



Forstliche Genressourcen im Freistaat Sachsen

Erhaltung, Förderung und nachhaltige Nutzung

Vollständig überarbeitete Auflage 2021



Forstliche Genressourcen im Freistaat Sachsen

Erhaltung, Förderung und nachhaltige Nutzung

Vollständig überarbeitete Auflage 2021

Schriftenreihe, Heft 32

Autoren:

Dr. Heino Wolf, Ute Tröber, Dr. Marek Schildbach

Sachsenforst

Kompetenzzentrum Wald und Forstwirtschaft

Referat Forstgenetik, Forstpflanzenzüchtung

Inhalt

Vorwort	5
1 Grundlagen und Ziele der Erhaltung forstlicher Genressourcen	6
1.1 Grundlagen	6
1.2 Entwicklung	8
1.3 Ziele	8
2 Gefährdung forstlicher Genressourcen	10
2.1 Historische Entwicklung der Waldökosysteme in Sachsen	10
2.2 Aktuelle Herausforderungen	12
2.2.1 Anthropogene Eingriffe	12
2.2.1.1 Rodung und Zersplitterung von Waldgebieten	12
2.2.1.2 Verwendung ungeeigneten Vermehrungsgutes	13
2.2.1.3 Veränderung des Lebensraums	14
2.2.2 Zustand der Lebensraumtypen	15
2.2.3 Hybridisierung	16
2.2.4 Klimawandel	17
2.2.5 Neue Schaderreger	18
2.3 Folgen des Verlustes genetischer Vielfalt	18
3 Methoden zur Erhaltung forstlicher Genressourcen	19
3.1 Erfassung von Genressourcen	19
3.2 Evaluierung erfasster Genressourcen	21
3.2.1 Erhaltungswürdigkeit	21
3.2.2 Erhaltungsfähigkeit und Festlegung der Erhaltungsdringlichkeit	22
3.3 Erhaltungsmaßnahmen	22
3.3.1 Ausweisung von Wald mit besonderer Generhaltungsfunktion und deren Wirksamkeit	22
3.3.2 <i>In-situ</i> -Maßnahmen	23
3.3.3 <i>Ex-situ</i> -Maßnahmen	24
3.4 Genetische Charakterisierung	27
3.4.1 Erfassung des <i>Status quo</i> genetischer Ressourcen	27
3.4.2 Erfassung der Veränderungen von genetischen Ressourcen über Zeit und Raum – genetisches Monitoring	28
4 Bisherige Umsetzung der Maßnahmen und Ergebnisse	29
4.1 <i>In-situ</i> -Erhaltung	29
4.2 <i>Ex-situ</i> -Erhaltung	31
4.3 Aktueller Stand der genetischen Charakterisierung	42
4.3.1 Erfasster Status genetischer Ressourcen	42
4.3.2 Aufbau des genetischen Monitorings	43
4.4 Einschätzung der bisherigen Maßnahmen	46

5	Zukünftige Umsetzung von Generhaltungsmaßnahmen	48
5.1	Konkrete zukünftige Erhaltungsmaßnahmen	48
5.1.1	Erhaltung gefährdeter gebietseigener Baumarten	48
5.1.2	Erhaltung der genetischen Vielfalt nicht gefährdeter Baumarten	53
5.1.3	Erhaltung eingeführter Baumarten	56
5.1.4	Groß- und Kleinsträucher	58
5.1.5	Zwerg- und Halbsträucher	60
5.2	Schlussfolgerungen und Konsequenzen aus 30 Jahren Generhaltung	60
5.2.1	Überprüfung und Aktualisierung	60
5.2.2	Erweiterung der Genarchive und Samenplantagen	61
5.2.3	Weitergabe und Entwicklung der genetischen Vielfalt <i>in situ</i>	61
5.2.4	Wiedereinbringung	62
5.2.5	Hemmnisse und Herausforderungen	63
5.2.6	Monitoring	64
6	Zusammenarbeit	66
6.1	Zusammenarbeit innerhalb von Sachsenforst	66
6.2	Zusammenarbeit auf Landesebene	68
6.3	Zusammenarbeit auf nationaler und internationaler Ebene	68
7	Zusammenfassung und Fazit	70
8	Weiterführende Literatur	72
	Anhang	77

Vorwort

Seit mehr als 30 Jahren werden im Freistaat Sachsen Arbeiten zur Erhaltung und Nutzung forstlicher Genressourcen durch das Referat Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung im Kompetenzzentrum für Wald und Forstwirtschaft des Staatsbetriebes Sachsenforst durchgeführt. Unter Berücksichtigung der ersten Erfahrungen bildete das 1995 in der Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Forsten veröffentlichte Konzept zur Erhaltung und Förderung forstlicher Genressourcen im Freistaat Sachsen die Grundlage für die weiteren Arbeiten.

Die in den letzten 25 Jahren erreichten Ergebnisse und die sich ändernden Rahmenbedingungen sind Gründe für eine Fortschreibung des sächsischen Programms zur Erhaltung, Förderung und nachhaltigen Nutzung forstlicher Genressourcen. Die vorliegende Broschüre beschreibt den erreichten Sachstand der forstlichen Generhaltung und zeigt die Wege auf, die in Zukunft im Freistaat Sachsen beschritten werden sollen. Die Veröffentlichung richtet sich an die Beschäftigten in der Forstwirtschaft, dem Naturschutz und den Umweltwissenschaften, an interessierte Bürgerinnen und Bürger sowie an Entscheidungsträger in Politik und Verwaltung.

Die Erhaltung, Förderung und nachhaltige Nutzung forstlicher Genressourcen ist ein unmittelbarer Bestandteil der Forstwirtschaft in den Wäldern aller Besitzarten und stellt somit einen wesentlichen Beitrag zur Erhaltung und Nutzung der Biodiversität in Sachsen dar. Die Entwicklungen der letzten drei Jahre zeigen eindringlich, dass die Stabilität der etablierten Ökosysteme, insbesondere unter dem Einfluss des Klimawandels, zunehmend in Frage steht. Die Erhaltung der Vielfalt der in unseren Wäldern heimischen Baum- und Straucharten sowie der genetischen Variation innerhalb dieser Arten ist eine Voraussetzung für die Gestaltung vielfältiger Waldstrukturen, deren genetisches Anpassungspotenzial mit den künftigen Herausforderungen Schritt halten kann.



Dr. Dirk-Roger Eisenhauer
Leiter des Kompetenzzentrums Wald und Forstwirtschaft



1 Grundlagen und Ziele der Erhaltung forstlicher Genressourcen

1.1 Grundlagen

Wälder gehören zu den langlebigsten und am höchsten entwickelten Ökosystemen der Erde. Sie beherbergen einen Großteil der Biodiversität terrestrischer Ökosysteme. Weltweit bieten Wälder Lebensräume für 80 % der Amphibien-Arten, 75 % der Vogel-Arten und 68 % der Säugetier-Arten (FAO & UNEP 2020). Wälder sind aber auch diejenigen Ökosysteme, deren Strukturen nicht nur in Mitteleuropa tiefgreifend durch den Menschen verändert wurden. Die weiterhin auf hohem Niveau anhaltende Zerstörung artenreicher tropischer und subtropischer, sowie borealer Wälder in allen Teilen der Welt durch Rodung und Raubbau zeigt eindringlich, dass die Eingriffe des Menschen nicht nur eine Verringerung der Artenvielfalt, sondern auch eine Herabsetzung der genetischen Vielfalt innerhalb der Arten zur Folge haben.



Abb. 1: 1.000-jährige Linde in Collm

Waldbäume sind sehr langlebige Organismen, deren natürliche Lebensspanne mehrere hundert, wenn nicht gar tausend Jahre betragen kann.

Ihre Lebensdauer liegt damit in den meisten Fällen beim Mehrfachen des Generationszyklus der mit ihnen vergesellschafteten Arten. Das bedeutet unter anderem, dass sich potenzielle Schaderreger sehr viel schneller durch genetische Prozesse an veränderte Umweltbedingungen anpassen können als ihre Wirtspflanzen.

Durch ihre Ortsgebundenheit sind Waldbäume und Waldbaumpopulationen konsequenterweise den bestehenden und im Laufe der Zeit variierenden Standortbedingungen, die Klima, Boden, abiotische und biotische Einflussfaktoren umfassen, ausgesetzt. Deren individuelle Wirkung ist in verschiedenen Entwicklungsstadien unterschiedlich ausgeprägt. Auch innerhalb der Lebensräume, die sich eine Art durch genetische Anpassung erschlossen hat, oder in denen sie künstlich angebaut wurde, können die Umweltbedingungen sehr stark variieren.

Die gegenwärtigen und zukünftigen Umweltbedingungen stellen sehr große Anforderungen an die Reaktions- und Anpassungsfähigkeit von Waldbaumpopulationen. Für Individuen bezeichnet die Reaktionsfähigkeit das Vermögen, mit den Schwankungen und möglichen Veränderungen des Standorts im Laufe ihres Lebens zurecht zu kommen, indem sie z. B. physiologisch oder morphologisch reagieren. Ein großes Genom und ein im Vergleich zu anderen

Pflanzen und Lebewesen deutlich höherer Grad an Gemischterbigkeit (Heterozygotie) der Genorte bieten dafür gute Voraussetzungen. Für eine Waldbaumpopulation ist zunächst wichtig, dass sie sich zu einem großen Anteil aus solchen reaktionsfähigen Individuen zusammensetzt.

Entscheidend für ihren Fortbestand über Generationen in einer sich verändernden Umwelt ist jedoch die Anpassungsfähigkeit: Wenn vor allem die am besten an die jeweiligen Bedingungen angepassten Individuen überleben und sich an der Reproduktion beteiligen, verändert sich die genetische Zusammensetzung der Folgegeneration, in der dann der Anteil gut angepasster Individuen erhöht ist. Das Vorhandensein genetischer Vielfalt ist dafür eine zentrale Voraussetzung (u. a. Geburek 2005). Umgekehrt gehen dem Verlust von Populationen und damit auch von Arten oft negative Veränderungen der genetischen Strukturen voraus (Booy *et al.* 2000).

Die Erhaltung forstlicher Genressourcen umfasst zuerst den Erhalt der genetischen Vielfalt innerhalb der vorkommenden Arten als Fundament der evolutionären Anpassungsfähigkeit. Diese wiederum ist die Grundlage für den Erhalt der Vielfalt der Arten und damit die Voraussetzung für standortgerechte, stabile und widerstandsfähige Ökosysteme.

Bedeutung der genetischen Vielfalt (verändert nach Paul *et al.* 2010)

Die Wälder in Deutschland bestehen weitgehend aus Populationen, deren Individuen vom Menschen bisher im Gegensatz zu den Kulturpflanzen in Landwirtschaft und Gartenbau nur in deutlich geringerem Umfang beeinflusst wurden. Die natürlichen geografischen Verteilungsmuster der Arten sind aber erheblich - nach Baumarten unterschiedlich stark - verändert worden. Die genetische Vielfalt ist Voraussetzung für die Evolution. Sie ist als die Vielfalt innerhalb der Arten zusammen mit der Vielfalt der Ökosysteme und der Vielfalt der Arten Bestandteil der biologischen Vielfalt.

Die genetische Vielfalt ist bedeutsam aus:

- *ökologischen Gründen*

Die genetische Vielfalt ist die Grundlage für eine große Reaktionsbreite gegenüber biotischen und abiotischen Einflüssen. Dies ist wegen der Langlebigkeit der Bäume von besonderer Bedeutung, weil Bäume ungünstigen Einflüssen aufgrund ihrer Ortsgebundenheit nicht ausweichen können. Außerdem trägt sie zur Anpassungsfähigkeit und damit zur Erhaltung der Vielfalt der Arten und Ökosysteme und deren Weiterentwicklung bei.

- *ökonomischen Gründen*

Eine große genetische Vielfalt stellt sicher, dass die Bedürfnisse späterer Generationen bei sich wandelnden Ansprüchen an die Leistungen des Waldes, insbesondere an die Produktion des Rohstoffes Holz, auch unter möglicherweise veränderten Umweltbedingungen am ehesten erfüllt werden können. Die genetische Vielfalt ist daher Grundlage nachhaltiger, leistungsfähiger, betriebssicherer und multifunktionaler Forstwirtschaft. Sie stellt zugleich die Grundlage für eine genetische Verbesserung durch Auslese dar.

- *ethischen Gründen*

Die genetische Vielfalt muss in Verantwortung gegenüber künftigen Generationen erhalten werden, damit diesen die Ökosysteme, Arten und Populationen in ihrer bunten, das Leben charakterisierenden Vielfältigkeit unbeschadet übergeben werden können.

1.2 Entwicklung

Erste Schritte zur Erhaltung forstlicher Genressourcen erfolgten im Rahmen der Forstpflanzenzüchtung, um den Fehlentwicklungen, wie sie in der landwirtschaftlichen und gärtnerischen Kulturpflanzenzüchtung zu beobachten waren, entgegenzuwirken (Rohmeder & Schönbach 1959).

Die wesentliche Triebfeder für die Erhaltung forstlicher Genressourcen stellte in Deutschland jedoch die starke Zunahme der Waldschäden einschließlich des flächenhaften Absterbens von Wäldern durch Immissionen in den 1960er- bis 1980er-Jahren dar. In beiden deutschen Staaten gab es konkrete überregionale Maßnahmen zur Erhaltung der genetischen Vielfalt forstlicher Gehölze. Aktivitäten des Bundesrates und der Bundesregierung führten 1985 im Rahmen des Aktionsprogramms „Rettet den Wald“ zur Einsetzung einer Bund-Länder-Arbeitsgruppe für die Erhaltung forstlicher Genressourcen (BLAG-FGR, Kleinschmit 1995). Diese erarbeitete zunächst ein Konzept zur Erhaltung forstlicher Genressourcen in der Bundesrepublik Deutschland, um „die genetische Mannigfaltigkeit von Baum- und Straucharten in die Folgegeneration hinüberzuretten“ (Anonymus 1987). 1988 wurde die BLAG-FGR durch Beschluss der Agrarministerkonferenz mit der Umsetzung des Konzeptes betraut. Im Jahr 2000 erfolgte eine grundlegende Überarbeitung und 2010 eine Aktualisierung des Konzeptes (Paul *et al.* 2000, 2010).

Nicht nur auf nationaler, sondern auch auf internationaler und subnationaler Ebene gab es im gleichen Zeitraum entsprechende Bestrebungen und Übereinkommen: EU-Ministerkonferenzen zum Schutze der Wälder (1990 bis 2007), die Verabschiedung des globalen Übereinkommens über die biologische Vielfalt (CBD) 1992, die „Biodiversitätsstrategie 2020 der Europäischen Union“ (Anonymus 2011a), die „Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt“ der Bundesrepublik Deutschland (Anonymus 2007) sowie das „Programm zur Biologischen Vielfalt im Freistaat Sachsen des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft“ (Anonymus 2009).

Grundlage der Erhaltungsarbeiten in Sachsen ist das „Konzept zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung forstlicher Genressourcen in der Bundesrepublik Deutschland“ der Bund-Länder-Arbeitsgruppe „Forstliche Genressourcen und Forstsaatgutrecht“ (BLAG-FGR) als Nationales Fachprogramm für forstgenetische Ressourcen (Paul *et al.* 2010). Die Umsetzung des Konzeptes im Freistaat Sachsen

orientiert sich an den naturräumlichen Besonderheiten, der spezifischen Waldgeschichte und den administrativen Rahmenbedingungen, die bis dato in dem Landeskonzept „Erhaltung und Förderung forstlicher Genressourcen“ beschrieben sind (Wolf & Braun 1995).

1.3 Ziele

Das Ziel der forstlichen Generhaltung ist die Erhaltung, Förderung und Nutzung der genetischen Vielfalt von Baum- und Straucharten als wesentliche Voraussetzung für die Anpassungsfähigkeit von Arten und Populationen an sich ständig verändernde Umweltbedingungen. Die genetischen Ressourcen des Waldes in ihrem gegenwärtigen Zustand sind die unverzichtbaren Grundlagen für den zukünftigen Erhalt und die Nutzungsmöglichkeiten des Waldes.

Die **Erhaltung** beinhaltet Maßnahmen, die dem Verlust genetischer Informationen entgegenwirken, insbesondere bei denjenigen Baum- und Straucharten, die vom Aussterben bedroht sind, aber auch bei Arten und Populationen, deren genetische Vielfalt gefährdet ist.

Die **Förderung** der genetischen Vielfalt schließt alle Maßnahmen ein, die über einen reinen Objektschutz hinausgehen und dazu dienen, dass die in den Wäldern vorhandenen genetischen Strukturen verbessert werden.

Die **Nutzung** umfasst die Erzeugung von Saat- oder Pflanzgut in einer Art und Weise, dass die weitgehend vollständige Weitergabe der genetischen Vielfalt an künftige Waldgenerationen gewährleistet wird sowie die Vermehrung gefährdeter Arten und deren Wiedereinbringung in die Waldökosysteme. Darüber hinaus stellt auch die züchterische Bearbeitung von Baumarten eine Nutzung der genetischen Vielfalt dar.

Das Programm zur biologischen Vielfalt des Freistaates Sachsen führt Handlungsfelder und Maßnahmen auf, die den Rückgang biologischer Vielfalt aufhalten sollen. Im Handlungsfeld „Naturschutz“ ist die Sicherung der Vielfalt der wildlebenden Arten und ihrer Unterarten sowie der Lebensraumvielfalt Sachsens durch spezifische Maßnahmen ein wesentlicher Bestandteil des Programms. Hierzu gehören zum Beispiel die Umsetzung von Sofortmaßnahmen für akut vom Aussterben bedrohte Arten oder die Sicherung des Fortbestandes extrem seltener Lebensräume und die Verbesserung ihres Zustandes, soweit erforderlich. In dem Handlungsfeld „Forstwirtschaft“ sind explizit die

Fortsetzung des Waldumbauprogramms, die Erhaltung und Charakterisierung forstlicher Genressourcen sowie die Erhaltung und Gestaltung der Wälder als natürlicher Biotopverbund benannt (Anonymus 2009).

In den Zielvorstellungen der Waldstrategie 2050 für den Freistaat Sachsen (Anonymus 2013) tragen Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung im Rahmen der künstlichen Waldverjüngung zur Verbesserung der Anpassungspotenziale und der Produktivität der sächsischen Wälder unter dem Einfluss des Klimawandels bei. Als Erfolgsfaktor wird dabei der Erhalt und Ausbau der Kompetenzen in Forstpflanzenzüchtung und -genetik, bei Saatgutlagerung und Pflanzenanzucht sowie zur Bereitstellung von qualitativ hochwertigem und in seiner Leistungsfähigkeit verbessertem Forstvermehrungsgut angesehen (Anonymus 2013). Eine unverzichtbare Grundlage dafür stellen die Maßnahmen zur Erhaltung, Förderung und nachhaltigen Nutzung forstlicher Genressourcen dar.

Das übergeordnete Ziel aller Programme und Maßnahmen muss dabei die Sicherung oder Wiederherstellung von Populationen der charakteristischen Waldbaum- und Straucharten Sachsens bleiben, die sich unter natürlichen Verhältnissen selbst erhalten und dabei den sich ändernden Umweltbedingungen anpassen können. Das setzt Populationen voraus, die ausreichend groß, genetisch variabel und zum möglichst umfangreichen Austausch genetischer Informationen zwischen ihren Mitgliedern befähigt sind (Gregorius 1996).

Aus den Zielen der Erhaltung, Förderung und Nutzung forstlicher Genressourcen ergeben sich folgende Aufgaben:

- Erfassung von Populationen und Individuen der zu bearbeitenden Baum- und Straucharten
- Auswahl, Identifizierung und Dokumentation der zu erhaltenden Generhaltungseinheiten
- Durchführung der Erhaltungs- bzw. Förderungsmaßnahmen
- Durchführung bzw. Koordination der erforderlichen Forschungsarbeiten
- Koordination der Aktivitäten auf internationaler und nationaler (Bund und Land) Ebene
- Erarbeitung von Entscheidungshilfen für gesetzgebende und sonstige politische Maßnahmen
- Fortbildungs-, Beratungs- und Öffentlichkeitsarbeit

Der entscheidende Schritt nach dem Erhalt von genetischen Ressourcen ist die Wiedereinbringung der genetischen Informationen von Individuen und Populationen gefährdeter Arten in die reguläre nachhaltige Bewirtschaftung von Waldökosystemen. Für eine erfolgversprechende Wiedereinbringung sind die Gewinnung von Vermehrungsgut und die Anzucht von Pflanzen auch in wirtschaftlich bedeutsamen Größenordnungen notwendig.

Eine entscheidende Voraussetzung für den Erfolg von Generhaltungsmaßnahmen ist die konstruktive Zusammenarbeit mit den an der örtlichen Bewirtschaftung der Wälder Beteiligten, zuständigen Behörden und weiteren gesellschaftlichen Akteuren (z. B. Naturschutzverbänden).



2 Gefährdung forstlicher Genressourcen

2.1 Historische Entwicklung der Waldökosysteme in Sachsen

Von Natur aus war Sachsen vollständig bewaldet bei einem Anteil verschiedener Laubholzarten von ca. 70 % (Dittrich 1992). Der menschliche Einfluss auf die natürlichen Waldökosysteme reicht zurück bis in prähistorische Zeiten. Die Anlage der ersten menschlichen Siedlungen ca. 4.500 Jahre v. Chr. hatte in der Regel nur einen lokalen Einfluss auf die ursprünglichen autochthonen Waldgesellschaften (Hempel 1983). Erst die planmäßigen und großflächigen Rodungen zur Gewinnung von Siedlungs- und Ackerland vom 11. Jahrhundert n. Chr. bis Ende des 14. Jahrhunderts n. Chr. zerstörten beträchtliche Teile der natürlichen Waldgesellschaften und der in ihnen enthaltenen genetischen Informationen. Die Wald-Feld-Verteilung erreichte bereits zu diesem Zeitpunkt annähernd den heutigen Zustand (Dittrich 1993).

In der Folgezeit wurden die verbliebenen Wälder zur Deckung des steigenden Energie- und Rohstoffbedarfs zum

Beispiel für die Bergbau- und Hüttenindustrie im Erzgebirge mehr oder weniger unregelmäßig genutzt bzw. übernutzt. Die Waldverwüstung und -vernichtung durch die wahllose Übernutzung der Wälder in Verbindung mit intensiver Waldweide führte zu einem weiteren, heute nicht mehr nachvollziehbaren Verlust von genetischer Information der ursprünglichen Bestockung.

Mit der Entwicklung der nachhaltigen Forstwirtschaft, die in Sachsen eng mit dem Namen COTTA verbunden ist, wurden ab Beginn des 19. Jahrhunderts die devastierten Waldflächen in relativ kurzer Zeit wiederbestockt. Der große Bedarf an Holz, wirtschaftliche Überlegungen und standörtliche Zwänge förderten den großflächigen und reinbestandesweisen Anbau vor allem von Fichte und Kiefer (Dittrich 1992). Die Laubholzarten der natürlichen Waldgesellschaften wurden bis auf wenige Reste zurückgedrängt (Abb. 1). Um 1900 war der sächsische Gesamtwald zu 98 % mit Nadelholz und nur mit 2 % Laubholz bestockt (Dittrich 1993).

