch mit dem Alter stärker zu. In Mitteleuropa



wurden bisher keine Herkunftsversuche oder nennenswerte Anbauten angelegt.

### Anbaueignung

Beide Zedernarten gelten als weitgehend bodenvag und können deshalb sowohl auf kalkhaltigen als auch auf silikatischen Böden angebaut werden. Zufriedenstellende Wuchsleistungen erzielten sie bei Niederschlägen über 600 mm, wobei die Atlaszeder anspruchsvoller erscheint als die Libanonzeder. Trockenperioden, wie sie für Süddeutschland erwartet werden, können von beiden Zedernarten sicherlich ohne zu große Ausfälle überstanden werden. Bei Trockenperioden im Pflanzjahr ist jedoch mit erhöhten Ausfällen zu rechnen.

Ausgesprochene Frostlagen sind für die Atlaszeder Ausschlussstandorte, Wintertemperaturen unter  $-16\text{ °C}$  führen zu Kältestress und vermehrten Ausfällen. Aufgrund ihres späten Austriebs gilt die Atlaszeder generell als spätfrosttoleranter als die Libanonzeder. Allerdings gibt es auch deutliche Austriebsunterschiede zwischen den Herkünften im Verbreitungsgebiet. Bei Spätfrostgefährdung sind daher frühtreibende Herkünfte vom Rif weniger geeignet. Im Wachstum ist die Atlaszeder der Libanonzeder meistens überlegen. Im semiariden Klimabereich erweist sich jedoch die Atlaszeder als nicht so wüchsig, und die Überlebensrate und Widerstandsfähigkeit gegen Sommerdürre ist geringer als bei türkischen Herkünften der Libanonzeder.

Für den Anbau der Atlaszeder sollten folgende Gesichtspunkte berücksichtigt werden.

- Bei wiederkehrenden Trockenperioden sind Herkünfte der Atlaszeder aus dem Mittleren Atlas, dem Sahara-Atlas sowie dem Tell-Atlas (Algerien) geeignet, da sie eine höhere Trockentoleranz besitzen.
- Die französischen Sekundär-Herkünfte der Atlaszeder aus Frankreich erweisen sich als besonders wüchsig. Allerdings sind sie spätfrostgefährdeter als z. B. Herkünfte aus Marokko, da sie früher austreiben.
- Der Bezug von Herkünften der Atlaszeder aus den Ursprungsländern in Nordafrika ist derzeit nicht möglich, da in beiden Ländern keine kommerziellen Ernten durchgeführt werden und es keine Saatgutlieferanten bzw. zuständige Stellen gibt, die Saatgut bereitstellen können. Der Bezug von Zedern-Herkünften aus den gewünschten Herkunftsregionen kann daher nur über eine intensive Zusammenarbeit oder Kooperation mit forstlichen Institutionen in beiden Ländern erreicht werden.

Für beide Zedernarten gibt es jedoch im gesamten mitteleuropäischen Raum keine Versuche oder forstliche Anbauten, aus denen die Anbaueignung für die lokalen Standortverhältnisse abgeleitet bzw. eingeschätzt werden können. Geeignete Herkünfte beide Zedernarten sind durch Herkunftsversuche in Bayern zu überprüfen.

### Riesenlebensbaum (*Thuja plicata*)

Die Gattung *Thuja* umfasst sechs Arten, von denen drei in Asien und drei in Nordamerika beheimatet sind (Schütt et al. 1984). Nach Deutschland wurde *T. plicata* erstmals 1776 eingeführt und 1880 in das Anbauprogramm für ausländische Baumarten durch die forstlichen Versuchsanstalten aufgenommen (Heinsdorf 2002).

### Verbreitung und ökologische Eigenschaften

(Angaben vorwiegend aus Schenck 1939; Krüssmann 1983; Minore 1990; Wicker 2001; Grossnickle et al. 2010)

Das natürliche Verbreitungsgebiet von *T. plicata* reicht von Alaska bis Kalifornien und im Osten bis Idaho (Abbildung 5). Sie besiedelt die Küstengebirge entlang des Pazifiks, die Pudget-Senke und das Kaskadengebirge sowie im östlichen Vorkommensgebiet den nördlichen Teil der Rocky Mountains.

Im Küstenbereich besiedelt sie vor allem Lagen von 0 bis 1.400 m (max. 2.300 m bei Crater Lake, Oregon) mit einem Optimum auf der Olympischen Halbinsel (Nebelzone). Im Inlandsbereich besiedelt sie Höhenlagen von 300 bis ca. 2.100 m. Ihre Wuchsleistung geht mit Zunahme der Höhe und von West nach Ost zurück.

*T. plicata* deckt eine große Standortsamplitude ab, von schwach trocken bis feucht und nährstoffarm bis nährstoffreich. Sie besiedelt sowohl Böden aus vulkanischen Aschen und Bimsstein, alluvialen Substraten, grobkörnigen Granit-Verwitterungsböden als auch Lehm- und Lössböden sowie flachgründige Böden über Kalkgrundgestein. Bevorzugt werden frische bis feuchte und tiefgründige Böden mit pH-Werten zwischen 4,5 bis 6,5. Ungeeignet sind staunasse oder trockene und grob sandige Böden.

Der Riesenlebensbaum gilt allgemein als winterhart (Kälte-Widerstandszone 6,  $-17,8$  bis  $-23,2\text{ °C}$ ), reagiert jedoch aufgrund seines flachen Wurzelwerks empfindlich auf Dürre. Er ist durch Früh- und Spätfrost gefährdet.

Typisch für den Küstenbereich ist die Nebelzone, die im Sommer zusätzlich für Feuchtigkeit sorgt und als wichtiger Wachstumsfaktor dient. Trockene und warme Standorte werden durch *T. plicata* selten besiedelt.





■ Verbreitungsgebiet

Abbildung 5: Verbreitungsgebiet des Riesenlebensbaums (*Thuja plicata*) nach Little 1971 – USGS



Abbildung 6: 90- bis 100-jähriger Bestand des Riesenlebensbaums (*Thuja plicata*) im Versuchsgarten Grafrath in Bayern Foto: G. Huber

In den Rocky Mountains bevorzugt sie hauptsächlich Standorte an Bachufern, Flussterrassen oder an feuchtkühlen Nordhängen.

Ihr langsames Jugendwachstum macht sie in den ersten Jahren anfälliger bei Dürre und empfindlicher für Sonnenbrand. Die Abnahme der Frosttoleranz erfolgt bei Herkünften niedriger Höhenlage schneller als bei höher gelegenen Populationen.

*T. plicata* wird von verschiedenen Pilz- und Insektenarten befallen. Zu den wichtigsten Schädigungen gehört die »Zedern-Nadelbleiche« (*Didymascella Thujiina*), eine in ihrer Heimat und auch bereits in Europa verbreitete Pilzkrankung. Sie führt bei wiederholtem Befall zum Absterben ganzer Triebe und zu erheblichen Ausfällen bei Sämlingen. Auch der Befall durch Hallimasch (*Armillaria* sp.) kann zu ernsthaften Schäden führen.

Reinbestände bildet der Riesenlebensbaum selten aus. Charakteristisch für *T. plicata* ist das Vorkommen in kleinen und dichten Gruppen. Ihr Verbreitungsgebiet deckt sich sehr stark mit *Tsuga heterophylla*. Häufig ist sie z. B. mit Douglasie, Großer Küstentanne, oder in der Küstenregion mit Sitkafichte sowie im Inlandareal mit *Larix occidentalis* oder *Pinus monticola* vergesellschaftet.

Gewöhnlich wird sie von der Douglasie, der Großen Küstentanne und der Westlichen Hemlocktanne überwachsen. Die äußerst schattenertragende Baumart harrt aber oftmals Jahrzehnte unter dem Schirm aus. Wird sie freigestellt, wächst sie schnell in die Höhe, vergleichbar mit unserer Weißtanne. Das Triebwachstum wird nicht zu einem bestimmten Zeitpunkt eingestellt, wie bei vielen unserer Nadelbäume, sondern wird von der Temperatur gesteuert.

#### Anbauerfahrungen und Herkunftsversuche

(Angaben vorwiegend aus Schenck 1939; MacDonald et al. 1957; Minore 1983; Heymann 1989; Wicker 2001; Lockow 2002; Kristöfel 2003; Russell 2010)

In Mitteleuropa werden die bisherigen Anbauten insgesamt positiv beurteilt. Besonders gut gedeiht *T. plicata* im atlantisch geprägten Europa, ohne aber die Wachstumsleistungen ihrer Heimat zu erreichen. Auf günstigen mitteleuropäischen Standorten kann sie im Alter 80 Höhen von über 30 m und Durchmesser von bis zu 60 cm erreichen. In einem bereits 1897 von Cieslar in der Nähe von Wien angelegten Versuch wurde z. B. im Alter von 105 Jahren eine Oberhöhe von über 30 m und ein Gesamtvorrat von über 1.000 Vfm (Vorratsfestmeter) ermittelt. Bei Versuchsanbauten in Niedersachsen (Rosengarten, Aurich) wurden im Alter von 71 Jahren Höhen zwischen 20 und 26 m gemessen, in Chorin und

Freienwalde (Brandenburg) im Alter von 100 Jahren Oberhöhen zwischen 30m und 38m. Die Volumenleistung ist in der Regel höher als die der Fichte.

In Großbritannien wurden ab 1876 erste Anbauten in Benmore begründet. Die beste Entwicklung zeigte sich auf tiefen, gut drainierten Böden, auf trockenen und vernässten Standorten waren die Ausfälle hoch. Optimal für ihren Wuchs waren auch hier mildes und feuchtes Klima. Wie bei vielen Anbauten ist auch hier über die verwendeten Herkünfte wenig bekannt. 1962/1963 folgte dann in Großbritannien ein erster Herkunftsversuch, bei dem deutliche Unterschiede in der Wuchsleistung erkennbar wurden. Gut wüchsige Herkünfte kamen von der Olympischen Halbinsel (Joyce, Sequim) in Washington und vom Inland von British Columbia (Shuswap Lake). Mittlere Wüchsigkeit zeigten Herkünfte von Vancouver Island (Ladysmith, Alberni) sowie Herkünfte der Westkaskaden in Washington. Schlechtwüchsige Herkünfte stammten aus den nördlichen Küstenregionen (Queen Charlotte Islands, Skeena River).

1976 wurde in Nordrhein-Westfalen ein Herkunftsversuch mit Herkünften aus British Columbia und Washington angelegt. Es zeigten sich erhebliche Austriebsunterschiede zwischen den Küsten- und Inlandsherkünften. Kanadische Inlandsherkünfte waren sehr frosthart, während solche aus der kanadischen Küstenregion und den Nordkaskaden geschädigt wurden. Eine gute Höhenentwicklung erreichten insbesondere die Herkünfte Tenino (Olympische Halbinsel), Randle (Westkaskaden in Washington) und die kanadischen Inlandsherkünfte aus British Columbia bei Shuswap Lake (Blind Bay, Eagle Bay). Schlechte Ergebnisse erzielten die Herkünfte Terrace und Cedarvale aus dem Küstengebirge von British Columbia. In British Columbia (Kanada) wurden in den Jahren 1991 bis 1998 insgesamt 23 Versuchsflächen mit neun bis 26 Populationen angelegt. Ziel war es Klimatransfer und -antwortfunktionen für *Thuja plicata* zu erstellen. Dabei wurden die Herkünfte in regionale Gruppen zusammengefasst. Ein Transfer von Herkünften aus British Columbia nach Süden in Regionen mit längeren Wuchsperioden, milderem Winter und wärmerem Herbst und Frühjahr führt zu einer Produktivitätssteigerung. Dabei hatten warm-feuchte Bedingungen während der Vegetationszeit die größten Auswirkungen auf die Wüchsigkeit.



Abbildung 7: Zweig von *Thuja plicata* Foto: G. Huber

### Herkunftsunterschiede

(Angaben vorwiegend aus Minore 1990; Wicker 2001; Krakowski et al. 2009; Grossnickle et al. 2010; Russell et al. 2012)

*T. plicata* gehört zu den Nadelbaumarten mit der geringsten genetischen Variabilität im Vergleich zu anderen nordamerikanischen Nadelbäumen. Es bestehen aber Resistenzunterschiede bei kurzzeitiger Trockenheit. Inlandsherkünfte zeigen eine größere Trockenheitstoleranz und eine größere Wassernutzungseffizienz als Küstenpopulationen. Die Küstenherkünfte erwiesen sich generell als weniger frosthart als die Inlandsherkünfte. Küstenpopulationen oberhalb von 500m sind insgesamt stärker von der Zedern-Nadelbleiche betroffen als Herkünfte aus tiefen Lagen. Als wenig resistent erwiesen sich vor allem Herkünfte aus dem südlichen Verbreitungsgebiet in Kalifornien. Die Untersuchungen zeigten zudem, dass die Frostresistenz und die Resistenz gegen die Zedern-Nadelbleiche in gleicher Weise vererbt werden, d.h. Bäume mit geringer Frosthärte haben auch eine geringe Resistenz gegen Zedern-Nadelbleiche.



Abbildung 8: Naturverjüngung von *Thuja plicata* unter Schirm Foto: G. Huber

### Anbaueignung

Die bisherigen Anbauerfahrungen bekräftigen die Anbauwürdigkeit von *T. plicata*. Insbesondere unter Bedingungen mit ozeanischem bzw. atlantischem Klimacharakter erreicht sie gute Wachstumsleistungen. Sie benötigt zum guten Gedeihen aber mindestens 900 mm Niederschlag. Längere Sommerdürre wird nur dann ertragen, wenn ausreichende Bodenfeuchtigkeit vorhanden ist. Sie gilt zwar in Mitteleuropa als winterhart, ist jedoch früh- und spätfrostempfindlich, wodurch besonders gefährdete Gebiete für den Anbau ausscheiden. Als schattentolerante Baumart ist sie waldbaulich vielseitig einsetzbar, z. B. für einen Voranbau unter Schirm. Im Nadelholzbereich könnte sie eine Alternative zum Fichten- oder Douglasienanbau sowie als Mischbaumart für Buche, Eiche oder Roteiche darstellen.

Gut geeignet erscheinen Herkünfte von der Olympischen Halbinsel und den tieferen Lagen der Westkaskaden Washingtons. Zum Teil überschneiden sich diese Gebiete mit den bevorzugten Importgebieten für Douglasiensaatgut. Aber auch Inlandsherkünfte aus British Columbia zeigen eine gute Wüchsigkeit. Herkünfte aus dem nördlichen und südlichen Verbreitungsgebiet scheinen insgesamt weniger geeignet zu sein.

Im Gegensatz zur Douglasie treten bei *T. plicata* jedoch einige Schadorganismen auf (z. B. Nadelbleiche) weshalb die höhere Resistenz bei der Herkunftsauswahl berücksichtigt werden muss. Für den Anbau in Süddeutschland liegen noch keine Erfahrungswerte vor. Daher werden hier Herkunftsversuche mit dem Riesenlebensbaum als notwendig erachtet.

### Literatur

Wegen der umfangreichen Literatur können nur die wichtigsten Titel zitiert werden.

Akkemic, Ü. (2003): Tree rings of *Cedrus libani* at the northern boundary of its natural distribution. In: IAWA Journal, Vol. 24 (1), S. 63–73

Ayasligil, Y. (1997): *Cedrus libani*. In: Enzyklopädie der Holzgewächse. Handbuch und Atlas der Dendrologie. 10. Erg. Lfg. Landsberg am Lech: Ecomed. Band III-1

Bariteau, M.; Vauthier, D. (2011): Main results from the French cedar comparative field test network. In: Status of the Experimental Network of Mediterranean Forest Genetic Resources. CRA SEL, Arezzo and FAO – *Silva Mediterranea*. Rome, Italy, S. 61–64

Boydak, M.; Çalikoglu, M. (2008): Biology and silviculture of lebanon cedar (*Cedrus libani* A. Rich.). 1. Aufl. Ankara: Ogem-Vak

Carvalho, J.; Loureiro, A.; Bariteau, M. (2011): Provenances trial of *Cedrus atlantica* Manetti in north-eastern Portugal. In: Status of the Experimental Network of Mediterranean Forest Genetic Resources. CRA SEL, Arezzo and FAO – *Silva Mediterranea*. Rome, Italy, S. 65–67

Fady, B.; Lefèvre, F.; Vendramin G.; Ambert, A.; Régnier, C.; Bariteau, M. (2008): Genetic consequences of past climate and human impact on eastern Mediterranean *Cedrus libani* forests. Implications for their conservation. In: *Conserv Genet.* 9, S. 85–95

FAO (2013): State of Mediterranean Forests 2013. URL: <http://www.fao.org/mwg-internal/de5fs23hu73ds/progress?id=oaR1ww+7qp> [Stand: 28.02.2014]

Fusaro, E. (2011): *Cedrus atlantica* and *Cedrus libani* provenances tests. Synthesis of the research carried out in Italy. In: Status of the Experimental Network of Mediterranean Forest Genetic Resources. CRA SEL, Arezzo and FAO – *Silva Mediterranea*. Rome, Italy, S. 68–74

Grossnickle, S.C.; Russell, J.H. (2010): Physiological variation among western redcedar (*Thuja plicata* Donn ex D. Don) populations in response to short-term drought. *Ann. For. Sci.* 67, 506, S. 1–11

Gökdemir, S.; Dagas, S. (2011): Lebanon Cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) provenance trials in central region of turkey. In: Status of the Experimental Network of Mediterranean Forest Genetic Resources. CRA SEL, Arezzo and FAO – *Silva Mediterranea*. Rome, Italy, S. 75–80

Hajar, L.; Francois, L.; Khater, C.; Jomaa, I.; Déqué, M.; Cheddadi, R. (2010): *Cedrus libani* (A. Rich) distribution in Lebanon: Past, present and future. Elsevier Masson SAS. *Comptes Rendus Biologies* 333, S. 622–630



- Heinsdorf, D. (2002): Zum Einfluss einiger wichtiger ausländischer Baumarten auf den Bodenzustand, dargestellt an ausgewählten Anbauversuchen in der Lehoferforsterei Freienwalde. In: *Ausländische Baumarten in Brandenburgs Wäldern*. Landesforstanstalt Eberswalde. Berlin: Hendrik Bäbeler Verlag, S. 137–160
- Heymann, P. (1989): Erste Ergebnisse eines Herkunftsversuchs mit *Thuja plicata* in Westdeutschland. In: *Anbau fremdländischer Baumarten im Lichte der gegenwärtigen Waldschäden*. Schriftenreihe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Angewandte Wissenschaft. Heft 370. Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, S. 195–209
- Kölling C.; Zimmermann, L. (2007): Die Anfälligkeit der Wälder Deutschlands gegenüber dem Klimawandel; Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 67 (2007) Nr. 6
- König, A.O. (2012): *Cedrus atlantica*. In: *Enzyklopädie der Holzgewächse. Handbuch und Atlas der Dendrologie*. 60. Erg. Lfg. Weinheim: Wiley-VCH. Band III-1
- Krakowski, J.; Chourmouzis, C.; Yanchuk, A.D.; Kolotelo, D.; Hamann, A.; Aitken, S.N. (2009): Forest tree genetic conservation status report 2: genetic conservation status of operational tree species. Centre for Forest Conservation Genetics, Forest Genetics Council of British Columbia and B. C. Min. For. Range. For. Sci. Prog. Victoria, B. C. Tech. Rep. 054. URL: <http://www.for.gov.bc.ca/hfd/pubs/Docs/Tr/Tr054.htm> [Stand 10.01.2014]
- Kristöfel, F. (2003): Über Anbauversuche mit fremdländischen Baumarten in Österreich. BFW-Berichte. Schriftenreihe des Bundesamtes und Forschungszentrums für Wald. Wien. Nr. 131
- Krüssmann, G. (1983): *Handbuch der Nadelgehölze*. 2. Aufl. Hamburg, Berlin : Paul Parey, S. 605–607
- Lockow, K.-W. (2002): Ergebnisse der Anbauversuche mit amerikanischen und japanischen Baumarten. In: *Ausländische Baumarten in Brandenburgs Wäldern*. Landesforstanstalt Eberswalde. Berlin: hendrik Bäbeler Verlag, S. 41–101
- MacDonald, J.; Wood, R.F.; Edwards, M.V.; Aldhous, J.R. (1957): *Exotic Forest Trees in Great Britain*. Paper prepared for the British Commonwealth Forestry Conference Australia and New Zealand 1957. London: Her Majesty's stationery office. Forestry commission bulletin no. 30
- Magro, D. (2012): Quaternary history of *Cedrus* in southern Europe. In: *Annali di botanica*, Rom, 2, S. 57–66
- Mayer, H. (1984): *Wälder Europas*. Stuttgart ; New York: Fischer
- M'Hirit, O., Samih; A. Malagnoux, M. (1994): *Le Cedre de l'Atlas*; Annales de la Recherche Forestiere au Maroc
- Minore, D. (1983): *Western Redcedars – A literature review*. Portland, Oregon: USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. PNW-150. 70 S.
- Minore, D. (1990): *Thuja plicata* Donn ex D. Don. Western Redcedar. In: *Silvics of North America*. Volume 1. Conifers. Washington D. C.: USDA Forest Service, 22 S.
- Nedjahi, A.; Zannidouche, O. (2011): Variabilite intraspecificque du cedre de l'atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) en Algerie. In: *Status of the Experimental Network of Mediterranean Forest Genetic Resources*. CRA SEL, Arezzo and FAO – *Silva Mediterranea*. Rome, Italy, S. 81–84
- Russell, J.H.; Krakowski, J. (2010): Yellow-cedar and Western redcedar adaption to present and future climates. In: *A Tale of Two Cedars*. International Symposium on Western Redcedar and Yellow-Cedar. General Technical Report. PNW-GTR-828. Portland: U.S. Department of Agriculture, S. 65–70
- Russell, J.H.; Yanchuk, A.D. (2012): Breeding for Growth Improvement and Resistance to Multiple Pests in *Thuja plicata*. In: *General technical report PSW-GTR 240*, S. 40–44
- Sbay, H. (2011): *Amelioration du Cedre au Maroc*. In: *Status of the Experimental Network of Mediterranean Forest Genetic Resources*. CRA SEL, Arezzo and FAO – *Silva Mediterranea*. Rome, Italy, S. 85–87
- Schenck, C.A. (1939): *Fremdländische Wald- und Parkbäume*. Die Nadelhölzer. Berlin: Paul Parey. Bd. 2, S. 103–107
- Schütt, P.; Lang, K.J.; Schuck, H.J. (1984): *Nadelhölzer in Mitteleuropa*. Bestimmung, Beschreibung, Anbaukriterien. Stuttgart, New York: Gustav Fischer
- Wicker, E.F. (2001): *Thuja plicata*. In: *Enzyklopädie der Holzgewächse*. Handbuch und Atlas der Dendrologie. Landsberg am Lech: ecomed. 25. Erg. Lfg. 9/01. Band III-1

**Keywords:** *Cedrus libani*, *Cedrus atlantica*, *Thuja plicata*, origin, climate change, suitability, provenance, trial

**Summary:** Various tree species not cultivated in Bavaria up to now are discussed in the context of climate change as a possible substitute. We can derive knowledge on provenance depended growth differences and habitat requirement from experiences in forests, provenance trials and scientific experiments. So far this shows that for Central European conditions there is few available knowledge, which allows risk assessment or provenance recommendations. The in the study examined tree species (*Cedrus libani*, *Cedrus atlantica*, *Thuja plicata*) show some large provenance differences in growth performance, drought tolerance and in sprouting and growth termination. From this, hazards such as late frost or drought can be derived. For all these tree species and regions of origin, however, there is no significant evidence about their current and future suitability for cultivation in Bavaria. In addition, the import of seed for some of these species from the countries of origin has until now not been or only to some extent been possible.



---

# Neuer Züchtungsansatz zur Anlage leistungsfähiger Saatguterntebestände von Roteiche

Randolf Schirmer

**Schlüsselwörter:** Roteiche, Züchtung, Nachkommenschaftsprüfung, Saatguterntebestand

---

**Zusammenfassung:** Die gestiegene Nachfrage nach Holz stellt die Forstwirtschaft vor die Herausforderung, alle Möglichkeiten der Ertragssteigerung auszuschöpfen. Züchtung bietet in diesem Zusammenhang die Chance, bis zu 20% höhere Wertleistungen durch konsequente Auswahl überdurchschnittlicher Elternbäume sowie Prüfung und Selektion der besten Nachkommenschaften zu erzielen. Das ASP setzt diesen Züchtungsansatz derzeit bei Roteiche um, da diese Baumart neben hohen Wuchsleistungen auch im Klimawandel eine wichtige Ergänzung der heimischen Baumartenpalette darstellt.

---

Nachkommenschaftsprüfungen (NKP) sind Versuchsanbauten einer Baumart mit dem Ziel, Vermehrungsgut mit verbesserten Qualitätseigenschaften und höheren Wuchsleistungen bereitstellen zu können. Vor dem Hintergrund steigender Nachfrage nach Holz sind Nachkommenschaftsprüfungen eine an Bedeutung zunehmende Chance, die Ertragsleistung von Wäldern zu erhöhen. In NKP werden die Nachkommen von nach dem Forstvermehrungsgutgesetz (FoVG) zugelassenen Erntebeständen und Samenplantagen verglichen, um zu sehen, inwieweit überdurchschnittlich gute phänotypische Eigenschaften genetisch bedingt sind und somit an die nächste Generation weitervererbt werden. Als Ergebnis einer Nachkommenschaftsprüfung können Erntebestände in der FoVG-Kategorie »geprüft« zugelassen werden, wenn ihre Nachkommen einen nachgewiesen erblich bedingten, verbesserten Anbauwert besitzen. Durch die Verwendung von Saatgut der Kategorie »geprüft« kann eine um 10–15% höhere Wertleistung im Vergleich zu Saatgut der Kategorie »ausgewählt« erzielt werden.

Zusätzlich zu der Zulassung von Beständen in der Kategorie »geprüft« können nach Abschluss der Versuchsauswertungen die weniger leistungsfähigen Nachkommenschaften aus dem Prüfanbau entfernt werden. Ab dem Erreichen des Mindestalters kann die Fläche dann

als Erntebestand zugelassen und regulär forstlich bewirtschaftet werden.

Nachfolgend wird eine neue Variante der Nachkommenschaftsprüfung am Beispiel der Roteiche beschrieben, mit der in kürzeren Zeiträumen eine Steigerung der Wertleistung erzielt werden kann.

## Bedeutung der Roteiche

Die Roteiche zeigt im Vergleich zu heimischen Eichenarten eine um 20–50% höhere Wuchsleistung im Alter bis 100 Jahre (Nagel 2011; Mayer 1984). Vor dem Hintergrund der Energiewende und der damit verbundenen steigenden Nachfrage nach Rohholz wird diese Baumart daher an Bedeutung gewinnen. Bundesweit steigt der Anteil des geernteten Roteichensaatguts am Gesamternteaufkommen aller drei Eichenarten seit Jahren kontinuierlich an und liegt derzeit bei knapp 20%.

Roteiche bietet die Möglichkeit, in einer der Fichte vergleichbaren Umtriebszeit von 80–100 Jahren qualitativ hochwertiges Holz zu produzieren. Die deutlich geringere Neigung zur Wasserreiserbildung als bei Stieleiche bietet die Voraussetzung zur Furnierholzproduktion.

Roteichen wachsen am besten in warmen Lagen mit hohen Niederschlägen. Ihre Sturmfestigkeit ist ausgeprägt. Sie weisen eine sehr breite standörtliche Amplitude auf und kommen mit steigenden Temperaturen gut zurecht, sofern die Niederschläge nicht sinken (Klemmt 2013). Die Roteiche gewinnt daher unter den Bedingungen des Klimawandels als zusätzliche Mischbaumart an Bedeutung.

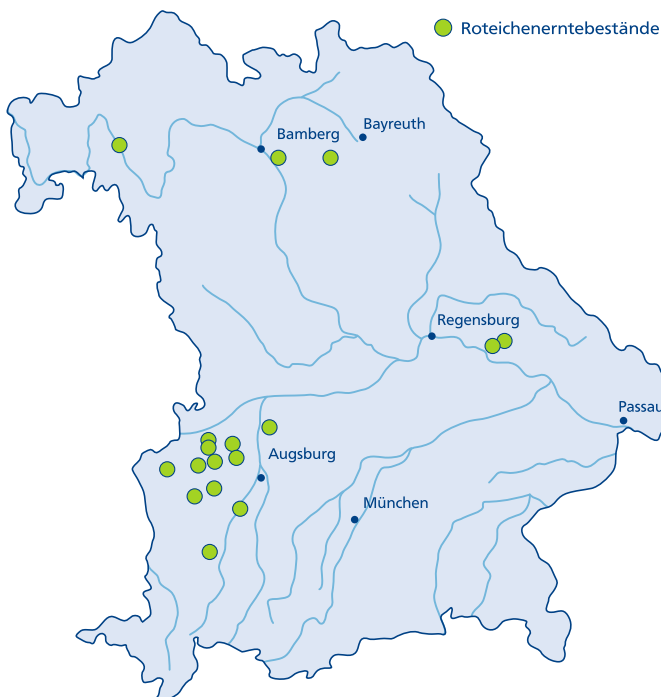
## Zustand der Zulassungsbestände

Die Roteichenbestände in Bayern sind unbekannter Herkunft und qualitativ überwiegend unbefriedigend. Auch die zugelassenen Erntebestände dieser Baumart sind meist nur von mittlerer Qualität. Es sind vorrangig Kleinbestände von unter einem Hektar im Alter 60–100 Jahre, die oft horstweise in andere führende Baumarten eingemischt sind. Eine wirtschaftliche Beerntung ist in diesen Beständen schwierig. Es ist daher notwendig, die Versorgungsmöglichkeiten mit höherwertigem Saatgut durch Züchtung zu verbessern.

Das ASP hat als ersten Schritt die Anzahl der zugelassenen Erntebestände für Roteiche im Zuge der Revision in den letzten Jahren etwa um ein Drittel auf aktuell 18 Bestände mit einer Baumartenfläche von 17,7 ha reduziert. Alle Bestände, die die nach dem Forstvermehrungsgutgesetz vorgeschriebenen Mindestkriterien nicht mehr erfüllt haben, wurden aus der Zulassung genommen. Zwei Drittel der verbliebenen Bestände liegen im Staatswald, schwerpunktmäßig in Schwaben (Abbildung 1).

Als zweiter Schritt ist die gezielte Anlage von Saatgutbeständen aus Nachkommen überdurchschnittlich guter Einzelbäume bzw. der Aufbau von Samenplantagen geplant.