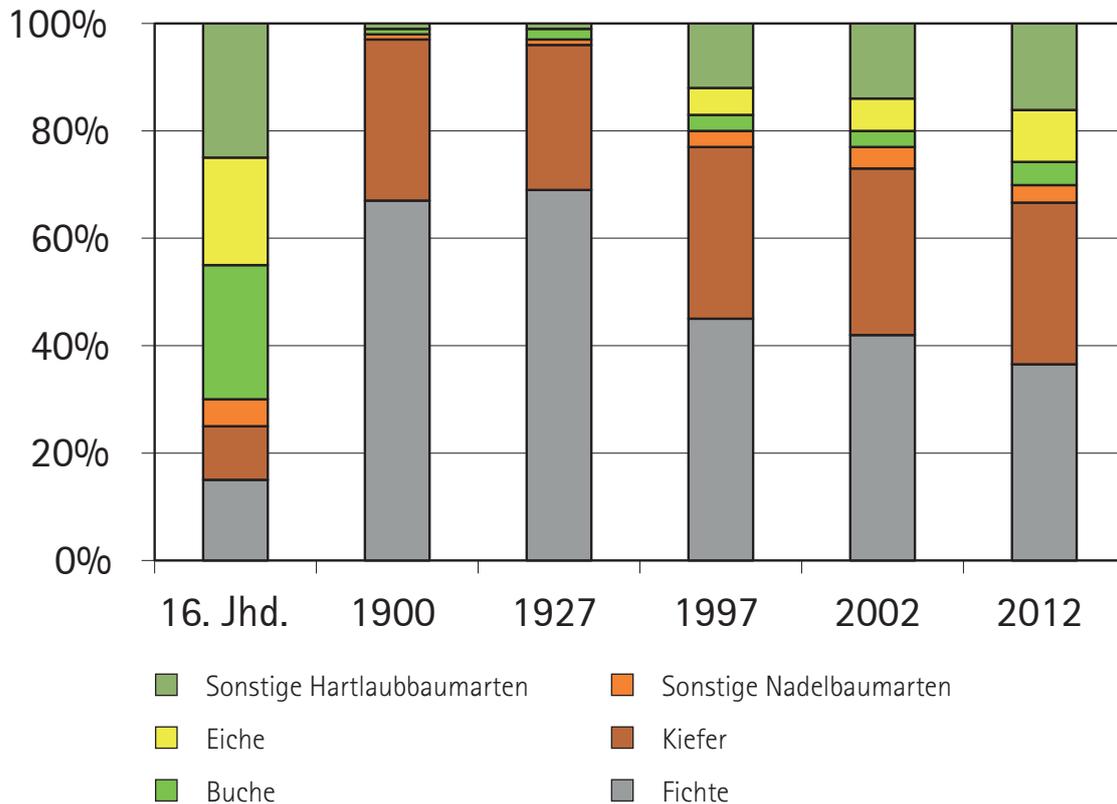


Abb. 2: Veränderung der Baumartenanteile im Gesamtwald des Freistaates Sachsen (Quellen: Dittrich 1992, 1993, Anonymus 1998, 2002, 2012)



Abb. 3: Naturferner Fichtenreinbestand im Erzgebirge

Für die Wiederaufforstung wurden Herkünfte von Fichte und Kiefer verwendet, die zum Teil aus nicht mehr nachweisbaren Ursprungsgebieten bezogen, in einigen Fällen über große Entfernungen verfrachtet und in vielen Fällen nicht standortsgemäß angebaut wurden. So fand im Erzgebirge oder im Thüringer Wald beispielsweise über lange Zeiträume v. a. in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhun-

derts eine wahllose Verschiebung und Verwendung von Fichten-Herkünften statt (Zimmermann 1931). Dies kann in diesen wie in anderen Bereichen zu einer Überlagerung der natürlichen Variationsmuster der Fichte führen (Schönbach & Weiß 1971). Der damit verbundene Transfer von genetischer Information hatte möglicherweise in Einzelfällen eine Erhöhung der genetischen Vielfalt zur Folge. Entscheidend ist jedoch, dass die ursprüngliche, an den jeweiligen Standort angepasste genetische Information in vielen Fällen verdrängt wurde. Ähnliche Fehler wurden bei der Kiefer gemacht, indem ungeeignetes Saatgut in großen Mengen über weite Entfernungen verbracht wurde (Milnik 2007).

Die Begründung und Erziehung gleichaltriger Reinbestände änderte in Verbindung mit der Kahlschlagwirtschaft die ökologischen Bedingungen für eine Vielzahl von Baumarten. Vor allem seltenere, wirtschaftlich weniger bedeutsame Baumarten waren von dieser gravierenden Änderung des Lebensraums betroffen und wurden auf Standorte außerhalb des Waldes zurückgedrängt. Die Tolerierung überhöhter Schalenwildbestände unterbricht zusätzlich den Kreislauf der natürlichen Regeneration und damit die Weitergabe von genetischen Informationen an die Folgegeneration.

Der Eintrag anthropogen erzeugter Schadstoffe aus lokalen Emissionsquellen führte bereits im 17. und 18. Jahrhundert zu lokal begrenzten Schäden in den Waldbeständen des Erzgebirges. Mit der zunehmenden Industrialisierung und der Verwendung von Braunkohle für die Energiegewinnung im Bereich des Böhmisches Beckens nach dem 2. Weltkrieg verschlechterte sich der Waldzustand in den Hoch- und Kammlagen des Erzgebirges dramatisch. Seit Beginn der 1960er-Jahre starben flächig Waldbestände als Folge des Eintrages von Luftschadstoffen, vor allem von Schwefeldioxid (SO_2), ab (Abb. 4). Der Schadstoffeintrag wirkte direkt und indirekt, zum Beispiel über die Degradierung der Waldböden durch gerichtete Selektion auf die genetischen Strukturen von Waldbaumpopulationen, ein. Trotz fortgesetzter Bemühungen zur Luftreinhaltung wiesen 1994 in Sachsen unverändert 25 % des Baumbestandes deutliche und 35 % schwache Schäden auf (Anonymus 1994).



Abb. 4: Immissionsgeschädigter Fichtenbestand im Erzgebirge Ende der 1980er-Jahre

Die durch SO_2 verursachten Säureeinträge sind aus unterschiedlichen Gründen bis Ende der 1990er-Jahre kontinuierlich gesunken und befinden sich heute auf einem für Ökosysteme weitgehend unkritischen Niveau (Gemballa 2017). Demgegenüber verharren die Stickstoffeinträge in der Gesamtdeposition aus Industrie, Autoverkehr und Landwirtschaft auf hohem Niveau (Andreae & Jacob 2017). Inwieweit sich diese anhaltend hohen Stickstoffeinträge in Zukunft auf die Vitalität der Bestände und die Stabilität der Ökosysteme auswirken, ist derzeit nicht abschätzbar (Gemballa 2017).

Bis 2017 hatte sich in Folge des deutlichen Rückganges der SO_2 -Belastung der Kronenzustand über alle Baumarten und Altersklassen hinweg verbessert und wies 2017 einen mittleren Verlichtungsgrad von 17 % auf. Insbesondere die empfindlicheren älteren Bäume über 60 Jahre zeigten seit 1994 eine stabile positive Entwicklung (Anonymus 2018).

2.2 Aktuelle Herausforderungen

2.2.1 Anthropogene Eingriffe

2.2.1.1 Rodung und Zersplitterung von Waldgebieten

Die Waldfläche in Sachsen entwickelt sich seit Beginn der 1990er-Jahre grundsätzlich positiv und hat sich in diesem Zeitraum um ca. 15.000 ha erhöht. Den Waldflächenverlusten durch Inanspruchnahme für andere Landnutzungsformen steht eine größere Zunahme von Waldflächen durch Wiederbewaldung auf Sukzessionsflächen, Erst- und Ersatzaufforstung sowie Rekultivierung entgegen. Die mit Abstand bedeutendste Ursache für Waldflächenverluste ist nach wie vor die Gewinnung von Braunkohle im Tagebau. Weitere Ursachen sind der Abbau anderer Rohstoffe im Tagebau, die Nutzung für Gewerbe-, Industrie- und Verkehrsflächen sowie Wohnbebauung (Anonymus 2018).

Die Inanspruchnahme von Waldflächen für andere Landnutzungsformen führt dabei immer wieder auch zum Verlust von teils wichtigen Bestandteilen der genetischen Vielfalt der betroffenen Baumarten, wie das Beispiel des Braunkohletagebaus Nochten zeigt (Wolf *et al.* 2009, siehe S. 41).

Die Fragmentierung von ehemals zusammenhängenden Waldgebieten in räumlich voneinander isolierte Teilgebiete verändert biologische und physikalische Ökosystemprozesse. Neben den Auswirkungen auf das Licht-, Temperatur- und Wasserregime der verbliebenen Waldfragmente sind aus Sicht der Erhaltung forstgenetischer Ressourcen vor allem die Auswirkungen auf einzelne Gehölzarten und populationsgenetische Prozesse von Bedeutung.



Abb. 5a und 5b: Die Gewinnung von Braunkohle im Tagebau ist weiterhin die mit Abstand bedeutendste Ursache für Waldflächenverluste in Sachsen.

Die wichtigsten Auswirkungen sind auf Art-Ebene die Verringerung der Gesamtanzahl an Individuen, die Verringerung der durchschnittlichen Populationsgröße in den jeweiligen Teilen sowie die räumliche Isolierung der verbliebenen Population in einer nicht von Wald geprägten Landschaft (Young & Boyle 2000). Diese Veränderungen können grundsätzlich zu einem zunehmenden zufälligen Verlust genetischer Informationen, einer erhöhten Inzucht, einem verringerten Austausch genetischer Informationen zwischen den Populationen sowie zu einer zunehmenden Wahrscheinlichkeit des Aussterbens örtlich begrenzter Vorkommen innerhalb einer Art führen. Die Folgen dieser Prozesse können der Verlust genetischer Vielfalt auf Populations- und Art-Ebene sowie eine zunehmende Differenzierung zwischen Populationen einer Art sein (Young *et al.* 1996).



Abb. 6: Mit der Vereinzelung von seltenen Baumarten reduzieren sich die Reproduktionsmöglichkeiten und die Gefahr des Verlustes genetischer Informationen steigt; hier: einzelne Wild-Birne im Rapsfeld

Das Ausmaß der Auswirkungen kann dabei durch die Bevorzugung einzelner Baumarten oder durch die ausschließliche Anwendung bestimmter waldbaulicher Verfahren verstärkt werden. So ist zum Beispiel der massive Rückgang der Weiß-Tanne im letzten Jahrhundert auch auf die Bewirtschaftung der Wälder im schlagweisen Hochwald zurückzuführen (Braun & Llamas Gómez 1994). Andererseits ist in Abhängigkeit vom Fortpflanzungssystem und der Ausbreitungsstrategie einer Baumart eine Kompensation der negativen Fragmentierungseffekte mehr oder weniger möglich (Kramer *et al.* 2008).

2.2.1.2 Verwendung ungeeigneten Vermehrungsgutes

Die aktuelle Zusammensetzung und der Zustand der Wälder ist in Sachsen wie in weiten Teilen Mitteleuropas das Ergebnis menschlicher Einflussnahme. Das von Natur aus vorhandene Mosaik vielfältiger Waldökosysteme ist inzwischen vielerorts überlagert durch forstliche Eingriffe, die wesentlichen Einfluss auf die Baumartenzusammensetzung, die Bestandesstruktur und die Verjüngungsart hatten. Dadurch sind bei einer Reihe von Baumarten Populationsgrößen und genetische Strukturen in einem Ausmaß beeinflusst worden, dass ihre Angepasstheit, Wachstumsleistung und Qualität sowie die zu erwartende Anpassungsfähigkeit in Frage gestellt sind. Derartige Bestände sind als Ausgangsmaterial für die Waldverjüngung kritisch zu beurteilen (Kleinschmit 1999). Auch Naturverjüngung ohne sorgfältige Würdigung der Ausgangslage kann zu einer Fortführung der oben beschriebenen Probleme führen. Wie das Beispiel Fichte zeigt, beeinflusst die Verwendung ungeeigneter Herkünfte in der Vergangenheit bis auf den heutigen Tag durch Genfluss auch die Nachkommen benachbarter autochthoner Bestände (Tröber 2017).



Abb. 7: Der Vogel-Kirschen-Versuch Leubnitz verdeutlicht, wie wichtig die Wahl geeigneten Vermehrungsgutes ist (links: schlechtes Ausgangsmaterial, rechts: hervorragendes Ausgangsmaterial)

Weitere Ursachen für die Verwendung von ungeeignetem Vermehrungsgut von Baum- und Straucharten liegen in der nicht repräsentativen Ernte von Saatgut oder Gewinnung von Wildlingen, in unsachgemäßer Pflanzenanzucht und Sortierung, im Mangel an geeignetem Vermehrungsgut oder in der nicht sachkundigen Wahl durch den Endverbraucher. Sehr oft endet die Betrachtung der Waldverjüngung immer noch auf der Art-Ebene und die oben genannten Aspekte werden nicht ausreichend berücksichtigt (Kleinschmit 1999, Anonymus 2001, Paul *et al.* 2010).

2.2.1.3 Veränderung des Lebensraums

Menschlich verursachte Veränderungen von Lebensräumen können lokale (z. B. Entwässerung von Mooren, Flussbegradigungen), regionale (z. B. Grundwasserabsenkungen, überhöhte Wildbestände) und überregionale Auswirkungen (z. B. flächendeckende Immissionen, Klimawandel) haben.

Gemeinsam ist vielen der genannten Entwicklungen, dass sie über eine Veränderung der Standortbedingungen zu einer Schwächung bis zum Absterben von Bäumen und Sträuchern sowie zu einer Veränderung der Konkurrenzverhältnisse zwischen den Baum- und Straucharten füh-

ren können. Veränderungen des Lebensraumes gefährden umso stärker die genetischen Strukturen, je weniger Zeit den betroffenen Arten zur Anpassung bleibt. Im Vergleich zu natürlichen Entwicklungen ist bei anthropogen bedingten Veränderungen das wesentlich höhere Tempo auch in Kombination mit anderen Schadfaktoren zu sehen.

Auch Maßnahmen wie Prozessschutz und Flächenstilllegung, die aus Sicht des Naturschutzes oft positiv beurteilt werden, können Veränderungen des Lebensraumes und der Konkurrenzverhältnisse bewirken. Der Verzicht auf jeglichen menschlichen Eingriff lässt der natürlichen Sukzession freien Lauf unter den in der jeweiligen Situation herrschenden Bedingungen. Vor allem für seltene Gehölzarten mit geringer Konkurrenzkraft besteht die Gefahr der Verdrängung durch konkurrenzstärkere Arten. Unabhängig davon bleibt die Gefährdung der genetischen Ressourcen durch äußere Beeinträchtigungen und Hybridisierung bestehen, ohne dass entsprechende Maßnahmen zur Erhaltung und Förderung dieser Ressourcen getroffen werden können.

Im Einzelfall kann es zur Beeinträchtigung der Reproduktion, Selektion von Individuen bzw. Teilpopulationen einzelner Arten bis zur Gefährdung ganzer Arten kommen.



Abb. 8a: Konkurrenzschwache Gehölze wie der Wacholder werden bei der natürlichen Sukzession verdrängt.

2.2.2 Zustand der Lebensraumtypen

Derzeit bedecken Wälder in Sachsen eine Fläche von ca. 520.000 Hektar, also nahezu 30 % der Landesfläche (Anonymus 2012). Der überwiegende Teil der Wälder wird im Rahmen einer nachhaltigen und an ökologischen Prinzipien orientierten Forstwirtschaft genutzt. Wie oben beschrieben, ist die Artenzusammensetzung der Wälder ebenso wie deren Struktur und deren Verteilung in der Landschaft das Ergebnis menschlicher Einflussnahme von unterschiedlicher Intensität. Die Zusammensetzung der Wälder wird derzeit in erster Linie durch die beiden Nadelbaumarten Gewöhnliche Fichte (*Picea abies* [L.] KARST.) und Gewöhnliche Kiefer (*Pinus sylvestris* L.) bestimmt, die zusammen 63 % der Waldfläche einnehmen, in zweiter Linie durch die Laubbaumarten Rot-Buche (*Fagus sylvatica* L.), Trauben- (*Quercus petraea* [MATT.] LIEBL) und Stiel-Eiche (*Quercus robur* L.), zusammen mit einem Anteil von 13 %. Ein Anteil der Waldfläche von 27 % ist naturnah (Anonymus 2012). Von den 13 FFH-Wald-Lebensraumtypen befinden sich sechs Typen, die einen Anteil von ca. 89 % an der Gesamtfläche der Waldlebensraumtypen haben, in einem günstigen Zustand. Vier FFH-Wald-Lebensraumtypen (wie Erlen-, Eschen- und Weichholzlauenwälder oder



Abb. 8b: Die Zerstörung von Mooren führt zur Verdrängung dort angepasster Arten wie Moor-Kiefer und Moor-Birke

Hartholzauenwälder) befinden sich in einem unzureichenden Zustand (Anteil ca. 10 %). Der Flächenanteil der weiteren in Sachsen vorkommenden FFH-Wald-Lebensraumtypen (Moorwälder, Kiefernwälder der sarmatischen Steppe, mitteleuropäische Flechten-Kiefernwälder) ist mit ca. einem Prozent gering. Ihr Zustand wird als schlecht bewertet (Hettwer & Zöphel 2014, Hettwer *et al.* 2015).

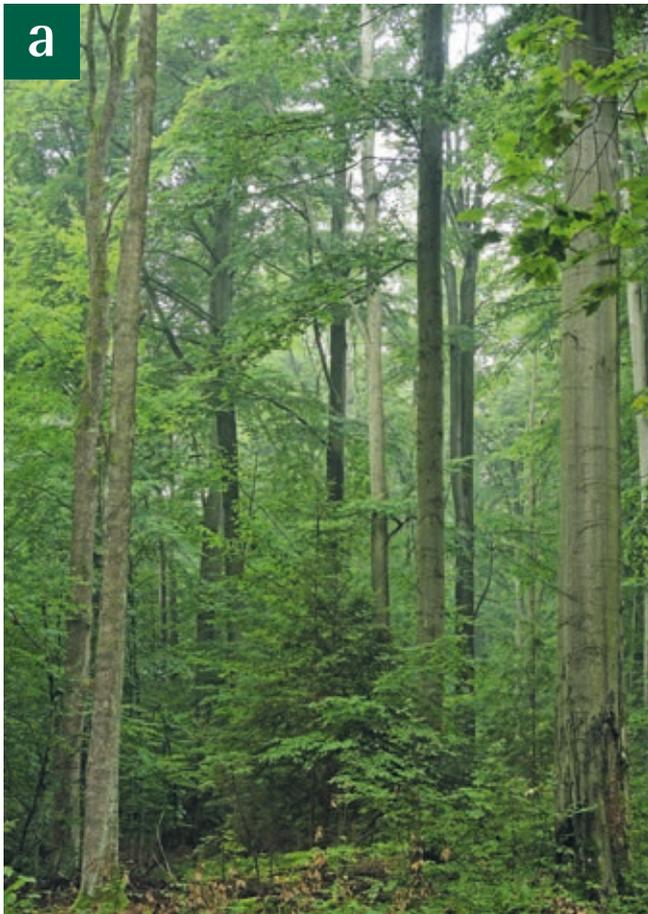


Abb. 9a: Lebensraumtyp „Hainsimsen-Buchenwald“
 Abb. 9b: Lebensraumtyp „Sternmieren-Eichen-Hainbuchenwald“
 Abb. 9c: Lebensraumtyp „Kiefernwälder der sarmatischen Steppe“

Durch die konsequente Umgestaltung der Wälder in der Vergangenheit zu Gunsten des großflächigen und reinbestandsweisen Anbaus von Fichte und Kiefer sind somit Vorkommen anderer Arten, z. B. der Rot-Buche, Stiel-, Trauben-Eiche und der Edellaubbaumarten zu Lasten der genetischen Vielfalt innerhalb dieser Arten stark zurückgedrängt worden (Dittrich 1992, 1993). Seltene Baumarten sind noch seltener geworden. Insgesamt sind 55 % der in Sachsen vorkommenden gebietseigenen Gehölzarten in der Roten Liste des Freistaates Sachsen aufgeführt, davon 10 der 31 Baumarten und 56 der 90 Straucharten. Sieben Straucharten gelten als verschollen oder ausgestorben (Schulz 2013). Autochthone Relikte der Gewöhnlichen Fichte oder der Gewöhnlichen Kiefer sind sehr selten.

2.2.3 Hybridisierung

Hybridisierung bezeichnet die generative Fortpflanzung durch Kreuzung zwischen Individuen verschiedener Arten bzw. unterschiedlicher Populationen ein und derselben Art. Durch den damit verbundenen Austausch genetischer Informationen ist Hybridisierung grundsätzlich ein wichtiges Element bei der evolutionären Entwicklung von Gehölzarten. Mit Bezug auf die Erhaltung forstgenetischer Ressourcen kann Hybridisierung und die damit verbundene Einbringung genetischer Informationen den Genpool einer Art oder Population derart verändern, dass die ursprüngliche Art oder Population in ihrem Bestand gefährdet wird (Spethmann 1997). So kann Hybridisierung einerseits die Fähigkeit zu überleben und genetische Informationen an die Folgegeneration zu übertragen (Fitness) durch die Beeinträchtigung der erfolgten Anpassung an den jeweiligen Standort in den Nachkommen reduzieren (Ellstrand 1992). Dies ist zum Beispiel bei den heimischen Wildobstarten oder den Höhenkiefern der Mittelgebirge der Fall (Wagner 1995, 1999; Rohmeder 1972). Des Weiteren ist auch das Aussterben einer Art durch die genetische Assimilation bzw. durch Verdrängen ihrer spezifischen genetischen Information möglich, wenn keine Selektion gegen die Hybriden stattfindet (Ellstrand 1992). Beispiele für Entwicklungen in diese Richtung sind aus Schwarzpappel-Populationen bekannt (Vanden Broeck *et al.* 2005).

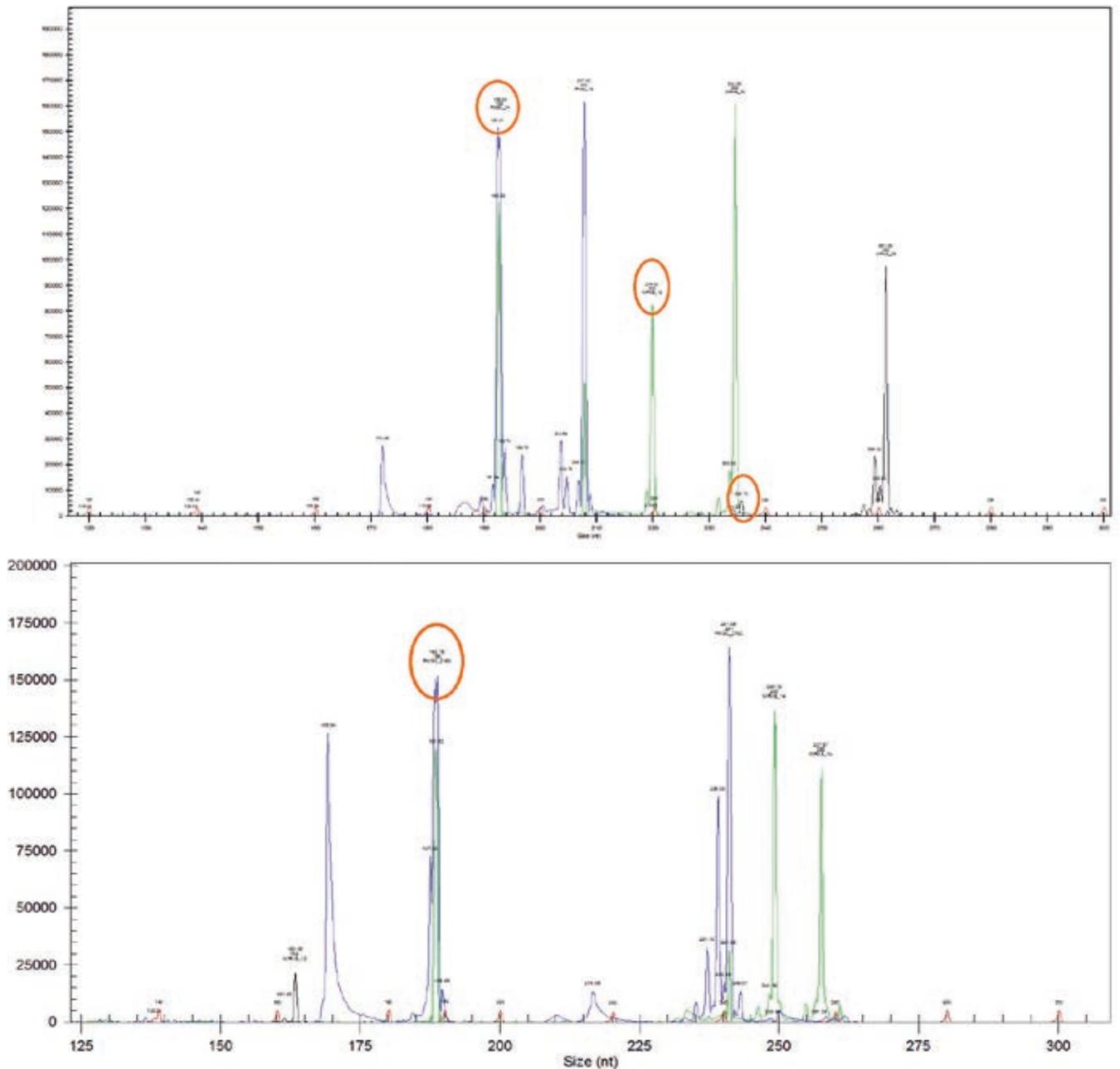


Abb. 10: Mikrosatellitenmarker mit artspezifischen Allelen der amerikanischen Art *Populus deltoides* (roter Ring) werden genutzt, um Hybridisierung in Schwarz-Pappel-Vorkommen zu erkennen.

2.2.4 Klimawandel

Die sich bereits seit Beginn der 1980er-Jahre abzeichnende Erwärmung des Klimas setzte sich in den letzten beiden Jahrzehnten weiter fort. So war die Dekade 2001 bis 2010 die wärmste seit 1881 (Franke 2015), die Jahre 2018 und 2019 die wärmsten und zwei der drei niederschlagärmsten in Sachsen seit 1881 (Franke 2019). Ursache dafür sind Änderungen in der atmosphärischen Zirkulation als Folge des globalen Temperaturanstieges (Franke 2015). Diese haben komplexe Auswirkungen zur Folge, die sich unter anderem in Hitzewellen und Dürren, Kältewellen, Starkniederschlägen und Unwettern im Sommer wie im Winter zeigen (Franke 2015).

Durch mehrere extreme Witterungsereignisse wie die ausgeprägte Dürre hat sich bis zum Jahr 2019 sowohl die Kronenverlichtung als auch der allgemeine Zustand der Waldbäume im Vergleich zu den Vorjahren drastisch verändert. So stieg die mittlere Kronenverlichtung über alle Baumarten und Altersklassen auf 26 % an. Der Anteil an Bäumen mit deutlich erkennbaren Schäden stieg auf 35 % an, der Anteil an Bäumen ohne erkennbare Beeinflussung des Kronenzustandes ging auf 21 % zurück, dem geringsten Wert seit 1991 (Anonymus 2020).

Die mit dem Klimawandel verbundenen standörtlichen Veränderungen können Bäume und Populationen schwächen und die Gefahr des Erlöschens aufgrund zufälliger Extremereignisse vor allem von isolierten Vorkommen wie der Tieflands-Fichte erhöhen.



Abb. 11: Trockenschäden an Bäumen bei Pirna im August 2015

2.2.5 Neue Schaderreger

Neben den Veränderungen der klimatischen Rahmenbedingungen kann das Auftreten weiterer biotischer Schadereger in Sachsen beobachtet werden, die zum Teil erheblichen Einfluss auf einzelne Baumarten haben. Hierzu gehört unter anderem das seit 2005 auftretende Eschentriebsterben, eine schwere Baumkrankheit, die durch einen Pilz (*Hymenoscyphus fraxineus*) verursacht wird (Baumann 2012, Enderle *et al.* 2017). Neben der Esche ist davon indirekt auch der mit ihr vergesellschaftete Eschenscheckenfalter (*Euphydryas maturna* L.) betroffen. Er ist vom Aussterben bedroht und entsprechend Anhang II und IV der Flora-Fauna-Richtlinie der EU (FFH) eine streng zu schützende Art von europäischem Interesse (Reinhardt 2007, Anonymus 2011b).



Abb. 12a: Das Eschentriebsterben führt zu einem großen Verlust an genetischer Vielfalt bei der Gemeinen Esche.

2.3 Folgen des Verlustes genetischer Vielfalt

Genetische Variation ist die Voraussetzung für den ständigen Prozess der Anpassung von Waldbaumpopulationen an sich ändernde Umweltverhältnisse. Eine Verringerung der genetischen Vielfalt, durch welche Ursachen auch immer, kann das Überleben einer Waldbaumpopulation auf zwei verschiedene Wege beeinflussen:

- Das Überleben einer gegenwärtig existierenden Population könnte durch den gleichzeitigen zahlreichen Ausfall genetisch ähnlicher Individuen bei kurzfristigen Änderungen der Umweltverhältnisse gefährdet sein.
- Die Anpassungsfähigkeit künftiger Generationen an sich ändernde Umweltverhältnisse könnte durch das Fehlen bestimmter genetischer Informationen, die für die Ausbildung neuer Eigenschaften wichtig wären, eingeschränkt sein.

Eine Verringerung der genetischen Variation durch den Verlust von Individuen mit einer bestimmten genetischen Information, die unter den gegebenen Umweltbedingungen nicht in Erscheinung tritt, führt nicht notwendigerweise und unmittelbar zum Verlust der Anpassbarkeit einer Population unter den gegebenen Umweltbedingungen. Der Verlust hängt jedoch möglicherweise eng mit der Verringerung der Anpassungsfähigkeit an zukünftige Umweltverhältnisse zusammen. Darüber hinaus steigt mit abnehmender Individuenzahl die Gefahr eines weiteren zufälligen Verlustes genetischer Vielfalt und von Verwandtschaftspaarung (Geburek *et al.* 1989, Ziehe & Hattemer 1988).



Abb. 12b: Fruchtkörper der Hauptfruchtform des Pilzes auf den Blattspindeln der Esche



3 Methoden zur Erhaltung forstlicher Genressourcen

Im Folgenden werden die Methoden zur Erhaltung forstlicher Genressourcen lediglich in einer Form beschrieben, wie sie zum Verständnis der im Sachsenforst durchgeführten Maßnahmen notwendig ist. Für einen vertieften Einblick sei auf das umfangreiche Sachbuch „Erhaltung forstgenetischer Ressourcen“ von Prof. Dr. Hans H. Hattermer und Prof. Dr. Martin Ziehe (Georg-August-Universität Göttingen) verwiesen (Hattermer & Ziehe 2018).

3.1 Erfassung von Genressourcen

Unter forstlichen Genressourcen wird gemäß dem Übereinkommen über die biologische Vielfalt (CBD) genetisches Material von Baum- und Straucharten mit tatsächlichem oder potenziellem Wert für eine nachhaltige multifunktionale Forstwirtschaft in Deutschland verstanden. Genressourcen sind ein elementarer Bestandteil der natürlichen Ressourcen von Waldökosystemen und Grundlage für deren Produktivität (Leistungsfähigkeit) und Stabilität (Reaktion auf Störungen). Forstliche Objekte, die für Erhaltungsmaßnahmen grundsätzlich in Frage kommen, können einzelne Bäume und Sträucher, Trupps, Gruppen

und Horste sowie Teilbestände und Bestände von Bäumen und Sträuchern sein.

Für die Erfassung in Frage kommender Vorkommen werden die unterschiedlichsten Informationsquellen genutzt. Dazu gehören unter anderem die zur Verfügung stehenden Forstinformationssysteme, das Erntezulassungsregister, Unterlagen des Kompetenzzentrums für Wald und Forstwirtschaft im Sachsenforst oder Mitteilungen der Forstbezirke, der unteren Forst- und Naturschutzbehörden der Landkreise und kreisfreien Städte sowie der Institute der Fachrichtung Forstwissenschaften der TU Dresden. Neben eigenem Personal erfolgt die Erfassung durch beauftragte Forstsachverständige oder Mitarbeiter artenspezifischer Projekte, die durch Drittmittel finanziert werden. Die ermittelten Bestände und Einzelobjekte werden erfasst und die wichtigsten Daten mit einem entsprechenden Aufnahmebogen dokumentiert.

Bei der Durchführung von weiterführenden Erhaltungsmaßnahmen kommt den sogenannten Generhaltungseinheiten eine zentrale Bedeutung zu. Generhaltungseinheiten

ten (synonym Generhaltungsobjekte) sind abgegrenzte, genau definierte Vorkommen forstgenetischer Ressourcen. Je nach ihrer Flächengröße werden sie entsprechend der Handlungsempfehlungen zur Ausweisung von Generhaltungseinheiten (Anonymus 2017a) in drei Kategorien unterteilt:



Abb. 13: Einzelner Wild-Apfel im Osterzgebirge



Abb. 14: Generhaltungsbestand der Rot-Buche (Naturwaldzelle Hemmschuh)

Das Ziel der Erhaltung forstlicher Genressourcen ist die Erhaltung der genetischen Vielfalt als Voraussetzung für die Anpassungsfähigkeit. Als Generhaltungseinheiten sollten daher standortgerechte und vitale Bestände und Individuen ausgewiesen werden, die den regionalen Genpool einer Art repräsentieren und eine größtmögliche Anpassungsfähigkeit unter sich ändernden Umweltbedingungen erwarten lassen.

Auf Grund dieser Definition können wesentliche Unterschiede zwischen Generhaltungsbeständen und Saatgut-Erntebeständen bestehen, die nach dem Forstvermehrungsgutgesetz (FoVG) (Anonymus 2002) zur Erzeugung von Forstvermehrungsgut der Kategorie „Ausgewählt“ zugelassen werden. Für die Zulassung von Beständen nach FoVG spielen Qualitäts- (überdurchschnittliche Form, Güte

Kleinvorkommen

Unter diese Kategorie fallen kleinflächige Waldteile wie Horste oder Gruppen mit bis zu 20 Individuen sowie Einzelbäume der zu erhaltenden Art. Solange diese Kleinvorkommen vor Ort überleben, können sie als *In-situ*-Generhaltungseinheiten gelten. Gegebenenfalls müssen *Ex-situ*-Maßnahmen eingeleitet werden, wenn ihr Weiterbestand vor Ort bedroht ist.

Generhaltungsbestände

Darunter fallen Bestände oder abgegrenzte Bestandes-Einheiten mit bis zu 20 ha und mehr als 20 Individuen der zu erhaltenden Art. Generhaltungsbestände repräsentieren oft Reste von natürlichen Waldgesellschaften, die nur noch selten größere zusammenhängende Flächen einnehmen.

Generhaltungswälder (synonym Generhaltungsreservate)

Größere zusammenhängende Waldteile ab 20 ha von Waldgesellschaften mit der zu erhaltenden Baumart (auch in Mischung) werden als Generhaltungswälder bezeichnet. Diese Kategorie hat für Sachsen unter den gegebenen Waldverhältnissen eine untergeordnete Bedeutung.

des Holzes) und Leistungskriterien (überdurchschnittliche Volumenleistung) bei einer ausgesprochenen Homogenität morphologischer Merkmale neben Kriterien wie Gesundheitszustand und Widerstandsfähigkeit eine wesentliche Rolle.

Bei der Ausweisung von Generhaltungsbeständen stehen dagegen Merkmale wie Regenerations- bzw. Reaktionsfähigkeit, Gesundheitszustand und die genetische Struktur bei einer ausgeprägten Heterogenität auch der morphologischen Merkmale im Vordergrund. Qualitäts- und Leistungsmerkmale sind hier untergeordnet. Dies schließt allerdings eine Ausweisung von zugelassenen Saatgut-Erntebeständen zu Wald mit besonderer Generhaltungsfunktion nicht aus.

Bei Baumarten wie der Weiß-Tanne, die in ihrem Fortbestehen als Art gefährdet sind und nur noch durch wenige, voneinander isolierte Vorkommen oder Individuen repräsentiert werden, ist dagegen eine möglichst große Anzahl von Individuen durch geeignete Maßnahmen zu erhalten.

3.2 Evaluierung erfasster Genressourcen

3.2.1 Erhaltungswürdigkeit

Die Eignung der erfassten Bestände und Kleinvorkommen für die Erhaltung der genetischen Variation einer Art oder für die Erhaltung einer Art beschreibt die Kategorie Erhaltungswürdigkeit. Sie wird vor der Ausweisung zu Wald mit besonderer Generhaltungsfunktion (siehe Kapitel 3.3.1) anhand sachlich nachvollziehbarer Kriterien wie Artzugehörigkeit, Autochthonie und Angepasstheit, Anpassungsfähigkeit sowie Verteilung der Erhaltungseinheiten über Standortseinheiten, geprüft.

Die erste Voraussetzung für Erhaltungsarbeiten ist die eindeutige Identifizierung der **Artzugehörigkeit**. Dies ist für die meisten Arten ohne Probleme möglich. Bei einigen, wie den verschiedenen Wildobstarten, der Schwarz-Pappel, den Eichen- und Ulmenarten, ist über Hybridisierung mit Kultursorten bzw. zwischen Arten bereits mehrmals berichtet worden. In solchen Fällen wird mit Hilfe morphologischer und/oder genetischer Merkmale versucht, die betroffenen Individuen eindeutig der jeweiligen Art zuzuordnen.

Eine Population ist als **autochthon** zu bezeichnen, wenn sich ihre typischen genetischen Eigenschaften, die sie von anderen Teilpopulationen der gleichen Art oder von der Gesamtpopulation unterscheidet, ohne die Einwirkung des Menschen entwickelt haben (Rohmeder 1972). Autochthone Populationen sind an die an ihrem Standort herrschenden Umweltverhältnisse angepasst und können, solange diese stabil bleiben, dort auf Dauer überleben. Bestände, die in der Vergangenheit ausschließlich natürlich verjüngt und nicht wesentlich durch Polleneintrag aus nicht-autochthonen Nachbarbeständen beeinflusst wurden, können demnach als autochthon angesprochen werden. Bei künstlicher Bestandesbegründung kann der Folgebestand nur dann als autochthon angesprochen werden, wenn zweifelsfrei feststeht, dass für die Begründung nur Saatgut aus dem Altbestand oder aus umliegenden autochthonen Beständen mit den gleichen standörtlichen Verhältnissen verwendet wurde.

Die Einschätzung der Autochthonie ist durch bestandesgeschichtliche Untersuchungen (z. B. historische Waldbehandlung, Begründungsart, Alter, Herkunft des Saat- bzw. Pflanzgutes), teilweise auch unter Einbeziehung genetischer Untersuchungen zu führen. Ein zweifelsfreier Nachweis ist oft nicht möglich.

Ein weiteres Kriterium für Erhaltungswürdigkeit ist die **Standortsgerechtigkeit**. Im Falle autochthoner Populationen kann die Standortsgerechtigkeit als gegeben angenommen werden. Weil die Anzahl autochthoner Bestände als Folge der geschichtlichen Waldentwicklung begrenzt ist, sind auch nicht-autochthone Bestände auf ihre Eignung zur Erhaltung zu prüfen.

Die **Angepasstheit** ist durch die Ermittlung von Alter, Vitalität (Wachstum, Schäden, Krankheiten, auch im Vergleich zu anderen Baumarten) und der Reproduktionsfähigkeit unter den gegebenen natürlichen standörtlichen Bedingungen zu beurteilen.

Um die Zielsetzung nachhaltig zu erfüllen, muss als weiteres wesentliches Merkmal von Generhaltungseinheiten die **Anpassungsfähigkeit** der in Frage kommenden Bestände eingeschätzt werden. Autochthone und angepasste Populationen können auf Grund hohen Selektionsdrucks und/oder geringer Populationsgröße so viel genetische Information durch Inzucht oder genetische Drift verloren haben, dass ihre Anpassungsfähigkeit in Frage steht. Zur Prüfung der Anpassungsfähigkeit sind die Ergebnisse morphologischer, phänologischer, öko-physiologischer und/oder genetischer Untersuchungen im Bestand oder im Rahmen von Herkunftsversuchen, Nachkommenchafts- bzw. Klonprüfungen zu verwenden. Liegen dazu keine Ergebnisse vor, wird die Anpassungsfähigkeit auf Grund örtlich vorliegender Erfahrungen gutachtlich beurteilt.

Bei der Erhaltung einer Art, die vom Aussterben bedroht ist, sind so viele Individuen dieser Art wie möglich zu erhalten. Diese Arten sind von der oben genannten Prüfung auf Anpassungsfähigkeit ausgenommen.

Nach Artzugehörigkeit, Autochthonie bzw. Angepasstheit und Anpassungsfähigkeit ist die repräsentative Verteilung der Erhaltungseinheiten über alle für eine Baumart in Frage kommenden Waldstandorte innerhalb eines Wuchsgebietes zu prüfen. Damit werden Erhaltungsobjekte in unterschiedliche Selektionsbedingungen einbezogen, in

denen vielfältige Anpassungsprozesse ablaufen können. Sonder- und Extremstandorte sind hierbei angemessen zu berücksichtigen. Grundlage für die Prüfung ist die Standortseinheitenzusammenstellung für jedes Wuchsgebiet.

Unabhängig von der Liste der zu bearbeitenden Baum- und Straucharten können natürlich auch andere Arten Gegenstand der Erhaltung sein, auch wenn sie keinen unmittelbaren wirtschaftlichen Nutzen aufweisen. Hierzu zählen unter anderem Populationen oder Individuen mit besonderen phänotypischen Eigenschaften wie außerordentliche morphologische bzw. phänologische Merkmale oder überdurchschnittliche Qualität. Die Erhaltung dieser Sonderformen hat aber keine Priorität und wird nur in Ausnahmefällen durchgeführt.

Die durch die Prüfung festgestellte Erhaltungswürdigkeit wird schriftlich begründet und in der Regel mit den zur Verfügung stehenden Unterlagen (Kopien von Betriebsbüchern, Messergebnisse, Kartenausschnitte, Veröffentlichungen, Mitteilungen etc.) belegt.

3.2.2 Erhaltungsfähigkeit und Festlegung der Erhaltungsdringlichkeit

Mit der Evaluierung der Erhaltungswürdigkeit und der Ausweisung der Generhaltungseinheiten als Wald mit besonderer Generhaltungsfunktion ist zunächst die Bedeutung einer Genressource festgestellt. Grundsätzlich gibt das Konzept zur Erhaltung forstlicher Genressourcen in der Bundesrepublik Deutschland den *In-situ*-Erhaltungsmaßnahmen den Vorrang (Paul *et al.* 2010).

Voraussetzung für eine nachhaltige *In-situ*-Erhaltung ist eine Mindestgröße der betreffenden Population, die es ihr ermöglicht, sich zu erhalten und zu verjüngen, ohne dass die Gefahr einer genetischen Verarmung bzw. eines zufallsbedingten Erlöschens besteht (Maschinski *et al.* 2013). Neben der Populationsgröße spielen die Vitalität und Altersstruktur der Generhaltungseinheit eine wichtige Rolle (Kätzel & Reichling 2009). Es gibt eine Reihe von weiteren Faktoren, die die Erhaltung *in situ* in Frage stellen können. Dazu gehören anthropogene Eingriffe, Umweltbedingungen, die keine dauerhafte Erhaltung vor Ort ermöglichen und weitere Gefährdungen wie Hybridisierung (Paul *et al.* 2010). An Hand der jeweils vorliegenden Sachlage wird die *In-situ*-Erhaltungsfähigkeit der Generhaltungseinheit eingeschätzt und im Bedarfsfall über weiterführende Maßnahmen *ex situ* entschieden (Anonymus 2017a). Unabhängig davon wird an einer *In-situ*-Erhaltung solange

festgehalten, bis die genetischen Informationen einer Einheit gesichert sind (Paul *et al.* 2010).

Die Festlegung der Erhaltungsdringlichkeit erfolgt im Anhalt an den tatsächlichen Gefährdungs- bzw. Schädigungsgrad einer forstlichen Genressource. Weiterhin werden wirtschaftliche Aspekte und die Seltenheit ebenso in die Entscheidung einbezogen wie die ökologische, genetische oder waldbauliche Bedeutung der Generhaltungseinheit (Paul *et al.* 2010).

3.3 Erhaltungsmaßnahmen

3.3.1 Ausweisung von Wald mit besonderer Generhaltungsfunktion und deren Wirksamkeit

Das Referat Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung im Kompetenzzentrum für Wald und Forstwirtschaft von Sachsenforst ist verantwortlich für die waldbesitzartenübergreifende Erfassung und Evaluierung von Generhaltungseinheiten aller Baum- und Straucharten in den Wäldern Sachsens. Die als erhaltungswürdig beschriebenen Generhaltungseinheiten werden durch die Obere Forstbehörde im Rahmen der Waldfunktionenkartierung als Wald mit besonderer Generhaltungsfunktion ausgewiesen (Anonymus 2010, 2015). Im Bedarfsfall werden durch das Referat Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung Richtlinien für die waldbauliche Behandlung der zu erhaltenden Einheit erarbeitet.