Abbildung 1: Lage der zugelassenen Erntebestände von Roteiche in Bayern



## Beerntungssituation

Der Großteil des regelmäßig in Bayern geernteten Roteichensaatguts stammt aus einem Bestand im Großprivatwald. Er ist nur von mittlerer Qualität. Die Mehrzahl der anderen Zulassungsbestände wurden bislang noch nie beerntet.

Im Zeitraum 2003–2009 erfolgte die Saatgutgewinnung ausschließlich in sechs Beständen. Von den 2.817 kg gewonnenen Roteicheln kamen 1.700 kg aus dem genannten Großprivatwaldbestand.

## Vorgehensweise bei der Nachkommenschaftsprüfung

Innerhalb der Roteichenbestände treten bei gleichen Standortbedingungen teilweise deutliche Qualitätsunterschiede zwischen Einzelbäumen auf. Sie lassen auf eine hohe genetische Variation innerhalb des Bestands schließen. In einigen Regionen gibt es Roteichenvorkommen mit qualitativ herausragenden Einzelbäumen, die sich sehr gut für die Auswahl als Plusbaum in einem Zuchtprogramm eignen (Abbildung 2). Die Plusbaumauswahl ermöglicht die Ausnutzung der Variabilität innerhalb von Beständen.

Zwischen den Beständen sind keine ausgeprägten Qualitätsunterschiede erkennbar. Daher ist eine Nachkommenschaftsprüfung von Beständen keine Option. Außerdem ist eine Prüfung der Nachkommen von Beständen mit vielen Individuen unzureichender Qualität nicht zielführend.

Um in einem überschaubaren Zeitraum zu verwertbaren Ergebnissen für die Praxis zu kommen, wird daher abweichend von der bisherigen Vorgehensweise eine Nachkommenschaftsprüfung ausschließlich von hochwertigen Einzelbäumen (Plusbäumen) durchgeführt. Bei Roteiche erscheint diese Vorgehensweise effizienter als die Prüfung von Beständen mit wahrscheinlich geringer genetischer Differenzierung. Zudem liegt der züchtungsbedingte Fortschritt bei Plusbaumprüfungen mit einer Steigerung der Wertleistung von ca. 20% über der von Bestandsprüfungen (Liesebach 2013). Weiterer Vorteil der Plusbaumprüfung ist, dass das Saatgut einem Mutterbaum zugeordnet werden kann und die zu prüfenden Nachkommen zumindest Halbgeschwister sind. Die Prüfung von Bestandsnachkommenschaften lässt dagegen wegen der nicht nachvollziehbaren Bestäubungsverhältnisse keine systematische Selektion zu.



Abbildung 2: Roteichenplusbaum im Landstroser Wald bei Offingen Foto: ASP

Der Züchtungsansatz zielt letztendlich darauf ab, die Nachkommenschaften genetisch überdurchschnittlich gut veranlagter Plusbäume in hochwertige Erntebestände bzw. in Roteichensämlingsplantagen zu überführen. Solche Plantagen gibt es in Deutschland bislang nicht.

Das ASP wählt derzeit geeignete Plusbäume in Bayern aus. Das Plusbaumkollektiv wird zusätzlich durch Bäume aus Baden-Württemberg, Thüringen und Rheinland-Pfalz ergänzt. Als Vergleichsmaßstab werden die Standardbestände nach FoVG in Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen im Versuch beteiligt.

### Vorauswahl potenzieller Plusbäume

Die Vorauswahl qualitativ hochwertiger Plusbaumwärter erfolgt in zugelassenen Erntebeständen bzw. in überdurchschnittlich guten Einzelbaumvorkommen des Herkunftsgebiets 81602. Um die Mutterbäume langfristig pflegen und erhalten zu können, werden diese Bäume vorrangig im öffentlichen Wald ausgewählt. Die Bäume werden mit GPS eingemessen und zunächst mit Markierungsband gekennzeichnet.

Die Plusbaumkandidaten werden nach Stammform und Beastung drei Qualitätsstufen (1 = hervorragend, 2 = sehr gut, 3 = gut) zugeordnet.

Die ausgewählten Bäume müssen mindestens 50 Jahre alt sein und überdurchschnittlichen Volumenzuwachs sowie besonders gute Qualitätseigenschaften aufweisen (z. B. Plusbaum in Abbildung 2). Geradschaftigkeit und Wipfelschäftigkeit sind Grundvoraussetzungen für die Aufnahme eines Baums in die Plusbaumdatei. Entscheidend für die Festlegung als Plusbaumkandidat sind Astigkeit und Verzweigungsform, da Steiläste und Hochzwiesel in den Beständen häufig vorkommen (Abbildung 3).

Steilast-, Zwieselbildung, Drehwüchsigkeit und Neigung zur Wasserreiserbildung schließen die Eignung als Plusbaum ebenso aus wie unruhige, rauhe Stammoberflächen. Da Roteichen sehr stark phototropisch reagieren, können Stammkrümmungen, die auf einseitige Belichtungsverhältnisse zurückzuführen sind, eine Eignung im Einzelfall nicht ausschließen. Um ausreichend Saatgut von einem Baum gewinnen zu können, sollten die Bäume möglichst große Kronen aufweisen.

Nach Abschluss der Vorauswahl werden die tatsächlich zur Beerntung vorgesehenen Plusbäume nach Qualität, räumlichem Abstand zu benachbarten, nicht als Plusbaum geeigneten Roteichen und bestandsbezogener bzw. regionaler Verteilung festgelegt. Vorrangig beerntet werden Bäume der Qualitätsstufe 1, die nicht in unmittelbarer Nähe zu anderen Roteichen stehen. Um eine Vermischung des Saatguts mit Nachbarbäumen nach Möglichkeit zu vermeiden, wurden durch die Forstbetriebe unmittelbar benachbarte Roteichen auf Bitte des ASP im Zuge der Bestandspflege bereits teilweise entnommen.

Zur Sicherstellung einer breiten genetischen Basis sollen die Erntebäume aus verschiedenen Beständen stammen. Statt vieler Bäume in wenigen Beständen sind wenige Bäume in möglichst zahlreichen, räumlich voneinander getrennten Vorkommen zu beernten. Werden mehrere Plusbäume in einem Bestand ausgewählt, sind zwischen ihnen mindestens zwei Baum-längen Abstand einzuhalten. Nur in überdurchschnittlich hochwertigen, homogenen Beständen bzw. Einzelvorkommen kann der Abstand der Plusbäume verringert werden.

Der Schwerpunkt bayerischer Roteichen-Plusbaumvorkommen liegt in Schwaben (Abbildung 4).





Abbildung 3: Roteiche mit Steilstamm und Hochzwiesel (links), raue Stammoberfläche (rechts) Fotos: ASP

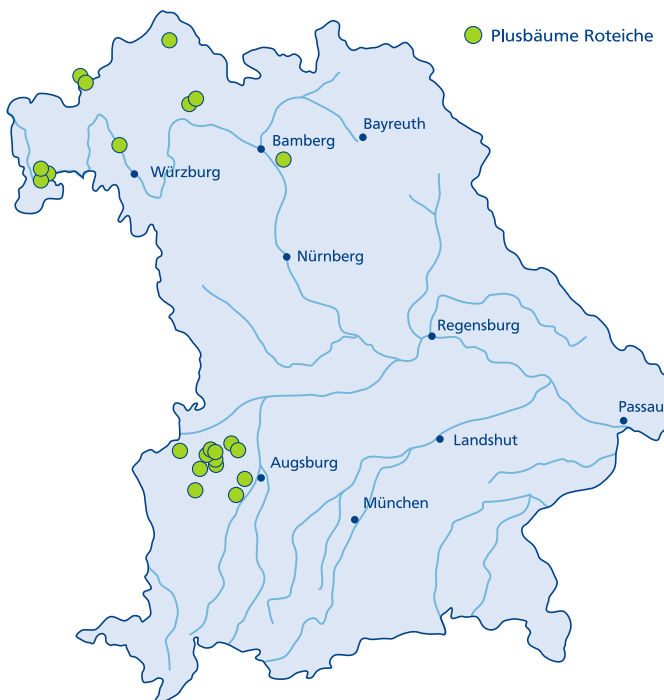


Abbildung 4: Schwerpunkte der bayerischen Plusbaumvorkommen in Schwaben und Unterfranken

### Berntung der Plusbäume

Die Plusbaumvorauswahl ist abgeschlossen. Im Herbst 2014 erfolgt die Berntung der Plusbäume, sofern die Mast ausreicht. Die zu berntenden Bäume werden dauerhaft mit einem gelben Doppelring sowie einer Nummer markiert und kartenmäßig erfasst. Die Daten werden einzelbaumweise in der Plusbaumdatei gespeichert.

Für die Versuchsanlage werden 750 Pflanzen pro Erntebaum benötigt. Bei einer Pflanzenausbeute von 120 Pflanzen/kg Saatgut (Krüssmann 1997) werden von jedem Plusbaum etwa sechs bis sieben Kilogramm Eicheln benötigt. Dieser Ansatz deckt sich mit den praktischen Erfahrungen der ASP-Saatgutprüfstelle: Das 1.000-Korn-Gewicht der Roteiche beträgt ca. 5,0 (3,2–7,4) kg. In einem Kilogramm Saatgut sind somit etwa 200 (113–310) Eicheln für ungefähr 100 einjährige Sämlinge.

Bei nicht ausreichender Mast bzw. Ernteaussfällen durch Wildschweinfraß ist eine zusätzliche Berntung im Herbst 2015 geplant.



Als Ernteverfahren ist die Handsammlung ab der 3. Oktoberwoche vorgesehen. Netze werden aus Kostengründen nicht ausgelegt. Bei der Handsammlung ist auf die Zuordnung des Ernteguts zum Plusbaum zu achten.

Genetische Untersuchungen in einer Pilotstudie an Buche (Hasenkamp et al. 2011) zeigten, dass Saatgut im stammnahen Bereich unter einem Baum nur mit einer Wahrscheinlichkeit von 63% diesem Mutterbaum zugeordnet werden kann. Ähnliche Werte sind für Eiche anzunehmen. Ein Züchtungsfortschritt mittels Nachkommenschaftsprüfung ist jedoch nur erzielbar, wenn zumindest der mütterliche Anteil im Saatgut zweifelsfrei von dem beernteten Plusbaum stammt. Die genetische Analyse der Nachkommenschaften eines Baums zur sicheren Zuordnung von Saatgut zu einem Mutterbaum ist mit unverhältnismäßig hohen Kosten verbunden (750 Pflanzen × 20 €/Pflanze = 15.000 €/Baum) und scheidet daher aus. Um das Risiko der Vermischung von Saatgut des Plusbaums mit dem von Nachbarbäumen zu verringern, wurden daher folgende Maßnahmen getroffen:

- Plusbäume wurden vorrangig in locker bestockten Bestandsbereichen bzw. in Bereichen mit Mischbaumarten ausgewählt, um einen ausreichenden Abstand zu benachbarten Roteichen zu gewährleisten.
- Im Rahmen der Durchforstung wurden im Winter 2013/14 Erntebäume in vielen Beständen in einem Radius von acht bis zehn Metern von benachbarten Roteichen freigestellt. Bei der Ernte wird der Abstand zur nächsten Roteiche erhoben. Plusbäume mit zu nahe stehenden Nachbarroteichen werden ggf. nicht in das Zuchtprogramm aufgenommen. Nur in Beständen mit einer überdurchschnittlich hohen Anzahl potenzieller Plusbäume wurde wegen der generell guten Veranlagung von einer Entnahme benachbarter Roteichen abgesehen.
- Bei sehr großkronigen Altbäumen mit hohem Saatgutaufkommen wird das Saatgut ausschließlich in Stammnähe eingesammelt. Die Sammlung beginnt direkt am Stammfuß und wird dann spiralförmig mit zunehmendem Abstand zum Baum fortgesetzt bis die Mindestmenge an Saatgut erreicht ist.
- Grundsätzlich kommt die Ernte auch mittels Baumsteigern oder Baumrüttlern in Betracht. Wegen der hohen Kosten und des engen Zeitfensters für die Beerntung im Herbst wird aber von dieser Maßnahme nur im Ausnahmefall Gebrauch gemacht.

### Aussaat und Anzucht

Die Aussaat erfolgt getrennt nach Plusbäumen im ASP-Versuchsgarten Laufen. Bei der Aussaat wird auf weite Saatabstände geachtet, um die Nachkommenschaften im Rahmen von Frühtests bereits im Saatbeet bonitieren und ggf. eine Vorauswahl treffen zu können. Die Aussaat erfolgt im Sortiment 2 + 0 bzw. 2 + 1.

### Versuchsflächenanlage und Selektionsschritte

Um genetisch bedingte Entwicklungsunterschiede zwischen den Nachkommenschaften statistisch abgesichert beurteilen und Ausfälle kompensieren zu können, ist die Anlage von vier Versuchsflächen vorgesehen. In der Anlagephase werden 80–100 Nachkommenschaften ausgepflanzt. Die 1,0–1,5 ha großen Versuchsflächen werden schwerpunktmäßig in Forstbetrieben angelegt, die Plusbäume zur Verfügung gestellt haben. Voraussetzung ist neben einem geeigneten Standort der Abstand von mindestens 500 m zu regulären Roteichenvorkommen.

Das Versuchsdesign wird so angelegt, dass die Versuchsflächen langfristig zu samenplantagenartig bewirtschafteten Erntebeständen mit 40 bis 50 der besten Genotypen fortentwickelt werden können. Aus diesem Grund wird mit kleinen Parzellen (4 × 6 Pflanzen) und sechs statt der im forstlichen Versuchswesen üblichen drei Wiederholungen gearbeitet. Im Alter von 100 Jahren werden von sechs Wiederholungen nur noch zwei Wiederholungen mit jeweils einem Baum auf der Fläche verbleiben. Kleine Parzellengrößen und ein enger Pflanzverband (10.000 Stück/ha) stellen sicher, dass nach vollständiger Entnahme schlechter Nachkommenschaften größere Bestandslücken vermieden werden. Die hohe Zahl an Wiederholungen gewährleistet in der künftigen Plantage einen intensiven Pollenaustausch zwischen den Nachkommen der verschiedenen Plusbäume.

Der Züchtungsfortschritt im Prüfprogramm wird durch die Auswahl überdurchschnittlicher Mutterbäume, Bewertung der Nachkommenschaften und regelmäßige Selektionsschritte erzielt.

Die Selektion beruht auf der Bewertung der Einzelbaumabsaaten nach Höhe, Durchmesser und Qualitätskriterien in der Baumschule und auf der Versuchsfläche. Nachkommenschaften, die sich in der Baumschule

durch eine unzureichende Entwicklung auszeichnen, werden bereits in dieser Phase aus dem Prüfprogramm entnommen (Vorselektion). Auf der Prüffläche erfolgen dann weitere Selektionsschritte im Alter von zehn und 20 Jahren durch vollständige Entnahme signifikant unter dem Flächendurchschnitt liegender Plusbaumnachkommenschaften (1. Selektionsschritt zwischen den Familien). Es müssen mindestens 50 Nachkommenschaften langfristig erhalten bleiben.

In den verbleibenden Nachkommenschaften werden ab dem Alter 10 in zehnjährigen Intervallen schlecht veranlagte Einzelindividuen im Rahmen einer qualitätsorientierten Durchforstung entnommen (2. Selektionsschritt innerhalb der Familien). Im Alter von 50 Jahren verbleibt noch ein Baum je Parzelle.

Im höheren Alter wird der Bestand nach waldbaulichen Kriterien stark durchforstet, um einen kräftigen Kronenausbau zu erreichen. Ziel ist ein Saatguterntebestand in Form einer Samenplantage mit Bäumen, die Solitärcharakter aufweisen.

Nach Auswertung der Versuchsergebnisse werden die Versuchsflächen ab dem Alter 30 als Samenplantage der Kategorie »geprüft« zugelassen.

### Ausblick

Die Nachkommenschaftsprüfung bei Roteiche wird in einem überschaubaren Zeitraum die Grundlage für die Gewinnung von höherwertigem als derzeit verfügbarem Saatgut schaffen. Durch Kombination einer wüchsigen Baumart mit an gesteigerter Wertleistung orientierter Selektion unternimmt das ASP einen Schritt, um in Zeiten steigender Holznachfrage optimiertes Vermehrungsgut für die Forstwirtschaft bereitzustellen.

### Literatur

Mayer, H. (1984): Waldbau auf soziologisch-ökologischer Grundlage, Fischer Verlag, 3. Auflage, 504 S.

Nagel, J. (2011): Anbauwürdigkeit und Behandlung der Roteiche; Folienunterlagen zur LÖWE-Schulung der Nordwestdeutschen Forstl. Versuchsanstalt vom 7.7.2011 in Ankum. <http://ebookbrowse.net/nagel-r-v-roteiche-loewe-2011-ankum-pdf-d534031694>

Klemmt, H.-J.; Neubert, M.; Falk, W. (2013): Das Wachstum der Roteiche im Vergleich zu den heimischen Eichenarten; LWF aktuell 97, S. 28–31

Krüssman, G. (1997): Die Baumschule, 6. Auflage; Berlin: Parey, 982 S.

Liesebach, M.; Degen, B.; Grotehusmann, H.; Janssen, A.; Konert, M.; Rau, H.M.; Schirmer, R.; Schneck, D.; Schneck, V.; Steiner, W.; Wolf, H. (2013): Strategie zur mittel- und langfristigen Versorgung mit hochwertigem forstlichem Vermehrungsgut durch Züchtung in Deutschland. Thünen Report 7, 68 S.

Hasenkamp, N.; Ziegenhagen, B.; Mengel, C.; Schulze, L.; Schmitt, H.-P.; Liepelt, S. (2011): Towards a DNA marker assisted seed source identification: a pilot study in European beech (*Fagus sylvatica* L.), *European Journal of Forest Research* 130, S. 513–519

**Keywords:** Red Oak (*Quercus rubra*), breeding, progeny evaluation, seed stands

---

**Summary:** The growing demand for wood challenges forestry to utilize all possibilities to increase yield. In this context, breeding offers the chance to achieve up to 20% more value-added solutions due to the consistent choice of above-average parent trees as well as the assessment and selection of their best progeny. Currently, the ASP implements this breeding approach with the red oak. Apart from its high growth performance, this tree species is also better equipped to deal with the effects of climate change. Thus it constitutes an important addition to the domestic tree species.

---

# Nachkommenschaftsprüfung deutscher und amerikanischer Douglasienherkünfte

Randolf Schirmer und Karolina Faust

**Schlüsselwörter:** Douglasie, *Pseudotsuga menziesii*, Nachkommenschaftsprüfung, Herkunftsunterschiede, geprüftes Vermehrungsgut

**Zusammenfassung:** Dargestellt werden die Ergebnisse einer Nachkommenschaftsprüfung für Douglasie im niederbayerischen Tertiärhügelland. Nach fünf Jahren Standzeit zeigt die Entwicklung der Douglasienherkünfte deutliche Unterschiede zwischen der grünen Küstendouglasie (var. *viridis*) und der grauen Inlandsdouglasie (var. *caesia*). Die grauen Douglasien weisen geringere Ausfälle in der Baumschulphase auf und sind sehr winterforsthart. Grüne Herkünfte überzeugen durch späten Austrieb und somit durch eine niedrigere Spätfrostgefährdung. Sie sind im Kulturstadium sehr raschwüchsig, zeigen eine deutliche Johannistriebbildung und sind weniger anfällig gegen Nadelpilzkrankungen.

tischen Eigenschaften der Nachkommen von phänotypisch hochwertigen Erntebeständen aus Deutschland und den USA geprüft. Diese Nachkommenschaftsprüfung ist Bestandteil eines deutschlandweiten Netzes von zwölf Versuchsfeldern mit dem Ziel, das Wachstum deutscher und amerikanischer Herkünfte zu vergleichen. Erntebestände mit einem genetisch bedingten verbesserten Anbauwert sollen zur Bereitstellung von Vermehrungsgut in der Kategorie »geprüft« nach Forstvermehrungsgutgesetz (FoVG) zugelassen werden. Gewünscht sind Saatguterntebestände mit hoher Resistenz besonders gegen Schüttepilzbefall, mit hohem Volumenzuwachs und genetisch fixierten, verbesserten Formeigenschaften.

## Standort und Versuchsanlage

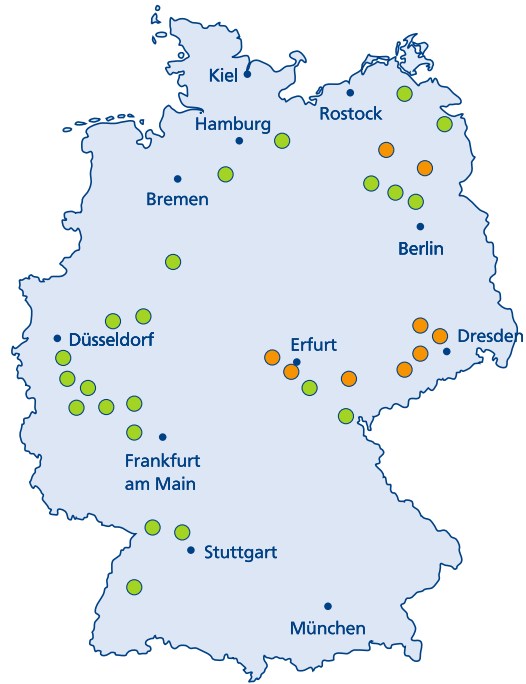
Das Saatgut stammt von 17 Erntebeständen aus dem Bundesgebiet und sieben amerikanischen Herkünften. Die Küstenherkünfte (var. *viridis*) sind in Abbildung 1 grün, die Inlandsherkünfte (var. *caesia*) orange gekennzeichnet.

Vor dem Hintergrund des Klimawandels nimmt die Bedeutung der Douglasie als Ersatzbaumart für die Fichte zu. Im Jahr 2008 begründete das Amt für forstliche Saat- und Pflanzenzucht (ASP) Teisendorf daher eine Douglasienversuchsfläche. Hier werden die gene-

Arbeitsnr. im Versuch	Bezeichnung Herkunft	Land	Varietät	Internationale_NR.	Koordinaten	Höhe in m ü. NN	Jahresniederschlag [mm]	Mittlere Jahrestemperatur [°C]
1056	Salmon Arm	USA	caesia	IUFRO-1018	50° 44' N, 119° 13' W	465	613	3,4
1057	Squilax	CA	caesia	IUFRO-1017	50° 50' N, 119° 34' W	570	508	6,5
1058	Monte Creek	CA	caesia	IUFRO-1019	50° 37' N, 119° 54' W	630	383	6,5
1059	Matlock 1059	USA	viridis	IUFRO-1076	47° 15' N, 123° 25' W	120	2.057	10,0
1060	Darrington	USA	viridis	IUFRO-1053	48° 16' N, 121° 38' W	150	1.831	5,4
1061	Humptulips	USA	viridis	IUFRO-1073	47° 19' N, 123° 54' W	135	3.223	9,1
1062	Matlock 1062	USA	viridis	IUFRO-1074	47° 19' N, 123° 26' W	495	2.721	7,4
1063	Nanaimo Lake	CA	viridis		49° 06' N, 124° 11' W	190–200	1.098	9,7

Tabelle 1: Klimadaten der nordamerikanischen Douglasienherkünfte

Abbildungen 1a und b: Ernteorte der im Versuch enthaltenen Douglasienherkünfte in den USA und Kanada (links) und in Deutschland (rechts)



Im Ursprungsgebiet der Douglasie kommen die Küstenherkünfte der Versuchsserie aus den küstennahen Gebieten der Olympischen Halbinsel (Humptulips, Matlock), Vancouver Islands (Nanaimo) und den Westkaskaden (Darrington) mit sehr hohen Winterniederschlägen. Die Inlandsherkünfte wurden in trockenkühlen Hochlagen der Kaskaden und der Rocky Mountains geerntet (Tabelle 1).

Die Versuchspflanzen wurden im Jahr 2006 im Freiland ausgesät und im Frühjahr 2007 vertopft. Bei Anlage der Versuchsfläche im Herbst 2008 kamen Containerpflanzen im Alter 1 + 2 zur Auspflanzung.

Durch die Technische Universität München (TUM) wurde im Universitätsforstbetrieb Unterlippach bei Landshut eine 1,6 ha große Versuchsfläche bereitgestellt. Vorbestand war eine Kahlfläche nach Windwurf mit Fichtennachhiebsresten sowie einem in Teilbereichen flächigen Stockausschlag von Spätblühender Traubenkirsche (*Prunus serotina*). Die Bodenart im Wuchsbezirk 12.9 »Niederbayerisches Tertiärhügelland« ist frischer, lehmiger Sand. Das Gelände liegt auf 400 m und fällt leicht nach Süden ab. Die mittlere Jahresdurchschnittstemperatur beträgt 8,5 °C. Es fallen im Mittel jährlich 824 l/m<sup>2</sup> Regen. Der Standort ist somit tendenziell wärmer und trockener als im amerikanischen Ursprungsgebiet der grünen Herkünfte.

Das Versuchsdesign ist ein 5×5-Dreisatzgitter mit vier Wiederholungen. Im Pflanzverband 2 m × 2 m wurden

je Parzelle 42 Pflanzen einer Herkunft eingebracht. Im Frühjahr 2010 musste wegen Schäden durch Rüsselkäfer und Frost nachgebessert werden. Die Fläche wird regelmäßig mit Freischneider durchgepflegt, um Brombeere und Stockausschläge der Traubenkirsche zurückzudrängen.

### Jugendentwicklung der Herkünfte

Küsten- und Inlandsherkünfte zeigten hinsichtlich der Höhenentwicklung bereits in der Baumschule trotz gleicher Anzuchtbedingungen deutliche Unterschiede. Die Inlandsherkünfte waren im Sortiment 1 + 2 mit 24 cm deutlich kleiner als die Küstenherkünfte, die etwa die doppelte Höhe erreichten (Abbildung 2).

Bei der Johannistriebbildung waren ebenfalls starke Abweichungen zwischen den Varietäten zu beobachten. Die Inlandsherkünfte zeigten im Juni noch keine Johannistriebe, während die Küstenherkünfte sowohl an Terminal- als auch an Seitentrieben deutliche Zuwächse aufwiesen. Abbildung 3 stellt den Zusammenhang zwischen Höhenentwicklung und Johannistriebentwicklung der verschiedenen Herkünfte dar. Die grau markierten Inlandsherkünfte sind klein und ohne Johannistrieb, die grün gekennzeichneten Küstenherkünfte sind deutlich größer und haben ausgeprägte Johannistriebe.



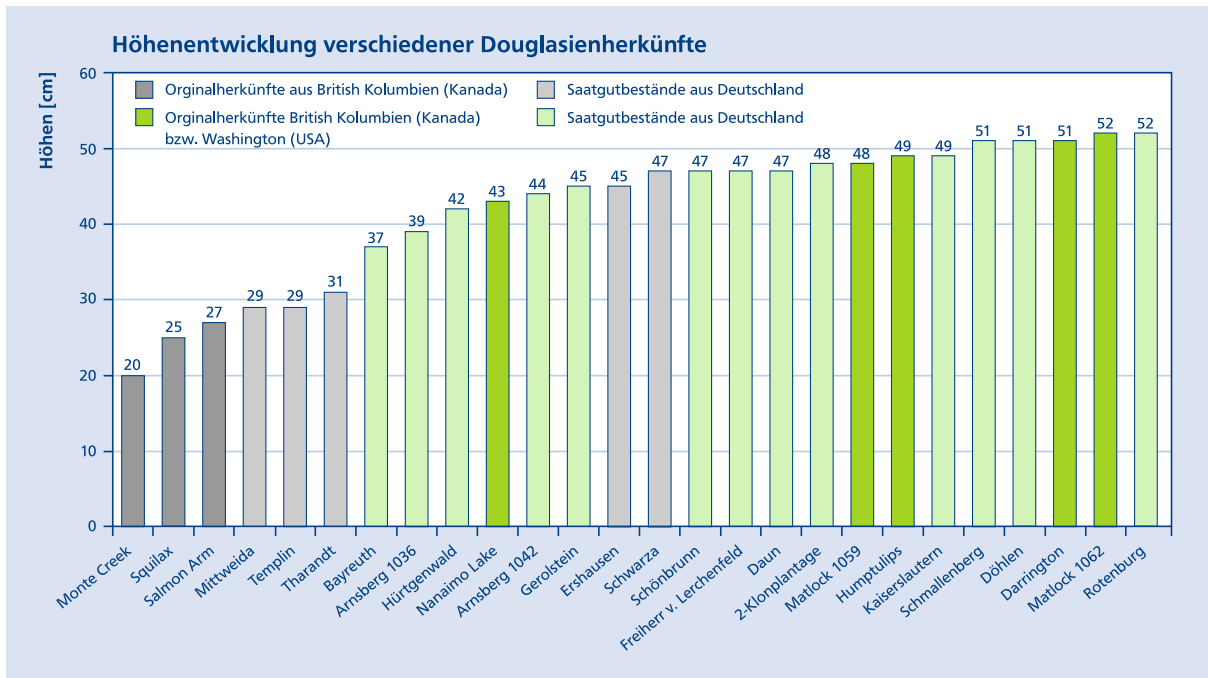


Abbildung 2: Höhenentwicklung verschiedener Douglasienherkünfte in der Baumschule im Alter drei Jahre vor der Auspflanzung (Inlandsherkünfte grau; Küstenherkünfte grün hinterlegt) Sortiment: 1 + 2 Containerpflanzen, Aufnahme Baumschule Laufen, Herbst 2008

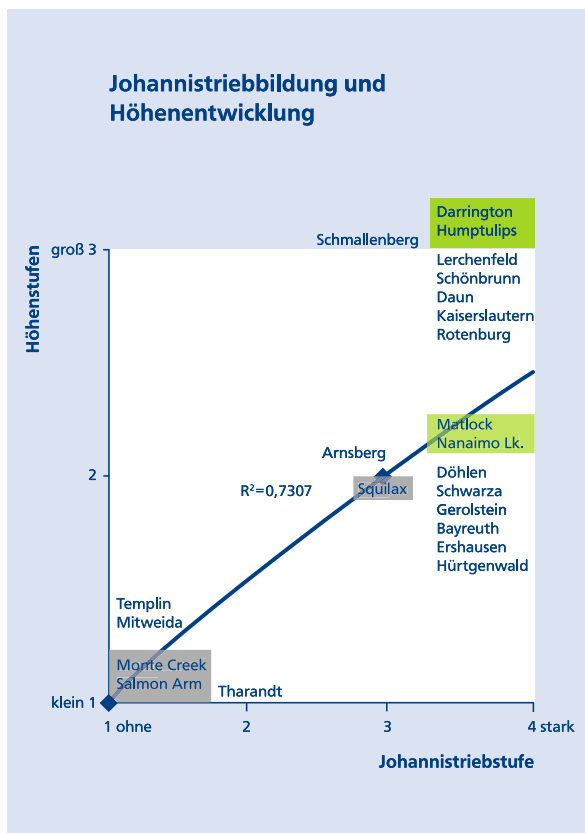


Abbildung 3: Zusammenhang zwischen Johannistriebbildung und Höhenentwicklung in der Baumschulphase 6/2007 (Küstenherkünfte grün, Inlandsherkünfte grau hinterlegt)

Die Austriebsbonitur im Versuchsbeet zeigte: Inlandsherkünfte treiben im Frühjahr deutlich schneller aus als die Küstenherkünfte. In Tabelle 2 ist der Austrieb im Zeitraum 24. April bis 16. Mai 2008 in fünf Boniturstufen dargestellt. Während am 24. April die Knospen der meisten Küstenherkünfte noch im Winterzustand waren, war der Austrieb bei der Inlandsherkunft Monte Creek schon weit fortgeschritten. Bereits fünf Tage später hatte sie den vollständigen Austrieb (Sommerzustand) erreicht.