Durch diese Ausweisung besitzen Generhaltungseinheiten den Status einer Waldfunktion. Nach dem Sächsischen Waldgesetz haben Träger öffentlicher Vorhaben bei Planung und Durchführung von Vorhaben die Funktionen des Waldes zu berücksichtigen. Für den Landes- und Kommunalwald stellt die Waldfunktionenkartierung eine verbindliche Planungsunterlage dar. Ihre Angaben sind bei der forstlichen Rahmenplanung, der periodischen Forstbetriebsplanung, der jährlichen Wirtschaftsplanung, dem Vollzug der geplanten Maßnahmen, den forstbehördlichen Entscheidungen sowie bei allen sonstigen, den Wald betreffenden Planungen und Maßnahmen, verbindlich zu beachten (Anonymus 2010). Für den privaten Waldbesitzer ergibt sich aus dem Sächsischen Waldgesetz die Vorgabe, den Wald ordnungsgemäß so zu bewirtschaften, dass seine Funktionen, und damit auch Generhaltungsfunktionen, stetig und auf Dauer erfüllt werden.

3.3.2 *In-situ*-Maßnahmen

Unter *In-situ*-Maßnahmen werden alle Erhaltungsmaßnahmen verstanden, die am Wuchsort der Genressource unter den gegebenen Standorts- und Bestandes-Bedingungen durchgeführt werden können. Hierzu gehören die Erhaltung und Förderung der Genressource an sich und deren natürliche Verjüngung (Abb. 16).



Abb. 15: Naturverjüngung eines Buchenbestandes mittels Femelhieb

In-situ-Maßnahmen haben für die Erhaltung der genetischen Ressourcen von Baum- und Straucharten des Waldes eine besondere Bedeutung. Ein Grund dafür liegt in ihrer langen Lebensdauer und der im Vergleich zu landwirtschaftlichen Nutzpflanzen sehr langen Generationenfolge. Die Erhaltung vor Ort ermöglicht unter stabilen Umweltbedingungen zum einen die Erhaltung einer Vielzahl von Genotypen und zum anderen die Weitergabe und Rekombination der genetischen Informationen im Zuge der natürlichen Verjüngung in einem Ausmaß, das mit anderen Methoden nicht annähernd möglich ist, bei geringen Kosten und Risiken (Albrecht 1987). Erst die genetischen Prozesse während der Reproduktionsphase bieten die Voraussetzungen für Anpassung, d. h. die gerichtete Weiterentwicklung der genetischen Strukturen einer Ressource unter den sich ändernden Bedingungen des Wuchsortes. Ein weiterer Vorteil der *In-situ*-Erhaltung liegt in ihrer Integrationsfähigkeit in forstbetriebliche Prozesse in einer an ökologischen Prinzipien orientierten Waldbewirtschaftung.

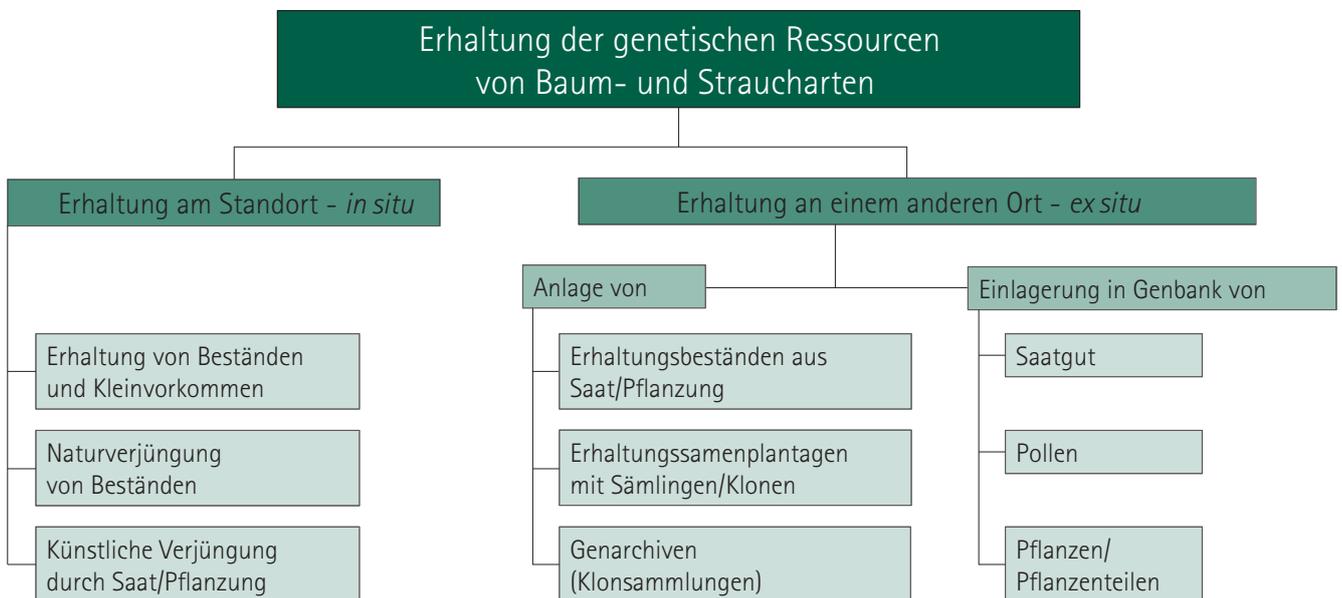


Abb. 16: Übersicht der Erhaltungsmaßnahmen

Die *In-situ*-Erhaltung von Generhaltungseinheiten stößt in den letzten Jahren trotz der oben genannten Vorteile vermehrt an ihre Grenzen. Ursachen dafür sind die sich im evolutionären Maßstab rasant verändernden klimatischen Bedingungen und das Auftreten von Schadorganismen unterschiedlichster Art. So sind zum Beispiel

Generhaltungsbestände der Gewöhnlichen Fichte und der Gewöhnlichen Kiefer von den Auswirkungen von Stürmen, Trockenheit und Käferkalamitäten betroffen und Generhaltungsbestände der Gewöhnlichen Esche von den Auswirkungen des Eschentriebsterbens. Weil die genannten Beispiele auch entsprechende *Ex-situ*-Anlagen berühren,

besteht zunehmend das Risiko des vollständigen Verlustes von genetischen Ressourcen trotz durchgeführter Generhaltungsmaßnahmen.

Die Erfassung von Beständen und Kleinvorkommen (Baumgruppen und Einzelbäume) als Generhaltungseinheiten in den sächsischen Wäldern und deren Ausweisung als Wald mit besonderer Generhaltungsfunktion ist die Grundlage für eine an Erhaltungszielen ausgerichtete Bewirtschaftung sowie für die Durchführung von weiteren Maßnahmen zur weitgehenden und dauerhaften Erhaltung dieser Genressourcen. In einer Generhaltungseinheit sollte die zu erhaltende Baumart *in situ* gefördert, gepflegt und so

alt wie möglich werden. Wenn das Vorkommen eine als Reproduktionseinheit ausreichende Größe aufweist, soll es sich bevorzugt natürlich verjüngen. Als Anhaltspunkt dient hier die zu beerntende Mindestbaumanzahl in Saatgutbeständen nach FoVG. Diese Verjüngung kann durch Saat und Pflanzung mit Vermehrungsgut unterstützt werden, welches ausschließlich in dem betreffenden Bestand gewonnen wurde. Bei *In-situ*-Nachkommenschaften isolierter Einzelbäume oder Kleinstvorkommen besteht die Gefahr einer drastischen Erosion der genetischen Variation durch Selbstbestäubung oder Verwandtschaftspaarung bzw. durch Hybridisierung mit anderen Arten oder Kultursorten.



Abb. 17a und 17b: Freistellung von Wildapfelbäumen im Osterzgebirge als *In-situ*-Pflegetmaßnahme (vorher - nachher)

Neben der Gewinnung von Saatgut und Pflanzen entsprechend des FoVG, der Verwendung von herkunftsgerechtem Vermehrungsgut und der Berücksichtigung von forstgenetischen Erkenntnissen in der Waldverjüngung stellt die *In-situ*-Erhaltung ein wichtiges Element dar, um die Leistungen der Wälder für heutige und künftige Generationen nachhaltig sicherzustellen. Durch die Integration der *In-situ*-Erhaltungsmaßnahmen in den Forstbetrieb können die Ziele der forstlichen Generhaltung kostengünstig in breitem Umfang erreicht werden.

3.3.3 *Ex-situ*-Maßnahmen

Als *Ex-situ*-Maßnahmen werden alle diejenigen Erhaltungsmaßnahmen verstanden, die nicht am Wuchsort einer genetischen Ressource durchgeführt werden können und die deshalb eine Auslagerung des in Frage kommenden Materials an einen anderen Standort erfordern (Abb. 16).

Ex-situ-Erhaltungsmaßnahmen, die zu einem späteren Zeitpunkt eine generative Vermehrung zulassen, wie Erhaltungs-Bestände und -Samenplantagen, unterliegen ebenso wie *In-situ*-Maßnahmen unterschiedlichen evolutionären und reproduktionsbiologischen Prozessen, die zur Veränderung genetischer Strukturen führen können. Sie werden als dynamische Verfahren bezeichnet. Diese

Ex-situ-Maßnahmen werden vor allem dann ergriffen, wenn größere erhaltungswürdige Generhaltungseinheiten nicht auf Dauer *in situ* erhalten werden können (Belastung mit Luftschadstoffen, Tagebau, Infrastrukturmaßnahmen). In diesen Fällen kommt die Begründung von Erhaltungsbeständen durch Saat oder Pflanzung an einem anderen Ort in Frage. Wenn Vermehrungsgut dieser Vorkommen so bald wie möglich wieder für Wiedereinbringungsmaßnahmen zur Verfügung stehen soll, ermöglicht die Anlage von Erhaltungssamenplantagen aus Pfropflingen eine weitgehend repräsentative Erhaltung der betreffenden genetischen Ressourcen.

Der zweite große Anwendungsbereich dynamischer Verfahren zur *Ex-situ*-Erhaltung sind Baumarten, deren genetische Ressourcen sehr selten und über größere Flächen verstreut sind, sodass keine ausreichend großen Reproduktionseinheiten existieren. In diesen Fällen kann die *In-situ*-Erhaltung von Einzelbäumen, Trupps oder Gruppen dieser Arten die genetische Information zwar über lange Zeit sichern, endet aber mit dem Tod des Baumes. Hier stellt die Anlage einer Erhaltungssamenplantage ein Instrument zur Wiederherstellung von Fortpflanzungsgemeinschaften dar, bei denen sich im Zuge der generativen Reproduktion vorhandene genetische Information rekombinieren kann, was die genetische Vielfalt fördert und gleichzeitig den regional angepassten Genpool erhält. Das so erzeugte Saatgut steht als Basis für die Wiedereinbringung seltener Baumarten in den Kreislauf von Wald-Ökosystemen zur Verfügung. Im Gegensatz zu Samenplantagen, die der Erzeugung von Forstvermehrungsgut der Kategorie „Qualifiziert“ oder „Geprüft“ dienen, wird in Erhaltungssamenplantagen die Anzahl der Klone deutlich höher angesetzt. Je größer die Anzahl der zu erhaltenden Genotypen, desto geringer die Möglichkeit, genetische Information durch Zufallsereignisse bei der Rekombination zu verlieren.



Abb. 18b: Saatgut aus gelenkten Aspenkreuzungen



Abb. 18c: Langzeitlagerung von Saatgut in der Genbank



Abb. 18a: Pollengewinnung von Aspen in der Klimakammer



Abb. 18d: Vermehrung mittels *In-vitro*-Kultur

Im Falle der massiven Gefährdung von Baumarten infolge von Krankheiten (z. B. Ulme und Esche) bietet vor allem die Anwendung dynamischer Erhaltungsverfahren die Möglichkeit, über evolutionäre Anpassungsprozesse eine gewisse Resistenz und damit ein Überleben dieser Baumarten zu erreichen.

Alle Maßnahmen zur Sicherung genetischer Ressourcen, bei denen sich genetische Strukturen grundsätzlich nicht verändern, werden als statische Verfahren bezeichnet. Sie dienen vor allem zur schnellen und langfristigen Sicherung gefährdeter Ressourcen und als Grundlage für die Wiedereinbringung in geeignete Waldgesellschaften. Die Durchführung dieser Verfahren hängt sehr stark von der Biologie der Baum- oder Straucharten (z. B. Vermehrbarkeit durch Stecklinge, Lagerfähigkeit des Saatgutes), dem Entwicklungszustand des zu erhaltenden Ausgangsmaterials (z. B. Alter, Fruktifikation) und den technischen Voraussetzungen ab.

Mit der Ernte und Einlagerung von Saatgut in der forstlichen Genbank Sachsens kann eine große Anzahl von Genotypen erhalten werden. Das Saatgut kann unter kontrollierten Bedingungen konserviert werden. Nach Auslagerung, Aussaat und erfolgter Pflanzenanzucht steht die genetische Ressource für Wiedereinbringungsmaßnahmen zur Verfügung. Dieses Verfahren kommt jedoch nur für Baumarten in Frage, deren Saatgut über einen längeren Zeitraum ohne nennenswerten Verlust an Keimfähigkeit gelagert werden kann. Letztere wird in Abhängigkeit von der Lagerfähigkeit in regelmäßigen Abständen von ein bis fünf Jahren durch Saatgutprüfungen nach internationalen Standards getestet, um bei nachlassender Keimfähigkeit eine Aussaat der fraglichen Partien vorzunehmen.

Die Einlagerung von Pollen ermöglicht die Erhaltung einer Vielzahl genetischer Informationen auf kleinstem Raum. Die Wiedereinführung dieser Informationen in den Kreislauf von Waldökosystemen setzt die Verfügbarkeit geeigneter weiblicher Partner und die erfolgreiche Durchführung gelenkter Kreuzungen voraus.

Die Erhaltung bestimmter Genotypen über das Lebensalter des Ausgangsindividuums hinaus ist durch vegetative Vermehrungsverfahren möglich. Dabei wird zwischen auto- und heterovegetativer Vermehrung unterschieden. Unter einer autovegetativen Vermehrung werden alle Methoden verstanden, die auf einer Vermehrung durch Eigenbewurzelung von Pflanzenteilen beruhen. So kann ein Individuum zum Beispiel durch die Bewurzelung von

Stecklingen in beliebigen Stückzahlen vermehrt werden. Der Erfolg der Stecklingsvermehrung ist einerseits von der Bewurzelungsfähigkeit der Art und des jeweiligen Individuums abhängig, was zu einer Verringerung der genetischen Vielfalt gegenüber dem Ausgangsmaterial führen kann. Andererseits sinkt mit zunehmendem Alter die Fähigkeit von Individuen zur Bewurzelung.

Vegetative Vermehrung bewirkt in der Regel eine Rejuvenilisierung. Für einen nachhaltigen Erfolg muss das Klonmaterial zur Verzögerung der Alterungsprozesse ständig weitervermehrt werden. Deshalb ist dieses Verfahren nur für begrenzte Stückzahlen von Genotypen handhabbar. Die Vermehrung durch Stecklinge ist bei einigen Baumarten wie Fichte oder Aspe bis zur Praxisreife entwickelt. Bei der praktischen Erhaltungsarbeit spielt die Stecklingsvermehrung, von wenigen Ausnahmen abgesehen (Gewöhnlicher Wacholder), derzeit nur eine untergeordnete Rolle.

Die heterovegetative Vermehrung durch die Pfropfung eines Reises auf eine genetisch nicht identische Unterlage (Veredelung) ist im Bereich des Obstbaus ein sehr altes Verfahren und in der Hauptsache bei allen Baumarten anwendbar. Bei verschiedenen Waldbaumarten treten jedoch Probleme mit durchwachsenden Unterlagen bzw. mit der Verträglichkeit zwischen Wurzelunterlage und Pfropfreis auf. Bei Unverträglichkeit kann es zu Abstoßreaktionen, in manchen Fällen auch nach langer Zeit, kommen. Auch bei den in dieser Hinsicht unproblematischen Baumarten stellt die Pfropfung ein sehr aufwändiges und teures Verfahren dar, für dessen erfolgreiche Durchführung qualifiziertes und erfahrenes Personal erforderlich ist. Für die Anlage von Genarchiven und Erhaltungssamenplantagen, die unter laufender Kontrolle stehen, ist dieses Verfahren dennoch das Mittel der Wahl.

Die Anlage von Genarchiven (Klonsammlungen) dient in erster Linie als Sofortmaßnahme zur Erhaltung wertvoller oder unmittelbar gefährdeter Genotypen, sei es als Grundlage für weiterführende Maßnahmen wie die Anlage von Samenplantagen, oder als Doppelsicherung.

Die Entwicklung biotechnologischer Verfahren für die vegetative Vermehrung über *In-vitro*-Kulturen hat in den letzten Jahrzehnten insbesondere für Laubbaumarten erhebliche Fortschritte gemacht. So könnte bei Wildobstarten wie Wild-Apfel, Wild-Birne und Vogel-Kirsche die Gefahr der Hybridisierung umgangen werden. Grundsätzlich ist es mit *In-vitro*-Verfahren möglich, große Pflanzenzahlen pro Genotyp zu erzeugen. Ein wesentlicher Nachteil

dieser Verfahren besteht jedoch darin, dass es sehr aufwändig ist, einmal etablierte Klone durch ständige Weitervermehrung zu erhalten, was begrenzend auf die Anzahl zu erhaltender Genotypen wirkt. Die Methoden sind für viele Baumarten noch nicht praxisreif entwickelt, sehr kosten- und arbeitsintensiv.

Im Zuge der oben genannten Entwicklungen hat sich der Stand des Wissens zur langfristigen Einlagerung vor allem von Gewebekulturen deutlich erweitert. Allerdings gibt es in Deutschland nur einzelne Institutionen, die über die notwendige Infrastruktur und personelle Kapazitäten verfügen, um diese Verfahren langfristig und nachhaltig im Sinne der forstlichen Generhaltung anwenden zu können.

In Abhängigkeit von Verfahren, Gehölzart, Material und Lagerdauer können Selektionsvorgänge, die die genetischen Strukturen verändern, jedoch auch bei diesen statischen Maßnahmen nicht ganz ausgeschlossen werden.

3.4 Genetische Charakterisierung

3.4.1 Erfassung des *Status quo* genetischer Ressourcen

In den letzten Jahrzehnten wurde eine breite Palette verschiedener Labormethoden (Isoenzym-, DNA-Marker) entwickelt, um individuelle Genotypen bzw. genetische Strukturen von Waldbaumpopulationen anhand genetischer Parameter zu charakterisieren.

Um die Bedeutung und Gefährdung von Generhaltungsobjekten (Erhaltungswürdigkeit, Erhaltungsdringlichkeit) einzuschätzen, ist es zunächst erforderlich, einen Überblick über die genetische Variation der entsprechenden Art auf Ebene des Verbreitungsgebietes oder Teilen davon zu erarbeiten. Dazu dienen genetische Inventuren, bei denen eine größere Anzahl von Vorkommen (Populationen) anhand von Stichproben einmalig untersucht wird. Für die Hauptbaumarten und die meisten im Rahmen der forstlichen Generhaltung bearbeiteten Arten liegen solche Untersuchungen in der Regel auf Basis von Isoenzym-Genorten und/oder Mikrosatelliten-Markern vor, wenn auch in unterschiedlicher Intensität.



Abb. 19a: Präparieren von Proben im Labor

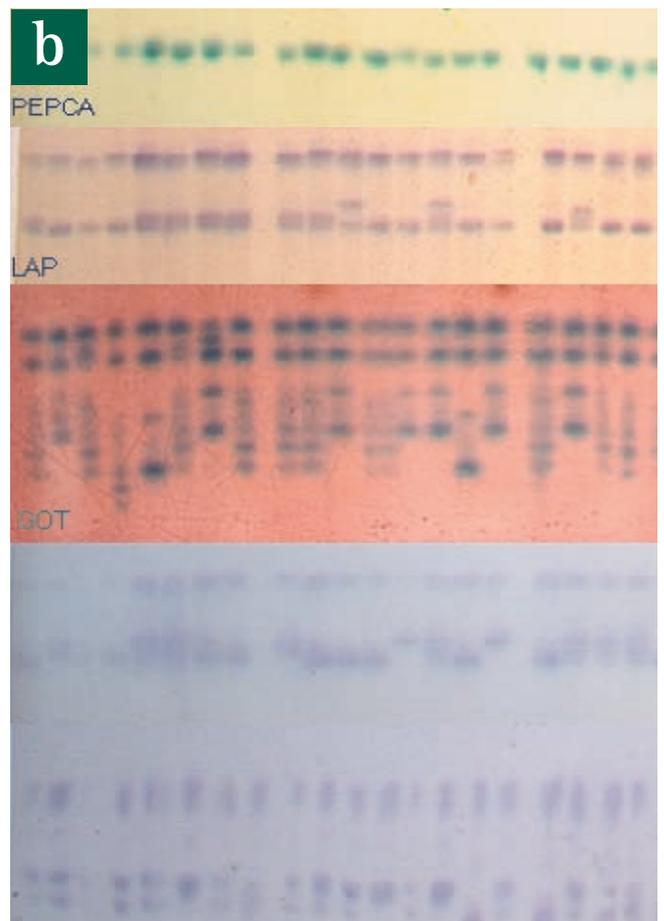


Abb. 19b: Isoenzymmuster bei Fichte

Für die Planung, Durchführung und Kontrolle von Generhaltungsmaßnahmen bieten genetische Analysen unverzichtbare Mittel. Auf der individuellen Ebene geht es dabei meist um Fragen wie Artdifferenzierung und Hybridisierung, Ausschluss oder Bestätigung von Klonzugehörigkeit bzw. Nachweise der Elternschaft. Auf der Populations-ebene umfassen die Themen zum Beispiel den Vergleich der genetischen Strukturen von Populationen oder die Repräsentanz der genetischen Variation von Altbeständen in deren Nachkommenschaften.

3.4.2 Erfassung der Veränderungen von genetischen Ressourcen über Zeit und Raum – genetisches Monitoring

Alle bisher erwähnten Untersuchungen stellen Momentaufnahmen dar, also den genetischen Status des untersuchten Kollektivs zu einem bestimmten Zeitpunkt. Waldbaumpopulationen sind aber genetische Systeme, deren Strukturen sich in der Zeit unter dem Einfluss der Umwelt ändern. Diese evolutionäre Dimension beruht auf dem Vorhandensein genetischer Variation und bewirkt die Anpassung von Populationen an sich ändernde Umweltfaktoren: Die Varianten, deren Träger am erfolgreichsten auf die jeweils herrschenden Bedingungen reagieren können, überleben öfter und werden häufiger an die Nachkommen weitergegeben. Diese Dimension wird mit den bisherigen Ansätzen nur sehr eingeschränkt (z. B. im Vergleich zwischen Generationen) abgebildet.

Als Grundlage für eine genetische Dauerbeobachtung, in der die Entwicklung genetischer Systeme dargestellt werden kann, erarbeitete die BLAG-Expertengruppe „Genetisches Monitoring“ ein „Konzept zum genetischen Monitoring für Waldbaumarten in der Bundesrepublik Deutschland“ (Anonymus 2004).

Ziel des forstgenetischen Monitorings ist es, für ausgewählte Populationen die genetische Variation und den

Zustand des genetischen Systems zu erfassen und die räumliche und zeitliche Entwicklung anhand von Kriterien, Indikatoren und Verifikatoren zu beobachten. Zum genetischen System gehören neben Größe, genetischer und demografischer Struktur der Population alle Prozesse, die durch Erhaltung, Entwicklung und Weitergabe der genetischen Information (Reproduktion) zum Fortbestand der Population über Generationen beitragen. Durch die möglichst umfassende Betrachtung dieses Systems kann die Wirkung von Einflussfaktoren wie Klimawandel oder Bewirtschaftung auf die Anpassungsfähigkeit von Baumpopulationen abgeschätzt und bewertet werden.

Dabei sind als Monitoringflächen vorrangig standortsgerechte, regionaltypische Bestände mit Naturverjüngung auszuwählen, für die bereits eine genaue Flächen dokumentation und hohe Datendichte zu Einzelbäumen vorliegt wie Naturwaldzellen oder Level-II-Flächen. Das Konzept gibt das Design der Flächen und der zu untersuchenden Probenkollektive und die zu erhebenden Umweltparameter so vor, dass im Ergebnis der Erstaufnahme der Zustand ihrer genetischen Systeme beurteilt und verglichen werden kann. Zugleich bildet die Ersteinrichtung die Grundlage für die Beobachtung der Veränderungen dieser Systeme in Raum und Zeit.

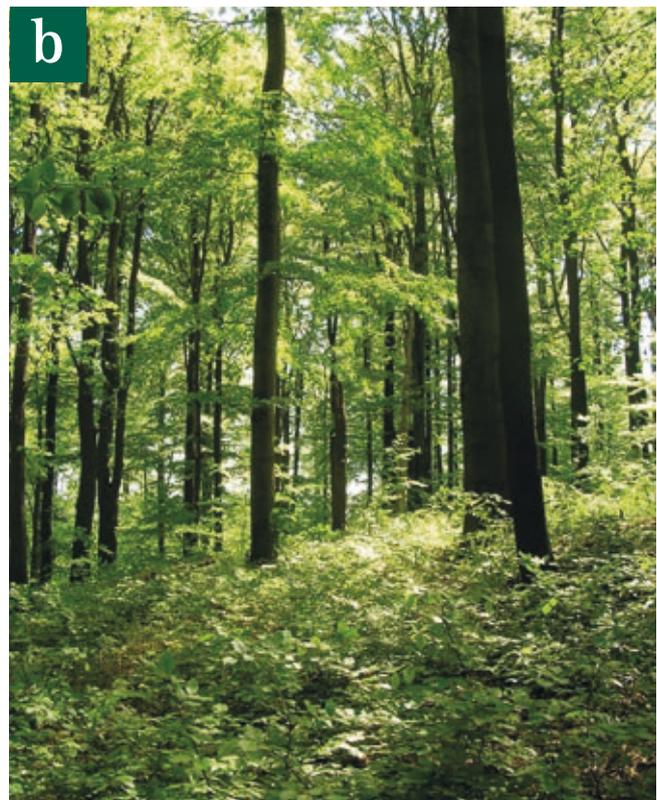


Abb. 20a und 20b: Bucheckernernte in der Monitoringfläche Weicholdswald

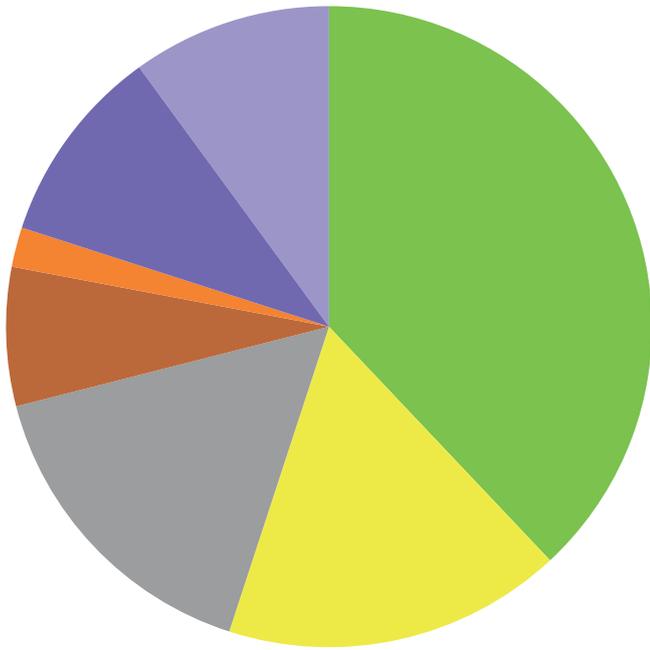


4 Bisherige Umsetzung der Maßnahmen und Ergebnisse

4.1 *In-situ*-Erhaltung

Die landesweite und Besitzarten übergreifende Inventur der forstlichen Genressourcen konnte in der Hauptsache zum 31.12.2008 abgeschlossen werden. Im Anschluss an die Inventur erfolgte forstbezirksweise die Überprüfung der überwiegend durch Werkvertragsnehmer erfassten Generhaltungseinheiten. Ende 2018 waren in Sachsen ca. 1.220 Waldbestände von 37 Baum- und Straucharten bzw. Artengruppen mit einer Fläche von 3.620 ha sowie 8.030 Kleinvorkommen für die *In-situ*-Erhaltung erfasst und als Wald mit besonderer Generhaltungsfunktion ausgewiesen (siehe Anhang). Die Fläche der erfassten Waldbestände entspricht 0,7 % der gesamten Waldfläche Sachsens.

Den größten Anteil an den erfassten Generhaltungsbeständen nimmt die Rot-Buche mit 38 % ein, gefolgt von den Eichenarten mit 17 % und der Gewöhnlichen Fichte mit 16 %. Der Anteil der Gewöhnlichen Kiefer an den Generhaltungsbeständen beträgt 7 %, die der anderen Nadelbaumarten 2 %. Die Bestände der anderen Laubbaumarten mit hoher Lebensdauer wie Ahornarten, Esche, Hainbuche, Linden- und Ulmenarten nehmen 10 %, die der anderen Laubbaumarten mit niedriger Lebensdauer wie Birkenarten, Vogel-Kirsche, Pappel-, Sorbus- und Wildobstarten weitere 10 % der *In-situ*-Gesamtfläche ein (Abb. 21).

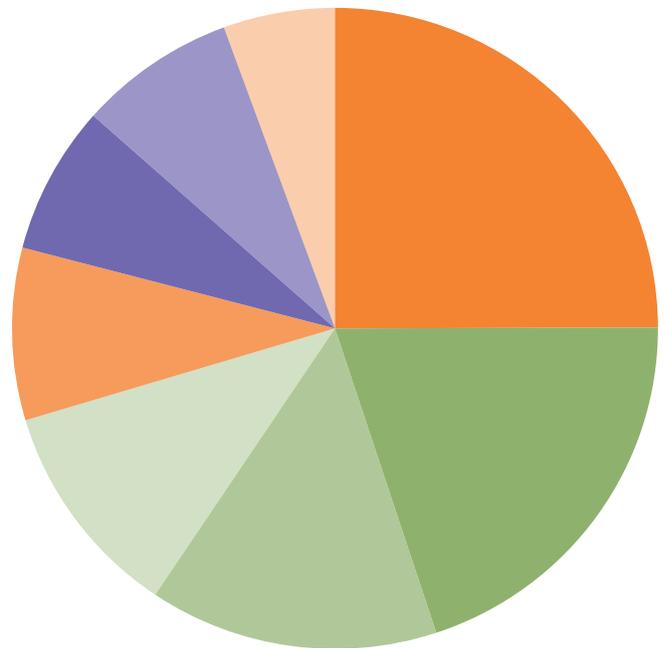


- 38 % Rot-Buche
- 17 % Eichenarten
- 16 % Gewöhnliche Fichte
- 7 % Gewöhnliche Kiefer
- 2 % andere Nadelbaumarten
- 10 % andere Laubbaumarten, hohe Lebensdauer
- 10 % andere Laubbaumarten, niedrige Lebensdauer

Abb. 21: Verteilung der *In-situ*-Generhaltungsbestände auf Baumarten und Baumartengruppen (Stand 31.12.2018)

Die Generhaltungsbestände repräsentieren zwischen 0,3 % (Gewöhnliche Fichte) und 6,4 % (Rot-Buche) der Gesamtfläche einer Baumart/Baumartengruppe. Die Flächenanteile der *In-situ*-Erhaltungsbestände an der Gesamtfläche der jeweiligen Baumart erreichten jedoch mit Ausnahme der Rot-Buche bei keiner Baumart nur annähernd die von Wolf & Braun (1995) mit Bezug auf das Bundeskonzept von 1989 (Anonymus 1989) genannten Zielvorgaben von 10 % der Baumartenfläche. Dies ist ein Zeichen dafür, dass durch die bereits erwähnten Eingriffe in die natürlichen Waldökosysteme und durch die daraus resultierenden Veränderungen die Anzahl von Beständen, die den Anforderungen für eine dauerhafte Erhaltung der genetischen Vielfalt genügen, auf ein Minimum zurückgegangen ist. Unter Berücksichtigung der für die Gewinnung von Vermehrungsgut zugelassenen Saatguterntebestände, die ebenfalls genetischen Mindestanforderungen genügen müssen, bleibt festzustellen, dass die für Anpassungsprozesse zur Verfügung stehende genetische Basis bei einer Vielzahl von Baumarten äußerst schmal ist.

Unterstrichen wird diese Aussage durch die Ergebnisse der erfassten Kleinvorkommen. Für eine Reihe von Baumarten wie Weiß-Tanne, Wildobstarten und andere seltene Baumarten konnten nur noch eine geringe Anzahl oder gar keine bestandesförmigen Vorkommen ermittelt werden. Bei diesen Baumarten erfolgte dann in der Hauptsache die Erfassung von Kleinvorkommen (siehe Anhang). 25 % der zu erhaltenden Kleinvorkommen entfallen auf die Baumart Weiß-Tanne, 15 % auf die Gewöhnliche Traubenkirsche, 11 % auf die Flatter-Ulme, jeweils 9 % auf die Berg-Ulme und den Gewöhnlichen Wacholder, 8 % auf die Schwarz-Pappel sowie 11 % auf die Wildobst-Arten einschließlich Vogel-Kirsche. Weitere sieben Laubbaumarten weisen einen Anteil an den Kleinvorkommen von insgesamt 8 %, weitere vier Nadelbaumarten von 6 % auf (Abb. 22).



- 25 % Weiß-Tanne
- 20 % Ulmenarten
- 14 % Gewöhnliche Traubenkirsche
- 11 % Wildobst-Arten
- 9 % Gewöhnlicher Wacholder
- 7 % Schwarz-Pappel
- 5 % weitere Laubbaumarten (7)
- 6 % weitere Nadelbaumarten (4)

Abb. 22: Verteilung der *In-situ*-Kleinvorkommen auf Baumarten und Baumartengruppen (Stand 31.12.2018)

Mehr als die Hälfte der ausgewiesenen Generhaltungseinheiten befinden sich im Landeswald, 24 % im Privatwald und 18 % im Kommunalwald (Abb. 23). Ungefähr die Hälfte der Generhaltungseinheiten liegt in Flora-Fauna-Habitat- und in speziell geschützten Gebietsflächen, weitere 17 % bzw. 10 % nur in einer der beiden Flächen-Kategorien (Abb. 23). Die Baumarten, die dem Forstvermehrungsgutgesetz (FoVG) unterliegen, dominieren in der Kategorie Generhaltungsbestände mit 98 %. Bei den Kleinvorkommen überwiegen Gehölze, die nicht dem FoVG unterliegen (62 %).

Der Zustand der Generhaltungsbestände entsprach bis Ende 2017 weitgehend dem allgemeinen Zustand des Waldes. Ausnahmen bildeten vor allem die Eschen-Bestände, die zunehmen durch das Eschentriebsterben in Mitleidenschaft gezogen wurden. Die erfassten Kleinvorkommen sind sehr oft überaltert, in ihrer Vitalität geschwächt bzw. merklich geschädigt und Naturverjüngung ist vielfach nicht vorhanden (unter anderem Kätzel *et al.* 2009; Schulze *et al.* 2013a, b; Anonymus 2017c).

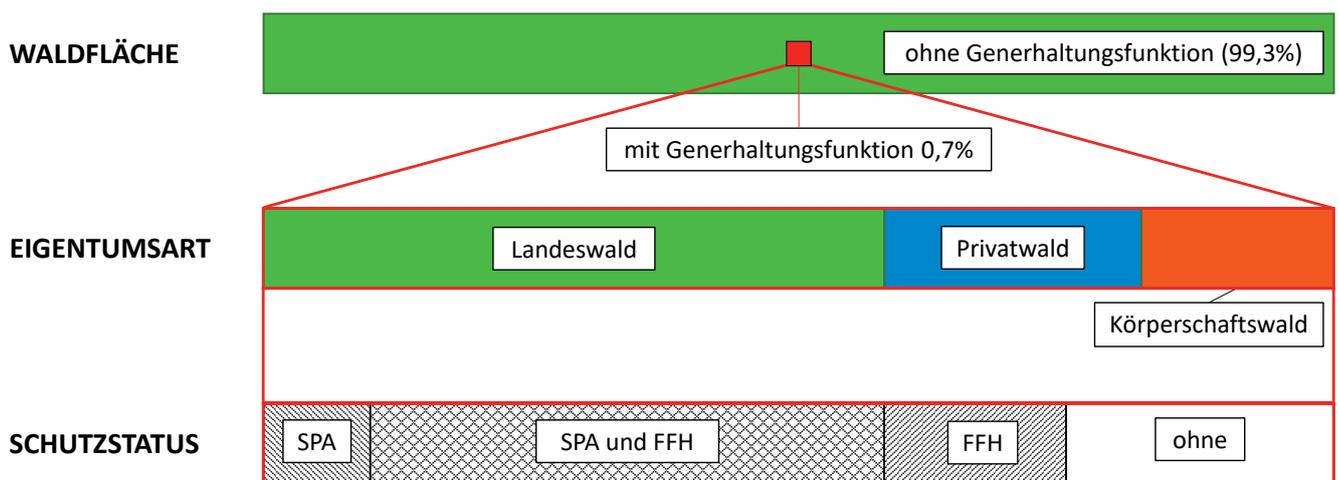


Abb. 23: Flächenanteile von *In-situ*-Erhaltungsbeständen bezogen auf Waldbesitzarten und Schutzstatus (Stand 31.12.2018)

4.2 *Ex-situ*-Erhaltung

Für die *Ex-situ*-Erhaltung forstlicher Genressourcen eignen sich in Abhängigkeit von Gefährdungsgrad und Populationsgröße der zu erhaltenden genetischen Ressource unterschiedliche Maßnahmen. Wenn es um die Erhaltung von Arten geht, werden neben der unerlässlichen Erhaltung vor Ort vor allem Maßnahmen zur Zusammenführung von isolierten Individuen einer Art zu Vermehrungspopulationen wie die Anlage von Erhaltungssamenplantagen und Klonsammlungen *ex situ* ergriffen.

Durch die Anlage von Erhaltungsbeständen und -samenplantagen sowie durch die Einbeziehung erhaltungsrelevanter Versuchsflächen weist das System zur *Ex-situ*-Erhaltung von forstlichen Genressourcen im Landeswald aktuell 257 Bestände mit 216 ha Fläche von 20 Baumarten und 60 Samenplantagen mit insgesamt 3.144 Genotypen

von 20 Baumarten auf. Weitere 4.290 Genotypen von 20 Baumarten sind in 73 Klonarchiven erhalten (siehe Anhang).

Im Zuge der Doppelsicherung lagert aktuell in der Forstgenbank 91 kg Saatgut von 15 Baumarten, das sich auf 660 Saatgutpartien verteilt. Darunter befinden sich ca. 450 Saatgutposten mit einem Gesamtgewicht von 21,4 kg von Fichten-Generhaltungsbeständen.

Im Folgenden wird für einige Arten, ausgehend von der Situation der genetischen Ressourcen, die Entwicklung und Umsetzung von Erhaltungskonzepten beispielhaft dargestellt. Dabei kommen *In-situ*- und *Ex-situ*-Maßnahmen meist kombiniert zum Einsatz.



Maßnahmen zur Arterhaltung: Die Weiß-Tanne (*Abies alba* Mill.)

Die Weiß-Tanne ist eine der wichtigsten Baumarten der natürlichen Waldvegetation in den Mittelgebirgen Sachsens. Etwa ein Fünftel der heutigen Waldfläche Sachsens wurde durch natürliche Waldgesellschaften mit der Weiß-Tanne gebildet (Braun & Llamas Gómez 1994). Bis zum Ende der 1980er-Jahre verringerte sich das Vorkommen der Weiß-Tanne auf Grund verschiedener Ursachen auf nur noch wenige Relikte. Altannen finden sich bis zum heutigen Tag häufig nur noch einzeln in Fichtenreinbeständen, selten ist das gruppen-, horst- oder bestandesweise Auftreten. Die Weiß-Tanne wird in der Roten Liste des Freistaates Sachsen in der Kategorie „Vom Aussterben bedroht“ geführt (Schulz 2013).

Bei der flächendeckenden und Waldbesitzarten übergreifenden Erfassung von *In-situ*-Generhaltungsobjekten konnten bis Ende 2019 insgesamt 16 Weiß-Tannen-Erhaltungsbestände mit 8,0 ha (davon 13 Erntebestände nach FoVG mit 7,7 ha) und 472 Kleinvorkommen mit 1.955 Altannen über 80 Jahre dokumentiert werden (Stand: 31.12.2018).

Untersuchungen zur genetischen Struktur der verbliebenen Reliktvorkommen in Sachsen weisen auf äußerst geringe Werte der genetischen Vielfalt hin. Auch die individuelle genetische Vielfalt (der Anteil der Gene je Baum, die zwei verschiedene Varianten aufweisen und damit zu einer höheren Anpassungsfähigkeit beitragen) sächsischer Weiß-Tannen beträgt ca. die Hälfte der für andere Weiß-Tannen-Vorkommen bekannten Werte (Llamas Gómez & Braun 1995). Dies lässt den Schluss zu, dass die verbliebenen Restvorkommen zum Teil bereits durch Selbstung oder Paarung zwischen nahen Verwandten entstanden sind (Braun & Llamas Gómez 1994, Wolf & Braun 1997). Die Isolation der Tannenrestvorkommen und die Mischungsform hauptsächlich in Fichten-Reinbeständen führen bei der Reproduktion von Altannen zu einem weiteren Verlust an genetischer Vielfalt durch Inzucht infolge von Verwandtschafts- oder Selbstbestäubung sowohl in der Naturverjüngung als auch im Saatgut (Llamas Gómez 1998). Eine Erhaltung der regionalspezifischen genetischen Ressourcen der Weiß-Tanne ausschließlich durch *In-situ*-Maßnahmen ist vor diesem Hintergrund nicht möglich (Wolf & Braun 1997). Andererseits ist davon auszugehen, dass der besondere Wert dieser Relikte gerade in einer hohen

Angepasstheit an die spezifischen Bedingungen am nördlichen Rand des natürlichen Verbreitungsgebietes der Weiß-Tanne liegt.

Das genetische Potenzial möglichst vieler isolierter Weiß-Tannen wurde in neuen Fortpflanzungseinheiten zusammengeführt, deren Ziel in der Erzeugung von Saatgut mit einer im Vergleich zu den Erntebeständen besseren Qualität und höheren genetischen Vielfalt besteht. Von 1993 bis 2002 erfolgte die Auswahl und Vermehrung von 736 Altannen, deren Vitalität die Entnahme von Pflanzmaterial ermöglichte (Wolf & Braun 1996). Mit den Pflanzlingen wurden insgesamt sechs Erhaltungssamenplantagen, zusammengestellt nach regionalen Gesichtspunkten, angelegt.

In den vergangenen Jahren begannen immer mehr Klone, sowohl männliche als auch weibliche Blüten zu bilden und auch die Anzahl der Blüten je Pflanzling nahm kontinuierlich zu. Deshalb konnten im Jahr 2017 die ersten zwei Erhaltungssamenplantagen als Ausgangsmaterial für die Erzeugung von Forstvermehrungsgut der Kategorie „Qualifiziert“ zugelassen werden (Anonymus 2017b). Das hier erzeugte Vermehrungsgut kann im Rahmen der jeweils gültigen Herkunftsempfehlungen ohne Einschränkungen verwendet werden. Erste Untersuchungen zur Saatgutqualität weisen darauf hin, dass die Reproduktions- und Fruktifikationsbedingungen in den untersuchten Samenplantagen mindestens vergleichbar oder besser sind als diejenigen in den untersuchten Erntebeständen aus Sachsen. Das Ziel, genetisch vielfältiges und anpassungsfähiges Vermehrungsgut aus dem regional angepassten Genpool zu erzeugen, rückt damit in Reichweite. Die Ergebnisse zeigen aber auch, dass die gegenseitige Bestäubung in Abhängigkeit vom Erntejahr und die Keimkraft des in den Samenplantagen erzeugten Saatgutes noch nicht optimal ist (Wolf & Tröber 2018).

Die Erhaltung der Weiß-Tanne und deren Wiedereinbringung werden unterstützt durch die Verwendung von Forstvermehrungsgut ausgewählter slowakischer Erntebestände. Diese Populationen weisen eine höhere genetische Variation auf, unterlagen aber in der nachsaiszeitlichen Entwicklung einer ähnlichen Selektion, sodass eine relativ gute Anpassung an sächsische Verhältnisse angenommen werden kann.

Die Erfassung und genetische Charakterisierung der Weiß-Tanne in Sachsen erfolgte mit Förderung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit auf Beschluss des Deutschen Bundestages (FE-Vorhaben-Nr. 108 05 046/56, Llamas Gómez *et al.* 1994).



Die Schwarz-Pappel kommt in den Flussauen Sachsens natürlich vor und ist eine Charakterbaumart des Pappel-Weiden-Auenwaldes (*Salici-Populetum nigrae*) im Übergangsbereich von der Weichholz- (*Salicetum*) zur Hartholzau (*Quercu-Ulmetum*) (Schmidt 1995, Schmidt & Klausnitzer 2002). Die natürliche Verbreitung der Schwarz-Pappel in Sachsen war lange Zeit nicht genau bekannt. Eine Ursache dafür liegt in der im Gelände schweren Unterscheidbarkeit der Schwarz-Pappel von den häufig angebauten Sorten der Euroamerikanischen Schwarz-Pappel-Hybriden (*Populus x euramericana* [Dode] Guinier). Natürliche Restvorkommen (oft nur noch Einzelbäume) sind selten in Auenwäldern, Ufergehölzen oder Altwässern größerer Flüsse, besonders der Elbe einschließlich der Mulde, der Neiße, der Spree und der Elster-Luppe-Aue (Schmidt & Klausnitzer 2002). Die Schwarz-Pappel wird in der Roten Liste des Freistaates Sachsen in der Kategorie „Vom Aussterben bedroht“ geführt (Schulz 2013).