Am 24. April 2008 waren bereits bei allen drei Herkünften der Inlandsdouglasie die Nadeln voll sichtbar, die Knospenschuppen vollständig abgefallen. Spätfrost hätten diese Herkünfte stark beeinträchtigt. Das Spätfrostereignis vom 5. Mai 2011 hat diese Herkünfte dann drei Jahre später auf der Freifläche der Versuchspflanzung massiv geschädigt (Abbildung 4).

Die Küstenherkünfte waren dagegen zum gleichen Zeitpunkt noch im Winterzustand. Der Spätfrost 2011 hat bei ihnen kaum Schäden hinterlassen. Dies ist auch in Abbildung 5 ersichtlich, wo das Ergebnis der Spätfrostbonitur für zwei Inlands- und fünf Küstenherkünfte aus dem Ursprungsgebiet der Douglasie dargestellt ist. Dabei wurden drei Schadstufen ausgewiesen. Die Höhe des Balkens zeigt den Mittelwert aller Individuen

einer Herkunft. Je höher der Balken ist, umso geringer waren die Schäden. Die mit Abstand geringsten Schäden zeigen die drei Herkünfte von der Olympischen Halbinsel, von denen man auch aus zahlreichen anderen Versuchen weiß, dass sie sehr spät austreiben. Die bayerischen Provenienzen bewegen sich in Bezug auf die Spätfrostschädigung im Mittelfeld und stehen den Küstenherkünften nahe.

Wegen der geringeren Spätfrostgefährdung sind daher Küstenherkünfte für die forstliche Praxis bislang vorteilhafter. Sollte mit Fortschreiten des Klimawandels jedoch die Spätfrostgefahr abnehmen und die Phasen ausgeprägter Frühjahrstrocknis länger werden, könnten künftig Inlandsherkünfte trotz geringerer Wachstumsleistung steigende Bedeutung erlangen.

Die Unterschiede bei den Ausfällen waren nach dem ersten Winter sehr deutlich: Graue Provenienzen zeig-

ten nur 3% Ausfälle, während bei den grünen Küstenformen jede dritte Pflanze durch die anhaltende Trockenheit des Frühjahrs 2009 ausfiel. Möglicherweise konnten die Inlandsherkünfte durch früheren Austrieb die Restfeuchte des Winters besser nutzen. Außerdem lag ihre Verdunstungsrate deutlich niedriger, da die grauen Douglasien wesentlich kleiner waren. Die großen Pflanzen der Küstenherkünfte kamen dagegen mit dem Austrieb voll in die anhaltende Frühjahrstrockenheit und konnten sich nicht ausreichend anwurzeln (Tabelle 3). Dies gilt auch für die zwei Bestände der Küstendouglasie aus Bayern.

Trotz dieses Vorteils gegenüber Frühjahrstrockenheit im Pflanzjahr fielen die Inlandsherkünfte in den Folgejahren nach der Nachbesserung verstärkt aus. Fünf Jahre nach Pflanzung lagen sie mit bis zu 43,7% Ausfall deutlich über dem mittleren Ausfallprozent aller Herkünfte.

Herkunft	24.04.2008	29.04.2008	06.05.2008	13.05.2008	16.05.2008	
Monte Creek	3	1	1	1	1	früher Austrieb
Salmon Arm	3	3	1	1	1	
Squilax	3	3	1	1	1	
Arnsberg	5	5	3	1	1	mittlerer Austrieb
Bayreuth	5	5	3	1	1	
Schwarza	5	5	3	1	1	
Schmallenberg	5	5	3	1	1	
Rotenburg	7	5	3	3	1	
Kaiserslautern	5	5	5	3	1	
Arnsberg	9	5	3	1	1	
Ershausen	9	5	3	1	1	
Daun	9	5	3	1	1	
Schönbrunn	9	5	3	1	1	
Frhr. v. Lerchenfeld	9	5	3	1	1	
Tharandt	7	5	5	1	1	
Döhlen	9	5	3	1	1	
Nanaimo Lake	9	5	3	1	1	
2-Klon-Plantage	9	5	3	1	1	
Mittweida	7	5	5	3	1	später Austrieb
Hürtgenwald	9	5	5	1	1	
Gerolstein	9	5	3	3	1	
Darrington	9	5	5	1	1	
Templin	9	5	5	3	1	
Humtulpis	9	7	5	3	1	

Tabelle 2: Ergebnisse der Austriebsbonitur in Boniturstufen (9 dunkelgrün: Winterzustand; 7 hellgrün: beginnender Austrieb; 5 gelb/3 orange: fortschreitender Austrieb; 1 rot: Sommerzustand)



Abbildung 4: Spätfrostschaden an grüner Douglasie (oben) und an grauer Douglasie (unten); Aufnahme drei Wochen nach dem Spätfrost am 5. Mai 2011 Foto: ASP

Die Küstenherkünfte Matlock 1062 und Darrington zeigten dagegen in den Folgejahren mit 14,3% vergleichsweise geringe Ausfälle. Besonders niedrige Verluste traten bei Nachkommen der brandenburgischen Zweiklonplantage auf (Abbildung 6).

Noch augenfälliger waren die Herkunftsunterschiede bei einer Gegenüberstellung des Höhenwachstums. Am wenigsten wüchsig waren die beiden Inlandsherkünfte Squilax und Salmon Arm mit einem Höhenmittel von ca. 155 cm (Abbildung 7).

Mit durchschnittlich 322 cm bzw. 314 cm Höhe fanden sich die größten Douglasien unter den grünen US-Herkünften Darrington und Matlock. Auch die Küstenherkünfte aus Kaiserslautern, Daun (beide Rheinland-Pfalz) und Rotenburg (Niedersachsen) zeigten ein sehr gutes Höhenwachstum. Die bayerischen Provenienzen Bayreuth (251 cm) und Freiherr v. Lerchenfeld (261 cm) liegen mit ihrer Wuchsleistung noch unter dem Flächenmittel. Die Höhenunterschiede auf der Versuchsfläche reichten von Einzelpflanzen mit nur 16 cm bis zu 524 cm Größe. Das Mittel aller Herkünfte betrug 262 cm. Mit zunehmendem Alter vergrößert sich der Wuchsvorsprung der grünen Küstenherkünfte gegenüber den grauen Inlandsherkünften (Abbildung 8).

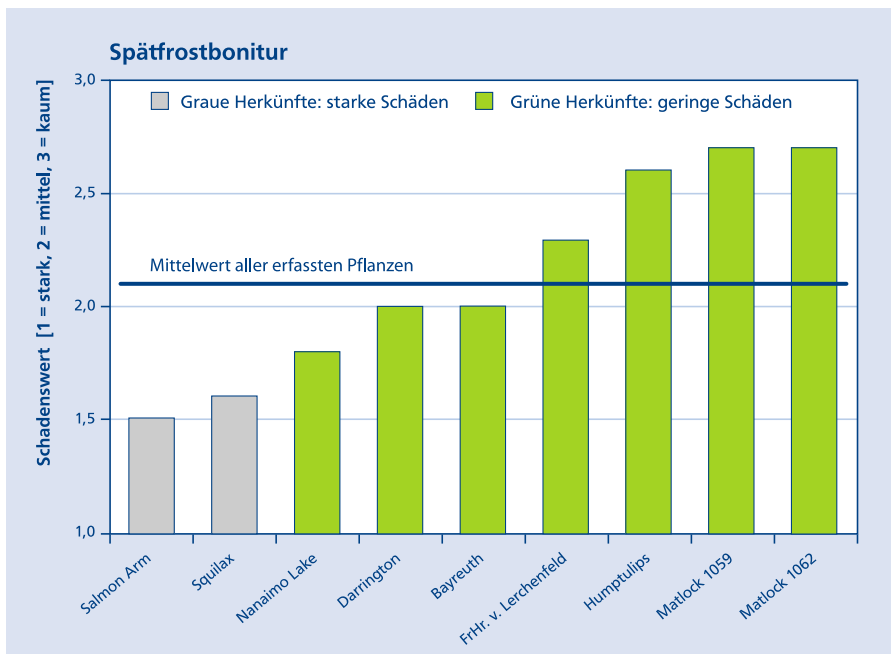


Abbildung 5: Ergebnis der Spätfrostbonitur im Alter von fünf Jahren für die Herkünfte aus dem Ursprungsgebiet der Douglasie

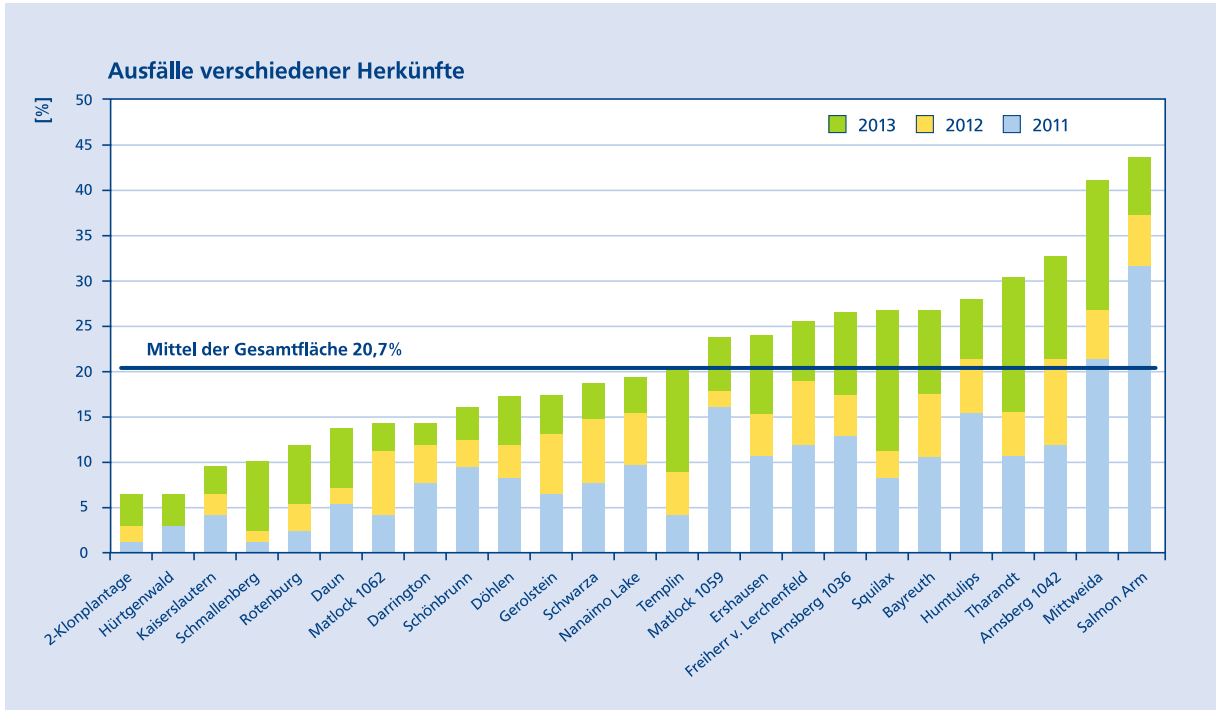


Abbildung 6: Kumulierte Ausfallprozente nach der fünften Vegetationsperiode

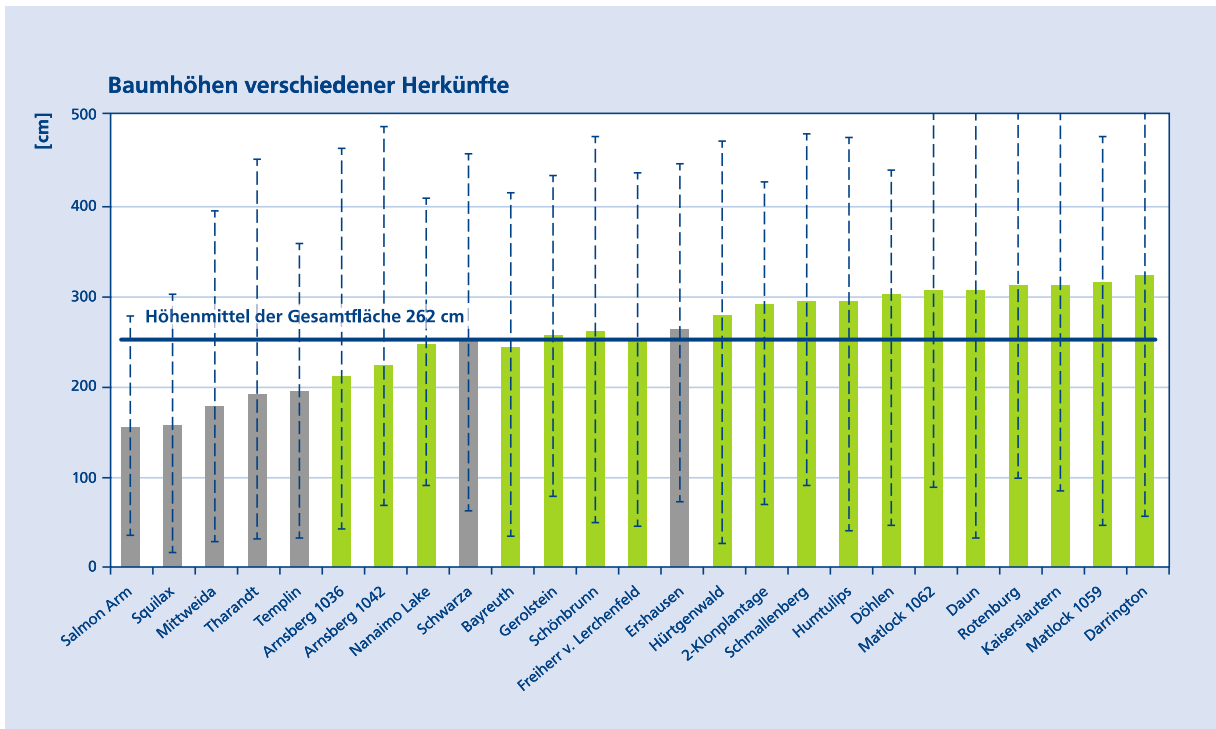


Abbildung 7: Höhe der Douglasienherkünfte im Jahr fünf nach Pflanzung (Angaben in cm; Inlandsherkünfte grau, Küstenherkünfte grün hinterlegt)



**Ausblick**

Auch wenn in der aktuellen Diskussion mit Naturschützern die ökologische Verträglichkeit und Daseinsberechtigung der Douglasie im deutschen Wald massiv in Frage gestellt wird, ist diese Baumart schon längst ein unverzichtbarer Bestandteil unserer Forstwirtschaft. Sie überzeugt mit Genügsamkeit auf ärmeren Standorten bei zugleich guten Zuwächsen.

Beim Anbau von Douglasie sind Herkunftsunterschiede von ausschlaggebender Bedeutung. In Provenienzversuchen zeigte sich schon vor Jahrzehnten, dass es zwischen Küsten- und Inlandsvarietäten erhebliche Unterschiede gibt, beispielsweise hinsichtlich der Anfälligkeit gegen rostige Douglasienschütte. Beim Anbau dieser Baumart muss daher auf Herkünfte gesetzt werden, die bezüglich Wüchsigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Trockenheit, Spätfrost und Pilzbefall nachweislich genetisch fixierte, verbesserte Eigenschaften aufweisen. Durch den Klimawandel können Herkünfte, die bislang nicht empfohlen werden, neue Bedeutung erlangen. Die weiteren Ergebnisse der Nachkommenschaftsprüfung liefern einen Beitrag, von welchen Herkünften und Beständen besonders leistungsfähiges, geprüftes Vermehrungsgut dieser Baumart zu erwarten ist.

**Keywords:** Douglas fir, *Pseudotsuga menziesii*, progeny evaluation, provenances, tested forest reproductive material

**Summary:** The results of a progeny testing/evaluation of the Douglas fir in the Lower Bavarian Tertiary Molasse-Hills are presented. The trial plot is part of a nationwide network of twelve testing sites with the goal to compare the performance of German and American provenances. After five years, the development shows clear differences between the green provenances from the coast regions (var. *viridis*) and the grey provenances from interior regions of the Rocky Mountains (var. *caesia*). The grey Douglas firs show less failure rates in the tree nursery phase and they are very resistant to winter frost. Green provenances convince through a late bud burst and are therefore less at risk when it comes to spring frost. In the development stage they are fast-growing, show a clear Lammas growth development and are less prone to needlecast fungal infections.

Herkunft	Ausfallrate im ...			
	Jahr 1	Jahr 2	Jahr 3	Jahr 4
Matlock 1062	44	4,2	11,3	14,3
Matlock 1059	40,5	16,1	17,9	23,8
Humptulips	36,3	15,5	21,4	28
Darrington	29,8	7,7	11,9	14,3
Nanaimo Lake	13,1	9,7	15,5	19,4
Salmon Arm	3,6	31,7	37,3	43,7
Squilax	3	8,3	11,3	26,8
Bayreuth	26,2	10,6	17,6	26,8
Freiherr v. Lerchenfeld	49,4	11,9	19,0	25,6

Tabelle 3: Ausfallrate der Küstendouglasie (grün hinterlegt) und der Inlandsdouglasie (grau hinterlegt) aus den Ursprungsgebieten sowie der bayerischen Herkünfte (blau hinterlegt) im 1. bis 4. Jahr nach Pflanzung (Angaben in Prozent)

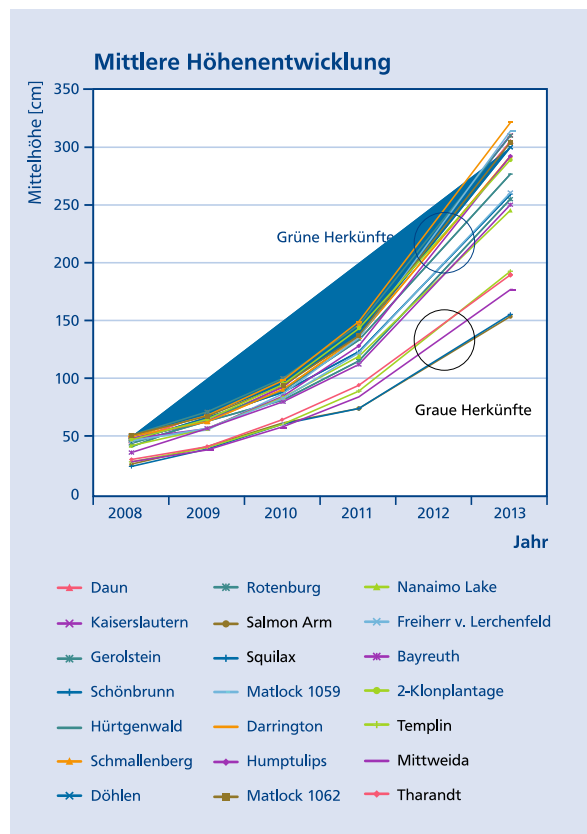


Abbildung 8: Mittlere Höhenentwicklung bis zum Alter fünf Jahre nach Pflanzung

---

# Die Verbreitung seltener Baumarten in Bayern

Gerhard Huber und Andreas Wurm

**Schlüsselwörter:** Eibe, Elsbeere, Gemeine Traubenkirsche, Grauerle, Grünerle, Speierling, Feldahorn, Wildbirne, seltene Baumarten, Generhaltung, Verbreitung, Bayern

---

**Zusammenfassung:** Seltene Baumarten erfüllen eine wichtige ökologische Funktion in unseren Wäldern. Um ihre Gefährdung abschätzen und geeignete Erhaltungsmaßnahmen durchführen zu können, müssen ihre Verbreitung und Vorkommensschwerpunkte bekannt sein. Im Rahmen eines Bundesprojektes wurden von 2010 bis 2012 die Genressourcen von zehn Arten erfasst. In Bayern beträgt der Anteil der erfassten seltenen Baumarten ca. 0,4% der Waldfläche. Hierzu zählen die Wildbirne (*Pyrus pyraeaster*), der Wildapfel (*Malus sylvestris*) und der Speierling (*Sorbus domestica*). Ihre Vorkommensdichten liegen unter zwei Bäumen pro Hektar. Zudem verjüngen sich diese Baumarten nur noch selten, und ihre Altersstrukturen zeigen deutliche Tendenzen einer Überalterung. Andere Baumarten sind hingegen in ihrem Bestand nicht gefährdet, so besitzt z. B. die Grauerle (*Alnus incana*) in Südbayern und die Elsbeere (*Sorbus torminalis*) in Unter- und Mittelfranken einen Verbreitungsschwerpunkt. Im nachfolgenden Beitrag werden die wichtigsten Ergebnisse und Erhaltungsmöglichkeiten für Bayern aufgezeigt.

---

Seltene Baumarten tragen zum Erhalt der Biodiversität unserer Wälder bei und helfen naturnahe, multifunktionale Wälder zu erhalten. Dies wird gerade in Hinblick auf die globalen Herausforderungen wie Klimawandel und nachhaltige Wirtschaft immer bedeutender.

Die menschlichen Eingriffe und Bewirtschaftungsformen haben erheblich dazu beigetragen, dass die seltenen Baumarten insgesamt stark zurückgedrängt wurden. Bereits 1986 hat das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten die Notwendigkeit zu Förderung der seltenen Baum- und Straucharten als Ziel formuliert und Maßnahmen zu ihrem Schutz und Förderung eingeleitet (StMELF 1986). 1987 wurde das Konzept zur Erhaltung forstlicher Genressourcen in der Bundesrepublik Deutschland veröffentlicht (zuletzt aktualisiert 2010), das als Grundlage für die Erhaltung der seltenen Baumarten dient.

In den Jahren 2010 bis 2012 wurden die Vorkommen von zehn seltenen Baumarten bundesweit kartiert. Die Aufnahme der Vorkommen erfolgte im Rahmen des Bundesprojekts zur Erfassung der genetischen Ressourcen seltener Baumarten im Auftrag der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) und in Zusammenarbeit mit den zuständigen Behörden der Bundesländer und privater Kartierbüros (z. B. Schröder et al. 2013).

Die Ergebnisse sind eine wichtige Grundlage für die Gefährdungsbeurteilung dieser Baumarten und die Einleitung von Erhaltungsmaßnahmen. Die nachfolgenden Ergebnisse sind den jeweiligen Projektberichten bzw. der gemeinsamen Datenbank entnommen. Für die Schwarzpappel (Erfassung 2007 bis 2009) und den Wildapfel wurden die Ergebnisse für Bayern bereits veröffentlicht (Huber 2010; Huber et al. 2013b). Die bundesweiten Ergebnisse können den Berichten der BLE unter der URL <http://www.ble.de> entnommen werden.

Aufgrund der großen Waldfläche Bayerns konnten sicherlich nicht alle Vorkommen entdeckt werden, vor allem für Baumarten, die eine sehr große Standortspannweite aufweisen und oftmals sehr verstreut vorkommen. Populationen mit weniger als fünf Bäumen, die als Genressource nicht bedeutsam sind, sowie Anbauten in Parks, Arboreten oder auf landwirtschaftlichen Flächen wurden im Projekt ebenfalls nicht erfasst. Lediglich bei äußerst seltenen Baumarten wurden auch Einzelbäume mit kartiert (Tabelle 1). Um eine möglichst umfassende Kartierung zu gewährleisten, wurden alle verfügbaren Datenquellen z. B. der Forst- und Naturschutzbehörden ausgewertet und lokalen Hinweisen nachgegangen.

Bei Wildbirne, Wildapfel oder Schwarzpappel, bei denen eine genaue Artdifferenzierung in der Vergangenheit nur aufgrund morphologischer Artmerkmale möglich war, ermöglichen die nunmehr zur Verfügung stehenden genetischen Artbestimmungsmethoden erstmals die Möglichkeit, Kultur- und Wildformen im Labor zu unterscheiden (Konnert et al. 2006; Cremer et al. 2010) und artreine Populationen zu identifizieren.

### Seltene Baumarten in Bayern

Die erfassten seltenen Baumarten nehmen einen Anteil von weniger als 0,4% der bayerischen Waldfläche ein (Deutschland <0,3%). Sie bestocken dabei verschiedene ökologische Nischen und häufig Spezialstandorte, so dass ihre Verbreitungsmuster und Vorkommensdichten sehr unterschiedlich sind.

Bei Betrachtung der einzelnen Baumarten ergibt sich ein differenziertes Bild (Tabelle 1). Niedrige %-Anteile im Vergleich zu den bundesweiten Vorkommen weisen der Wildapfel (<1%), die Wildbirne (12%) und die Gemeine Traubenkirsche (12%) auf. Grünerle und Grauerle nehmen mit 99% und 75% der bundesweiten Vorkommen einen überproportionalen Anteil an der Gesamtverbreitung ein. Bei der Elsbeere beträgt der

Anteil ca. 55%. Bei Speierling, Eibe, Schwarzpappel und Feldahorn variiert ihr Anteil zwischen 1/5 und 1/3.

Die ermittelte Durchmesserverteilung der Vorkommen (Tabelle 2), die als Indikator für die Altersstruktur verwendet wurde, zeigt für viele der untersuchten Baumarten ein ausgeglichenes Verhältnis (Eibe, Elsbeere, Feldahorn, Traubenkirsche, Grauerle). Bei Schwarzpappel und Speierling sind hingegen kaum Bäume mit geringem Durchmesser vorhanden. Bei Grünerle lassen sich wegen ihres strauchhaften Wuchses keine Aussagen treffen. Niedrige Anteile an jungen Bäumen deuten darauf hin, dass die Verjüngung ausbleibt oder der Aufwuchs durch andere Einflüsse gestört wird. In jedem Fall sind sie ein Zeichen, dass mit einem weiteren Rückgang des Bestands zu rechnen ist.

Baumart	Bayern						Deutschland		
	Anzahl Bäume	Anteil in D [%]	Anzahl Vorkommen ab 5 Bäumen	Fläche [ha]	Anzahl pro Hektar Vorkommensfläche	Mittlere Anzahl pro Vorkommen	Anzahl Bäume	Anzahl Vorkommen ab 5 Bäumen	Fläche [ha]
Malus sylvestris	* 121	<1	3	201	0,6	40,3	8.711	244	24.730
Sorbus domestica	* 1.055	22	106	2.747	0,4	10,0	4.889	250	10.627
Pyrus pyraeaster	* 1.964	12	15	919	2,1	130,9	15.778	221	67.507
Taxus baccata	* 14.761	25	128	2.149	6,9	115,3	60.045	342	6.231
Populus nigra	* 15.829	31	456	3.036	5,2	34,7	50.870	724	7.743
Sorbus torminalis	45.350	55	193	2.933	15,5	235,0	81.779	689	35.252
Alnus viridis	110.940	99	11	883	125,6	10.085,5	111.946	33	947
Acer campestre	427.347	32	251	3.155	135,5	1.702,6	1.321.103	676	6.850
Prunus padus	455.331	12	183	2.732	166,7	2.488,1	3.904.565	1040	49.831
Alnus incana	1.582.193	75	182	5.071	312,0	8.693,4	2.114.674	506	8.486

\* mit erfassten Einzelbäumen

Tabelle 1: Vorkommen, Anzahl, Fläche und weitere Kennzahlen zu den seltenen Baumarten in Bayern und Deutschland

Baumart	Bayern			Deutschland		
	D-Kl. <7 cm	D-Kl. 7–20 cm	D-Kl. >20 cm	D-Kl. <7 cm	D-Kl. 7–20 cm	D-Kl. >20 cm
Malus sylvestris	12	46	43	15	40	45
Sorbus domestica	8	20	72	11	18	71
Pyrus pyraeaster	12	58	30	24	44	33
Taxus baccata	24	39	38	34	39	27
Populus nigra	2	12	86	27	12	61
Sorbus torminalis	24	39	38	26	42	32
Alnus viridis	77	23	X	91	9	X
Acer campestre	43	40	17	34	41	25
Prunus padus	48	44	8	60	34	6
Alnus incana	23	61	15	26	52	22

Tabelle 2: Verteilung der Durchmesserklassen der kartierten Vorkommen in Bayern und Deutschland als Indikator für die Altersstruktur

Der Naturverjüngungsanteil als weiterer Indikator für die Gefährdungsbeurteilung liegt bei den bayerischen Vorkommen bis auf wenige Ausnahmen bei unter 10%, bei Wildbirne, Wildapfel und Speierling sogar unter 1%. Diese drei Baumarten sind daher aufgrund ihres geringen Verjüngungsanteils auch als stark gefährdet einzustufen.