Von 2005 bis 2014 erfolgte eine weitgehend vollständige Erhebung von Schwarz-Pappeln entlang der größeren Flüsse und in den Waldgebieten Sachsens^{1,2} (Tröber & Wolf 2015). Mit Ausnahme der Freiburger Mulde und der Luppe konnten an allen Flüssen in Sachsen insgesamt acht *In-situ*-Erhaltungsbestände mit 40,3 ha und 110 Kleinvorkommen mit 601 Schwarz-Pappel-Altbaumen gefunden werden. In Folge der Erhebungen konnten zunächst vier Erntebestände mit 2,6 ha nach FoVG als Ausgangsmaterial in der Kategorie „Ausgewählt“ zugelassen werden.

Die erfassten Vorkommen sind vielfach durch ein sehr geringes natürliches Verjüngungspotenzial und Überalterung in Verbindung mit abnehmender Vitalität gekennzeichnet. Alle erfassten Vorkommen weisen in unterschiedlichem Maße Schäden im Kronenbereich auf, die als eindeutiger Hinweis auf abnehmende Vitalität zu werten sind. Diese Ergebnisse weisen auch im Zusammenhang mit dem ungünstigen Zustand des FFH-Lebensraumtypen Weichholz- und Hartholzauenwald

(Hettwer & Zöphel 2014, Hettwer *et al.* 2015) auf einen dringenden Handlungsbedarf zur verstärkten Wiedereinbringung der Schwarz-Pappel hin (Wolf & Tröber 2014).

Für die Bereitstellung von geeignetem Pflanzgut der Schwarz-Pappel für Wiedereinbringungsmaßnahmen werden zwei Wege beschritten. Zum einen wird auf die Erzeugung von Schwarz-Pappel-Vermehrungsgut aus Erntebeständen zurückgegriffen. Zum anderen ist die Bewurzelung von Steckhölzern, die in einem Erhaltungsmutterquartier mit ca. 300 Schwarz-Pappel-Genotypen von der Elbe, Mulde, Neiße und Spree gewonnen werden können, mit einer entsprechenden Ausnahmegenehmigung nach § 21 FoVG möglich. Ziel ist die Bereitstellung eines breiten Sortimentes unterschiedlich großer Pflanzen im Alter von zwei bis fünf Jahren. Für eine Reihe von Flüssen wie die Neiße ist die vegetative Vermehrung zudem die einzige Art der Erzeugung von geeignetem Pflanzgut, weil es mit Ausnahme der Elbe keine zulassungsfähigen Restvorkommen mit ausreichender Größe für die Zulassung von Erntebeständen entlang der Flüsse in Sachsen gibt.

Auf Grund der umfangreichen genetischen Untersuchungen der noch vorhandenen Schwarz-Pappel-Restvorkommen (Tröber & Wolf 2015, 2019) hat Sachsenforst eine Verwendungsempfehlung für Schwarz-Pappeln entlang der Flüsse in Sachsen erarbeitet, die Bestandteil der Herkunftsempfehlungen mit Stand vom 31.01.2020 sind.

Im Zuständigkeitsbereich von Sachsenforst wurden von 2015 bis 2019 insgesamt ca. 2.500 Schwarz-Pappeln unter anderem entlang von Elbe, Mulde, Röder, Weißer Elster und Zschopau in den Forstbezirken Taura, Leipzig, Dresden und Chemnitz zur Anlage von Generhaltungsbeständen gepflanzt. Weiterhin wurden im gleichen Zeitraum Maßnahmen anderer Vorhabensträger (Kommunen, NABU) durch die Bereitstellung von Schwarz-Pappeln im Umfang von ca. 1.600 Pflanzen unterstützt.

¹ Die Erfassung und Dokumentation genetischer Ressourcen der Schwarz-Pappel in Sachsen wurde durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung auf Beschluss des Deutschen Bundestages gefördert (FKZ: 541-73.01/05BE002, Kätzel *et al.* 2007)

² Zusammenarbeit mit NABU-Landesverband Sachsen e. V. im Rahmen eines vom Sächsischen Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft geförderten Vorhabens (RL BesIn 2007, Lorenz & Müller 2016)



Berg- und Feld-Ulme sind zusammen mit der Flatter-Ulme (*Ulmus laevis* Pall.) in Sachsen heimische anspruchsvolle Mischbaumarten. Die Berg-Ulme kommt in kleineren Beständen und in Kleinvorkommen vor allem im mittleren und östlichen Erzgebirge, seltener im westlichen Erzgebirge, dem Elbsandsteingebirge oder dem Zittauer Gebirge vor. Im sächsischen Hügelland und Tiefland gibt es weniger Vorkommen, von denen aber einige höhere Individuenzahlen aufweisen (Kätzel *et al.* 2009). Die Feld-Ulme ist in Sachsen sehr selten. Sie kommt hauptsächlich noch im Leipziger Auwald und an der Elbe zwischen Torgau und der Landesgrenze zu Sachsen-Anhalt vor. Einzelne Vorkommen finden sich im mittleren Erzgebirge und im Lausitzer Lösshügelland (Kätzel *et al.* 2009). Schätzungen zu Folge gab es im Jahr 2000 noch ca. 60.000 Berg-Ulmen und ca. 20.000 Feld-Ulmen in Sachsen (Mackenthun 2000). Über die tatsächlichen Anteile der beiden Baumarten an der Waldfläche liegen jedoch keine verlässlichen Angaben vor. Sobald Individuen dieser Art das baumförmige Stadium erreichen, werden sie, im Gegensatz zur Flatter-Ulme, für den Ulmensplintkäfer (*Scolytus scolytus* Fabricius) als Brutstätte attraktiv. Der Splintkäfer befördert die Verbreitung des Schlauchpilzes *Ophiostoma novo-ulmi*, Verursacher der Holländischen Ulmenkrankheit. Diese Krankheit bringt den Baum durch Verschluss der Leitgefäße zum Absterben. Beide Ulmen-Arten werden in der Roten Liste Sachsens in der Kategorie „Gefährdet“ geführt (Schulz 2013).

Grundlage für alle weiterführenden Erhaltungsmaßnahmen sind wie bei anderen Arten die Erfassung und Dokumentation der vorhandenen Ulmen-Vorkommen in Sachsen, die schwerpunktmäßig von 1997 bis 2001¹ und von 2005 bis 2007² durchgeführt wurden. Im Ergebnis dieser und anderer Arbeiten konnten bei der Berg-Ulme 17 Bestände mit einer Gesamtfläche von 5,3 ha und 100 Kleinvorkommen mit 692 Einzelbäumen *in situ* als Generhaltungseinheiten ausgewiesen werden. Das grund-

sätzlich seltenere Auftreten der Feld-Ulme spiegelt sich in der Ausweisung von zwei Beständen mit einer Gesamtfläche von 1,8 ha und drei Kleinvorkommen mit 22 Einzelbäumen als *In-situ*-Generhaltungseinheiten wider.

Erste genetische Untersuchungen weisen sowohl bei der Berg- als auch bei der Feld-Ulme auf eine deutliche bis sehr starke Differenzierung der untersuchten Vorkommen hin. Diese ist durch das Auftreten vieler unterschiedlicher, zum Teil regionalspezifischer Allele und Genotypen begründet. Grundsätzlich sollten somit Erhaltungsmaßnahmen vorkommensbezogen geplant und durchgeführt werden, auf Grund des unterschiedlichen Regenerationsvermögens bei der Berg-Ulme mit Schwerpunkt auf Populationen, bei der Feld-Ulme auf Klon-Kollektiven (Kätzel *et al.* 2009). Andererseits sind die erfassten Berg- und Feld-Ulmen-Vorkommen unabhängig von ihrem Generhaltungsstatus zu 80 bis 90 % in ihrer Erhaltungsfähigkeit bedroht bzw. bereits im Absterben begriffen (Kätzel *et al.* 2009).

Das Ulmensterben ist weiterhin die Hauptgefährdungsursache von Berg- und Feld-Ulme. Dies gilt sowohl für *In-situ*- als auch *Ex-situ*-Maßnahmen. Im Bewusstsein dieser Tatsache erfolgte dennoch die Anlage eines *Ex-situ*-Erhaltungsbestandes, einer Erhaltung-Samenplantage und einer Klonsammlung mit 174 Individuen bei der Berg-Ulme sowie eines Erhaltungsbestandes und zweier Klonsammlungen mit 104 Genotypen bei der Feld-Ulme.

Grundsätzlich ist es Ziel der Erhaltungsmaßnahmen, die Berg- und Feld-Ulme als Arten, in welcher Wuchsform auch immer, solange zu erhalten, bis sich durch evolutionäre Prozesse Resistenzen gegenüber dem Erreger der Holländischen Ulmenkrankheit entwickelt haben.

Die Erfassung und Dokumentation genetischer Ressourcen der Ulmenarten in Sachsen wurde unterstützt durch

¹ die Europäische Union (FKZ: RES GEN CT 96/78, Collin *et al.* 2002)

² das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft auf Beschluss des Deutschen Bundestages (FKZ: 541-73.01/05BE001, Kätzel *et al.* 2009)



Maßnahmen zur Arterhaltung: Wildobst-Arten Wild-Apfel (*Malus sylvestris* [L.] MILL.), Wild-Birne (*Pyrus pyraster* [L.] BURGSD.) und Elsbeere (*Sorbus torminalis* [L.] CRANTZ)

Wild-Apfel, Wild-Birne und Elsbeere sind Baumarten mit einem hohen Wärme- und Lichtbedarf, die in Sachsen natürlich in eichendominierten und anderen lichten Laubmischwäldern der tieferen und damit wärmeren Lagen vorkommen. In Vergesellschaftung mit wuchsstarken Baumarten wie der Rot-Buche sind sie nicht konkurrenzfähig. Die drei Arten sind von Natur aus selten, wobei die Elsbeere in Sachsen nur auf wenigen Standorten zu finden ist. Vor allem Wild-Apfel und Wild-Birne sind als Einzelbäume oder in kleinen Gruppen mit wenigen Individuen an Waldrändern, in Hecken oder auf extremen Standorten zu beobachten, wo die konkurrenzkräftigeren Arten nicht überleben (Kleinschmit & Stephan 1998). Verbreitungsschwerpunkte befinden sich beim Wild-Apfel im Bereich des Osterzgebirges, bei der Wild-Birne an der Elbe zwischen Riesa und der Landesgrenze zu Sachsen-Anhalt. In der Roten Liste Sachsens werden die Elsbeere in der Kategorie „Vom Aussterben bedroht“ und der Wild-Apfel in der Kategorie „Gefährdet“ geführt (Schulz 2013).

Bei der Erhaltung von Wildobstarten *in situ* ist die Besonderheit zu berücksichtigen, dass die intensive Züchtung von Kulturobst-Sorten seit mehr als 2.000 Jahren die morphologische und genetische Eigenständigkeit vor allem der Wild-Birne und des Wild-Apfels beeinflusst hat (Wagner 2005, 2009). Die Abgrenzung vorhandener Wild- von den Kulturformen ist daher eine unverzichtbare Voraussetzung für jegliche Maßnahmen zur Erhaltung und Bereitstellung genetischer Ressourcen dieser Arten (Wagner 1995). In Sachsen bewegt sich der Anteil der Individuen mit in unterschiedlichem Maße eingekreuzten Kulturformen in den untersuchten Vorkommen zwischen 17 % beim Wild-Apfel und 20 % bei der Wild-Birne (Anonymus 2017c).

Neben dem Vorhandensein von Hybriden innerhalb der Vorkom-

men können vor allem auch im unmittelbaren Umfeld der Wildobst-Vorkommen wachsende kreuzbare Kultursorten einen Einfluss auf das Vermehrungsgut der Wildformen nehmen. Dabei liegen die Transportdistanzen des Pollens, die zum Beispiel an Sämlingspflanzen des Wild-Apfels im Osterzgebirge beobachtet wurden, von sechs Metern bis zu 10,7 Kilometer. Ein Großteil der Bestäubung fand mit ca. 57 % von Bäumen in einem Radius von 100 Metern um den Mutterbaum herum statt. Bei fast 20 % der Sämlinge stammte der Pollen von Bäumen, die in einer Entfernung von mehr als 350 Metern wuchsen. Es zeigte sich auch, dass die Bestandesdichte die Pollentransportdistanz beeinflusst. Je dichter ein Bestand ist, desto geringer ist die Pollentransportdistanz (Reim *et al.* 2015). Eine Übernahme von Naturverjüngung oder Verwendung von Vermehrungsgut aus freier Abblüte ist unter diesen Umständen nur sehr eingeschränkt möglich.

Unter Berücksichtigung dieser Aspekte stellt sowohl die *In-situ* als auch die *Ex-situ*-Erhaltung der genetischen Ressourcen vor allem von Wild-Apfel und Wild-Birne eine Herausforderung dar. Dabei stellen die *in situ* ausgewiesenen

- ca. 70 Kleinvorkommen mit 273 Wild-Äpfeln,
- ca. 40 Kleinvorkommen mit 246 Wild-Birnen
- ein Elsbeeren-Bestand 1,5 ha und weitere sechs Kleinvorkommen mit 19 Elsbeeren

in der Hauptsache die Grundlage für weiterführende Maßnahmen dar. Bis zum 31.12.2019 erfolgte die Anlage von insgesamt drei Erhaltungssamenplantagen für Wild-Apfel und Elsbeere sowie von sechs Klonsammlungen für Wild-Apfel und Wild-Birne.

Die Erfassung und Dokumentation genetischer Ressourcen von Elsbeere, Wild-Apfel und Wild-Birne sowie relevante Begleituntersuchungen wurden gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung auf Beschluss des Deutschen Bundestages (AZ: 114-02.05-20.0074/09-E-Los 1, Fritsch & Kamp 2013; AZ: 114-02.05-20.0074/09-E-Los 2, Schulze *et al.* 2013a, b; FKZ: 2810BM025, Anonymus 2017c)



Erhaltung der genetischen Vielfalt: Trauben-Eiche (*Quercus petraea* [MATT.] LIEBL.), Gewöhnliche Kiefer (*Pinus sylvestris* L.) und Tieflands-Fichte (*Picea abies* [L.] KARST.) im Vorfeld des Braunkohle-Tagebaus Nochten

Im Vorfeld des inzwischen durch die Lausitzer Energie Bergbau AG (LEAG) betriebenen Braunkohlentagebaus Nochten befindet sich im Wuchsgebiet Düben-Niederlausitzer Altmoränenland, westlich der Stadt Weißwasser vorgelagert, das Waldgebiet Muskauer Heide. Im Zentrum dieses Waldgebietes lag das ca. 100 ha große ehemalige Naturschutzgebiet „Urwald Weißwasser“.

Nach der letzten Eiszeit entstand hier ein sehr besonderes vielfältiges Mosaik aus unterschiedlichen Standorten auf relativ kleinem Raum. Dazu gehören frische wechselfeuchte und stau-nasse Bereiche der „Mühlroser Niederung“ und die trockenere „Trebendorfer Hochfläche“, wo sich ein Fichten-Kiefern-Wald bzw. ein Waldreitgras-Trauben-Eichen-Kiefernwald entwickelt haben. Dieser „Urwald“ wurde nur in geringem Maße forstlich beeinflusst, sodass die ungleichaltrigen Mischbestände von zum Teil sehr alten Bäumen der Trauben-Eiche (ca. 300 Jahre), Gewöhnlichen Kiefer und Lausitzer Tieflands-Fichte geprägt wurden. Auf Grund ihres Alters und der bekannten Waldgeschichte konnten diese Vorkommen mit hoher Wahrscheinlichkeit als autochthon angesprochen werden (Grosser 1964, 1966). Diese Bestände besaßen somit eine sehr hohe Erhaltungswürdigkeit und wurden deshalb als Wald mit besonderer Generhaltungsfunktion ausgewiesen. Auf Grund der Lage im Abbaugbiet des Braunkohle-Tagebaus Nochten war die Existenz dieses naturräumlichen Kleinodes akut bedroht und seine Erhaltung sehr dringlich.

Das ca. 100 ha große ehemalige Naturschutzgebiet „Urwald Weißwasser“ wurde 2010/11 durch den Tagebau Nochten in Anspruch genommen. Mit dem Ziel, einen möglichst repräsentativen Teil des genetischen Potenzials zu erhalten, erfolgte in Zusammenarbeit mit dem damaligen Betreiber, der Vattenfall Europe Mining AG (VEM), die Charakterisierung mit biochemisch-genetischen Analysen und die Durchführung von Maßnahmen zur Erhaltung der genetischen Ressourcen von Trauben-Eiche, Gewöhnlicher Kiefer und Tieflands-Fichte im

Zeitraum von 2006 bis 2009 (Wolf *et al.* 2009). Diese Arbeiten bauten auf Generhaltungsmaßnahmen auf, die bereits von 1994 bis 2005 durchgeführt worden waren. In deren Ergebnis wurden 1997 eine Kiefern-Klonsammlung in Graupa und 2004/05 eine Trauben-Eichen-Erhaltungssamenplantage auf einer Rekultivierungsfläche des Tagebaus Nochten angelegt. Von 2009 bis 2012 konnten im Ergebnis der durchgeführten Arbeiten eine zweite, umfangreichere Erhaltungssamenplantage für Trauben-Eiche, sowie jeweils eine Erhaltungssamenplantage für Gewöhnliche Kiefer und Tieflands-Fichte im Forstbezirk Oberlausitz angelegt werden. Alle Plantagen wurden bezüglich Klonzahl und Design so gestaltet, dass sie bei Erreichen des reproduktiven Alters den Zulassungsvoraussetzungen des FoVG als Ausgangsmaterial für die Erzeugung von Forstvermehrungsgut in der Kategorie „Qualifiziert“ entsprechen werden.

Nach Abschluss der Vorhaben zur Erhaltung und Charakterisierung von Trauben-Eiche, Plattenkiefer und Tieflands-Fichte im Vorfeld des Braunkohlentagebaus Nochten sind die genetischen Ressourcen der Vorkommen dieser Baumarten im Urwald Weißwasser mit erheblichem Aufwand weitgehend gesichert. Damit wurden die Voraussetzungen geschaffen, dass das genetische Potenzial der erhaltenen Vorkommen wieder für Rekultivierung und Waldverjüngung in Nordostsachsen und Südbrandenburg zur Verfügung steht. Von der konsequenten Pflege und Bewirtschaftung der angelegten Erhaltungssamenplantagen wird es in hohem Maße abhängen, in welchem Umfang dies in Zukunft möglich sein wird.

Die Erfassung, genetische Charakterisierung und Evakuierung der genetischen Ressourcen im Vorfeld des Braunkohle-Tagebaus Nochten wurde durch die Vattenfall Europe Mining AG (jetzt: Lausitzer Energie Bergbau AG) finanziell und durch die Bereitstellung von Flächen unterstützt.

4.3 Aktueller Stand der genetischen Charakterisierung

4.3.1 Erfasster Status genetischer Ressourcen

Die genetische Charakterisierung von Waldbaum-Populationen in Sachsen wurde seit 1991 zunächst mit Isoenzymanalysen durchgeführt. Mit dem Ziel, die genetische Variation von Populationen und Vorkommen einzuschätzen und zu quantifizieren, wurden bei vielen Baumarten Untersuchungen zum Teil haushaltsfinanziert, zum Teil in Verbundprojekten durchgeführt. Die Anzahl geeigneter, polymorpher Isoenzym-Marker ist baumartenspezifisch sehr unterschiedlich. Die enge Abstimmung mit den anderen forstgenetischen Labors im Rahmen der Expertengruppe „Biochemisch genetische Analysen“ der BLAG führte zu einer Reihe artenspezifischer Anleitungen (z. B. Konnert *et al.* 2004, alle Anleitungen unter <https://www.genres.de/fachgremien/blag-forstliche-genressourcen-forstsaatgutrecht/empfehlungen-und-veroeffentlichungen/handbuecher-fuer-isoenzymanalysen/?L=0>), die die Vergleichbarkeit von Ergebnissen ermöglichen.

Isoenzym-Analysen sind relativ preiswert, aber kaum automatisierbar und im Vergleich zu anderen Markern (z. B. Kern-Mikrosatellitenmarkern) deutlich weniger variabel. Weil aus Untersuchungen seit den 1970er-Jahren bis heute deutschlandweit und international Daten aus sehr vielen Populationen, bei einigen Arten aus dem gesamten Verbreitungsgebiet, verfügbar sind, eignen sie sich für manche Fragestellungen trotzdem sehr gut. Zum Beispiel kann die genetische Variation einzelner Bestände im regionalen oder großräumigen Vergleich oft gut eingeschätzt werden.

Etwa seit 2005 kamen zunehmend DNA-Analyseverfahren zu Anwendung. Besonders Mikrosatellitenmarker aus dem Zellkern sind für viele Arten entwickelt, in der Literatur beschrieben und für Routineuntersuchungen nutzbar. Durch die hohe Variabilität vieler Marker eignen sie sich sowohl für den Vergleich von Beständen als auch für die Differenzierung von Individuen. Marker aus der Organellen-DNA (z. B. cpDNA) werden jeweils geschlechtsspezifisch nur über einen Elter vererbt. Sie sind deutlich weniger variabel und eignen sich zur Untersuchung großräumiger Variation und nahezeitlicher Rückwanderungswege (Tab. 1).