Baumart	Bayern	Deutschland
<i>Malus sylvestris</i>	<1%	3,4%
<i>Sorbus domestica</i>	<1%	1,3%
<i>Pyrus pyraeaster</i>	<1%	6,8%
<i>Taxus baccata</i>	5,6%	8,0%
<i>Populus nigra</i>	21,6%	25,3%
<i>Sorbus torminalis</i>	8,6%	8,2%
<i>Alnus viridis</i>	0,5%	9,4%
<i>Acer campestre</i>	24,1%	19,1%
<i>Prunus padus</i>	20,1%	41,8%
<i>Alnus incana</i>	7,3%	20,5%

Tabelle 3: Naturverjüngungsanteile in den Vorkommen der seltenen Baumarten in Bayern und Deutschland als Indikator für die Verjüngung

### Verbreitungsschwerpunkte

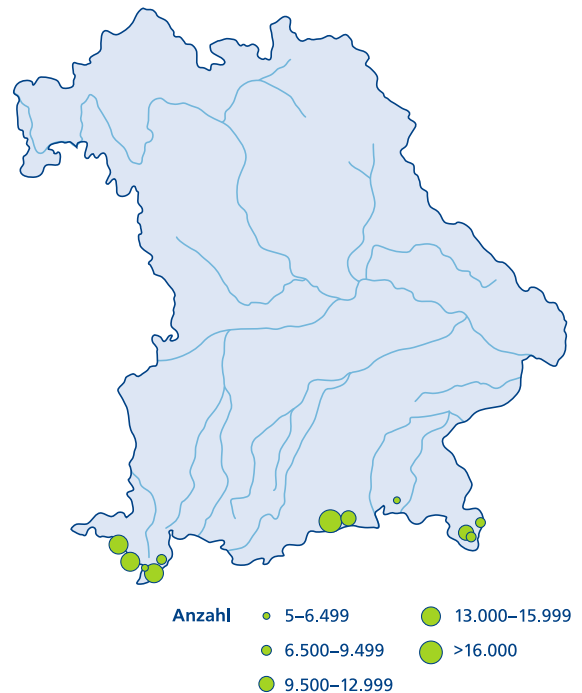
#### Grünerle (*Alnus viridis*)

*Alnus viridis* besiedelt die Hochgebirge und höheren Lagen der Mittelgebirge Zentral- und Südosteuropas (Schütt et al. 1998; Hegi 1926) mit einem Verbreitungsschwerpunkt in den zentraleuropäischen Gebirgen. Die südliche Arealgrenze verläuft auf der Balkanhalbinsel sowie in den östlichen Karpaten. Die Grünerle ist raschwüchsig und bildet viele niederliegende Stämme, die meist nicht höher als 3 m werden. Grünerlen-Gebüsche besitzen ein starkes Ausschlagsvermögen und



Abbildung 1: Blütenkätzchen der Grünerle Foto: A. Wurm

Abbildung 2: Verbreitung der Grünerle (*Alnus viridis*) in Bayern (Erfassung 2010–2012)



entwickeln zudem reichlich Wurzelbrut. Die erfassten bayerischen Vorkommen der Grünerle (Abbildung 2) liegen mit Schwerpunkt in den Allgäuer Alpen und den Berchtesgadener Alpen (Huber et al. 2013a). Insgesamt wurden elf größere Vorkommensgebiete in Bayern mit ca. 883 ha Fläche erfasst. Kleinere Bestände sind entlang der Alpenkette auf geeigneten Standorten immer wieder zu finden, wurden aber nicht erfasst. Die Höhenverbreitung der Hauptvorkommen in den bayerischen Nordalpen liegt zwischen 1.300 m und 1.800 m.

#### Gefährdung und Erhaltungsschwerpunkte

Die Grünerle ist im bayerischen Alpenbereich seltener als die Bergkiefer (*Pinus mugo*). In ihrem Bestand ist sie derzeit aber nicht gefährdet. Die Schwerpunkte der Generhaltungsmaßnahmen bestehen in der Sicherung ihrer Hauptvorkommen in den Allgäuer und Berchtesgadener Alpen. Diese Vorkommen sowie die kleineren Vorkommen im Werdenfeller Land (Raum Garmisch-Partenkirchen) sollten wegen ihrer Besonderheit für den Nordalpenraum erhalten werden. Alle Maßnahmen, die zu einem Rückgang der Vorkommensflächen führen, sind zu vermeiden. Darauf sollte vor allem bei der Unterhaltung oder Erweiterungen von Alm- und Weidenflächen geachtet werden. Stockrodung und



Abtrennen gefährden die Vorkommen stark, weil danach meistens kein Stockausschlag mehr erfolgt. Das traditionelle Schwenden (auf den Stock setzen), kann die Grünerle durch Wurzelbrut und Stockausschlag sehr gut ausgleichen, so dass dadurch keine Bestandsgefährdung eintritt. Im Zuge des Klimawandels und des damit verbundenen Anstiegs der Baum- und Waldgrenze sollten der Grünerle zukünftig neue Ausweichräume in höheren Lagen der Alpen ermöglicht werden.



Abbildung 3: Grünerlenbestand im Berchtesgadener Land  
Foto: A. Wurm



Abbildung 4: Grauerlen-Bestand im Auwald bei Kirchdorf am Inn Foto: A. Wurm

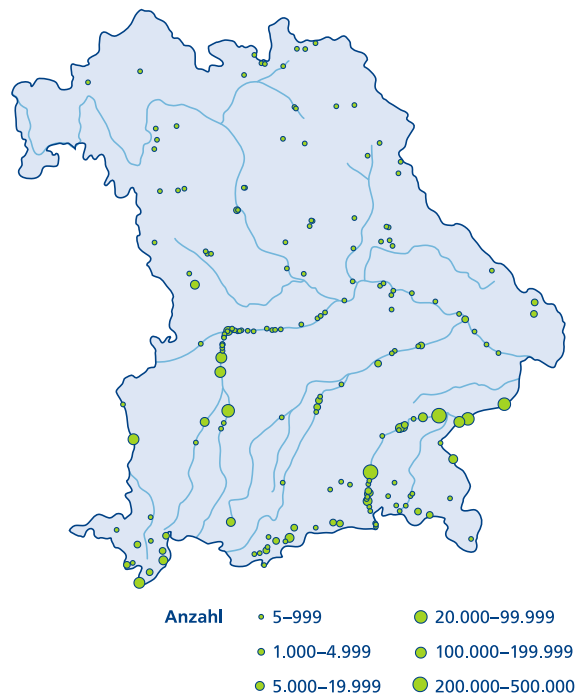
### Grauerle (*Alnus incana*)

*Alnus incana* ist eine bestandsbildende Baumart, die ihren Verbreitungsschwerpunkt in Mittel-, Nord- und Osteuropa besitzt (Schütt et al. 1998). Das Areal reicht aber bis nach Westsibirien (Schmidt 1996).

Die Grauerle ist weitgehend anspruchslos, frosthart und wenig wärmebedürftig. Als typische flussbegleitende Baumart bevorzugt sie gut mit Wasser versorgte Standorte und meidet nasse sowie schlecht durchlüftete Böden, die häufig von der Schwarzerle besiedelt werden.

In Bayern ist sie zahlreich im Alpenvorland und in den Bayerischen Alpen (Abbildung 5) entlang der alpinen Gewässer wie Inn, Lech und Salzach sowie auf kalkhaltigen Kies- und Schotterterrassen vertreten, während sie in Nordbayern oder in den östlichen Mittelgebirgen sehr vereinzelt und nur in kleinen Vorkommen auftritt (Huber et al. 2013a). In den nördlichen Alpen gehört sie fast an jedem Fließgewässer zum Bestandsaufbau, sofern sie nicht durch menschliche Maßnahmen (z. B. Flussverbauungen) dezimiert wurde oder aufgrund ihrer geringen Konkurrenzkraft von anderen Baumarten verdrängt wird. Insgesamt wurden in Bayern 182 Vorkommen mit fast 1,6 Mio. Bäumen erfasst (Tabelle 1). Pro Vorkommen wurden durchschnittlich 8.693 Bäume gezählt (312 Bäume/ha).

Abbildung 5: Verbreitung der Grauerle (*Alnus incana*) in Bayern (Erfassung 2010–2013)



Die Grauerle besiedelt in Bayern Höhenlagen von 300 bis maximal 1.400 m. Im Vergleich zur Schwarzerle steigt sie im nördlichen Alpenbereich wesentlich höher hinauf. Der Schwerpunkt ihrer Höhenverbreitung liegt zwischen 400 und 600 m (Abbildung 6).

**Gefährdung und Erhaltung**

Die Grauerle gehört zwar laut Definition zu den seltenen Baumarten, sie ist jedoch in ihrem Bestand nicht gefährdet. Allerdings sind die Vorkommen in Nordbayern selten und nicht sehr stammzahlreich. Ihr geringer Naturverjüngungsanteil von nur 7,3% (Tabelle 3) ist aufgrund ihres sehr guten Stockausschlagsvermögens für ihren Erhalt nicht bedeutend. In den sich stark veränderten Lebensräumen entlang der Flüsse, in dem flussdynamische Veränderungen aufgrund von Verbauungen und Hochwasserschutz kaum mehr stattfinden, traditionelle Bewirtschaftungsformen aufgegeben und Baumarten der Hartholzauwe begünstigt werden, ist jedoch mit einem Rückgang der Grauerlenbestände zu rechnen. In den dargestellten Hauptverbreitungsgebieten Bayerns sollte sie am natürlichen Bestockungsaufbau der Auwälder beteiligt werden.

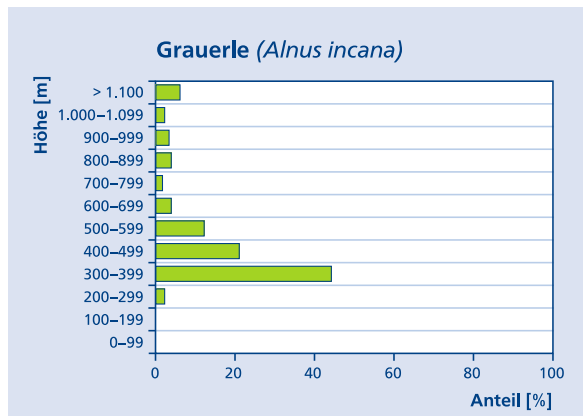


Abbildung 6: Höhenverbreitung der bayerischen Grauerlen-Vorkommen (in % nach Höhenstufen)

**Traubenkirsche (Prunus padus)**

Das Verbreitungsgebiet der Gemeinen Traubenkirsche erstreckt sich über weite Teile Europas und Asiens (Mittelasien, Sibirien, Nordchina, Japan). Als Standort bevorzugt sie frische bis feuchte, humusreiche Böden. Bevorzugte Biotope sind Auwälder und Standorte entlang der Flussläufe. Vergesellschaftet ist sie häufig mit Schwarz- und Grauerle, verschiedenen Weidenarten sowie der Esche. In Bayern kommt die Traubenkirsche vor allem entlang der großen Flüsse Donau, Inn, Isar und Salzach sowie an Waldrändern meist in kleinen Gruppen vor (Abbildung 7). Reinbestände sind äußerst selten anzutreffen. Ihr Naturverjüngungsanteil beträgt

Abbildung 7: Verbreitung der Traubenkirsche (*Prunus padus*) in Bayern (Erfassung 2010–2012)

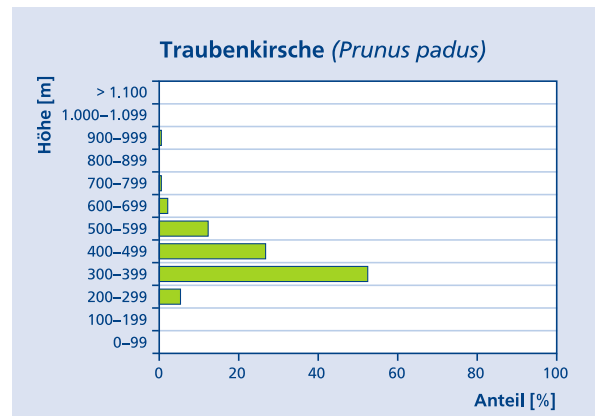
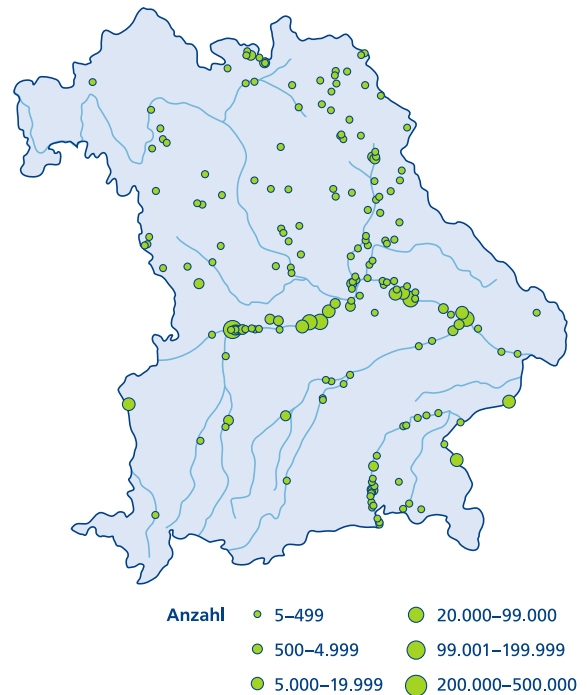


Abbildung 8: Höhenverbreitung der bayerischen Traubenkirschen-Vorkommen (in % der Höhenstufen)

über 20% und ihr Altersaufbau ist sehr ausgeglichen (Tabellen 2 und 3). Wenig Vorkommen gibt es im südwestlichen Bayern, in den östlichen Mittelgebirgen und in Unterfranken (Huber et al. 2013a).

Als kolline und montane Baumart besiedelt sie Höhenlagen von 200 bis 700 m (Abbildung 8). Die meisten Vorkommen finden sich aber in einem Bereich zwischen 300 und 500 m. Nach Hegi (1926) sollen aber Einzelexemplare in den bayerischen Nordalpen noch in Höhen von 1.500 m vorkommen.



Abbildung 9: Blüte der Gemeinen Traubenkirsche an der Salzach Foto: G. Huber



Abbildung 10: Eibenfrüchte Foto: G. Huber

### Gefährdung und Erhaltung

Die Gemeine Traubenkirsche ist in Bayern nicht gefährdet. Dennoch sollte die forstwirtschaftlich unbedeutende Baumart aus ökologischen Gründen erhalten werden. Für die künstliche Einbringung der Art im Landschaftsbau, Straßenbegleitgrün etc. sollten bei der Nachzucht geeignete Beerntungsbestände ausgewiesen werden, um die autochthonen Vorkommen in Bayern zu erhalten und einer genetischen Vermischung mit ungeeigneten Herkünften vorzubeugen. Auf die Verwendung von *Prunus serotina* sollte gänzlich verzichtet werden.

### Eibe (*Taxus baccata*)

Das Verbreitungsgebiet von *Taxus baccata* erstreckt sich über Mittel- und Südeuropa, die Pyrenäen in Nordspanien, Teile des östlichen Atlasgebirges in Algerien (Tell- und Sahara-Atlas), den Kaukasus bis fast zu den nordpersischen Gebirgen. Die Eibe fehlt in den kontinentalen Zentralalpen und der Zentaltatra. Das Verbreitungsgebiet von *Taxus baccata* ist sehr stark zersplittert, so dass zwischen den Vorkommensgebieten kein Genaustausch mehr stattfinden kann.

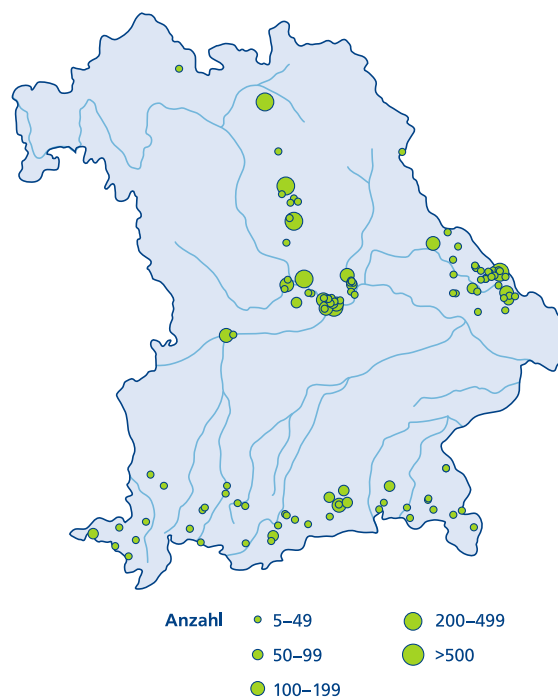
In Bayern gibt es drei Hauptverbreitungsgebiete: die Frankenalp, der Bayerische Wald sowie die Alpen einschließlich des Alpenvorlands (Abbildung 11). Rund ein Viertel der in Deutschland erfassten Eiben befinden sich in Bayern (Tabelle 1). Im Mittel ergeben sich 6,87 Bäume pro Hektar Vorkommensfläche. Die durchschnittliche Individuenanzahl pro Vorkommen beträgt 115 Bäume.

Die Eibe besiedelt in Bayern vornehmlich Höhenlagen von 300 bis 1.100 m (Abbildung 12). Die Vorkommen sind sehr gleichmäßig über alle Höhenstufen verteilt. Größere zusammenhängende Vorkommen wurden im Jura (Frankenalp) gefunden. Der größte bayerische Einzelbestand ist der Paterzeller Eibenwald.

### Gefährdung und Erhaltung

Die Eibe ist in ganz Europa selten und ihr Bestand ist rückläufig. In Deutschland ist sie geschützt und in der Roten Liste als gefährdet geführt (Stufe 3). Wildverbiss und die mittelalterliche Übernutzung haben die Eibe stark zurückgedrängt und zu einer Zersplitterung des Verbreitungsgebiets geführt. Die Populationen in den Alpen und im Bayerischen Wald weisen oft geringe Bestandsdichten auf. Jedoch gibt es noch genügend große Vorkommen vor allem in der Frankenalp, die sich selbständig erhalten können, wenn die Verjüngung nicht durch Verbiss gefährdet wird.

Abbildung 11: Verbreitung der Eibe (*Taxus baccata*) in Bayern (Erfassung 2010–2012)





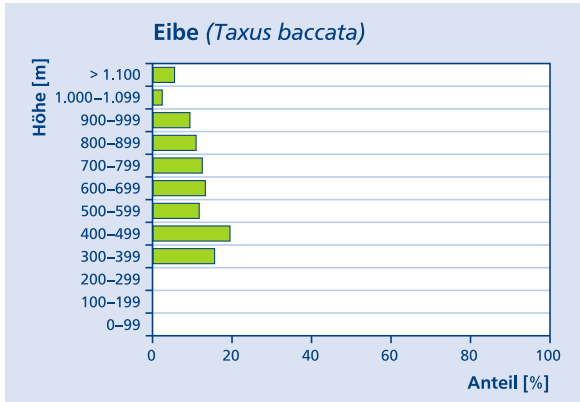


Abbildung 12: Höhenverbreitung der bayerischen Eiben-Vorkommen (in % der Höhenstufen)

Künstliche Verjüngungsmaßnahmen leiden trotz vorgenommener Schutzmaßnahmen sehr häufig unter starkem Wildverbiss. In den Rotwildgebieten wird die Eibe auch geschält. Wegen ihres langsamen Wachses muss die Eibe über einen sehr langen Zeitraum vor Wildschäden geschützt werden. Das Einbringen von Einzelpflanzen oder Kleingruppen hat in der Vergangenheit daher nicht zum gewünschten Erfolg geführt. Eine tragbare Wilddichte ist für die Erhaltung der Eibe ein Schlüsselfaktor.

Aufgrund der geringen Naturverjüngungsanteile bei den erfassten Vorkommen (5,6%) ist ein weiterer Rückgang zu befürchten. Künstliche Verjüngungsmaßnahmen sollten auf wenige Standorte bei tragbarer Wilddichte konzentriert werden und auf autochthones Vermehrungsgut zurückgreifen.

**Elsbeere (*Sorbus torminalis*)**

Die Elsbeere ist eine süd- und mitteleuropäische Baumart (Schmeling 1994) mit einem Verbreitungsschwerpunkt in Frankreich. Es werden aber auch die gebirgigen Lagen auf der iberischen Halbinsel, in Italien und auf dem Balkan besiedelt. Im Südosten ihres Areals findet man sie entlang der nördlichen Küstenregion der Türkei nahe der Schwarzmeerküste (Haselnussregion) bis in den Kaukasus (Aas 2011).

In Deutschland bevorzugt sie wärmere kolline und submontane Mittelgebirgslagen und den Nordosten von Deutschland (östliches Mecklenburg-Vorpommern, nordöstliches Brandenburg). Sie meidet das nord- und nordwestdeutsche Tiefland, die östlichen Mittelgebirge (Elbsandsteingebirge, Frankenwald, Fichtelgebirge, Oberpfälzer Wald, Bayerischer Wald), die höheren Lagen des Schwarzwalds, die Alpen und das Voralpenbiet sowie das Tertiärhügelland (Abbildung 13).

Mit über 45.000 Bäumen (Riederer et al. 2012) und einen Anteil von über 55% der erfassten Elsbeeren in Deutschland (Tabelle 1), liegt ein Verbreitungsschwerpunkt der Baumart in Bayern (Abbildung 14). Insgesamt wurden in Bayern 193 Vorkommen mit durchschnittlich 235 Bäumen erfasst.

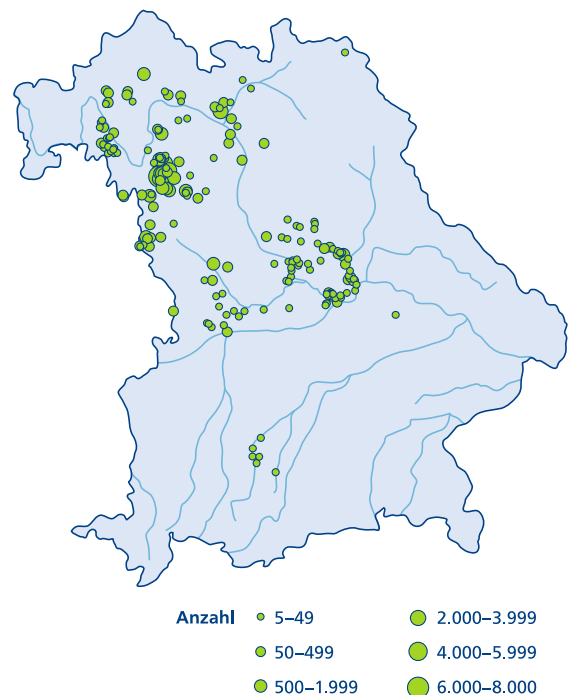
Die Vorkommen konzentrieren sich auf Unterfranken und Mittelfranken mit je einem Schwerpunkt im Steigerwald, auf der Fränkischen Platte sowie in der südlichen Alplandschaft. Eine Besonderheit stellt das isolierte Vorkommen im Fünf-Seen-Land südwestlich von München dar.

Die mittlere Vorkommendichte betrug ca. 15 Bäume pro Hektar. Bei ca. 8,6% der Vorkommen wurde auch Naturverjüngung gefunden. Die Elsbeere besiedelt in Bayern Höhenlagen von 200 bis 600m (700m) (Abbildung 14). Der Schwerpunkt nach der Anzahl der Bäume liegt in einem relativ engen Höhenbereich zwischen 250 und 450 m, der sich aus ihrer Wärmebedürftigkeit erklären lässt.

**Gefährdung und Erhaltung**

Die Baumart wird bundesweit aufgrund ihrer relativ geringen Naturverjüngungsanteile – Anzeichen von genetischer Isolation der Vorkommen und durch die große Konkurrenz seitens der Buche – als gefährdet eingestuft.

Abbildung 13: Verbreitung der Elsbeere (*Sorbus torminalis*) in Bayern





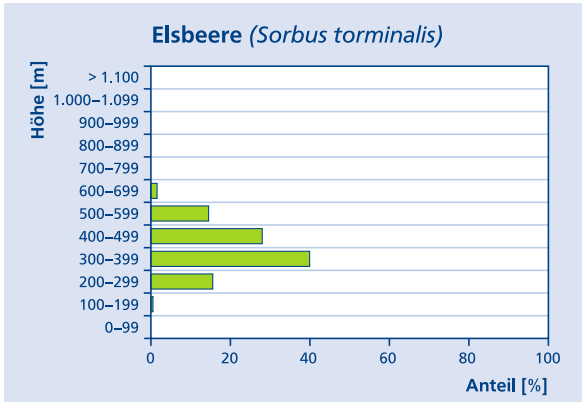


Abbildung 14: Höhenverbreitung der bayerischen Elsbeeren-Vorkommen (in % nach Höhenstufen)



Abbildung 15: Reife Elsbeeren-Fruchtstände Foto: G. Huber

In den drei bayerischen Hauptvorkommensgebieten befindet sich jedoch ein großer Teil der erhaltungswürdigen Vorkommen (Riederer et al. 2012d). Genetische Untersuchungen belegen zudem, dass die Elsbeere eine hohe Variation sowie eine hohe Differenzierung zwischen den Beständen zeigt (siehe Beitrag S. 100).

Die relativ ausgeglichene Verteilung zwischen den drei erhobenen Durchmesserklassen (Tabelle 2) deutet auf eine insgesamt günstige Verjüngungssituation der Elsbeere hin, auch wenn der Naturverjüngungsanteil von 8,6% als mittel einzuschätzen ist (Tabelle 3). Die wärmeliebende Elsbeere ist eine der wenigen einheimischen Baumarten, die im Klimawandel an Bedeutung gewinnen werden. In Bayern werden sich die für die Elsbeere günstigen Regionen auf Grund des Klimawandels ausdehnen, zumal sie Klimabedingungen erträgt, die noch wärmer sind als unser Weinbauklima (Kölling et al. 2011). Sie sollte daher forstwirtschaftlich vor allem in den kollinen und submontanen Lagen der Mittelgebirge stärker gefördert werden. Zu den wichtigsten Erhaltungsmaßnahmen der Elsbeere zählen die waldbauliche Förderung in

Mischbeständen durch Schutz von Einzelbäumen und die Freistellung der Kronen vor allem in Buchenwäldern, das Einbringen der Baumart in Forstkulturen sowie bei der Waldrandgestaltung (Faust et al. 2011).

Da die Elsbeere nicht dem Forstvermehrungsgutrecht unterliegt, sollten geeignete Erntebestände in Bayern ausgewiesen werden, um die Versorgung mit qualitativ hochwertigem Saat- und Pflanzgut sicherzustellen.

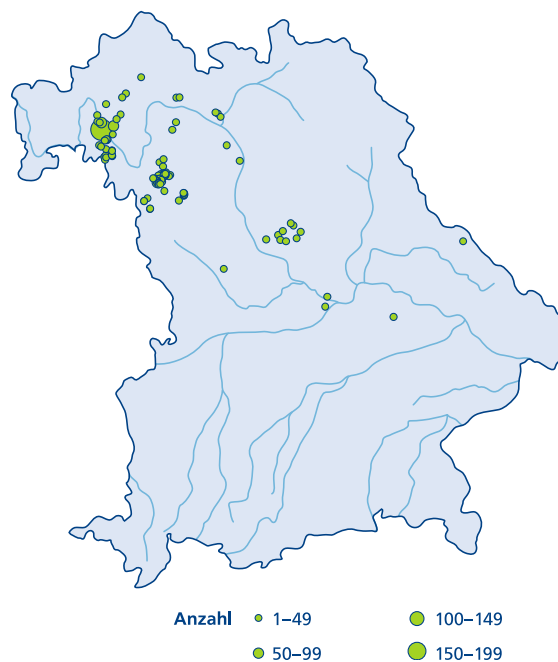
**Speierling (Sorbus domestica)**

Der Speierling ist eine südeuropäische Baumart, mit Schwerpunkt in Frankreich, Spanien, Italien und Griechenland. Er fehlt auf den britischen Inseln, in Nordeuropa, der Türkei und im nördlichen Afrika (Kausch-Blecken 2000).

In Deutschland fehlt der Speierling im Norden und Osten ganz (Riederer et al. 2012). Wie die Elsbeere hat er die östlichen Mittelgebirge und die Alpen sowie das Alpenvorland und das Tertiärhügelland bisher nicht natürlich besiedeln können. Bayern besitzt einen Anteil von 22% der bundesweit kartierten Bäume (Tabelle 1). Die bayerischen Vorkommen konzentrieren sich auf Unterfranken und Mittelfranken mit je einem Schwerpunkt auf der Fränkischen Platte und im südlichen Steigerwald sowie östlich von Nürnberg (Abbildung 16).

Die Verbreitung deckt sich weitgehend mit den früheren Untersuchungen (Hofmann 1962; Meyer et al.

Abbildung 16: Verbreitung des Speierlings (Sorbus domestica) in Bayern (Erfassung 2010–2012)



2005). Es wird vermutet, dass überwiegend kalkreiche Böden bevorzugt werden. Eher überraschend ist, dass der Speierling fast keine Vorkommen in der südlichen und nördlichen Frankenalb aufweist. Die übrigen baye-rischen Landschaftsräume werden mit Ausnahme von wenigen Einzelfunden südlich von Regensburg und einem Fundort im Bayerischen Wald bisher so gut wie nicht besiedelt. Insgesamt konnten 106 Vorkommen des Speierlings in Bayern gefunden werden (Tabelle 1). Mit durchschnittlich weniger als zehn Bäumen pro Vor-kommen ist die Dichte der Bestände sehr niedrig.

Die Vorkommen in Bayern liegen in Höhen zwi-schen 200 und 600 m mit einem Schwerpunkt bei 300 bis 400 m (Abbildung 17).

**Gefährdung und Erhaltung**

In Bayern wurden bei der Erfassung des Speierlings nur 1.055 Bäume gezählt (Tabelle 1). Er gehört daher zusammen mit dem Wildapfel zu den seltensten Baum-arten in Bayern. Aufgrund seiner ökologischen An-sprüche vor allem an seine Wärmebedürftigkeit stellen die Vorkommen in Bayern zusammen mit denen in Thüringen und Sachsen-Anhalt den nördlichen Ver-breitungsrand der Baumart dar.

Wegen seiner geringen Konkurrenzkraft gegenüber der Buche und seinem sehr geringen Naturverjün-gungsanteil von unter 1% (Tabelle 3) ist der Bestand als stark gefährdet einzustufen. Bei der forstwirtschaftlichen Bewirtschaftung sind daher Altbäume rechtzeitig freizustellen und Verjüngungen konsequent zu fördern. Grundsätzlich ist es notwendig, Einzelbäume im Bestand zu markieren und zu dokumentieren, um sie langfristig zu erhalten. Aufgrund der geringen Stück-zahlen in Bayern sollten längere Umtriebszeiten ange-strebt oder die Vorkommen ganz aus der normalen Nutzung genommen werden. Da der Speierling nicht dem Forstvermehrungsgutgesetz unterliegt, sollten Erntebestände für die Generhaltung ausgewiesen werden, die regelmäßig beerntet werden. Dies bietet sich vor allem für die größeren Bestände in den drei Verbreitungsschwerpunkten an. Da die Baumart im Kli-mawandel an Bedeutung gewinnen wird (Kölling et al. 2011), sollte die Nachzucht und künstliche Einbringung sowohl forstwirtschaftlich wie auch aus Gründen des Naturschützes stärker gefördert werden.

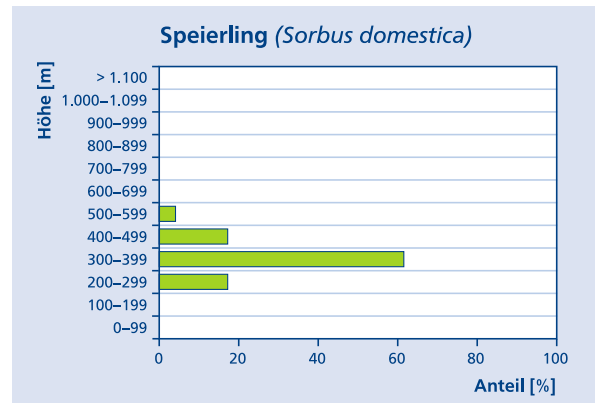


Abbildung 17: Höhenverbreitung des Speierlings in Bayern (in % nach Höhenstufen)



Abbildung 18: Blätter des Speierlings (oben), Sämling wenige Wochen alt (unten) Fotos: G. Huber

**Feldahorn (*Acer campestre*)**

Der Feldahorn hat ein sehr großes Verbreitungsgebiet. Es umfasst Mittel-, Süd- und Westeuropa einschließlich großer Teile Großbritanniens, den Norden der Türkei entlang der Schwarzmeerküste, den Kaukasus bis zur Krim und die nordiranischen Gebirge. Isolierte Vorkommen sind in Südspanien, Nordportugal, Sardinien und im östlichen Teil Algeriens an der Mittelmeerküste sowie an der Nordküste von Sizilien zu finden.

In Deutschland besiedelt er die kollinen und submontanen Lagen der Mittelgebirgslandschaften und den Nordosten Deutschlands (Riederer et al. 2012). Nicht besiedelt sind die höheren Lagen des Schwarzwalds und des Rothaargebirges sowie die östlichen Mittelgebirge in Sachsen und Bayern. In der Nord- und Nordwestdeutschen Tiefebene und in Südbayern ist der Feldahorn sehr selten und meistens nur einzeln beige-mischt. Die Schwerpunkte seiner Verbreitung in Bayern befinden sich in den wärmebegünstigten Lagen in Unterfranken, Mittelfranken und in den westlichen Teilen Oberfrankens (Abbildung 19).

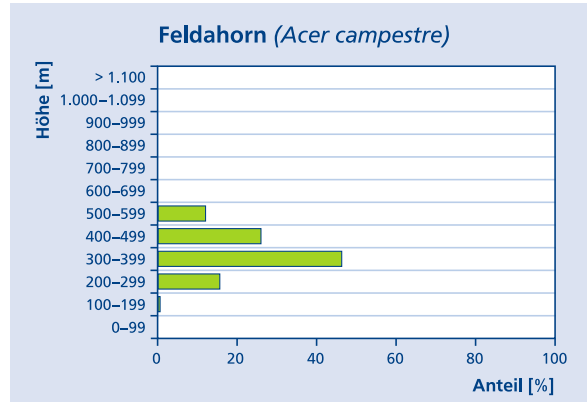
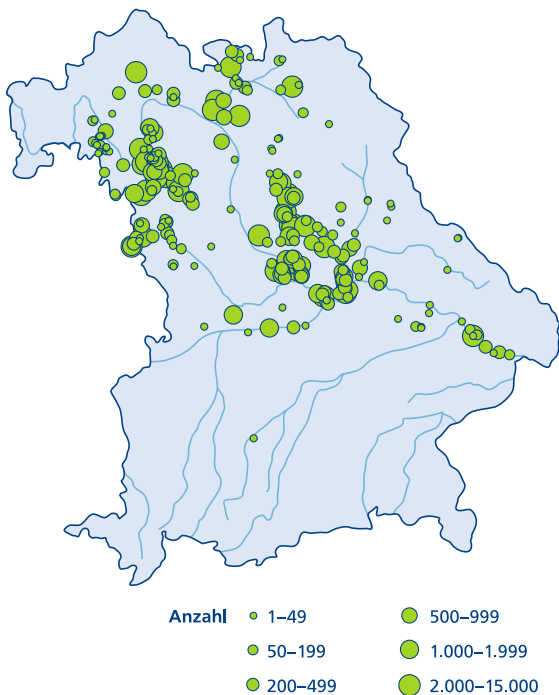


Abbildung 20: Höhenverbreitung des Feldahorns in Bayern (in % nach Höhenstufen)



Abbildung 21: Blätter des Feldahorns Foto: G. Huber

Abbildung 19: Verbreitung des Feldahorns (*Acer campestre*) in Bayern (Erfassung 2010–2012)



Südlich der Donau gibt es keine größeren Vorkommen mehr. Entlang der Donau erstreckt sich seine Verbreitung bis nach Passau. Bevorzugt werden Standorte in wärmebegünstigte Lagen in Gesellschaft mit der Elsbeere und in den Hartholzauen außerhalb der Überschwemmungsgebiete besiedelt. Da nur Baumhöhen von durchschnittlich 15m erreicht werden, kann er sich vor allem in lichten Wäldern oder Waldrändern behaupten. Mit fast 430.000 Bäumen (ca. 1.700 Bäumen je Vorkommen) gehört er zu den seltenen Baumarten in Bayern, die noch am häufigsten vorkommen (Tabelle 1). In den bayerischen Waldlandschaften besiedelt der Feldahorn Höhenlagen von 200 bis 600m mit einem Schwerpunkt zwischen 300 und 500m (Abbildung 20). Für die Bayerischen Alpen sind jedoch auch Fundorte bis etwa 800m in der Literatur erwähnt.

**Gefährdung und Erhaltung**

Der Feldahorn gehört zwar zu den seltenen Baumarten, er ist aber in den bayerischen Vorkommensgebieten sehr häufig anzutreffen. Erhaltungsmaßnahmen sind daher nicht notwendig. Als Baumart, die nicht



dem FoVG unterliegt, ist darauf zu achten, dass bei künstlicher Einbringung im Wald kein ungeeignetes Saatgut Verwendung findet und es z. B. durch »Billig-Importe« von Saat- und Pflanzgut zu einer genetisch unerwünschten Vermischung mit den autochthonen Herkünften kommt. Aufgrund seiner besonders trockenheitsertragenden Eigenschaften könnte die Baumart im Klimawandel eine temporäre walderhaltende Funktion übernehmen. Wegen ihrer ökologischen Bedeutung sollte diese bisher kaum forstwirtschaftlich genutzte Baumart gefördert werden.

**Wildbirne (*Pyrus pyraeaster*)**

Die Wildbirne ist der Vorfahr unserer heutigen Kultursorten. Sie ist in Europa bis in den europäischen Teil Russlands verbreitet. Die Baumart geht jedoch nicht so weit nach Norden wie der Wildapfel und erreicht die skandinavischen Länder nicht. Aufgrund ihrer hohen Lichtbedürftigkeit und der Konkurrenzschwäche gegenüber wüchsigeren Arten wird sie häufig auf extremere Standorte wie Auwälder, sonnige und trockene Hänge, lichte Wälder und Waldränder verdrängt. Schwerpunktmäßig kommt sie deshalb in wärmeliebenden Eichenwaldgesellschaften, im Auwald und an Waldrändern vor.

Abbildung 22: Verbreitung der Wildbirne (*Pyrus pyraeaster*) in Bayern

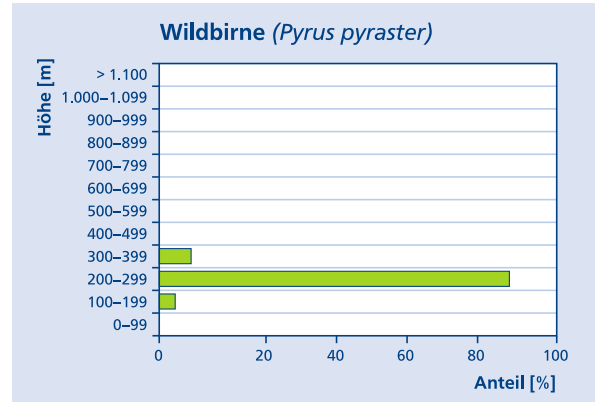


Abbildung 23: Höhenverbreitung der Wildbirne in Bayern (in % nach Höhenstufen)



Abbildung 24: Wildbirne im Limburger Forst Foto: A. Wurm

Die Wildbirne erreicht Höhen von über 20m und Durchmesser von bis zu 80cm. Sie wird bis zu 200 Jahre alt.

In Bayern wurden 30 Vorkommen mit 1.964 Wildbirnen gefunden (Tabelle 1). Darunter 15 mit mehr als vier Bäumen. Darüber hinaus wurden weitere 15 Fundorte mit Einzelbäumen und Kleingruppen kartiert. Die Verbreitungsschwerpunkte befinden sich südöstlich von Würzburg, im Limburger Forst (Mittelfranken) und südöstlich von Regensburg (Abbildung 22). In vielen





Abbildung 24: Wildbirnen-Früchte (links), Samen (rechts)

Fotos: G. Huber

Landesteilen konnten jedoch keine Vorkommen der Wildbirne gefunden werden. Die mittlere Vorkommensgröße mit ca. 130 Bäumen ist relativ hoch, wobei ihre Dichte mit ca. zwei Bäumen pro Hektar jedoch sehr niedrig ist (Tabelle 1).

In der Höhenverbreitung nimmt die Wildbirne einen ganz engen Bereich zwischen 100 und 400m ein (Abbildung 23). Fast 90% der Bäume wurden zwischen 200 und 300m erfasst. Ursache hierfür ist ihr Wärmebedürfnis und ihre standörtliche Präferenz für lichte Eichenwälder in tiefen wärmebegünstigten Lagen.

### *Gefährdung und Erhaltung*

Die Wildbirne muss auch in Bayern als gefährdet eingestuft werden. Der Naturverjüngungsanteil in den Vorkommen liegt bei unter einem Prozent (Tabelle 3) und ihr geringer Anteil in der geringsten Durchmesserstufe (12%) deutet auf eine allgemein schlechte Verjüngungssituation hin (Tabelle 2). Zudem besteht wegen ihrer geringen Vorkommensdichte (2,1 Bäumen/ha) und ihrer Selbstinkompatibilität eine hohe Gefahr der Einkreuzung durch Kultursorten. Durch Umwandlung der Mittelwälder in Hochwälder verliert die konkurrenzschwache Wildbirne außerdem potenzielle Besiedlungsstandorte.

Die Wildbirne sollte daher durch waldbauliche Maßnahmen stärker gefördert und neue Gründerpopulationen sollten auf geeigneten Standorten angelegt werden. Die künstliche Einbringung z. B. in Unter- und Mittelfranken sowie im Auwald sollte aber nur mit überprüfem Pflanzgut erfolgen. Zudem ist es dringend erforderlich, die Beerntung der noch vorhandenen autochthonen Wildbirnenpopulationen zu intensivieren, um geeignetes Saatgut für die Nachzucht bereitzustellen. Hierzu eignen sich vor allem die großen Vorkommen in Bayern.

## Literatur

- Aas, G. (2011): Die Elsbeere (*Sorbus torminalis*) – Biologie, Ökologie und Diversität, LWF Wissen 67, S. 7–12
- Cremer, E.; Konnert, M. (2010): Genetische Untersuchungen an Schwarzpappeln aus Bayern. LWF Wissen 64, S. 46–51
- Faust, K.; Fussi B. (2011): Erhaltung und Vermehrung einer seltenen und wertvollen Baumart. LWF Wissen 67, S. 17–21
- Hegi, G. (1926): Flora von Mitteleuropa.
- Hofmann, W. (1962): Der Speierling in Franken, Forstwissenschaftliches Centralblatt 81 (5/6), S. 148–155
- Huber, G.; Wurm, A. (2013a): Abschlussberichte zur Erfassung und Dokumentation der genetischen Ressourcen der Grün-Erle (*Alnus viridis*), Grau-Erle (*Alnus incana*) und Gemeinen Traubenkirsche (*Prunus padus*), Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE)
- Huber, G. (2010): Ergebnisse der Kartierung in Bayern – die bayerischen Schwarzpappelvorkommen. LWF Wissen 64, S. 15–28
- Huber, G.; Steiner, W.; Kätzel, R. (2013b): Verbreitung, Genetik und Erhaltungsstrategien des Wildapfels in Deutschland und in Bayern. LWF Wissen 71, S. 15–28
- Kausch-Blecken von Schmeling, W. (2000): Der Speierling – *Sorbus domestica* L. 2. überarb. Aufl.
- Kölling, C.; Müller-Kroehling, S. (2011): Standortliche Möglichkeiten für den Anbau der Elsbeere in Bayern. LWF Wissen 67, S. 13–16
- Konnert, M.; Hussendörfer, E.; Pelzer, K. (2006): Artbestimmung von Schwarzpappeln (*Populus nigra*) mit Hilfe von Isoenzym- und DNS-Analysen – erste Beispiele aus Bayern. LWF Wissen 52, S. 42–45
- Meyer, N.; Meierott, I.; Schuhwerk, H.; Angerer, O. (2005): Beiträge zur Gattung *Sorbus* in Bayern. Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft zur Erforschung der heimischen Flora, Sonderband, München Selbstverlag, S. 216
- Riederer, H.J.; Fritsch, M.; Kamp, T. (2012): Abschlussberichte zur Erfassung und Dokumentation der genetischen Ressourcen der Eibe (*Taxus baccata*), des Feldahorn (*Acer campestre*), des Speierlings (*Sorbus domestica*) und der Elsbeere (*Sorbus torminalis*), Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE)
- Schmidt, P.A. (1996): Zur Systematik und Variabilität der mitteleuropäischen Erlen (Gattung *Alnus* Mill.) Mitt. Dt. Dendrol. Ges. 82, S. 15–42
- Schröder, J.; Kätzel, R.; Schulze, T.; Kamp, T.; Huber, G.; Höltken, A.; Steiner, W.; Konnert, M. (2013): Seltene Baumarten in Deutschland – Zustand und Gefährdung. AFZ/Der Wald 12, S. 4–6
- Schütt, P.; Weisgerber, H.; Schuck, H.J.; Lang, U.; Roloff, A. (1998): Enzyklopädie der Holzgewächse, Ecomed Verlagsgesellschaft, Landsberg.

Weiterführende Beiträge zu den Baumarten finden Sie in verschiedenen Ausgaben von LWF Wissen und in der Enzyklopädie der Holzgewächse sowie auf [www.waldwissen.net](http://www.waldwissen.net).

**Keywords:** European Yew, Service Tree, Bird Cherry, Gray Alder, Green Alder, Wild Service Tree, Field Maple, European Wild Pear, Rare Tree Species, gen conservation, distribution area, Bavaria

**Summary:** Rare tree species have an important ecological role in our forests. In order to assess their risk and implement appropriate conservation action, their distribution and occurrence of focal points must be known. As part of a federal project, the genetic resources of 10 species were recorded from 2010 to 2012. In Bavaria, the proportion of detected rare tree species is approximately 0.4% of the forest area. Despite their generally low density, not all of them are actually endangered. Highly endangered tree species are the Wild Pear (*Pyrus pyraeaster*), the Wild Apple (*Malus sylvestris*) and the Service Tree (*Sorbus domestica*). The number of individuals within the populations of these three species is very small and tree densities are less than two trees per hectare. In addition, they regenerate only rarely and their age structures show clear tendencies of a general aging. However the populations of other rare tree species are not endangered, for example Gray Alder (*Alnus incana*) has a focal point of its distribution area in southern Bavaria and the Wild Service Tree (*Sorbus torminalis*) in lower and middle Franconia. In the following, the main results and conservation activities for Bavaria are described.

---

# Seltene Baum- und Straucharten im forstgenetischen Labor

Eva Cremer, Barbara Fussi und Monika Konnert

**Schlüsselwörter:** Genetische Variation, Genetische Marker, Eibe (*Taxus baccata*), Elsbeere (*Sorbus torminalis*), Schwarzpappel (*Populus nigra*), Hartriegel (*Cornus sanguinea*)

---

**Zusammenfassung:** Seltene Baum- und Straucharten sind wichtige Komponenten unserer Wälder und Landschaften, die langfristig erhalten werden müssen. Als zuständige Stelle für die Erhaltung forstlicher Genressourcen in Bayern beschäftigt sich das ASP mit genetischen Analysen bei seltenen Baum- und Straucharten. Für die Baumarten Eibe (*Taxus baccata*), Elsbeere (*Sorbus torminalis*), Schwarzpappel (*Populus nigra*) und die Strauchart Hartriegel (*Cornus sanguinea*) werden die Ergebnisse genetischer Untersuchungen und ihre Bedeutung für Generhaltung und Herkunftskontrolle beschrieben.

---

## Einleitung

Die Vorkommen seltener Baum- und Straucharten sind häufig räumlich isoliert und/oder bestehen nur noch aus wenigen Individuen, so dass die Gefahr einer genetischen Einengung (Verarmung) besteht. Durch gezielte Erhaltungsmaßnahmen soll dem entgegen gewirkt werden. Die Forstgenetik kann dafür wichtige Entscheidungshilfen erarbeiten, indem sie die genetische Variation in den Vorkommen und die genetischen Unterschiede zwischen diesen aufdeckt sowie genetische Prozesse wie Inzucht und Genfluss durch Pollen und Samen analysiert. Sie bedient sich dabei sogenannter Genmarker, durch die die Variation an bestimmten Abschnitten des Genoms erfasst werden kann. Für viele seltene Baumarten wie *Sorbus*-Arten, Eiben, Schwarzpappel, Wildapfel etc. stehen entsprechende genetische Marker bereits zur Verfügung. Für ausgewählte Straucharten werden solche Marker zurzeit entwickelt. Dies auch vor dem Hintergrund des neuen Bundesnaturschutzgesetzes, das vorgibt, dass ab 2020 in Deutschland nur einheimische Gehölze aus regionaler Herkunft (sogenannte gebietseigene Herkünfte) verwendet werden dürfen. Zur Überprüfung der Einhaltung dieser Vorgaben können genetische

Vergleichsanalysen unter Verwendung von genetischen Markern verwendet werden.

## Ergebnisse

### Eibe (*Taxus baccata*)

Um den Gefährdungsgrad von zehn als selten eingeschätzten Baumarten in Deutschland abschätzen zu können, darunter auch die Eibe, hat das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) das Vorhaben »Erfassung und Dokumentation genetischer Ressourcen seltener Baumarten in Deutschland« initiiert und finanziell gefördert (Kätzel et al. 2011). In dem Verbundvorhaben unter Beteiligung mehrerer Fachinstitutionen in Deutschland wurden auch genetische Analysen an ausgewählten Vorkommen durchgeführt, um deren genetische Diversität und Differenzierung zu bestimmen. Das ASP hat im Rahmen dieses Projektes 14 Eibenvorkommen in ganz Deutschland genetisch untersucht. Die Vorkommen verteilten sich auf Baden-Württemberg (1), Bayern (5), Thüringen (2), Rheinland-Pfalz (1), Niedersachsen (1), Nordrhein-Westfalen (1), Brandenburg (1) und Mecklenburg-Vorpommern (2). Die Auswahl der Bestände und die Probenbereitstellung erfolgten durch das Forstbüro Ostbayern. Die bayerischen Vorkommen lagen bei Gössweinsteig, Paterzell, Kelheim, Thumsee und im Bayerischen Wald.

Die Proben sind an 14 Isoenzym-Genorten untersucht worden: AAT-A, AAT-B, ADH-A, IDH-A, IDH-B, LAP-A, LAP-B, MDH-C, MNR-A, PEPCA, 6-PGDH-A, PGI-B, PGM-A, SDH-B. Diese Marker sind auf ihre genetische Kontrolle hin getestet (Hertel 1996; Lewandowski et al. 1992) und wurden auch in anderen Arbeiten erfolgreich bei der Eibe eingesetzt (Klumpp und Dhar 2011; Lewandowski et al. 1995; Tröber et al. 2004). Die genetische Vielfalt, d. h. die mittlere Anzahl der Genvarianten je Genort, zeigte nur geringe Unterschiede zwischen den Vorkommen und lag zwischen 2,00 (MV\_AltKarin) bis 2,50 (TH\_Veronikaberg). Demgegenüber ist die genetische Diversität ( $V_{gam}$ ) mit Werten von 40,00 (RP-Brodendbachtal) bis 946,51 (NI-Neuenburger) stark unterschiedlich (Abbildung 1). Hervorzuheben ist die

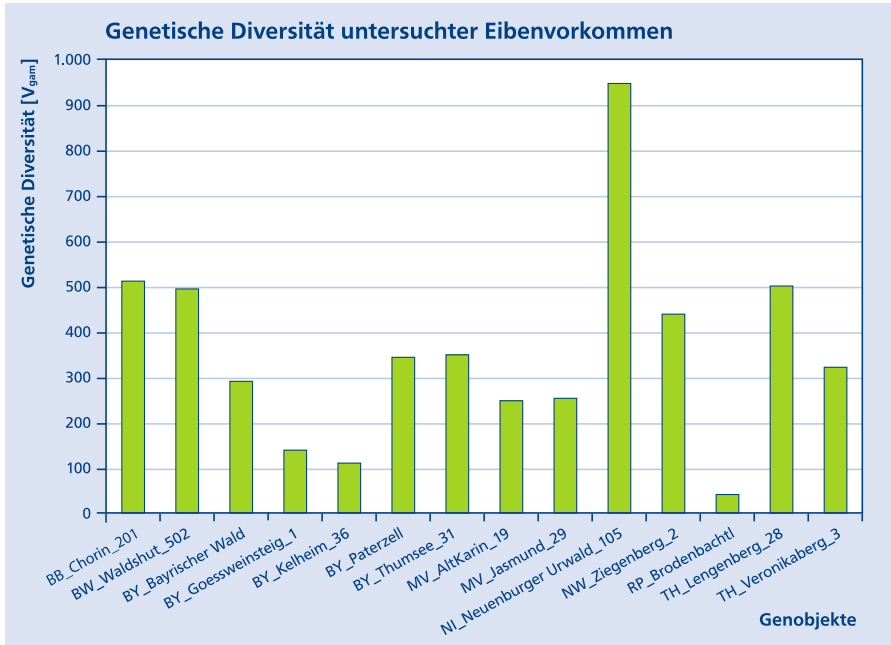


Abbildung 1:  
Genetische Diversität ( $V_{gam}$ ) in den untersuchten Eibenvorkommen.  $V_{gam}$  ist ein Maß für die Anzahl verschiedener Keimzellen (Gameten), die von einer Population gebildet werden können

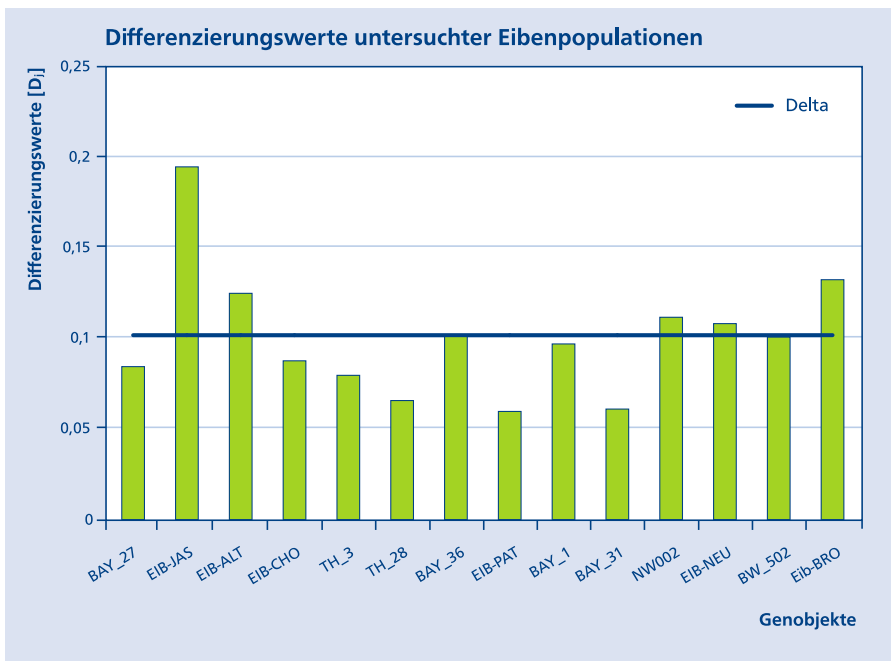


Abbildung 2:  
Differenzierungswerte ( $D_i$ ) der untersuchten Eibenpopulationen. Die blaue Linie zeigt die mittlere Differenzierung aller Populationen mit  $\delta = 10\%$  an.

geringe Diversität in den bayerischen Vorkommen aus Kelheim ( $V_{gam} = 110,08$ ) und Gössweinsteig ( $V_{gam} = 138,67$ ).

Der genetische Abstand zwischen den Eibenvorkommen ist ebenfalls sehr hoch und liegt zwischen 7% und 23%. Werte über 10% sind als vergleichsweise hoch einzustufen und gelten als ein Indiz für hohe genetische Unterschiede zwischen den Populationen. Der höchste Abstand wurde mit 23% zwischen den Vorkommen MV\_Jasmund und BY\_Kelheim sowie MV\_Jasmund und TH\_Veronikaberg gefunden. Dem-

gegenüber ist der Abstand zwischen den bayerischen Vorkommen aus dem Bayerischen Wald und von Paterzell bzw. Thumsee mit nur 7% am geringsten. Eine Clusteranalyse, die auf dem genetischen Abstand aufbaut, zeigt eine deutliche Nord-Süd-Trennung: Bestände aus Süddeutschland (Baden-Württemberg, Bayern, Thüringen) bilden eine Gruppe, die sich klar von den anderen Beständen absetzt.

Betrachtet man den Gesamtpool aller untersuchten Bestände, so ergibt sich eine Differenzierung von 10% (Abbildung 2). Dieser als hoch einzuschätzende Wert





Abbildung 3: Foto Eibe Foto: G. Huber

ist ein weiterer Indikator für die genetische Heterogenität der Eibenvorkommen aus Deutschland. Am wenigsten differenziert und damit am repräsentativsten für den Gesamtpool sind die Bestände Paterzell und Thumsee aus Bayern sowie Lengenbergl und Veronika-berg aus Thüringen. In Verbindung mit der vergleichsweise hohen Diversität in diesen Vorkommen erscheinen sie für die Generhaltung bei dieser Baumart neben dem Vorkommen aus Niedersachsen mit extrem hoher Diversität sehr gut geeignet.

Aufgrund der klaren genetischen Unterschiede zwischen den Eiben in Süd- und Norddeutschland sollten bei Generhaltungsmaßnahmen Vorkommen aus beiden Regionen einbezogen werden.

**Elsbeere (*Sorbus torminalis*)**

Auch die Elsbeere gehört zu den seltenen und gefährdeten Baumarten, die in dem oben genannten Projekt (siehe Eibe) erfasst und deren genetische Variation anhand ausgewählter Vorkommen am ASP untersucht wurde. Da bei der Elsbeere vegetative Vermehrung bekannt ist, wurde ein weiteres Augenmerk auf die Auswertung von klonalen Strukturen innerhalb der Bestände gelegt. Bei 17 Elsbeerenvorkommen verteilt über ganz Deutschland, darunter drei Vorkommen aus Bayern (Tabelle 1), wurde eine DNA-Analyse an jeweils 20 bis 30 Individuen pro Vorkommen mittels folgender Kernmikrosatelliten durchgeführt: MSS1, MSS5, MSS6, MSS9, MSS13, MSS16 (Ouddou-Muratorio et al. 2001); CH01h01 (Gianfranceschi et al. 1998) und CH02c09 (Liebhard et al. 2002).

Insgesamt wurden an den acht untersuchten Mikrosatelliten 138 Genvarianten (Allele) nachgewiesen. Die genetische Vielfalt, d.h. die mittlere Anzahl der Genvarianten je Genort, variiert in den Elsbeerenvorkommen zwischen 3,63 (BB\_Prehlitzwerder) und 10,88 (BY\_Iphofen). Diese Unterschiede sind als sehr hoch

einzuschätzen. In dreizehn der untersuchten Populationen wurden Allele gefunden, die spezifisch für die jeweilige Population sind und in anderen Populationen nicht vorkommen (private Allele). Den größten Anteil privater Allele weist die Population BW\_Birkensohl auf. Die genetische Diversität liegt für alle untersuchten Vorkommen zwischen 2,36 (BB\_Prehlitzwerder) und 5,81 (BY\_Iphofen) (Abbildung 4).

Vergleichsweise geringe Diversitäten weisen die Vorkommen Prehlitzwerder (Brandenburg), Klepeshagen (Mecklenburg-Vorpommern) und Messel (Hessen) auf. Die süddeutschen Vorkommen aus Baden-Württemberg und Bayern zeichnen sich, ebenso wie die Vorkommen Soonwald (Rheinland-Pfalz) und Utzberg (Thüringen), durch eine hohe Diversität aus.

Die beobachtete Heterozygotie ist in allen Populationen vergleichbar hoch (zwischen 75% und 86%). Bei der erwarteten Heterozygotie schwanken die Werte sehr stark und liegen zwischen 54% (BB\_Prehlitzwerder) und 80% (BY\_Iphofen). Der geringe Wert bei der Population BB\_Prehlitzwerder zeigt eine starke Abweichung von der Gleichverteilung (unter Hardy-Weinberg-Strukturen) und einen Überschuss an homozygoten (reinerbigen) Individuen an. Dies kann eine Folge der in diesem Bestand besonders ausgeprägten klonalen Strukturen sein (Tabelle 1). Unter den 20 Indi-

Population	N Proben	N Klone	N Individuen je Klon	N Genotypen
BB_Bredow	25	1	2	24
BB_Prehlitzwerder	20	3	2-5	15
BW_Birkensohl	31	3	2	28
BW_Lerchenberg	27	1	2	26
BW_Obergriesbach	26	3	2	23
BY_Herrsching	29	1	2	28
BY_Iphofen	30	1	2	28
BY_Neumarkt	30	0	-	30
HE_Messel	25	1	3	23
HE_Schwalmtal	27	1	2	25
MV_Klepeshagen	24	5	2-3	18
NI_Wettensen	25	2	2	23
NW_Eschweiler	30	4	2-3	25
RP_Soonwald	30	4	2	26
SN_Ziegenbusch	29	0	-	29
ST_Ziegelroda	25	0	-	25
TH_Utzberg	30	3	2	27
Gesamt	463	33	2-5	423

Tabelle 1: Klonale Strukturen innerhalb der untersuchten Elsbeerenvorkommen

viduen aus diesem Vorkommen sind drei Klone (d. h. Individuen) – mit exakt demselben Genotyp an allen Mikrosatellitenorten (gleicher Multilocus-Genotyp), mit jeweils 2–5 Ramets (Wiederholungen desselben Klons) gefunden worden. In den anderen Beständen schwankt die Anzahl der Klone innerhalb der Vorkommen zwischen 0 (BY\_Neumarkt, SN\_Ziegenbusch, ST\_Ziegelroda) und 5 (MV\_Klepelshagen). Die Anzahl der Individuen je Klon beträgt bis auf eine Ausnahme (ein Klon in BB\_Prehlitzwerder) jeweils zwei oder drei. Aufgrund dieser klonalen Strukturen liegt die Anzahl unterschiedlicher Multilocus-Genotypen bei nur 423,

obwohl 463 verschiedene Elsbeeren untersucht wurden.