Tab. 1: Genetische Untersuchungen zur Charakterisierung der genetischen Variation von Waldbaumpopulationen in Sachsen (wenn jeweils die gleichen Vorkommen mit verschiedenen Markersystemen untersucht wurden, ist die Anzahl nur einmal angegeben)

Art	Deutscher Name	Markersysteme	Anzahl untersuchter Vorkommen
<i>Abies alba</i> MILL.	Weiß-Tanne	Isoenzyme	23
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	Berg-Ahorn	Isoenzyme; Kern-Mikrosatelliten	2
<i>Fagus sylvatica</i> L.	Rot-Buche	Isoenzyme; Kern-Mikrosatelliten	41; 2
<i>Juniperus communis</i> L.	Gewöhnlicher Wacholder	Kern-Mikrosatelliten	8
<i>Malus sylvestris</i> (L.) MILL.	Wild-Apfel	Kern-Mikrosatelliten; cpDNA	6; 5
<i>Picea abies</i> (L.) KARST.	Gewöhnliche Fichte	Isoenzyme; Kern-Mikrosatelliten	58; 1
<i>Populus nigra</i> L.	Schwarz-Pappel	Isoenzyme; Kern-Mikrosatelliten	2; 7
<i>Prunus avium</i> L.	Vogel-Kirsche	Isoenzyme; Kern-Mikrosatelliten; Selbstinkompatibilitäts-System	sächsische Ausleseebäume
<i>Prunus padus</i> L.	Gewöhnliche Traubenkirsche	Kern-Mikrosatelliten	10
<i>Pyrus pyraeaster</i> (L.) BURGSD.	Wild-Birne	Kern-Mikrosatelliten; cpDNA	7
<i>Quercus robur</i> (L.) / <i>Quercus petraea</i> [MATT.] LIEBL.	Stiel-/Trauben-Eiche	Isoenzyme; cpDNA	22
<i>Ribes alpinum</i> L.	Alpen-Johannisbeere	Kern-Mikrosatelliten	5
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	Eberesche	Kern-Mikrosatelliten; cpDNA	14
<i>Sorbus torminalis</i> (L.) CRANTZ	Elsbeere	Kern-Mikrosatelliten	3
<i>Taxus baccata</i> L.	Europäische Eibe	Isoenzyme	4
<i>Ulmus laevis</i> PALL. / <i>Ulmus glabra</i> HUDS. / <i>Ulmus minor</i> MILL.	Flatter-/Berg-/Feld-Ulme	Isoenzyme	3

Sowohl Isoenzym- als auch Mikrosatellitenmarker kommen ebenfalls für Untersuchungen auf der Ebene von Individuen zum Einsatz. Beispiele dafür sind die bereits erwähnten Untersuchungen auf Hybridisierung bei der Schwarz-Pappel und den Wildobst-Arten, die Prüfung auf die Zugehörigkeit zu Klonfamilien in natürlichen Beständen der Schwarz-Pappel und der Feld-Ulme sowie die Prüfung der Klonidentität in *Ex-situ*-Maßnahmen bei fast allen Baumarten.

4.3.2 Aufbau des genetischen Monitorings

Das „Konzept zum genetischen Monitoring für Waldbaumarten in der Bundesrepublik Deutschland“ (Anonymus 2004) wurde in den Jahren 2005 bis 2007 im Rahmen einer Pilotstudie¹ für die Arten Rot-Buche und Vogel-Kirsche erprobt. Dazu wurden in verschiedenen Regionen Deutschlands Beobachtungsflächen in vier Buchen- und fünf Kirschenbeständen eingerichtet, für die aus anderen

Dauerbeobachtungen bereits verschiedene Informationen über das Ökosystem (z. B. Bestandesstruktur, Standort, Klima) vorlagen. In Sachsen befand sich je eine Monitoringfläche der beiden Arten. Individuen der verschiedenen Entwicklungsstadien wurden in unterschiedlichen Intensitäten dauerhaft markiert (Altbäume, Naturverjüngung) und beprobt (Altbäume, Naturverjüngung, Samen). Auf der Grundlage von Untersuchungen mit Isoenzym- und molekularen Markern (SSR und AFLP) sowie von phänologischen Beobachtungen wurden die genetischen Strukturen der Bestände bewertet und deren genetisches System einleitend erfasst. Diese Momentaufnahme bildet die Basis für die Beschreibung der grundlegenden populationsgenetischen Prozesse hinsichtlich genetischer Variation, Allel- und Genotypenfrequenzen, Paarungssystem und Genfluss unter der Wirkung von Umwelteinflüssen bei Wiederholungsaufnahmen. Die Beobachtungsflächen der Buche und die Erfahrungen aus der Pilotstudie wurden im Projekt GenMon genutzt. Die erste Umsetzung des genetischen Monitorings erfolgte im Verbundvorhaben GenMon² (Abb. 24).



Abb. 24: Lage der in Deutschland eingerichteten Monitoring-Flächen für Rot-Buche (hellgrün) und Gewöhnliche Fichte (dunkelgrün) aus Fussi *et al.* (2020)

¹ Verbundvorhaben „Erfassung der genetischen Struktur Rot-Buche (*Fagus sylvatica*) als Grundlage für ein genetisches Monitoring wichtiger Waldbaumarten in Deutschland“ Teillos 1, FKZ 541-73.01/05/BE003/1 (Maurer *et al.* 2008) wurde vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung auf Beschluss des Deutschen Bundestages gefördert.

² „Einrichtung eines genetischen Monitorings für Buche und Fichte in Deutschland zur Bewertung der genetischen Anpassungsfähigkeit der Baumarten gegenüber Umweltveränderungen“ FKZ 22WC409201-10 (Fussi *et al.* 2020) wurde vom Waldklimafonds durch die Bundesministerien für Ernährung und Landwirtschaft und für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit auf Beschluss des Deutschen Bundestages gefördert.

In einem bundesweiten Netz aus 14 Buchen- und 10 Fichtenpopulationen wurden genetische Dauerbeobachtungsflächen entsprechend der Anleitung zur Durchführung des genetischen Monitorings (Anonymus 2008) eingerichtet (Abb. 25). Jeweils auf einer Intensivfläche von einem Hektar wurden genetische Untersuchungen an allen Altbäumen, an Stichproben der Naturverjüngung und an Samen von 20 ausgewählten Samenbäumen durchgeführt. Aus den Daten neutraler Kernmikrosatellitenmarker (nSSR) wurden Indikatoren für den Zustand der Populationen und genetische Prozesse (z. B. genetische Vielfalt, Diversität und Allelverteilung) berechnet. Simulationsstudien erlauben Rückschlüsse auf die Bestandesgeschichte und anthropogene Einflüsse.

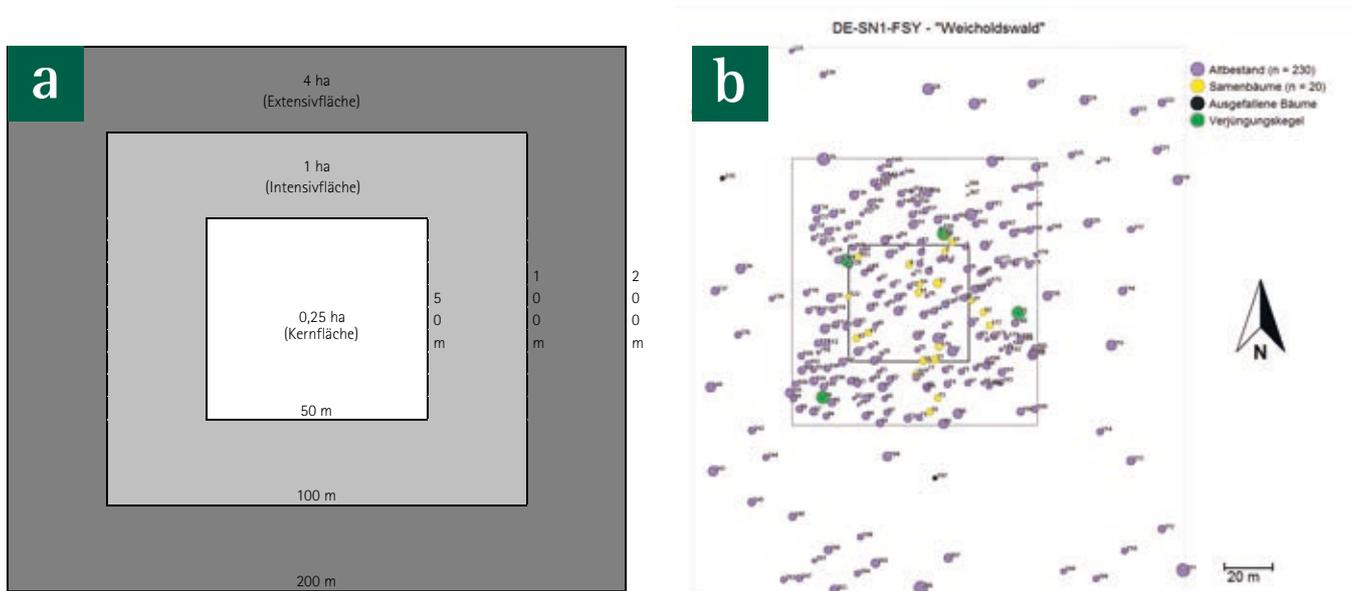


Abb. 25a und 25b: Schematische Darstellung der Monitoringfläche laut Konzept (a, Anonymus 2008) und Abbildung der sächsischen Rot-Buchen-Monitoringfläche „Weicholdswald“ (DE-SN1-FSY, b)

Bestandteil des genetischen Monitorings sind auch phänologische Beobachtungen. An den Samenbäumen wird jährlich der Blattaustrieb, die Blühintensität, die Fruktifikation und die Vitalität bonitiert. Mittels Datenlogger werden auf allen Flächen stündliche Wetterdaten aufgezeichnet. Daraus lassen sich lokale abiotische Einwirkungen (z. B. Spätfröste) identifizieren, die sich auf Vitalität und Reproduktionsgeschehen von Individuen auswirken. Bisher liegen phänologische und Wetterdaten aus drei bis vier Beobachtungsjahren vor.

Stichproben für die Prüfung der Saatgutqualität (Lebensfähigkeit, Keimprozent, Hohlkornanteil) wurden in den Buchenbeständen durch eine Saatgutsammlung aus der gesamten Monitoringfläche gewonnen, in den Fichtenbeständen setzten sie sich aus dem Saatgut der definierten Samenbäume zusammen. Eine zentrale Datenbank dient der Zusammenführung und Speicherung aller Daten und stellt sie für gemeinsame Auswertungen bereit. Sie bilden auch die Grundlage für die Entwicklung anpassungsrelevanter Genmarker. Weil mit der zunehmenden Häufigkeit milder Winter die Reaktion auf Spätfröste als Selektionskriterium wahrscheinlich an Bedeutung gewinnt, wurden

aus den phänologischen Daten der Buchen Extrembeispiele für das Merkmal „Blattaustrieb“ ausgewählt. Mittels genomweiter Analysen wurde damit begonnen, SNP-Marker zu entwickeln und ihre Korrelation mit dem Merkmal „Blattaustrieb“ zu evaluieren. Die Entwicklung solcher Marker und ihre Erprobung hinsichtlich möglicher Korrelationen mit phänologischen Merkmalen sollen künftig wesentlich zur Beurteilung der klimatischen Anpassungsfähigkeit von Waldbeständen beitragen.

In Sachsen erfolgte neben der weiteren Nutzung der vorhandenen Buchen-Monitoringfläche aus dem Pilotprojekt die Einrichtung einer weiteren Buchen- und einer Fichtenfläche (siehe Tab. 2). Bei der Flächenauswahl wurde neben guter Erreichbarkeit Wert darauf gelegt, dass über die Bestände aus anderen Programmen bereits möglichst viele Informationen zur Struktur und Entwicklung vorliegen.

Tab. 2: Im Rahmen des Vorhabens GenMon in Sachsen angelegte genetische Monitoringflächen

Baumart	Flächenname	FoB	Revier	Abteilung	Status
Rot-Buche	DE-SN1-FSY	Bärenfels	Hirschsprung	308, 309	NSG, NWZ
Rot-Buche	DE-SN2-FSY	Bärenfels	Rehefeld	263	NSG, NWZ
Gewöhnliche Fichte	DE-SN3-PAB	Bärenfels	Hirschsprung	425	Level II

Phänologische Beobachtungen liegen von den je 20 Samenbäumen der Monitoringflächen vor. Zum Vergleich des Blattaustriebes zwischen verschiedenen Bäumen wurde für jeden Beobachtungstag der phänologische Index PI als Mittelwert der kumulierten Anteile an den Austriebsstadien ermittelt. Der Vergleich unterschiedlicher Jahre erfolgte jeweils zu dem Tag, an dem der erste Baum der Fläche die phänologische Phase Blattaustrieb (PI = 62,5 %) überschritten hatte.

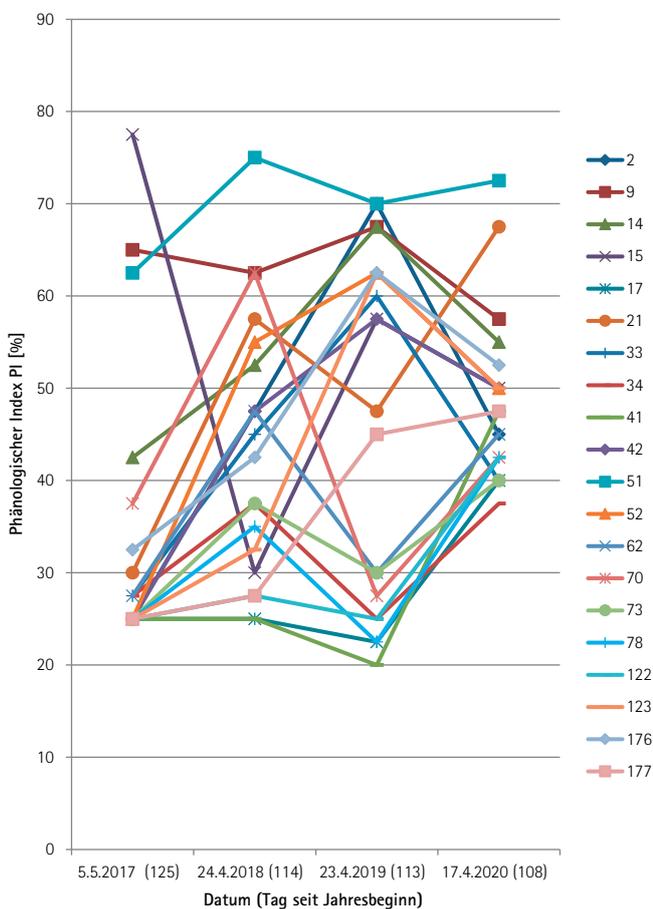


Abb. 26: Variation der Rangfolge beim Merkmal Blattaustrieb zwischen den Samenbäumen am Beispiel der sächsischen Rot-Buchen-Monitoringfläche „Weicholdswald“ (DE-SN1-FSY)

Im Mittel war auf allen Buchenflächen der Blattaustrieb 2018 und 2019 deutlich früher als 2017 und auf allen Fichtenflächen 2018 früher als 2017 und 2019. In der sächsischen Rot-Buchen-Monitoringfläche „Weicholdswald“ (DE-SN1-FSY), für die Ergebnisse aus den phänologischen Daten für 2020 bereits vorliegen, zeigt sich eine Tendenz zu einem früheren Erreichen der phänologischen Phase Blattaustrieb (Abb. 26).

Für das Merkmal Blattaustrieb wurde auf Herkunftsebene eine hohe Heritabilität nachgewiesen (Schüler *et al.* 2012). Die Verschiebungen in der Rangfolge des Blattaustriebes auf den GenMon-Flächen (Abb. 26) zeigen aber auch, dass die individuelle Plastizität gegenüber Witterungseinflüssen als Komplex von Reaktionen auf viele unterschiedliche Faktoren zu sehr variablen Merkmalsausprägungen führt. Um Anpassungen für dieses Merkmal auf Klimaänderungen oder z. B. die Auswirkungen von Spätfrostereignissen abzuschätzen, bedarf es langfristiger und kontinuierlicher Beobachtung.

Bei der Beurteilung der Vitalität in den Jahren 2017 bis 2019 liegen die drei sächsischen Flächen im Mittelfeld aller Populationen des Monitoringnetzes. Für die beiden Buchenflächen deutete sich eine leichte Verschlechterung, für die Fichtenfläche eine leichte Verbesserung des Zustandes an.

Die Daten aus dem Projekt GenMon befinden sich derzeit in Auswertung. Ergebnisse aus dieser Initialphase ermöglichen den Vergleich zwischen den Monitoringflächen und lassen Schlüsse auf deren gegenwärtige Konstitution zu.

Für die Altbestände können aus den genetischen Daten Familienstrukturen berechnet werden. Aus der Anzahl und Größe von Familien aus verwandten Individuen, deren Verteilung auf der Fläche und ihrer Zugehörigkeit zu einer oder mehreren Fortpflanzungsgemeinschaften lassen sich Informationen zur Entstehung und Geschichte des Bestandes ableiten. Für den Monitoringbestand Weicholdswald (DE-SN1-FSY) wurde zum Beispiel festgestellt, dass alle Altbäume aus einer einzigen Fortpflanzungsgemein-

schaft stammen. Zahlreiche kleinere Familien mit maximal 17 Mitgliedern deuten auf kleinräumige Naturverjüngung über längere Zeit hin. Wenige Familien, deren Mitglieder über die Fläche verteilt sind, lassen aber auch auf einen gewissen Anteil der Ausbreitung von Samen oder Pollen über weitere Strecken schließen (Abb. 27).

Für beide Baumarten wurde über alle Flächen eine fast vollständige Übertragung der genetischen Diversität von den Altbeständen auf ihre Naturverjüngung ermittelt, obwohl nur ein Teil der Altbäume an der Reproduktion beteiligt war. Die Verjüngung ist meist kleinräumig strukturiert, jedoch immer ergänzt durch Pollen- und Samenausbreitung über größere Entfernungen, auch von außerhalb der Bestände. Unterschiedlich große individuelle Beiträge von Altbäumen zur Nachkommenschaft und vielfältige Kombinationen verschiedener Eltern sichern die Stabilität der genetischen Variation von Generation zu Generation bei windbestäubten Arten.

4.4 Einschätzung der bisherigen Maßnahmen

Insgesamt sind in den Wäldern Sachsens 128 holzige Arten (31 Baum-, 50 Groß- und Kleinstrauch-, 44 Zwerg- und Halbstrauch- sowie drei Epiphyten- und Lianen-Arten) heimisch (nach Schmidt & Klausnitzer 2002). Weitere 87 Gehölzarten sind eingeführt. Davon gelten ca. 27 % als eingebürgert (Schmidt & Klausnitzer 2002).

Der bisherige Schwerpunkt der Maßnahmen zur Erhaltung, Förderung und Nutzung forstlicher Genressourcen lag mit Ausnahme der Gewöhnlichen Traubenkirsche auf den gebietseigenen Baumarten. Von diesen wurden für 94 % der Arten Generhaltungsmaßnahmen durchgeführt. Ausnahmen bilden die Silber- und die Bruch-Weide, für die bisher keine eigenständigen Erhaltungsmaßnahmen durchgeführt wurden, weil sie weder gefährdet noch von forstwirtschaftlicher Bedeutung sind. Auf Grund begrenzter Kapazitäten wurden in den letzten 30 Jahren zunächst diejenigen Baumarten mit Priorität bearbeitet, die bei der Begründung von standortgerechten und gemischten Beständen als Schlüssel- bzw. Mischbaumarten von Bedeutung sind (Wolf & Braun 1995). Aus diesem Grund wurden auch für sieben eingeführte Baumarten Generhaltungsmaßnahmen durchgeführt.

Von den 31 gebietseigenen Baumarten gehören zehn Arten bzw. Unterarten einer Gefährdungskategorie der Roten Liste der Farn- und Samenpflanzen des Freistaates

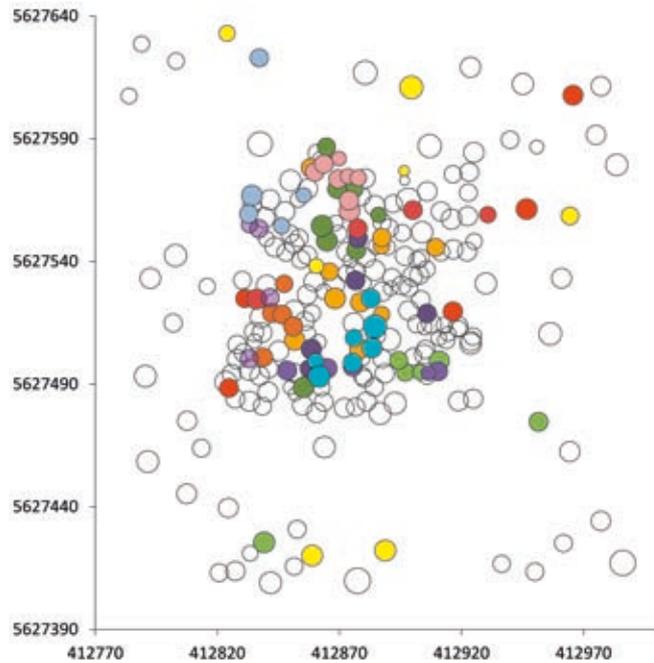


Abb. 27: Familienstrukturen im Altbestand SN1. Kreise einer Farbe stellen Mitglieder einer Familie dar. Ungefüllte Kreise stellen Bäume in Familien mit weniger als fünf Mitgliedern dar. Kreisdurchmesser symbolisiert den Brusthöhendurchmesser des dargestellten Baumes. (Fussi et al. 2020)

Sachsen an (Schulz 2013). Weitere Arten befinden sich auf der Vorwarnliste wie die Moor-Kiefer bzw. sind durch das Auftreten neuer biotischer Schaderreger in Sachsen betroffen wie der Berg-Ahorn, die Schwarz-Erle oder die Gewöhnliche Esche.

Grundsätzlich wurden in den vergangenen Jahren für alle Baumarten, die einer Gefährdungskategorie unterliegen, entsprechende Erhaltungsmaßnahmen durchgeführt. Diese erstrecken sich von der Erfassung und Dokumentation der noch vorhandenen Vorkommen über ihre genetische Charakterisierung bis zur Durchführung von *Ex-situ*-Maßnahmen wie der Anlage von Erhaltungssamenplantagen und Klonsammlungen oder der Einlagerung von Saatgut in der Genbank. Eine Reihe der Erhaltungssamenplantagen hat sich inzwischen so entwickelt, dass ein großer Anteil der jeweils enthaltenen Klone relativ regelmäßig blüht und fruktifiziert. Damit erreichen sie die angestrebte Bildung von größeren Reproduktionseinheiten, und können (ggf. nach ihrer Zulassung als Ausgangsmaterial nach FoVG) beerntet werden.

Die Summe der *Ex-situ*-Verfahren bietet eine sehr gute Ausgangsbasis für weiterführende Maßnahmen. Auch unter dem Eindruck einer zunehmenden Gefährdung von genetischen Ressourcen durch abiotische und biotische Faktoren bleiben jedoch *In-situ*-Erhaltungsmaßnahmen,

die in den Forstbetrieb integriert sind, auf absehbare Zeit der effizienteste, kostengünstigste und aussichtsreichste Weg, um die Ziele der forstlichen Generhaltung in breitem

Umfang zu erreichen, genetische Anpassungspotenziale der Arten zu erhalten und unter den aktuellen Bedingungen weiter zu entwickeln (Felton *et al.* 2020).