Die Schwankungsbreite der genetischen Abstände zwischen den Elsbeerenvorkommen ist mit 15% bis 82% sehr hoch. Bei Verwendung dieser sehr variablen Genmarker sind Werte über 50% als vergleichsweise hoch einzuschätzen und ein Indiz für hohe genetische Unterschiede zwischen den Vorkommen. Der höchste Abstand wurde mit 82% zwischen den Vorkommen BB\_Prehlitzwerder und BY\_Neumarkt gefunden. Demgegenüber ist der Abstand zwischen den drei Vorkommen aus Baden-Württemberg (Birkensohl, Ler-

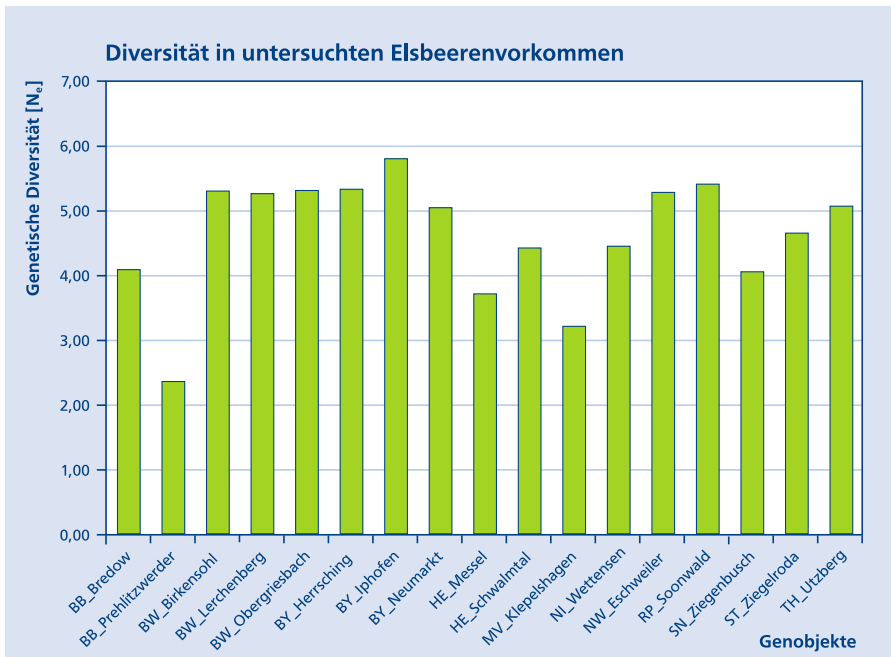


Abbildung 4: Genetische Diversität (N<sub>e</sub>) in den untersuchten Elsbeerenvorkommen

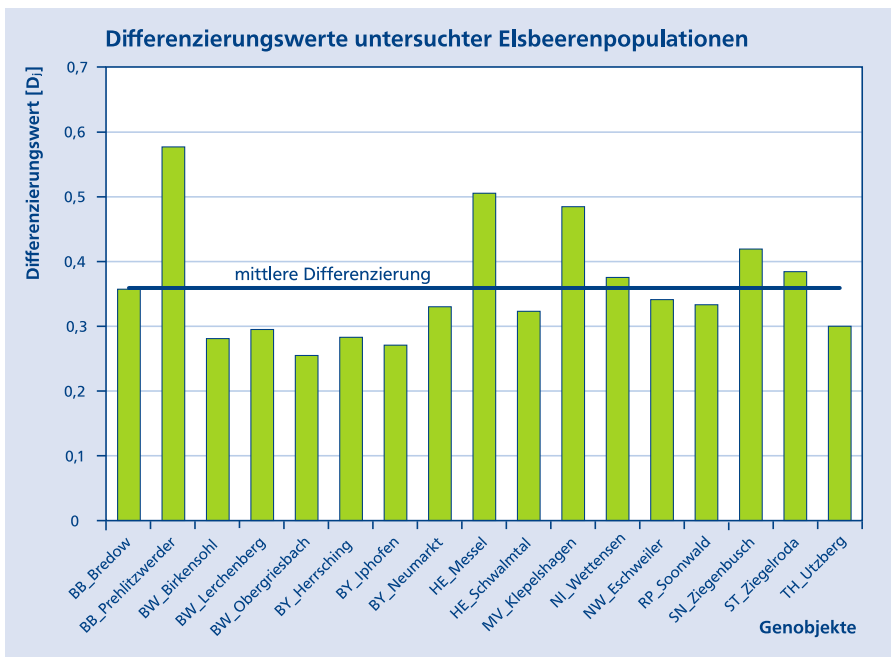


Abbildung 5: Differenzierungswerte (D<sub>j</sub>) der untersuchten Elsbeerenpopulationen. Die blaue Linie zeigt die mittlere Differenzierung aller Populationen mit 36% an

chenberg, Obergriesbach) mit nur 15–22% deutlich geringer. Ähnliches gilt für die Abstände zwischen den drei Beständen aus Bayern (Herrsching, Iphofen, Neu- markt) (22–30%). Eine klare geografische Gruppierung aller siebzehn Vorkommen aufgrund der genetischen Abstände ergab sich bei der Elsbeere nicht (wie z. B. bei der Eibe zwischen Nord- und Süddeutschland). Die mittlere Gesamtdifferenzierung aller Vorkommen ist mit 36% nicht so hoch, wie man aufgrund einiger Abstandswerte erwartet hätte. Wie Abbildung 5 zeigt, haben nur drei Vorkommen deutlich höhere Differenzierungswerte als das Mittel: der wiederholt auffällige Bestand BB\_Prehlitzwerder sowie HE\_Messel und MV\_Klepelshagen.

Am wenigsten differenziert und damit am repräsentativsten für alle siebzehn Vorkommen sind die Bestände Birkensohl, Lerchenberg und Obergriesbach aus Baden-Württemberg sowie Herrsching und Iphofen aus Bayern. In Verbindung mit der relativ hohen Diversität in diesen Vorkommen erscheinen sie für die Generhaltung bei dieser Baumart neben dem Vorkommen aus Thüringen, Rheinland-Pfalz und Nordrhein-Westfalen mit hohen Diversitätswerten sehr gut geeignet.

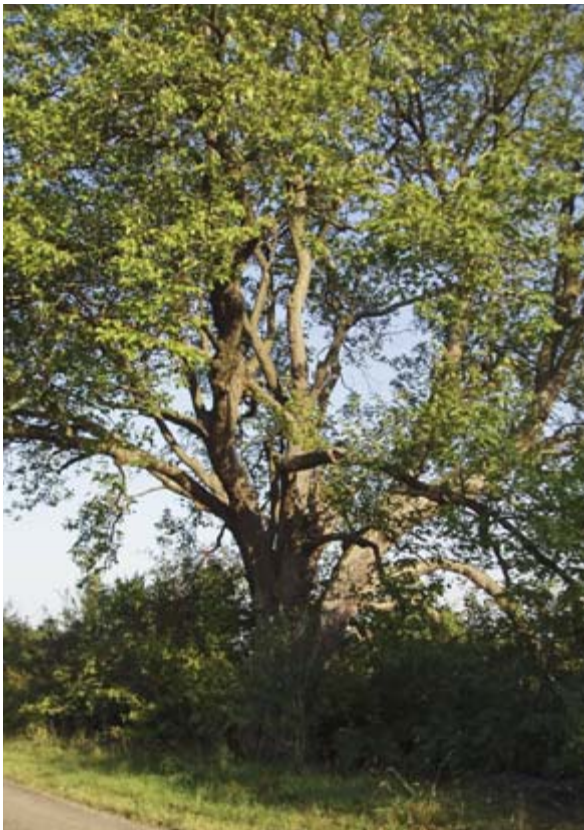


Abbildung 6: Elsbeere Foto: Forstbüro Oberbayern

### Schwarzpappel (*Populus nigra*)

Ziel der genetischen Untersuchungen bei der Schwarzpappel war die sichere Abgrenzung von Schwarz- und Hybridpappeln (Artzugehörigkeit) sowie die Bestimmung der genetischen Variation innerhalb und zwischen Vorkommen in Süddeutschland (Cremer und Konnert 2010).

Für die Artunterscheidung wurde in der Chloroplasten-DNS die trnF-trnL-Region untersucht. Proben von der reinen Schwarzpappel zeigen bei der Analyse auf einem Agarose-Gel eine Linie, Proben der Hybridpappel zwei Linien (Abbildung 7). Von den bislang über 2.500 zur Artüberprüfung untersuchten Pappeln wurden ca. 85% eindeutig als Schwarzpappel identifiziert, die übrigen 15% waren Hybridpappeln.

Die genetische Diversität und Differenzierung wurden anhand von sieben (bayerische Schwarzpappeluntersuchung [Cremer und Konnert 2010]), in den folgenden Untersuchungen an zehn Kernmikrosatelliten-Orten (SSRs) bestimmt: WPMS05, WPMS09, WPMS12, WPMS14, WPMS18, WPMS20, PMGC14, PMGC2163, PMGC0456, ORPM023 (van der Schoot et al. 2000; Smulders et al. 2001 Poplar Molecular Genetics Co-operative). Grundsätzlich wurde sowohl eine hohe genetische Variabilität in den untersuchten Pappel-Vorkommen als auch eine hohe Differenzierung zwischen diesen gefunden. Teilweise zeigten sich innerhalb der Vorkommen klonale Strukturen. Dabei trugen häufig benachbarte Individuen, im Fall des weitläufigen Vorkommens im Neckargebiet aber auch weiter entfernt stehende Individuen denselben Genotyp an allen untersuchten SSR-Orten. Entsprechend gab es in manchen Schwarzpappelvorkommen einen signifikanten Zusammenhang zwischen räumlicher und genetischer Distanz. In den meisten dieser Fälle handelt es sich um natürliche klonale Strukturen, die aus vegetativer Vermehrung Stockausschlag, Wurzelbrut oder Bewurzelung von Astabsprüngen entstanden sind. Im Neckargebiet konnten mittels des genetischen Fingerabdrucks künstliche klonale Strukturen nachgewiesen werden.

Mit einer Analyse der molekularen Varianz (AMOVA) ließen sich ca. 10% der genetischen Gesamtvariation auf Unterschiede zwischen Vorkommen unterschiedlicher Flusssysteme zurückführen. Dies ist ein vergleichsweise hoher Wert. Der genetische Abstand nach Nei zwischen Populationen unterschiedlicher Flusssysteme war mit 22 bis 28% bis zu dreimal höher als der zwischen den Populationen desselben Flusssystems (9%). Stecklinge für Erhaltungsmaßnahmen sollten demnach von mehreren Flusssystemen gewonnen und im Mutterquartier getrennt gehalten werden. So kann später entschieden werden,





Abbildung 7: Artunterscheidung mittels Chloroplasten-DNA-Marker; Schwarzpappeln zeigen jeweils eine Bande (Proben 1–3, 5, 6); Hybridpappeln dagegen zwei Banden (Proben 4, 7–9)



Abbildung 8: Schwarzpappel-Jungpflanzen aus generativer Vermehrung in der Baumschule Foto: ASP

ob man bei Wiedereinbringungsmaßnahmen nur die lokalen Klone verwendet oder zur Erhöhung der genetischen Variation auch Klone von anderen Flusssystemen hinzunimmt. Stecklinge sollten nur von genetisch auf Artreinheit überprüften Bäumen gewonnen werden, die möglichst weit auseinander liegen, um zu vermeiden, dass es sich um Klone handelt. Räumlich-genetische Korrelationen konnten bis zu einem Abstand von ca. 60m gefunden werden (Cremer und Konnert 2010).

Eine Alternative zur vegetativen Vermehrung ist die generative Vermehrung mittels Samen, auch wenn Samengewinnung und schnelle Aussaat bei Pappel nicht immer einfach sind. Eine Untersuchung von 100 Sämlingen aus der Ernte eines Schwarzpappelbestands an der Rott zeigte, dass die genetische Vielfalt und Diversität der Sämlingspopulation ähnlich der des Elternbestandes war. Die genetische Vielfalt in einer simulierten vegetativen Vermehrung durch Stecklinge

war deutlich geringer. Zudem ist das Geschlechterverhältnis bei der generativen Vermehrung ausgewogener als bei einer Stecklingsvermehrung, wo das Geschlecht der Stecklinge meist unberücksichtigt bleibt (Cremer et al. 2013).

#### **Hartriegel (*Cornus sanguinea*)**

Mit dem neuen Bundesnaturschutzgesetz, das ab 2020 die ausschließliche Verwendung gebietseigener Gehölze vorsieht, wird die Frage der Herkunftsüberprüfung mit genetischen Verfahren auch bei Sträuchern sehr aktuell. Ein häufig angepflanzter Strauch in Parks und entlang von Straßen ist der Hartriegel (*Cornus sanguinea*). Er formt 4–5m hohe Sträucher und bildet Hecken an Waldrändern, Flussläufen und in Auwäldern. Der Hartriegel vermehrt sich klonal, was dazu führen kann, dass in einer großen Hecke nur wenige genetisch unterschiedliche Typen vorkommen. Daher sind Kenntnisse über die genetische Ausstattung nicht nur für die Überprüfung der Vorkommen, sondern auch für die Generhaltung und zur Auswahl der Klone für den Aufbau von Samenplantagen wichtig.

Bisherige genetische Analysen an Hartriegel wurden anhand von Isoenzym- und Chloroplastengemarkern durchgeführt. Damit wurde nur eine geringe genetische Variation in den Vorkommen festgestellt (Leinemann et al. 2002; Liesebach und Götz, 2008). Das ASP hat nun zusammen mit Wissenschaftlern der Universität Tennessee in Knoxville (USA) 16 hochvariable Kernmikrosatelliten-Marker für Hartriegel entwickelt (Wadl et al. 2013). Sie eignen sich zur Bestimmung der genetischen Variation innerhalb und zwischen Vorkommen und zur Analyse der klonalen Strukturen. Sie werden aber auch eine Rückverfolgung des Vermehrungsguts auf die Erntevorkommen erlauben und damit die Herkunftskontrolle bei Hartriegel ermöglichen.

Kürzlich hat das ASP mit acht dieser Kernmikrosatelliten (CS4, CS5, CS19, CS21, CS22, CS26, CS27, CS30) elf Pflanzenpartien von Hartriegel untersucht. Dazu wurden Knospen von Jungpflanzen von der Baumschule Hörmann zur Verfügung gestellt. Die Samen, aus denen diese Pflanzen angezogen worden waren, stammten von elf Vorkommen aus drei Herkunftsgeländen (07 = Süddeutsches Hügel- und Bergland, Fränkische Platten und Mittelfränkisches Becken, 08 = Schwäbische und Fränkische Alb, Bayerischer Jura und 09 = Alpen und Alpenvorland). Je Partie wurden 19 bis 27 Sämlinge untersucht.

Insgesamt wurden an den acht untersuchten Genorten 80 Genvarianten (Allele) nachgewiesen. Die einzelnen Genorte zeigen zwischen fünf (Genort CS5) und



13 Allele (Genorte CS21 und CS27). Die mittlere Anzahl der Allele pro Herkunft liegt zwischen 3,9 (Schoedhof\_09) und 8,1 (Holstein\_07) und die genetische Diversität zwischen 2,6 (Dollnstein\_08) und 4,1 (Holstein\_07) (Abbildung 9).

Die beobachtete Heterozygotie zeigt keine großen Unterschiede zwischen den Pflanzenpartien und liegt mit Werten zwischen 53 und 68% im mittleren Bereich.

Der genetische Abstand nach Nei zeigt mit 5% den geringsten Wert zwischen Holstein\_07 und Holstein\_08 und den höchsten Wert mit 72% zwischen Kleinhohen-

ried\_09 und Dorsbrunn\_07. Diese Werte stellen eine extrem hohe Schwankung dar und bedeuten eine sehr geringe bzw. sehr starke Verwandtschaft der betreffenden Sämlingspartien. Diese Unterschiede werden auch aus der Abbildung 10 ersichtlich, in der die genetischen Abstände grafisch dargestellt sind. Hier befindet sich Kleinhohenried\_09 in der rechten unteren Ecke und Dorsbrunn\_07 in der linken oberen Ecke, was den großen Abstand dieser beiden Parteien bestätigt.

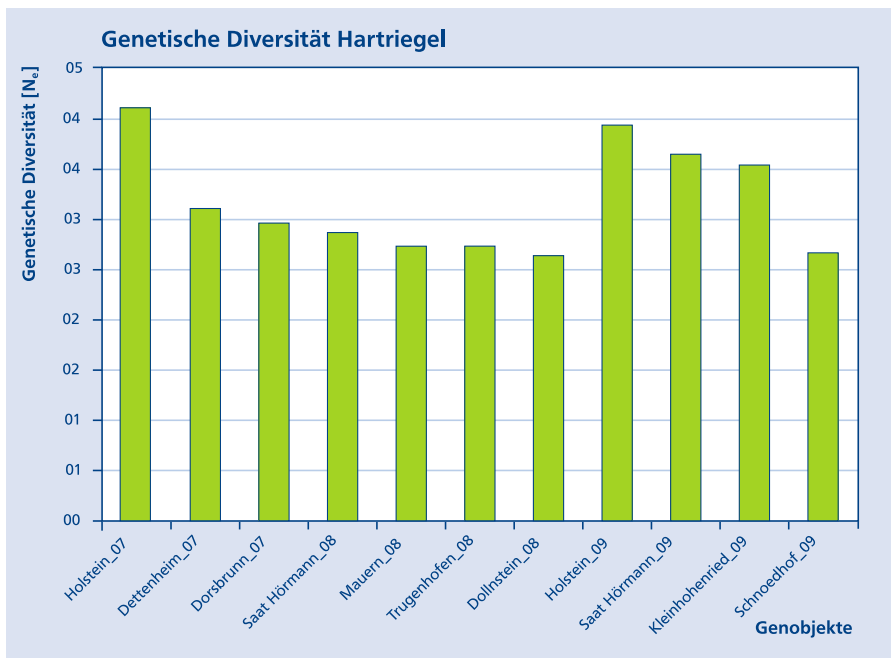


Abbildung 9: Genetische Diversität (Ne) in den untersuchten Pflanzenpartien des Hartriegels

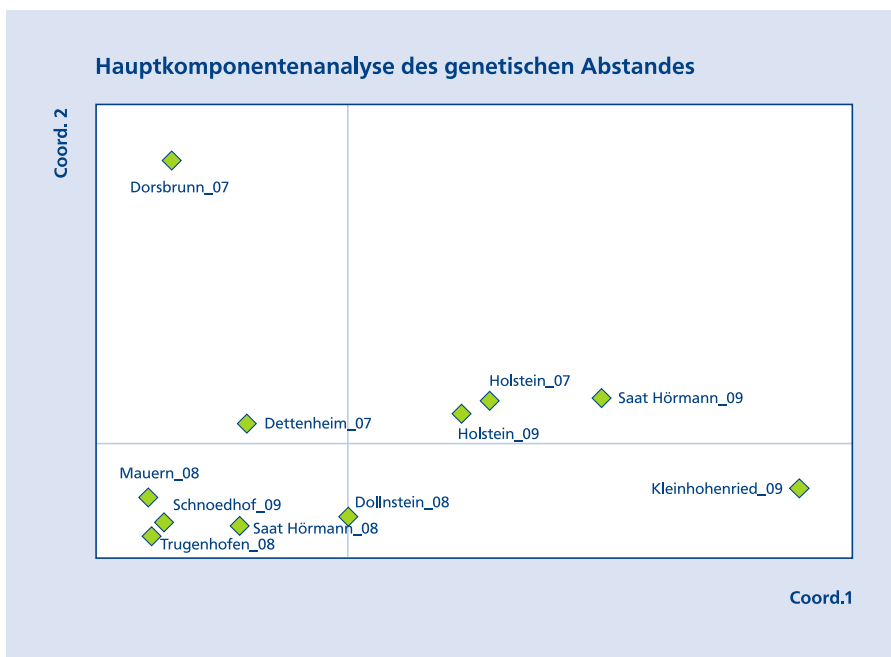


Abbildung 10: Hauptkomponentenanalyse des genetischen Abstandes nach Nei zwischen den elf Pflanzenpartien



Abbildung 11: Früchte des Europäischen Hartriegels (*Cornus sanguinea*). Foto: B. Fussi

## Literatur

- Cremer, E.; Luckas, M.; Konnert, M.; Buchwinkler, B. (2013): Generative Nachzucht fördert Erhalt von genetischer Vielfalt der Schwarzpappel. *AFZ/Der Wald* 2, S. 33–35
- Cremer, E.; Konnert, M. (2010): Genetische Untersuchungen an Schwarzpappeln aus Bayern. *LWF Wissen* 64, S. 46–51
- Gianfranceschi, L.; Seglias, N.; Tarchini, R.; Komjanc, M.; Gessler, C. (1998): Simple sequence repeats for the genetic analysis of apple. *Theor Appl Genet* 96, S. 1069–1076
- Hertel, H. (1996): Inheritance of isozyme markers in English yew (*Taxus baccata* L.), *Silvae Genetica* 45, S. 284–290
- Kätzler, R.; Schulze, T.; Becker, F.; Schröder, J.; Riederer, J.; Kamp, T.; Wurm, A.; Huber, G. (2011): Seltene Baumarten in Deutschland – Erfassung und Erhaltung. *AFZ/Der Wald* 19, S. 37–39
- Klump, R.; Dhar, A. (2011): Genetic variation of *Taxus baccata* L. populations in the Eastern Alps and its implications for conservation management. *Scandinavian Journal of Forest Research*, First published on 31 March 2011 (iFirst)
- Leinemann, L.; Bendixen, K.; Kownantzki, D.; Hattemer, H.H.; Liepe, K.; Stenger, G. (2002): Genetic studies in trees and shrubs for landscape propagation with emphasis on production and certification of reproductive material. *Allgemeine Forst und Jagdzeitung* 173: S. 146–152
- Lewandowski, A.; Burczyk, J.; Mejnartowicz, L. (1992): Inheritance and linkage of some allozymes in *Taxus baccata* L. *Silvae Genetica*, 41(6), S. 342–347
- Lewandowski, A.; Burczyk, J.; Mejnartowicz, L. (1995): Genetic structure of English yew (*Taxus baccata* L.) in the Wierzchlas Reserve: Implications for genetic conservation. *Forest Ecology and Management*, 73, S. 221–227
- Liebhard, R.; Gianfranceschi, L.; Koller, B.; Ryder, C.D.; Tarchini, R.; Van de Weg, E. et al. (2002): Development and characterisation of 140 new microsatellites in apple (*Malus domestica* Borkh.). *Mol Breeding* 10, S. 217–241
- Liesebach, H.; Götz, B. (2008): Low chloroplast DNA diversity in red dogwood (*Cornus sanguinea* L.). *Silvae Genetica* 57, S. 291–300
- Ouddou-Muratorio, S.; Aligon, C.; Decroocq, C.; Plomion, S.; Lamant, T.; Mush-Demesure, B. (2001): Microsatellite primers for *Sorbus torminalis* and related species. *Molecular Ecology Notes* 1: S. 297–299
- Smulders, M.J.M.; van der Schoot, J.; Arens, P.; Vosman, B. (2001): Trinucleotide repeat microsatellite markers for black poplar (*Populus nigra* L.). *Molecular Ecology Notes* 1, S. 188–190
- Tröber, U.; Paul, M.; Kahlert, K. (2004): Genetic characterization of English yew (*Taxus baccata* L.) in Thuringia and Saxony as basis for gene conservation, S. 275–288, 11. Arbeitstagung von 20. bis 22. September 2004. Teisendorf: Tagungsband.
- Van der Schoot, J.; Pospíškova, M.; Vosman, B.; Smulders, M.J.M. (2000): Development and characterisation of microsatellite markers in black poplar (*Populus nigra* L.). *Theoretical & Applied Genetics* 101, S. 317–322
- Wadl, P.A.; Hatmaker, A.; Fussi, B.; Scheffler, B.E.; Trigiano, R.N. (2013): Isolation and characterization of microsatellite loci for *Cornus sanguinea* (Cornaceae). *American Journal of Botany* *AJB Primer Notes & Protocols in the Plant Sciences* 1 (9): 1300012 doi:10.3732/apps.1300012

**Keywords:** genetic variation, genetic markers, yew tree (*Taxus baccata*), service tree (*Sorbus torminalis*), black poplar (*Populus nigra*), cornel (*Cornus sanguinea*)

**Summary:** Rare tree and shrub species are important components of our landscape that have to be maintained over a long-term period. Genetic analyses in rare tree and shrub species are, therefore, a focus of the Bavarian Institute for Forest seeding and Planting (ASP) that is responsible for the conservation of forest genetic resources in Bavaria. For the species yew tree (*Taxus baccata*), service tree (*Sorbus torminalis*), black poplar (*Populus nigra*) and cornel (*Cornus sanguinea*) the results of the genetic analyses and their importance for genetic conservation as well as for the source identity control systems are described.

# Sortenprüfung von Pappelhybriden für Energiewälder

Randolf Schirmer und Anna Haikali

**Schlüsselwörter:** Sortenprüfung, Pappel, Kurzumtriebsplantagen, Energiewald

**Zusammenfassung:** Das ASP prüft Pappelsorten hinsichtlich ihrer Eignung für Kurzumtriebsplantagen. Im Prüfprogramm sind alte Sorten, Neuzüchtungen und ausländische Kreuzungen. Der Vergleich dieser Sorten mit den geprüften und empfohlenen Standardsorten Max 1, Max 3 und Hybride 275 zeigt, dass besonders die Hybridformen von Schwarzpappeln (*P. nigra*, *P. deltoides*) in ihrer Biomassenleistung – trotz einer auf manchen Flächen anfangs erfolgversprechenden Entwicklung – nicht mit zahlreichen Balsampappelkreuzungen mithalten können. Schwarzpappelhybride treiben tendenziell später aus als Balsampappelhybride und sind häufiger von Pilzen (*Meilampsora sp.*; *Dothichiza populea*) befallen. Die Folge sind geringere Zuwächse und höhere Ausfallraten. Auf Grund des in Bayern feucht-kühleren Klimas mit einhergehendem hohem Infektionsdruck durch Pilze können die in Italien erzielbaren, hohen Biomasseerträge zahlreicher italienischer Klone hier nicht erreicht werden. Die in den Versuchen des ASP enthaltenen Sorten zeigen bereits im ersten sechsjährigen Umtrieb eine sehr breite Spreitung ihrer Leistung von jährlich zwei bis 12 t Trockensubstanz/ha. Etliche

im EU-Ausland als »geprüft« eingestufte und damit uneingeschränkt vertriebsfähige Sorten weisen erhebliche Leistungsdefizite auf. Die Überprüfung von Sorten unter süddeutschen Klimabedingungen und Ableitung von Sortenempfehlungen sind daher unverzichtbar. Aufgrund der Ergebnisse werden fünf zusätzliche kurzumtriebstaugliche Sorten in die »Herkunftsempfehlungen für forstliches Vermehrungsgut in Bayern« aufgenommen. Für drei weitere Sorten ist die Grundlage für einen Antrag auf Zulassung in der FoVG-Kategorie »geprüft« geschaffen worden.

Energiewälder sind forstliche Kulturen vorwiegend aus Pappelhybriden, die zur Produktion von Hackenschnitzeln auf landwirtschaftlichen Flächen angebaut werden. In Bayern wurden seit dem Jahr 2007 über 1.500 ha dieser Kurzumtriebsplantagen (KUP) neu angelegt.

Voraussetzung für einen erfolgreichen Energieholzanbau sind leistungsfähige Pappelsorten. Zwischen den Sorten bestehen erhebliche genetische Unterschiede, die sich in unterschiedlicher Anfälligkeit gegenüber Pilz-

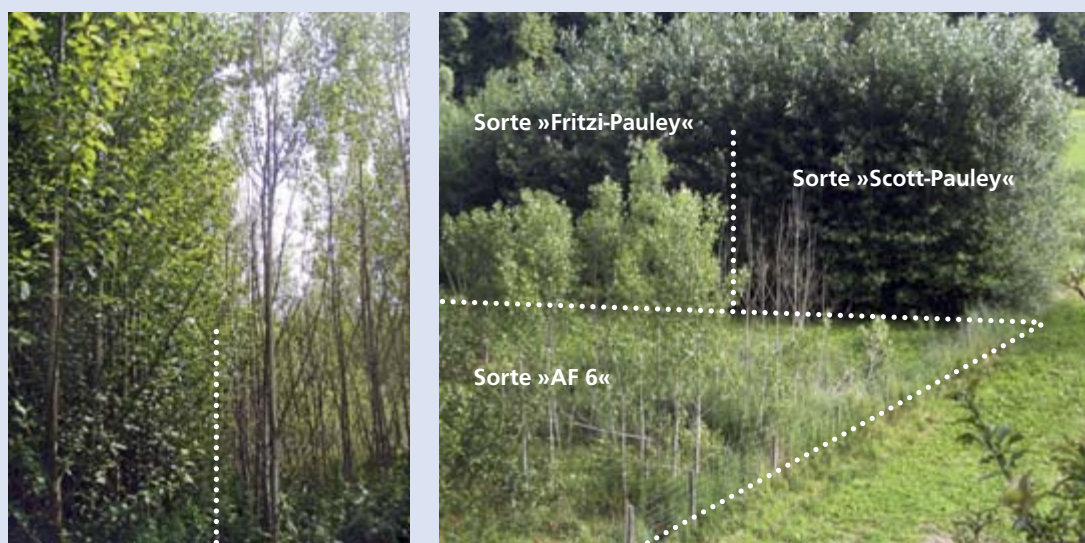


Abbildung 1: Sortenunterschiede im Alter 6 Fotos: ASP

befall und sortenspezifischer Wuchsleistung widerspiegeln (Abbildung 1). Nur ertragreiche Sorten machen Kurzumtriebsplantagen betriebswirtschaftlich rentabel.

Pappelsorten müssen wegen des mit Klonen einhergehenden erhöhten Betriebsrisikos nach den Verbraucherschutzbestimmungen des Forstvermehrungsgutgesetzes (FoVG) für den Vertrieb in der Kategorie »geprüft« zugelassen werden. Nur geprüfte Sorten dürfen in Deutschland und zahlreichen anderen EU-Staaten durch Baumschulen in Verkehr gebracht werden.

Ziel der Sortenprüfung ist daher die Empfehlung vorhandener Sorten für KUP bzw. die Neuzulassung von Sorten nach FoVG. Die Sortenprüfung erfolgt in folgenden Schritten (Abbildung 2):

Sorten der Kategorie »geprüft« aus anderen EU-Staaten sind rechtlich EU-weit vertriebsfähig und können in Deutschland gehandelt werden. Die Prüfung erfolgte jedoch unter anderen Standorts- und Klimabedingungen als bei uns und gibt keine Gewähr, dass diese Sorten auch bei uns nachhaltig gute Ertragsleistungen aufweisen. Daher ist eine regionale Prüfung notwendig, um für Landwirte erfolgversprechende Sortenempfehlungen erstellen zu können.

Das ASP hat von allen staatlichen Einrichtungen in Bayern die längste Erfahrung mit dem Anbau von Pappelhybriden. Seit den 1970er Jahren wurden Ver-

suchsflächen mit Pappeln zur Erarbeitung von Sortenempfehlungen angelegt – anfangs vor allem für den Hochwaldanbau, ab ca. 1980 zunehmend für Kurzumtriebsplantagen. Die Sortenprüfung ist Grundlage für die offiziellen Sortenempfehlungen in den »Herkunftsempfehlungen für forstliches Vermehrungsgut in Bayern« (<http://www.stmelf.bayern.de/wald/asp/014927/index.php>).

### Möglichkeiten der Bereitstellung neuer Sorten für KUP

Der Umfang geeigneter Pappelsorten für Energieholz-anbau ist noch begrenzt. Um weitere KUP-taugliche Sorten für den Markt bereitstellen zu können, bestehen folgende Handlungsoptionen:

- Neuzüchtung durch Kreuzung und Selektion von Plusbaumnachkommenschaften mit hoher Wuchsleistung
- Überprüfung von alten Hochwaldsorten hinsichtlich ihrer KUP-Eignung
- Einfuhr ausländischer Pappelsorten und Testung ihrer Kurzumtriebseignung unter unseren Standortbedingungen

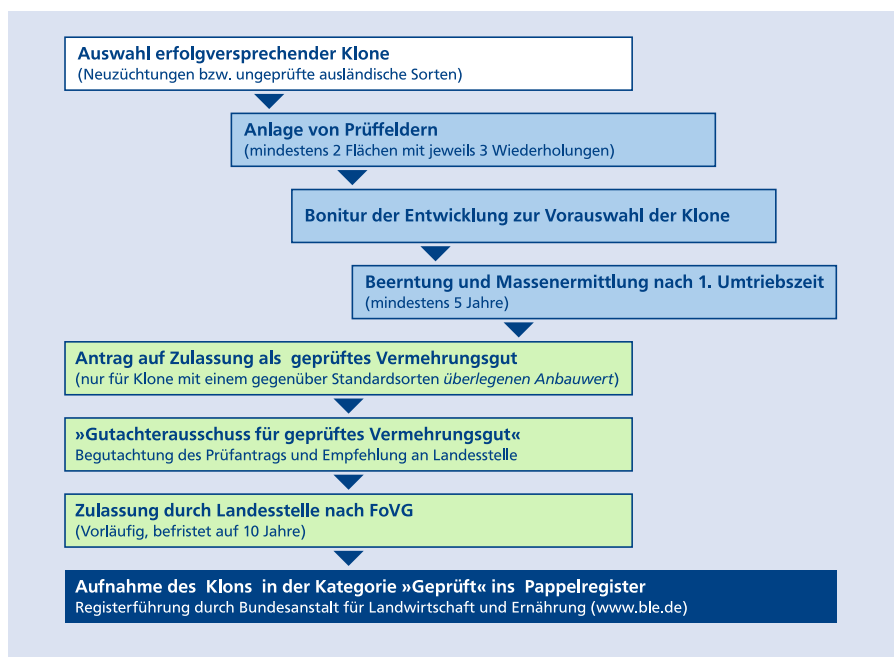


Abbildung 2:  
Ablauf einer Sortenprüfung



Das ASP bearbeitet diese Möglichkeiten in Projekten wie z.B. FASTWOOD in Kooperation mit Kollegialstellen. Erfolgversprechende Sorten werden gesichtet und in Sortensammlungen archiviert. Die Sorten werden in Mutterquartieren weitervermehrt und deren Ertragsleistung auf Prüffeldern verglichen.

Die Sortensammlung des ASP ist mit ca. 320 Sorten das größte Pappelsortenarchiv in Süddeutschland. Alle Sorten sind genetisch charakterisiert und in einem Sortenkataster erfasst.

Auf Prüffeldern, die das ASP auf insgesamt etwa 13 ha angelegt hat, stehen ca. 150 Sorten (Abbildung 3). Das Standortspektrum der Prüffelder reicht von wärmebegünstigten Lössböden bis hin zu tonigen, kühlen Standorten mit hoch anstehendem Grundwasser. Wegen des unterschiedlichen Wuchsverhaltens der verschiedenen Sorten hinsichtlich Überlebensrate, Höhen- bzw. Massenentwicklung sind die Prüffelder in ihrem Erscheinungsbild sehr inhomogen. Die Umtriebszeit beträgt drei bzw. sechs Jahre.

An den Versuchsstandorten werden Sortenbeschreibungen, Bonituren des Austriebs- und Abschlussverhaltens und des Pilzbefalls sowie Massenermittlungen durchgeführt. Die exakte Bestimmung der Biomassenproduktion ist Grundlage für die Bewertung der Sorten.

Abbildung 3: Standorte des ASP mit Prüffeldern und Sortenschauen



### Ergebnisse der Prüffeldanbauten

In Energiewäldern werden vier Arten der Gattung *Populus* angebaut: Europäische und amerikanische Schwarzpappel (*P. nigra*; *P. deltoides*) sowie Amerikanische und Asiatische Balsampappeln (*P. trichocarpa*; *P. maximowiczii*). Da Pappelsorten kreuzungsbedingt sehr nah verwandt sind, gibt es zwischen ihnen keine unterschiedlichen Standortanforderungen wie bei den forstlichen Hauptbaumarten.

Das Leistungsniveau des auf der jeweiligen Prüffläche angebauten Sortenkollektivs ist standortbedingt unterschiedlich hoch. Das Ranking der Sorten ist aber ähnlich und standortunabhängig. Empfehlenswerte Sorten zeigen auf allen Standorten überdurchschnittliche Leistungen, wenn auch auf schlechten Böden auf deutlich niedrigerem Level als auf gut geeigneten Standorten. Die Leistungsfähigkeit neuer Sorten wird in den folgenden Darstellungen stets mit dem Produktionspotenzial der geprüften und empfohlenen KUP-Standardsorten Max 1, Max 3 und Hybride 275 verglichen. Bei diesen Sorten handelt es sich um Balsampappel- bzw. Balsampappel/Schwarzpappelhybride.

Haupthindernisse in der Anwuchsphase sind Früh- und Spätfrostschäden, Wühlmausverbiss, Unkrautkonkurrenz und langsamer Anwuchs wegen Sauerstoffmangels durch hoch anstehendes Grundwasser bzw. tonige Bodensubstrate.

Von allen Versuchsstandorten des ASP entwickelt sich das Prüffeld Großostheim wegen der optimalen Standortbedingungen (Lössboden, vorhergehende Ackernutzung, hohe Jahresdurchschnittstemperaturen) am besten. Ausgewählte italienische Sorten erreichen hier bereits im zweiten Wuchsjahr Mittelhöhen von 5,95 m. Sie können diesen Wuchsvorsprung aber bis zur Ernte nach sechs Jahren nicht halten. Die KUP-Standardsorten übertreffen dann alle italienischen Klone in der Biomassenproduktion.

### Entwicklung von Altsorten und ausländischen Sorten

In den nachfolgenden Tabellen und Abbildungen sind die Sorten zur besseren Unterscheidung farblich gekennzeichnet: Balsampappeln grün (*P. trichocarpa*: dunkelgrün; *P. maximowiczii*: hellgrün) und Schwarzpappeln orange-rot (*P. nigra*: orange; *P. deltoides*: rot).

KUP-Standardsorten haben sich auf allen Flächen sehr gut bewährt und sind durch anhaltende, überdurchschnittliche Biomasseproduktion und hohe Resistenz gegenüber Pilzen gekennzeichnet. Auf einzelnen Flächen werden sie von den Balsampappelhybriden Fritzi Pauley, Matrix 21, Koreana 6/69, Kamabuchi, Trichobel, 76/56 und 30/84 übertroffen. Ihr Ertrag liegt im ersten sechsjährigen Umtrieb je nach Standortsqualität bei jährlich sieben bis elf Tonnen Trockensubstanz/ha (Tabelle 1).

Balsampappelhybride mit der Beteiligung von mindestens 50% *P. trichocarpa* bzw. *P. maximowiczii* zeigen sehr erfolgversprechende Leistungen. Einige Sorten haben Zulassungspotenzial.

Schwarzpappelhybride bleiben in der Regel durch die Kombination von hohen Ausfällen und gedämpfter

Wuchsleistung unter dem Leistungsniveau der balsampappelhaltigen KUP-Standardsorten. Sorten mit Beteiligung von Balsampappeln weisen generell höhere Erträge auf als reine Schwarzpappelkreuzungen. Auf dem wärmsten Standort Großostheim leisten Schwarzpappelhybride zwar deutlich mehr als z.B. auf dem kühl-feuchten Prüffeld Ebrach, erreichen jedoch auch dort nicht den Mittelwert der KUP-Standardsorten.

Mit zunehmendem Wärmeangebot verringert sich der Leistungsvorsprung der Balsampappelhybriden gegenüber den Schwarzpappelhybriden. Der Leistungsvorsprung der KUP-Standardsorten beträgt in Ebrach etwa das Dreifache der Schwarzpappelhybriden, in Großostheim nur noch das 1,8fache. Auf kühl-feuchten Standorten sind in der Anwuchsphase höhere Ausfälle durch Früh-/Spätfrost und gleichzeitig langsames Sprosslängenwachstum – bei zugleich günstigeren

Kreuzungsgruppe	Sorte	Mittl. TS/ha*a (t)
trichocarpa × trichocarpa	Fritzi Pauley	11,52
trichocarpa × maximowiczii	Matrix21	11,48
trichocarpa × koreana	Koreana 6/69	11,13
maximowiczii × nigra	Kamabuchi	9,22
trichocarpa × trichocarpa	Trichobel	9,15
maximowiczii × berolinensis	76/56	8,68
trichocarpa × szechuanica	30/84	8,67
	KUP-Standardsorten (Max 1; Max 3, Hybride 275)	8,50
trichocarpa × trichocarpa	Scott Pauley	8,47
maximowiczii × berolinensis	Oxford	8,29
canadensis (deltoides × nigra)	AF 2	7,36
maximowiczii × freie Abblüte	125/74	7,33
canadensis (deltoides × nigra)	Monviso	6,94
trichocarpa × freie Abblüte	Mohawk	6,73
trichocarpa × szechuanica	22/84	6,20
trichocarpa × trichocarpa	14/70	6,04
(maximowiczii × berolinensis) × trichocarpa	217/75(3)	5,11
generosa (deltoides × trichocarpa) × nigra	AF 6	4,78
generosa (deltoides × trichocarpa) × trichocarpa	AF 8	4,62
trichocarpa × maximowiczii	Androscoggin	4,50
maximowiczii × freie Abblüte	120/74	4,50
canadensis (deltoides × nigra)	Sirio	3,79
maximowiczii × nigra	Rochester	3,36
generosa (deltoides × trichocarpa) × nigra	Pegaso	2,17
deltoides	Lux	2,15

Tabelle 1: Mittelwerte der jährlichen Trockensubstanzproduktion über alle Prüffelder der Serie 2007/12 während der ersten sechsjährigen Umtriebszeit



Abbildung 4: Stammbrüche als Folge des Befalls mit *Dothichiza populea* im Alter fünf (Prüffeld Ebrach) Foto: ASP

Ab dem dritten Wuchsjahr stagniert die Durchmesserentwicklung der schwarzpappelhaltigen Sorten auf klimatisch kühleren Standorten, während die KUP-Standardsorten kontinuierlich den Zuwachs steigern können. Schwarzpappelhybride sind durch sehr späten Austrieb im Frühjahr (Abbildung 6a, Sorte AF 8), lichte Kronen (Abbildung 6b, Sorte AF 8) und Vergra- sung der Versuchspartzen (Abbildung 6c Sorte Mon- viso) gekennzeichnet.

Ab einem Alter von vier Jahren führen Risse am Stammfuß durch Pilzbefall mit *Dothichiza populea* und nachfolgenden Stammbrüchen bei diesen Hybriden auch auf bislang vollbestockten Partzen zu deutlich ansteigenden Ausfällen (Abbildung 4).

Wuchsbedingungen für die Begleitvegetation – zu be- obachten.

Sorten mit Beteiligung der amerikanischen Schwarz- pappel (*P. deltoides*) sind besonders leistungsschwach. Viele dieser Sorten (*P. nigra* × *P. deltoides*) wie z. B. die italienischen AF-Sorten zeigen nur in den ersten Jahren vor allem auf wärmebegünstigten Versuchsstandorten den deutschen KUP-Standard- sorten vergleichbare Leistungen. Zwar können einige dieser Schwarzpappel- hybride anfangs im Höhenwachstum gut mit den Stan- dardsorten mithalten, erreichen aber nicht deren Massenleistung (Abbildung 5).

### Ergebnisse der Prüferserie 2007/2012

Nachfolgend werden detaillierte Ergebnisse des ersten sechsjährigen Umtriebs der Prüferserie 2007/12 auf den Flächen Großostheim, Ebrach, Trostberg und Zeltsberg (Abbildung 3) dargestellt. Der Pflanzverband beträgt 1 m × 2 m. Durch vollständige Massenermittlung großer Versuchspartzen statt Stichprobenuntersuchungen konnten praxisnahe Biomasseerträge ermittelt werden.

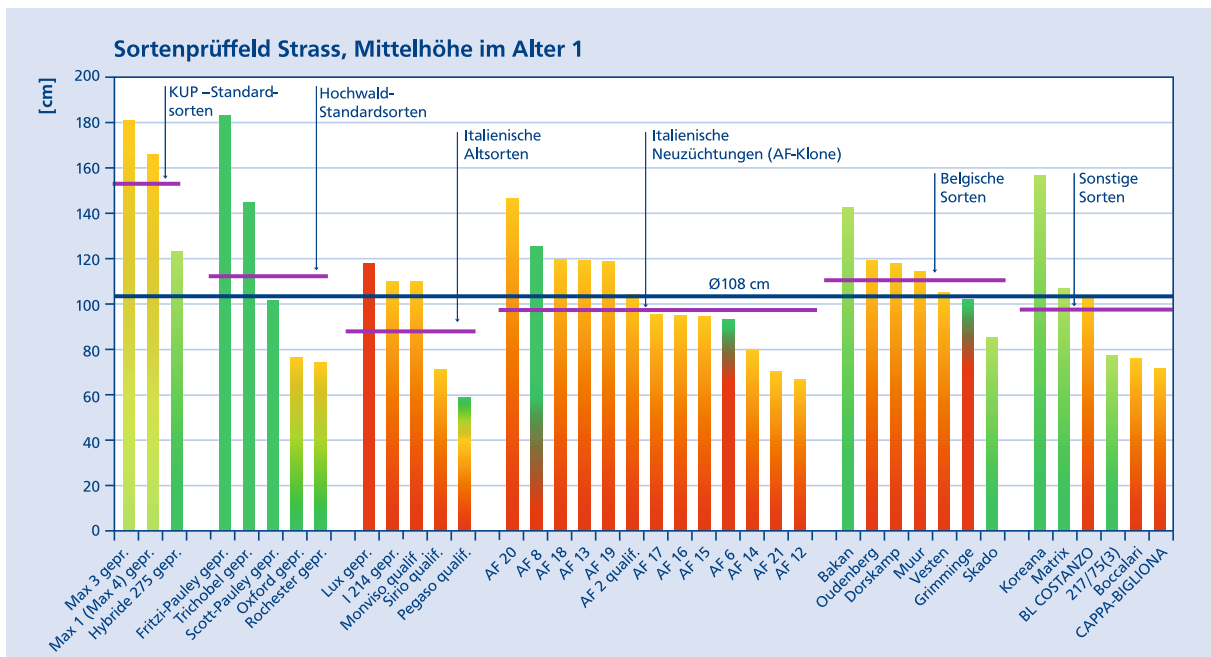


Abbildung 5: Höhenentwicklung ausgewählter Sorten im Prüffeld Strass im Anlagejahr (rot-orange: Schwarzpappelhybride; grün: Balsampappelhybride)

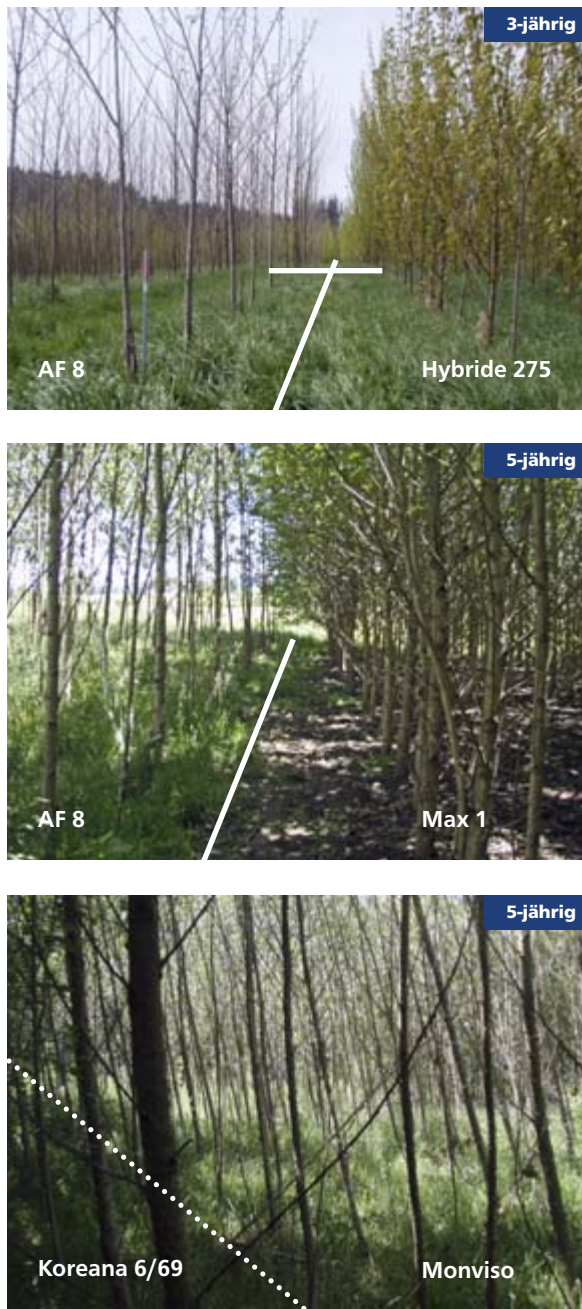


Abbildung 6: Vergleich von balsampappelhaltigen KUP-Standardsorten (Hybride 275, Max 1) mit italienischen Schwarzpappelhybriden (AF 8, Monviso) im Alter drei und fünf (Prüffeld Zeltsberg) Fotos: ASP

### Überlebensraten

Die mittlere Überlebensrate über alle Sorten und Prüffelder am Ende der Umtriebszeit betrug 71%. Schlechte Sorten hatten nur Überlebensraten von 12%, während bei den besten Sorten zum Erntezeitpunkt noch 95% der gesteckten Pflanzen vorhanden waren (Tabelle 2). Die KUP-Standardsorten bewährten sich auf allen vier Prüffeldern. Ihre mittlere Überlebensrate lag auf allen Flächen bei 85%.

Die Überlebensrate wurde neben den Sorteneigenschaften stark von Standort, Bodenvorbereitung und Unkrautkonkurrenz im Anlagejahr beeinflusst. Auf den klimatisch kühleren Prüffeldern waren die Überlebensraten wegen besonders hoher Ausfälle bei den Schwarzpappelhybriden niedriger als auf den wärmeren Standorten. Auf dem wärmsten unterfränkischen Standort Großostheim waren keine Unterschiede zwischen Schwarzpappelkreuzungen (*P. nigra* × *P. deltoides*) und Balsampappelkreuzungen (*P. trichocarpa* × *P. maximowiczii*) erkennbar.

Sorten mit Überlebensraten von weniger als 65% sind ungeeignet, da die verbliebenen Pflanzen die Ausfälle auch durch den standraumbedingten Mehrzuwachs nicht ausgleichen können. Zu dieser Gruppe zählen die Sorten Lux, Pegaso und Sirio. Lux ist nach EU-Richtlinie 105/1999 in Italien in Kategorie »geprüft« eingestuft und damit in Deutschland nach FoVG vertriebsfähig.

### Massenleistung

Die mittlere Biomassenproduktion über alle Sorten und Prüffelder betrug jährlich 7,1 t Trockensubstanz/ha. Die Erträge der einzelnen Sorten schwankten sehr stark zwischen 0,5 t/ha und 16,9 t/ha. Im Prüffeld Ebrach produzierten die schlechtesten Sorten jährlich drei Schüttraummeter (Srm)/Hektar – die besten dagegen 78 Srm/ha. Die Standardsorten erzeugten jährlich 41 Srm/ha.

Um die Sorten unabhängig vom Standort bewerten zu können, wurden sie fünf relativen Leistungsstufen zugeordnet (Tabelle 3). Maßstab für die Eingruppierung der Sorten war die Massenleistung der KUP-Standardsorten Max 1, Max 3 und Hybride 275 auf dem jeweiligen Standort. Sie zeigten auf allen Prüffeldern mit einer durchschnittlichen Produktionsleistung von jährlich 8,6 t TS/ha eine gute Entwicklung. Auf dem warmen Lössboden von Großostheim erbrachten sie mit 10,8 t TS/ha 60% mehr Ertrag als auf dem kühleren Tonboden von Ebrach (6,8 t TS/ha).



Die an der Kreuzung beteiligten Arten beeinflussten die Erträge in hohem Maß. Die in Abbildung 7 rot markierten Schwarzpappelhybriden zeigten deutlich niedrigere Überlebensraten und geringe Produktionsleistungen als viele andere Kreuzungskombinationen. Besonders die Einkreuzung von *P. deltoides* führte unter unseren Klimabedingungen zu starken Leistungsverlusten. Die ita-

lienischen Altsorten sowie die neuen italienischen AF-Züchtungen sind daher bei uns nicht geeignet.

Dagegen ging die Einkreuzung von Balsampappeln, insbesondere von *P. trichocarpa*, tendenziell mit steigenden Biomasseleistungen einher. Die KUP-Standardsorten (blauer Kreis in Abbildung 7) lagen hinsichtlich

Mittlere Überlebensrate über alle Prüffelder					
unter 40%	40–50%	50–60%	60–70%	70–80%	80–90%
Sirio: 37	Pegaso: 48		Rochester: 70	Mohawk: 78	KUP-Standard-sorten: 85
Lux: 23			AF 6: 66	Monviso: 77	Oxford: 85
A4A: 12			Androscoggin: 65	Matrix 21: 75	217/75(3): 85
			AF 8: 61	120/74: 74	Koreana 6/69: 84
			22/84: 61	Kamabuchi: 73	Scott-Pauley: 84
			30/84: 61	14/70: 72	76/56: 83
				Trichobel: 71	Fritzi-Pauley: 82
				AF 2: 71	125/74: 81

Tabelle 2: Mittlere Überlebensraten der Prüfsorten am Ende der sechsjährigen Umtriebszeit (rot-orange: schwarzpappelhaltige Kreuzungen; grün: balsampappelhaltige Kreuzungen; Angaben in %)

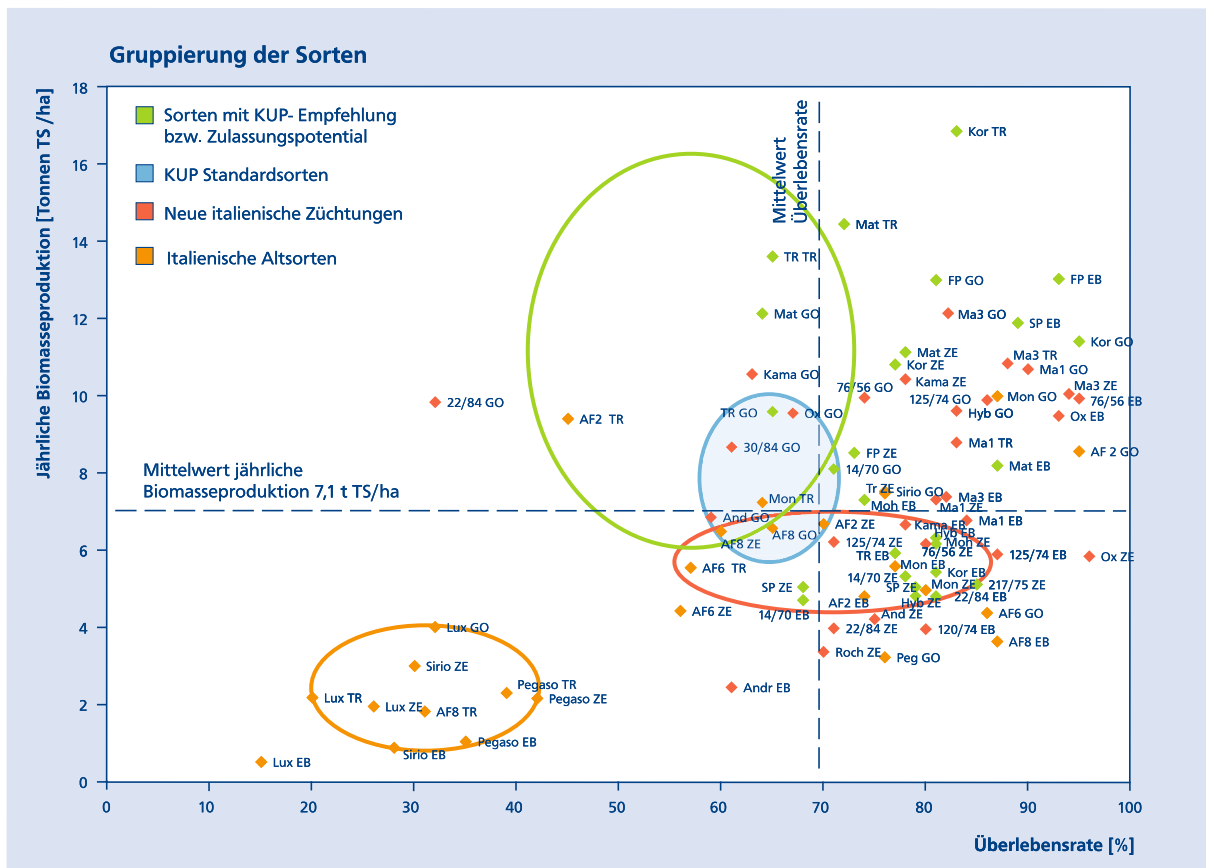


Abbildung 7: Gruppierung der Sorten in Abhängigkeit von Überlebensrate und Biomasseproduktion

Überlebensrate und Massenleistung über dem Durchschnitt. Sie wurden von den Sorten Fritzi-Pauley, Matrix 21 und Koreana 6/69 auf fast allen Prüfflächen übertraffen. Die Sorten Trichobel und Kamabuchi erreichten auf vielen Prüffeldern ein den Standardsorten vergleichbares Leistungsniveau.

### Länge der Vegetationsperiode

Die Pappelsorten zeigten deutliche Unterschiede bezüglich der Länge der Vegetationsperiode. Beim Blattaustrieb konnte v.a. bei den italienischen Kreuzungen *P. nigra* × *P. deltoides* ein bis zu vier Wochen späterer Vegetationsbeginn als bei den früher treibenden Balsampappelkreuzungen nachgewiesen werden (Abbildung 8).

Sorten mit höheren Anteilen eingekreuzter Schwarzpappeln wiesen tendenziell kürzere Vegetationszeiten auf als Balsampappelybride (Tabelle 4). Sorten mit spätem Austrieb im Frühjahr zeigten im Herbst vielfach einen zeitigeren Blattfall. Der späte Austrieb ging mit Konkurrenzschäden gegenüber der sich im Frühjahr zeitig einstellenden Begleitvegetation einher.

Leistungsstufe	Leistungsbereich (t TS/ha*a)	Sorte	Kreuzungsgruppe
(SEHR) GUT	über 10 Tonnen	Bakan	trichocarpa × maximowiczii
		Matrix 21	trichocarpa × maximowiczii
		Skado	trichocarpa × maximowiczii
		Koreana 6/69	trichocarpa × koreana
		Fritzi-Pauley	trichocarpa × trichocarpa
GUT (KUP-Standardniveau)	über 8 Tonnen	Trichobel	trichocarpa × trichocarpa
		Kamabuchi	maximowiczii × nigra
		Scott-Pauley	trichocarpa × trichocarpa
		76/56	maximowiczii × berolinensis
		Oxford	maximowiczii × berolinensis
		Mohawk	trichocarpa × freie Abblüte
BEFRIEDIGEND	über 6 Tonnen	30/84	trichocarpa × szechuanica
		125/74	maximowiczii × freie Abblüte
		Monviso	deltoides × nigra
		AF 2	deltoides × nigra
		22/84	trichocarpa × szechuanica
		14/70	trichocarpa × trichocarpa
		217/75(3)	(maximowiczii × berolinensis) × trichocarpa
NICHT GEEIGNET	über 4 Tonnen	AF 6	(deltoides × trichocarpa) × nigra
		Androscoggin	trichocarpa × maximowiczii
		120/74	maximowiczii × freie Abblüte
		Sirio	deltoides × nigra
		AF 8	(deltoides × trichocarpa) × trichocarpa
		Rochester	maximowiczii × nigra
VÖLLIG UNGEEIGNET	unter 4 Tonnen	Lux	deltoides × deltoides
		Pegaso	(deltoides × trichocarpa) × nigra

Tabelle 3: Gruppierung der wichtigsten Sorten nach ihrem Biomassenertrag im ersten Umtrieb

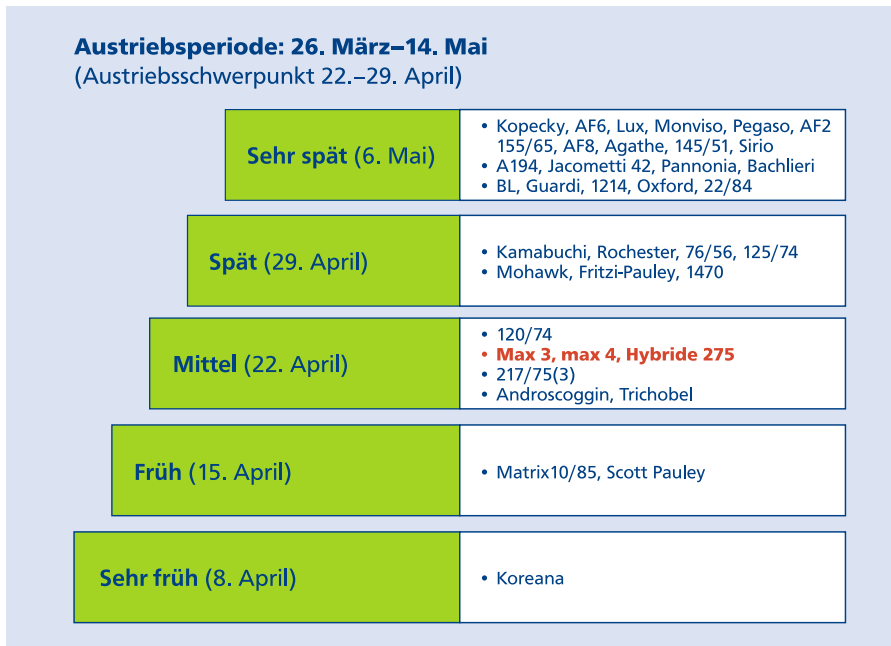


Abbildung 8: Austriebsunterschiede der Pappelsorten in den Mutterquartieren (Bonitierungszeitraum 26.3.–14.5.2008).

**Pilzbefall**

Bei den KUP-Standardorten wurde eine hohe Resistenz gegenüber Rostpilzen festgestellt. Bei AF 2 und AF 8 wurde mittelstarker, bei AF 15 starker Befall beobachtet.

Die Sorten Monviso, Pegaso und AF 8 wiesen ab dem vierten Jahr zunehmende Schäden durch *Dothichiza populea* auf. Rindenrisse, flächig absterbende Rinde im Stammfußbereich und zunehmende Stammbrüche führten zu ansteigenden Ausfallraten. Es waren vorwiegend Schwarzpappelkreuzungen betroffen (Abbildung 9).

**Entwicklung von Neuzüchtungen**

Neben einzelnen Altsorten haben vor allem Neuzüchtungen aufgrund der mehrfach durchgeführten Selektionsschritte ein großes Potenzial zu hohen Ertragsleistungen. Für Auswahl, Kreuzung, Selektion und Weitervermehrung braucht es aber einen zeitlichen Vorlauf von 10 bis 15 Jahren bis zur amtlichen Zulassung als vertriebsfähige Sorte.

Im Projekt FASTWOOD arbeitet das ASP mit der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt (NW-FVA) bei der Prüfung von Neuzüchtungen zusammen. Auf

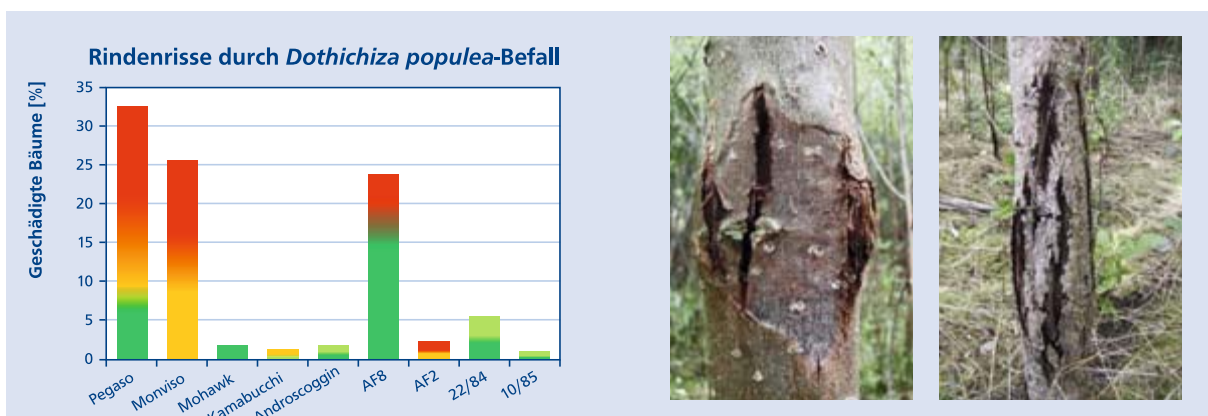


Abbildung 9: Anteil dothichizageschädigter Bäume mit Rindenrissen am Gesamtbestand der Sorte im Prüffeld Ebrach (rot-orange: Schwarzpappelkreuzung; grün: Balsampappelkreuzung); Rechts: Befall mit *Dothichiza populea* (Klon Monviso, viertes Jahr, Prüffeld Kaufering) Fotos: ASP

den süddeutschen Prüffeldern in Lehmbach (Bayern) und Emmendingen (Baden-Württemberg) zeigten die in Abbildung 10 aufgeführten NW-Neuzüchtungen von Balsampappelhybriden 29% höhere Wachstumsleistungen als die KUP-Standardorten. Während die KUP-Standardorten im dreijährigen Umtrieb jährlich 6,1t Trockensubstanz/ha erzeugten, erreichten die Neuzüchtungen der NW-FVA im Mittel 7,9t TS/ha. Auch auf diesen Flächen wird deutlich, dass Balsampappelhybriden besser geeignet sind als Sorten mit eingekreuzten Schwarzpappeln. Wegen der kurzen Umtriebszeit von drei Jahren (erster Umtrieb) kann noch keine abschließende Bewertung dieser Sorten vorgenommen werden.

## Sortenempfehlung und Zulassung

Das Prüfprogramm macht die erheblichen Leistungsunterschiede zwischen den Sorten deutlich. Es gibt zahlreiche Sorten, die sich trotz der im Ausland erfolgten Eingruppierung in die Kategorie »geprüft« unter unseren Standortsbedingungen auf keinem Prüffeld als KUP-tauglich erwiesen haben. Einige deutsche und belgische Hochwaldsorten sind dagegen sehr gut für den Energieholzanbau geeignet.

Für die Praxis werden nachstehend einige Besonderheiten wichtiger Energieholzsorten genannt. Sorten aus anderen Ländern, die nicht aufgeführt sind, sollten

Kreuzungsgruppe	Name Klon	Boniturzeitpunkt Austrieb							Boniturzeitpunkt Abschluss						
		08.04. 2008	15.04. 2008	22.04. 2008	29.04. 2008	06.05. 2008	14.05. 2008	16.05. 2008	06.10. 2008	13.10. 2008	20.10. 2008	27.10. 2008	03.11. 2008	10.11. 2008	17.11. 2008
trich × korea	<b>Koreana 6/69</b>	4	5	5	5	5	5	5	4	4	4	3	3	2	1
trich × max	<b>Androscoggin</b>	2	3	4	5	5	5	5	5	4	4	3	3	2	1
(max × berol) × trich	<b>217/75(3)</b>	2	3	3	5	5	5	5	5	4	4	4	3	2	1
trich × max	<b>Hybride 275</b>	2	3	3	4	5	5	5	5	4	4	4	3	2	1
canadensis (delt. × nigra)	<b>BL</b>	1	1	3	5	5	5	5	5	4	4	3	3	3	1
max × berol	<b>Oxford</b>	1	2	2	5	5	5	5	5	4	4	4	3	2	1
max × nigra	<b>Max 4</b>	2	3	3	4	5	5	5	5	4	3	3	2	1	1
max × berol	<b>76/56</b>	1	2	3	5	5	5	5	5	4	4	3	2	1	1
canadensis (delt. × nigra)	<b>I 45/51</b>	1	1	1	5	5	5	5	5	4	4	4	3	1	1
canadensis (delt. × nigra)	<b>Pannonia</b>	1	1	2	3	4	5	5	5	4	4	4	3	2	1
max × freie Abbl.	<b>125/74</b>	2	2	3	4	5	5	5	3	3	3	3	2	2	1
canadensis (delt. × nigra)	<b>Monviso</b>	1	1	1	2	4	5	5	5	4	4	4	3	2	1
max × freie Abbl.	<b>120/74</b>	2	3	3	4	4	5	5	3	3	2	2	2	2	1
canadensis (delt. × nigra)	<b>Bachlieri</b>	1	1	2	5	5	5	5	4	4	3	2	2	1	1
generosa (delt. × trich) × nigra	<b>AF 6</b>	1	1	1	2	4	5	5	5	4	4	3	2	2	1
canadensis (delt. × nigra)	<b>Agathe</b>	1	1	1	3	5	5	5	4	3	2	2	2	1	1
canadensis (delt. × nigra)	<b>Kopecky</b>	1	1	1	1	3	5	5	4	4	4	3	2	1	1

Tabelle 4: Länge der Vegetationszeit bei ausgewählten Pappelsorten (rot: Winterzustand; orange/gelb/hellgrün: fortschreitender Austrieb; dunkelgrün: Sommerzustand). Die schwarzpappelhaltigen Kreuzungen sind dunkelgrau gekennzeichnet.



unter keinen Umständen angebaut werden, sofern keine objektiven Anbauerfahrungen vorliegen. Es wird insbesondere von italienischen Sorten abgeraten, da sich diese bei uns nicht bewährt haben.

**KUP-Standardsorten**

- Max 3: Auf vielen Standorten mit ca. 10–20% höherer Leistung als Max 1.
- Hybride 275: In der Anwuchsphase langsamer wüchsig als »Max«, später jedoch deutlich aufholend. Früher Austrieb und später Abschluss. Hervorragende Stammform, daher auch im Hochwald geeignet.

**Neue KUP-Sorten**

- Die Matrix-Sorten erreichen bzw. überstiegen auf vielen Flächen bei Umtriebszeiten von drei Jahren das Niveau der KUP-Standardsorten. Matrix 49 schneidet besser ab als Matrix 11 (vgl. Abbildung 10).

**Hochwald-Standardsorten**

Die Hochwaldsorten der FoVG-Kategorie »geprüft« zeigen eine in der Anwuchsphase langsamere Höhenentwicklung. Sie haben sehr gute Schaftformen. Einige Sorten sind bei Umtrieben von über fünf Jahren in ihrer Leistungsfähigkeit mit den KUP-Standards vergleichbar.

- Trichobel: Geprüfter, belgischer Hochwaldklon mit sehr starker Schwankung der Biomasseproduktion.

Auf einzelnen Standorten über den KUP-Standard-sorten.

- Fritzi-Pauley: Auf KUP-Standardniveau. Auf grundwassernahem Standort über den KUP-Standards.
- Scott-Pauley: Mit geringerer Leistung als Fritzi-Pauley, jedoch teilweise KUP-Standardniveau erreichend. Für grundwassernahe Standorte geeignet.

**Belgische Sorten**

Die neuen belgischen Züchtungen sind in der Anwuchsphase etwas langsamer wüchsig als die KUP-Standardsorten. Einige Sorten sind aber für Umtriebszeiten von über drei Jahren für KUP geeignet. Folgende Balsampappelhybriden übertreffen die Leistung der KUP-Standards:

- Bakan: Zügiges Anwuchsverhalten, leistungsfähigste belgische Sorte. Sehr empfehlenswert.
- Skado: Langsame Anwuchsphase, dann Leistung über KUP-Standardniveau, jedoch etwas schwächer als Bakan. Empfehlenswert.

**Sonstige Klone**

In dieser Sortengruppe vorwiegend aus Balsampappelkreuzungen liegt häufig eine überdurchschnittliche Leistungsfähigkeit vor. Die Sorten werden in ein Zulassungsverfahren eingestellt. Sie sind derzeit nicht vertriebsfähig, da noch keine Zulassung in der Kategorie »geprüft« vorliegt.

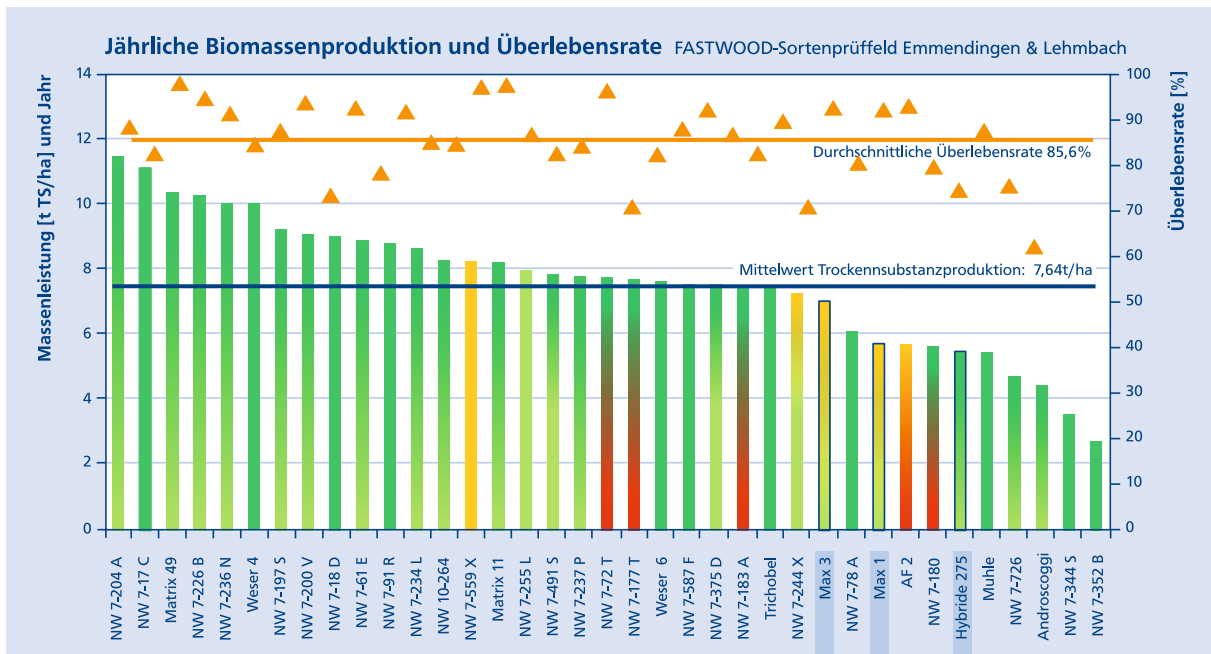


Abbildung 10: Jährliche Biomassenproduktion sowie Überlebensraten von Neuzüchtungen; (Mittelwerte der Prüffelder Lehm bach und Emmendingen (Schwarzpappeleinkreuzung: orange-rot; Balsampappeleinkreuzung: grün; Standardsorten sind blau hinterlegt)

- Koreana 6/69: Übertrifft auf vielen Standorten die KUP-Standardsorten zum Teil deutlich. Auf kühlen, grundwassernahen Standorten ungeeignet. Sehr früher Austrieb und später Abschluss, daher in der Anwuchsphase frostgefährdet. Erhöhtes Schneedruckrisiko.
- Matrix 21: Auf allen Flächen über den KUP-Standardsorten.
- Kamabuchi: Erreicht auf vielen Standorten KUP-Standardsortniveau.
- 118/74 (P. max. Nr. 2), 125/74 (P. max. Nr. 9): Erreichen auf einigen Prüfflächen die Leistung der KUP-Standardsorten.

### Neue Sortenempfehlungen

Aufgrund der beschriebenen Ergebnisse wird das ASP die »Herkunftsempfehlungen für forstliches Vermehrungsgut in Bayern« für Pappelsorten aktualisieren und fünf neue Sorten aufnehmen (grün markiert in Tabelle 5).

Das ASP empfiehlt Landwirten, ausschließlich die (in Tabelle 5 genannten) Sorten für KUP zu verwenden, da bei anderen Sorten ein sehr hohes Risiko für unzureichende Massenleistung besteht.

Sorte	Besonderheiten	KUP-Empfehlung	Sortenschutz
Matrix 21		++	NW-FVA
Koreana 6/69	Nicht auf nassen Standorten; sehr früher Austrieb	++	nein
Kamabuchi		++	nein

Tabelle 6: Sorten, die in das Zulassungsverfahren nach FoVG aufgenommen werden

### Vorschläge für Neuzulassungen

Ungeprüfte Züchtungen, die eine mindestens den KUP-Standardsorten entsprechende Leistung zeigen, werden in das Zulassungsverfahren aufgenommen (Tabelle 6). Das ASP wird für diese Sorten Zulassungsanträge beim »Gutachterausschuss für geprüftes Vermehrungsgut« stellen. Sobald die Prüfung dieser Anträge abgeschlossen und die Zulassung formalrechtlich erfolgt ist, sind diese Sorten nach FoVG vertriebsfähig. Bei Sorten ohne Sortenschutz wird das ASP der Baumschulbranche Steckholzmaterial zur Anlage von Mutterquartieren zur Verfügung stellen. Sorten mit Schutzrechten können ausschließlich durch die Züchter vermarktet werden.

Sorte 2	Bisherige KUP-Empfehlung	Neue Verwendungsempfehlung		Besonderheiten bei KUP-Anbau	Sortenschutz
		KUP	Hochwald		
<b>Androscoggin</b>	+	+/-	+++	Langsame Anwuchsphase	nein
<b>Matrix 11</b>	+++	+++		Früher Austrieb, große Blätter daher frost-/schneedruckgefährdet	NW-FVA/Hessenforst
<b>Matrix 24</b>	++	++			NW-FVA/Hessenforst
<b>Matrix 49</b>	+++	+++			NW-FVA/Hessenforst
<b>Max 1/Max 4</b>	+++	++			nein
<b>Max 3</b>	+++	+++			nein
<b>Hybride 275</b>	++	++	+++		nein
<b>Neue Sortenempfehlungen:</b>					
<b>Bakan</b>	nein	+++			INBO
<b>Fritzi-Pauley</b>	nein	+++	+	Grundwassernah, gute Nährstoffversorgung	nein
<b>Scott-Pauley</b>	nein	++	+		nein
<b>Skado</b>	nein	++			INBO
<b>Trichobel</b>	nein	++			nein

Tabelle 5: Nach FoVG in Kategorie »geprüft« zugelassene Sorten und deren Bewertung für den Pappelanbau (Eignungsvermerk: - wenig geeignet; + geeignet; ++ gut geeignet; +++ sehr gut geeignet)

### Fazit

Die Untersuchungen bestätigen die langjährigen praktischen Erfahrungen in Pappelhochwäldern, dass Schwarzpappelhybriden vorrangig für warme, gut wasserversorgte Standorte geeignet sind. Schwarzpappelhybride benötigen für den Austrieb im Frühjahr eine hohe Wärmesumme. Im wärmebegünstigten Klima Italiens und Ungarns erfolgt ihre Blattbildung vor den Balsampappelklonen, während in Bayern Balsampappelarten zwei bis drei Wochen vor den Schwarzpappelhybriden austreiben. Mit dem verzögerten Blattaustrieb der Schwarzpappelarten gehen eine in der Anwuchsphase geringere Konkurrenzskraft gegenüber der Begleitvegetation, langsamere Höhenentwicklung im Jugendstadium, höhere Ausfälle und somit verringerte Biomassenproduktion einher. Auf Grund des in Bayern feucht-kühlen Klimas mit einhergehendem hohem Infektionsdruck durch Pilze konnten die in Italien erzielbaren hohen Biomasseerträge zahlreicher italienischer Klone unter unseren Standortbedingungen nicht erreicht werden. Für die Mehrheit der bayerischen Energiewälder sind Hybride unter Beteiligung von Balsampappeln zu bevorzugen.

In künftigen Untersuchungen ist die Herkunft der Kreuzungspartner von Sorten verstärkt zu berücksichtigen. Die vor allem bei den italienischen Sorten vorwiegende Einkreuzung von *P. deltooides*-Mutterbäumen aus dem Unterlauf des Mississippi darf nicht zu der Schlussfolgerung führen, dass Einkreuzungen von *P. deltooides* grundsätzlich ungeeignet sind. Aufgrund des großen Verbreitungsgebiets dieser Baumart sind bei neuen Kreuzungen künftig vorrangig Mutterbäume aus nördlicheren US-Bundesstaaten zu beteiligen. Die Eignung von neuen Sorten für kühlere Klimaregionen könnte dadurch erhöht werden.

Die Sortenprüfung zeigt eine erhebliche Schwankung der Biomasseproduktion in Abhängigkeit vom jeweiligen Klon. Sie unterstreicht die Bedeutung regionaler Sortenempfehlungen. Im Ausland als geprüft klassifizierte Sorten sind zwar rechtlich vertriebsfähig, zeigen jedoch unter unseren Standortbedingungen vielerorts völlig unbefriedigende Leistungen. Für die Zulassung neuer Sorten bzw. Erarbeitung von Sortenempfehlungen hat sich bestätigt, dass eine Mindestbeobachtungszeit von fünf Jahren erforderlich ist, um die sortenspezifische Ertragsleistung praxisnah abschätzen zu können.

Das ASP hat im Frühjahr 2014 einen neuen, EU-weiten Sortenaustausch initiiert, um weitere Sorten zu prüfen und Kosten für Neuzüchtungen einzusparen.

**Keywords:** variety testing, poplar, short rotation coppice, energy forest

---

**Summary:** ASP assesses poplar clones with regard to their suitability for short rotation coppice. Old clones, new breeds and foreign crossbreeds are considered. Comparison of these clones with the approved and recommended standard clones Max 1, Max 3 and Hybride 275 shows, that especially the hybrid forms of Black Poplars (*P. nigra*, *P. deltooides*) are unable to compete with numerous Balsam Poplar hybrids regarding their biomass production, despite the initial promising development of the Black Poplars on some plots. Black Poplar hybrids have a tendency to shoot later than Balsam Poplar hybrids and are more often infested with fungi (*Melampsora* sp.; *Dot-hichiza populea*). This results in less growth and higher failure rates. Due to the humid and cool climate in Bavaria along with a high risk of fungi infestation, the high biomass production – attained in Italy – of numerous Italian clones cannot be attained under our local site conditions. The clones included in the trials of ASP already show a very broad spread of performance in the first six-year rotation period, reaching from an annual output of 2 to 12 tons of dry wood matter per hectare. Several clones which are classified in the category »tested« in other EU-countries – and therefore unrestricted distributable – show a relevant deficit in performance. The assessment of clones in Southern German climate conditions is essential for a recommendation of clones for this region. Due to the results, five additional clones which are suitable for short rotation coppice will be included in the »Provenance Recommendations for Forestal Reproductive Material in Bavaria«. For three additional clones, the foundation for an application for authorization by act in the FoVG-category »tested« has been laid.

---

---

# Glossar

## Allel

genetische Variante (Genvariante); Zustandsform eines Gens; entstanden aus Mutationen in der DNA-Struktur eines bestimmten Ortes (Locus) der Erbsubstanz

### *seltenes Allel*

Allel, dessen Häufigkeit in der Population  $\leq 1\%$  ist

### *privates Allel*

Allel, das nur in einer Population vorkommt

## Fixierungsindex (F)

Maß, das beobachtete und (unter Gleichgewichtsbedingungen) erwartete Heterozygotie in ein Verhältnis setzt und damit Schlussfolgerungen auf mögliche Inzuchteffekte innerhalb der Population erkennen lässt. F-Werte nahe Null zeigen keine Inzuchteffekte an; hohe F-Werte lassen auf Homozygotenüberschüsse schließen

## Genetischer Abstand

Maß, das die Unterschiedlichkeit genetischer Strukturen zwischen zwei Kollektiven quantifiziert (paarweise)

## Genetische Strukturen

Häufigkeitsverteilungen genetischer Varianten innerhalb von Kollektiven

## Genetische Variationsparameter

(stark verdichtete) Messgrößen mit numerischen Zahlenwerten zur Quantifizierung genetischer Strukturen von Kollektiven

## Genetische Variation

im allgemeinen Sprachgebrauch verwendeter Begriff, der genetische Vielfalt und Diversität beschreibt

## Genetische Vielfalt

Maß, bei dem nur die Anzahl genetisch unterschiedlicher Varianten eines Kollektivs / einer Population berücksichtigt wird

## Genetische Diversität

Maß, bei der die Anzahl und die Häufigkeit aller genetischen Varianten eines Kollektivs kombiniert berücksichtigt werden

## Gen

ein abgrenzbarer Abschnitt auf der DNA, der die Information zur Bildung eines Proteins (Eiweißes) enthält; fundamentale physikalische und funktionale Erbinheit

## Genmarker

Merkmale, die nach erfolgter Vererbungsanalyse erlauben, die durch ihre Ausprägungen »markierten« Allele festzustellen

## Genort (Genlocus)

ein DNA-Abschnitt, welcher eine bestimmte Funktion dadurch kodiert, dass eine Transkription stattfindet

## Genotyp

allelische Besetzung an einem oder vielen Genorten eines Individuums; ist die für einen Organismus charakteristische Allelzusammensetzung einer Zelle

## haplotypische Vielfalt und Diversität

entsprechen der Definition von genetischer Vielfalt und Diversität (siehe oben), jedoch bezogen auf nur einen Elternteil, da die DNA der Organellen (Chloroplasten, Mitochondrien) nur über einen Elternteil vererbt wird

## heterozygot

mischerbig; die väterliche Erbanlage derselben Funktion unterscheidet sich von der mütterlichen

## homozygot

reinerbig; väterliche und mütterliche Erbanlage für dieselbe Funktion sind identisch

## Heterozygotiegrad

Anteil heterozygoter (gemischterbiger) Genorte an den untersuchten Loci eines Individuums; für das gesamte Kollektiv wird der Durchschnitt = mittlerer Heterozygotiegrad berechnet; auch ein Diversitätsmaß

## beobachtete Heterozygotie

relativer Anteil heterozygoter Individuen an einem Genort

## erwartete Heterozygotie

aufgrund der Allelhäufigkeiten erwartete Heterozygotie unter Gleichgewichtsbedingungen nach Hardy-Weinberg

## hypothetisch-gametische Multilocus-Diversität (vgam)

harmonisches Mittel der an einzelnen Genorten festgestellten (hypothetisch-gametische) Diversität innerhalb eines Kollektivs

## Isoenzyme

Enzyme mit identischer Funktion im Stoffwechsel, aber einem leicht unterschiedlichen molekularen Aufbau; diese Unterschiede (elektrische Ladung oder Größe) erlauben eine elektrophoretische Trennung der Varianten in einem Gel

## Isoenzym-Genmarker

Isoenzyme, für die nach erfolgter Vererbungsanalyse eine eindeutige Beziehung zur Ausprägung eines Allels hergestellt werden kann

## Mikrosatelliten

in der Kern- und Chloroplasten-DNA enthalten; kleine, funktionslose Abschnitte auf der DNA, in denen einzelne Nukleotide oder Nukleotidgruppen vielfach wiederholt auftreten

## polymorphe Genorte

Genorte, welche in einem Kollektiv verschiedene Varianten (Allele) aufweisen

## Population

aus Individuen einer Art zusammengesetztes Kollektiv, in welchem sich alle Individuen potenziell miteinander paaren können

## SNP (single nucleotide polymorphism)

bezeichnet Einzelnukleotidaustausche in der DNA, wodurch es zu Änderungen in der Eiweißstruktur kommen kann; kennt man Gene mit bestimmten Eigenschaften, können SNPs als adaptive (anpassungsrelevante) Genmarker eingesetzt werden

## Subpopulationsdifferenzierung (D<sub>s</sub>)

Differenzierung eines Kollektivs/Population von seinem Komplement, d. h. der Vereinigung aller anderen Populationen



---

# Anschriften der Autoren

**Franz Brosinger**

Bayerisches Staatsministerium für Ernährung,  
Landwirtschaft und Forsten  
Ludwigstraße 2, 80538 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*

**Karolina Faust**

Bayerisches Amt für forstliche Saat- und Pflanzenzucht  
Forstamtsplatz 1, 83317 Teisendorf  
*E-Mail: Gerhard.Huber@asp.bayern.de*

**Dr. Barbara Fussi**

Bayerisches Amt für forstliche Saat- und Pflanzenzucht  
Forstamtsplatz 1, 83317 Teisendorf  
*E-Mail: Barbara.Fussi@asp.bayern.de*

**Anna Haikali**

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft  
Lange Point 10, 85354 Freising  
*E-Mail: Anna.Haikali@lfl.bayern.de*

**Gerhard Huber**

Bayerisches Amt für forstliche Saat- und Pflanzenzucht  
Forstamtsplatz 1, 83317 Teisendorf  
*E-Mail: Gerhard.Huber@asp.bayern.de*

**Dr. Monika Konnert**

Bayerisches Amt für forstliche Saat- und Pflanzenzucht  
Forstamtsplatz 1, 83317 Teisendorf  
*E-Mail: Monika.Konnert@asp.bayern.de*

**Gudula Lermer**

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft  
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 1, 85354 Freising  
*E-Mail: Gudula.Lermer@lwf.bayern.de*

**Prof. Dr. Reinhard Mosandl**

Technische Universität München  
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 2, 85354 Freising  
*E-Mail: mosandl@forst.wzw.tum.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*

**Dagmar Schneck**

Landesstelle für forstliches Vermehrungsgut  
Eberswalder Chaussee 3, 15377 Waldsiedersdorf  
*E-Mail: Dagmar.Schneck@affmul.brandenburg.de*

**Dr. Bernd Stimm**

Technische Universität München  
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 2, 85354 Freising  
*E-Mail: stimm@forst.wzw.tum.de*

**Claudia Storz**

Bayerisches Amt für forstliche Saat- und Pflanzenzucht  
Forstamtsplatz 1, 83317 Teisendorf  
*E-Mail: Claudia.Storz@asp.bayern.de*

**Andreas Wurm**

Bayerisches Amt für forstliche Saat- und Pflanzenzucht  
Forstamtsplatz 1, 83317 Teisendorf  
*E-Mail: Andreas.Wurm@asp.bayern.de*

**Alois Zollner**

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft  
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 1, 85354 Freising  
*E-Mail: Alois.Zollner@lwf.bayern.de*