Tab. 3: Zu erhaltende gebietseigene Baumarten, deren Rote-Liste-Status und Kategorie der Erhaltung
A = Arterhaltung
V = Erhaltung der genetischen Vielfalt

Rote Liste Sachsen: Abkürzungen:
1 = Vom Aussterben bedroht 2 = Stark gefährdet
3 = Gefährdet V = Vorwarnliste (Schulz 2013)
G = Gefährdung unbekanntes Ausmaßes

Botanischer Name	Deutscher Name	FoVG	Rote Liste SN	Kategorie	Maßnahmenbereich
<i>Abies alba</i> MILL.	Weiß-Tanne	Ja	1	A + V	
<i>Acer campestre</i> L.	Feld-Ahorn	Nein		V	
<i>Acer platanoides</i> L.	Spitz-Ahorn	Ja		V	
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	Berg-Ahorn	Ja		V	
<i>Alnus glutinosa</i> L.	Schwarz-Erle	Ja		V	
<i>Betula pendula</i> ROTH	Sand-Birke	Ja		V	
<i>Betula pubescens</i> EHRH.	Moor-Birke	Ja	G	A + V	subsp. carpatica
<i>Carpinus betulus</i> L.	Gewöhnliche Hainbuche	Ja		V	
<i>Fagus sylvatica</i> L.	Rot-Buche	Ja		V	
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	Gewöhnliche Esche	Ja		A + V	
<i>Juniperus communis</i> L.	Gewöhnlicher Wacholder	Nein	2	A	
<i>Malus sylvestris</i> (L.) MILL.	Wild-Apfel	Nein	3	A	
<i>Picea abies</i> (L.) KARST.	Gewöhnliche Fichte	Ja		V	
<i>Pinus rotundata</i> LINK	Moor-Kiefer	Nein	V	A + V	Moor-Spirken (grex arborea)
<i>Pinus sylvestris</i> L.	Gewöhnliche Kiefer	Ja		V	
<i>Populus nigra</i> L.	Schwarz-Pappel	Ja	1	A	
<i>Populus tremula</i> L.	Aspe	Ja		V	
<i>Prunus avium</i> L.	Vogel-Kirsche	Ja		V	
<i>Pyrus pyraeaster</i> (L.) BURGSD.	Wild-Birne	Nein		A + V	
<i>Quercus petraea</i> [MATT.] LIEBL.	Trauben-Eiche	Ja		V	
<i>Quercus robur</i> L.	Stiel-Eiche	Ja		V	
<i>Salix alba</i> L.	Silber-Weide	Nein		V	Fluss- und Bachauen Tief- und Hügelland
<i>Salix fragilis</i> L.	Bruch-Weide	Nein		V	Fluss- und Bachauen Berg- und angrenzendes Hügelland
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	Eberesche	Nein	1	A + V	subsp. glabrata
<i>Sorbus torminalis</i> (L.) CRANTZ	Elsbeere	Nein	1	A	
<i>Taxus baccata</i> L.	Europäische Eibe	Nein	1	A	
<i>Tilia cordata</i> MILL.	Winter-Linde	Ja		V	
<i>Tilia platyphyllos</i> SCOP.	Sommer-Linde	Ja		V	
<i>Ulmus glabra</i> HUDS.	Berg-Ulme	Nein	3	A + V	
<i>Ulmus laevis</i> PALL.	Flatter-Ulme	Nein		V	
<i>Ulmus minor</i> MILL.	Feld-Ulme	Nein	3	A + V	



5 Zukünftige Umsetzung von Generhaltungsmaßnahmen

Aus dem derzeitigen Stand der Generhaltungsmaßnahmen, dem aktuellen Zustand der Genressourcen und der sich kontinuierlich verändernden Gefährdungslage einer Vielzahl von Baum- und Straucharten ergeben sich erweiterte Schwerpunkte für zukünftige Maßnahmen zur Erhaltung und Förderung der genetischen Vielfalt. Im Kapitel 5.1 werden sie konkret für die jeweiligen Arten aufgeführt. Im Kapitel 5.2 erfolgt eine Darstellung der wichtigsten Konsequenzen aus den diesbezüglichen Erfahrungen der letzten Jahrzehnte.

5.1 Konkrete zukünftige Erhaltungsmaßnahmen

5.1.1 Erhaltung gefährdeter gebietseigener Baumarten

Weiß-Tanne

Die erfolgreiche Anlage von sechs Erhaltungs-Samenplantagen war ein wesentlicher Schritt zur Wiederbegründung von Fortpflanzungsgemeinschaften mit *in situ* isolierten Weiß-Tannen, um den fortgesetzten Inzucht-Kreislauf zu durchbrechen. Um den dauerhaften Erhalt dieser Samenplantagen sicherzustellen, ist auch auf absehbare Zeit eine intensive Betreuung und Pflege aller Plantagen erforderlich. In Abhängigkeit von der weiteren Entwicklung des Blüh- und Fruktifikationsverlaufes sollen weitere Erhaltungs-samenplantagen als Ausgangsmaterial zur Erzeugung von Forstvermehrungsgut der Kategorie „Qualifiziert“ für die Zulassung vorgeschlagen werden.



Abb. 28: Erhaltungssamenplantage Weiß-Tanne (Cunewalde)

Weiß-Tannen-Bestände, die inzwischen ein zulassungsfähiges Alter erreichen, werden auf ihre Eignung als Ausgangsmaterial zur Erzeugung von Forstvermehrungsgut der Kategorie „Ausgewählt“ eingeschätzt und gegebenenfalls zugelassen, um die Basis für die Bereitstellung von genetischen Ressourcen der Weiß-Tanne zu verbreitern. Im Jahr 2020 traf das für mehrere Bestände im FoB Eibenstein zu, die allerdings überwiegend nicht autochthonen Ursprungs sind, sondern aus polnischem oder rumänischem Vermehrungsgut *ex situ* begründet wurden. Die genetische Charakterisierung dieser Bestände ist noch nicht abgeschlossen.

Die genannten Maßnahmen flankieren die flächige Wiedereinbringung von Weiß-Tanne auf geeigneten Standorten im Zuge des Waldumbaus mit geeigneten Herkünften aus anderen Teilen des natürlichen Verbreitungsgebietes wie der Slowakei (siehe S. 33).

Zur Doppelsicherung wird empfohlen, Weiß-Tannen-Saatgut aus Vollmastjahren mit einer Keimfähigkeit von mindestens 35 % bis zu drei Jahre bestandesweise einzulagern.

Eibe und Wacholder

Das Vorkommen beider Baumarten ist in Sachsen auf wenige bis sehr wenige Standorte reduziert (Paul & Tröber 2006). Dadurch ist die Gefahr des Aussterbens dieser Arten in Sachsen durch zufällige Ereignisse relativ groß. Um dieser vorzubeugen, ist eine systematische Saatgutgewinnung erforderlich, die vorrangig in *Ex-situ*-Generhaltungsanlagen durchgeführt wird. Für die Eibe ist das bereits in einer Erntehecke in Graupa möglich, die mit Material aus dem Vorkommen Schlottwitz angelegt wurde.

Für Wacholder befindet sich seit 2015 eine Erhaltungssamenplantage im Revier Hermsdorf (Biosphärenreservat Oberlausitzer Heide- und Teichlandschaft) in der Anlage, die zukünftig die Versorgung mit geeignetem und genetisch vielfältigem Vermehrungsgut sichern soll. Bei der Pflanzenanzucht stellt das jeweilige Dormanz-Verhalten des Saatgutes beider Arten eine besondere Herausforderung dar.



Abb. 29: Erhaltungssamenplantage Wacholder (Revier Hermsdorf)

Schwarz-Pappel

Für die Wiedereinbringung der Schwarz-Pappel entlang der Flüsse in Sachsen kann derzeit grundsätzlich ausreichend geeignetes Saat- und Pflanzgut in der erforderlichen Menge bereitgestellt werden. Allerdings zeigt einer der beiden zugelassenen Erntebestände, die in den letzten Jahren auf Grund ihrer Größe und genetischen Zusammensetzung bevorzugt beerntet wurden, inzwischen Anzeichen einer deutlich nachlassenden Vitalität. Mehr als zwei Drittel der Altbäume des Bestandes sind bereits stark geschwächt (66 %) bzw. abgestorben (8 %). Naturverjüngung ist zwar flächig vorhanden, aber durch Beweidung verbissen (Wolf, T. 2020).

Um den Erhalt der Schwarz-Pappel als relevanten Bestandteil der FFH-Lebensraumtypen Weichholz- und Hartholzwald auf Dauer sicherzustellen, sind weiterhin

Maßnahmen erforderlich, hochwertiges Saat- und Pflanzgut ohne Hybridisierungseinfluss in ausreichender Menge bereitzustellen. Neben der Pflege und dauerhaften Erhaltung des Schwarz-Pappel-Mutterquartiers gehört hierzu vor allem auch, Forstvermehrungsgut aus generativer und vegetativer Vermehrung in enger Absprache mit den jeweiligen Trägern von Wiedereinbringungsmaßnahmen bedarfsgerecht verfügbar zu machen. Um eine kontinuierliche Versorgung mit Vermehrungsgut auch in Jahren mit schlechter Blüte und Fruktifikation zu ermöglichen, wird bestandesweise Saatgut bis zu drei Jahre lang eingelagert.

Zum anderen ist weit über das bisherige Ausmaß hinaus die Wiedereinbringung der Schwarz-Pappel zur Verjüngung von überalterten Beständen mit Verjüngungsstörungen und zur Erhöhung der Individuenzahl in Einzelvorkommen sowie zur Etablierung von neuen Vorkommen als Trittsteine für einen Biotopverbund notwendig.

Zur Behebung von Verjüngungsstörungen werden Anreicherungsplantagen mit Schwarz-Pappel-Sämlingspflanzen aus der Saatgut-Berntung größerer Vorkommen und Pflanzenanzucht mit stichprobenweiser genetischer Überprüfung der Artreinheit des produzierten Pflanzmaterials angestrebt.



Abb. 30: Saatgutgewinnung im Erntebestand (Schwarz-Pappel im Patterwald)

Die Erhöhung der Genotypenzahl in Vorkommen mit einer Schwarz-Pappel-Anzahl zwischen 5 und 20 Individuen erfolgt je nach Ausgangsmaterial mit Stechhölzern, Setzstangen oder bewurzelten Stechhölzern. Es ist vorgesehen, die Schwarz-Pappel-Zahl nachhaltig auf mindestens 30 bis 40 Genotypen anzuheben.

Bei der Anlage von Trittsteinen handelt es sich entweder um die dauerhafte Erhöhung der Genotypen-Anzahl in Einzelobjekten mit bis zu fünf Genotypen oder um eine vollständige Wiedereinbringung der Schwarz-Pappel in Uferzonen ohne Schwarz-Pappel-Bewuchs. Die Anzahl der anzulegenden Trittsteine ist entsprechend der vorhandenen Verteilung der bestehenden Schwarz-Pappel-Vorkommen an den jeweiligen Flusssystemen zu prüfen und festzulegen.

Berg- und Feld-Ulme

Die Berg- und Feld-Ulme sind weiterhin sowohl *in situ* als auch *ex situ* hochgradig durch die Holländische Ulmenkrankheit gefährdet. In Anbetracht dieser Ausgangslage gibt es keine Patentlösung.

Für die *In-situ*-Erhaltung beider Arten werden zwei Handlungsstränge empfohlen (Collin 2002). Zum ersten sind die ausgewiesenen Generhaltungseinheiten beider Arten genetisch zu charakterisieren und regelmäßig auf ihren Gesundheits- und Vitalitätszustand zu beobachten.

Der zweite Handlungsstrang unterscheidet sich zwischen den Baumarten in Abhängigkeit von ihrem Regenerationsverhalten:

Die Berg-Ulme regeneriert sich nach dem Absterben im Gegensatz zur Feld-Ulme nicht aus Wurzelbrut. Sie weist dagegen ein hohes Potenzial an gut keimfähigen Samen als Voraussetzung für eine natürliche Verjüngung der Bestände auf. Naturverjüngung ist zumindest bis zum Baumstadium nicht für den Ulmensplintkäfer attraktiv. Diejenigen Bestände, die über eine ausreichende Erhaltungsfähigkeit in Hinsicht auf Individuenzahl und Vitalität verfügen, werden, wenn erforderlich, durch forstliche Eingriffe zur Verbesserung von Blüte und Samenproduktion gefördert. Vorhandene und ankommende Naturverjüngung soll wirkungsvoll gegen Verbiss geschützt werden. Vom Ulmensterben befallene Bäume sollten unter allen Umständen entfernt werden. Diese Maßnahmen werden hauptsächlich in einem der nachgewiesenen Genzentren für die Berg-Ulme in Deutschland (Kätzel *et al.* 2009),

dem Mitteldeutschen Genzentrum, Teilbereich Erzgebirge (Standortsregionen Untere und Mittlere Berglagen vom Vogtland bis zum Zittauer Gebirge einschl. Erzgebirgsvorland) durchgeführt.

Die Feld-Ulme ist in der Lage, sich nach Absterben über Wurzelbrut zu regenerieren. Allerdings weisen aus Wurzelbrut entstandene Klonfamilien eine geringe bis keine genetische Variation auf (Kätzel *et al.* 2009). Die Erzeugung von Saatgut für weiterführende Maßnahmen ist auf Grund der vorhandenen Klonstrukturen ebenso mit Schwierigkeiten behaftet wie die Entnahme von Pflanzenteilen zur vegetativen Vermehrung. Um Pflanzenmaterial mit hoher genetischer Vielfalt für Anreicherungs- und Wiedereinbringungsmaßnahmen zu erzeugen, ist über die Etablierung von Mutterquartieren die vegetative Vermehrung von Genmaterial ausgewählter Bestände durch die Bewurzelung von Grünstecklingen möglich. Das auf diese Weise erzeugte Pflanzenmaterial wird dann einerseits für Anreicherungspflanzungen in bereits bestehenden Vorkommen verwendet. Andererseits kann die Wiedereinbringung durch die Anlage von kleinen bis mittelgroßen Beständen in mehr als 10 km Entfernung vom nächsten Vorkommen erfolgen, um eine Übertragung des Ulmensterbens durch den Ulmensplintkäfer zu vermeiden (Kätzel *et al.* 2009). Die Maßnahmen werden sich auf das Genzentrum Elbe-Saale, Teilbereiche Leipziger Auwald und Elbe, zwischen Riesa und Landesgrenze konzentrieren.

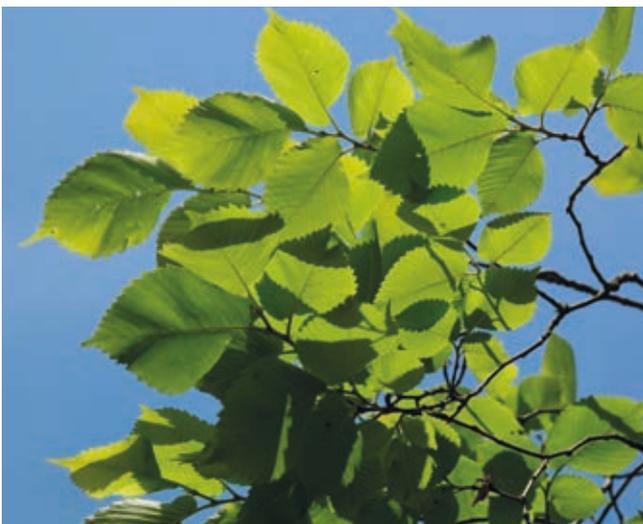


Abb. 31: Berg-Ulme

Über die beschriebenen Maßnahmen hinaus werden bei der Berg- und der Feld-Ulme weiterführende *Ex-situ*-Maßnahmen für erforderlich erachtet. Hierzu gehören die regelmäßige Beerntung noch vorhandener Berg-Ulmen-Vorkommen und Einlagerung von Saatgut sowie die Erzeugung von Pflanzen (Feld-Ulmen-Pflanzen auf

vegetativem Wege) für Wiedereinbringungsmaßnahmen. Die Erhaltung von Klonsammlungen erfordert den regelmäßigen Rückschnitt bzw. die Erneuerung, um noch vorhandene Einzelbäume in einem strauchförmigen Zustand zu erhalten.

Wildobststarten

Zu den besonders gefährdeten Wildobststarten zählen in Sachsen neben Wild-Äpfel, Wild-Birne und Elsbeere auch die Kahle Eberesche. Diese ist eine Unterart der Gewöhnlichen Eberesche und in Sachsen nur in wenigen kleinen Vorkommen vorhanden.

Es werden grundsätzlich zwei Wege der Erhaltung empfohlen (Schulze *et al.* 2013a, b, Anonymus 2017c). *In-situ*-Vorkommen, die sich auf Grund ihrer Größe und Lage sowie geringem Hybridisierungsdruck als Erntevorkommen eignen, sollten unbedingt langfristig in ihrem Bestand erhalten werden. Diese Vorkommen sind in ihrem Fortbestand z. B. durch Freistellungsmaßnahmen, Sicherung und Förderung vorhandener Naturverjüngung zu sichern. In überalterten Vorkommen ohne Naturverjüngung ist die Individuen-Zahl durch Einbringung von nicht-hybridisiertem Pflanzenmaterial zu erhöhen. Überall dort, wo keine Hybridisierungsgefahr besteht, ist das Ankommen von Naturverjüngung durch geeignete waldbauliche Maßnahmen zu fördern wie Entfernung von Bedrängern zur Förderung von Blüte und Fruktifikation, Beseitigung von Verjüngungshemmnissen am Boden und Durchführung von Maßnahmen gegen Wildverbiss. Eine weitere Erhöhung des Hybridisierungsdruckes zum Beispiel durch die Anlage von Streuobstwiesen mit alten Kultursorten in Nähe von Wildobst-Vorkommen (Anonymus 2017c) sollte unter allen Umständen vermieden werden.

Alle *In-situ*-Maßnahmen sollten durch geeignete *Ex-situ*-Maßnahmen begleitet werden, die zum einen eine Erzeugung von nicht-hybridisiertem Pflanzenmaterial der Wildobststarten zum Ziel haben. Dieses Pflanzenmaterial sollte dann konsequent für die Anlage von *Ex-situ*-Beständen, Anreicherungspflanzungen, die Etablierung von Trittsteinen oder zur Anpflanzung im Rahmen von Erst- und Wiederaufforstungs- sowie Waldrandgestaltungsmaßnahmen verwendet werden. Zum anderen ist auf Grund der weiterhin bestehenden Gefährdung der genetischen Ressourcen vor allem von Wild-Äpfel und Wild-Birne durch Hybridisierung mit Kultursorten in Hinsicht auf die Bereitstellung von Saat- und Pflanzgut über alternative Vorgehensweisen nachzudenken. Hierzu gehören zum Beispiel

die künstliche Bestäubung von genetisch identifizierten Genotypen und eine anschließende vegetative Vermehrung der erzeugten Samen oder Pflanzen.



Abb. 32: Wild-Apfel-Pfropfling in der Anlage Graupa

Die beschriebenen *In-situ*-Maßnahmen werden sich beim Wild-Apfel auf die Genzentren nach Huber *et al.* (2013) Sachsen, Teilbereich Osterzgebirge, und Mitteldeutschland, Teilbereich Saale-Unstrut (Leipziger Auwald), sowie bei der Wild-Birne auf den Verdichtungsraum Mittlere Elbe in Sachsen konzentrieren. Für die Elsbeere konnte auf Grund ihrer Seltenheit in Sachsen weder ein Genzentrum noch ein Verdichtungsraum festgestellt werden. Wiedereinbringungsmaßnahmen können auf allen Elsbeerentauglichen Standorten erfolgen.

Moor-Kiefer

Die Moor-Kiefer ist neben der Gewöhnlichen Kiefer die zweite gebietseigene Kiefernart in Sachsen. Sie gehört zu einem Komplex von Arten und Unterarten der Artengruppe Berg-Kiefer (*Pinus mugo agg.*) und weist in Sachsen eine große Variabilität morphologischer Merkmale und der Wuchsformen auf (Schmidt 2000a). Diese waren Ursache für unterschiedliche taxonomische Klassifikationen. Da jedoch die untersuchten Merkmale wie Wuchsform und Zapfenmorphologie nicht notwendigerweise miteinander korrelieren, schlägt Schmidt (2000a) vor, alle natürlichen

Vorkommen in Sachsen der Moor-Kiefer zuzuordnen. Um den unterschiedlichen Wuchsformen gerecht zu werden, sollte zwischen der niederliegenden, krummholzartigen und mehrstämmigen Moor-Latsche (*grex prostrata*) und der aufrechten, einstämmigen Moor-Spirke (*grex arborea*) unterschieden werden (Schmidt 2000a).

Im Gegensatz zur Gewöhnlichen Kiefer ist die Verbreitung der Moor-Kiefer auf sehr wenige Standorte in den Moorgehölsen und Moorwäldern der Hochmoore im Erzgebirge beschränkt (Schmidt & Klausnitzer 2002). Sie ist eine Charakterart der Rauschbeeren-Moorkiefern-Moorgehölze und des (Fichten-) Spirken-Moorwaldes sowie eine Nebenbaumart des Rauschbeeren-Fichten-Moorwaldes. Die einstämmigen Moor-Spirken sind dabei in ihrem Bestand in Sachsen stärker bedroht als die grundsätzlich gefährdeten gesamten autochthonen Vorkommen der Moor-Kiefer.



Abb. 33: Gepflanzter Moor-Kiefern-Jungbestand bei Schneeberg

Die Erhaltung der Baumart Moor-Kiefer und die Erhaltung des stark bedrohten FFH-Lebensraumtyps Berg-Kiefern-Moorwälder können nicht voneinander getrennt werden. Zur *In-situ*-Erhaltung der neun ausgewiesenen Erhaltungsbestände mit einer Gesamtfläche von ca. 30 ha sind unterschiedliche Maßnahmen vorgesehen. Sie reichen von der natürlichen Verjüngung größerer Vorkommen über Wiedereinbringungsmaßnahmen in kleineren Vorkommen bis zu der Neubegründung von Vorkommen auf geeigneten Standorten. Dies kann insbesondere im Nachgang zu Revitalisierungsmaßnahmen von Mooren erfolgen. Entsprechende Informationen über geeignete Standortbedingungen lassen sich aus den für den Landeswald im Erzgebirge ganzflächig vorliegenden Ökotop-Prognosen für organische und mineralische Nass-Standorte (Keßler *et al.* 2020) direkt entnehmen.

Voraussetzung für die Wiedereinbringung ist die Erzeugung von Saat- und Pflanzgut, das ohne Hybridisierungseinfluss durch die Gewöhnliche Kiefer entstanden ist. Eine bisher bestehende Erhaltungssamenplantage mit einstämmigen Moor-Kiefern aus dem Jahnsgrüner Moor musste aus phytosanitären Gründen aufgegeben werden. Um mittel- bis langfristig wieder ausreichende Mengen an Vermehrungsgut bereitstellen zu können, ist ein Ersatz durch die Anlage einer Sämlings-Samenplantage bzw. durch Neuanlage einer Erhaltungssamenplantage „Erzgebirge“ vorgesehen. Zur Erhaltung von einstämmigen Moor-Kiefern aus kleinen und kleinsten Vorkommen wird die noch vorhandene Klonsammlung erweitert. Unabhängig davon sollen alle Maßnahmen *in situ* in Abstimmung und Zusammenarbeit mit den Naturschutzbehörden erfolgen.

5.1.2 Erhaltung der genetischen Vielfalt nicht gefährdeter Baumarten

Bestandesbildende Laubbaumarten Rot-Buche, Trauben- und Stiel-Eiche

Der bisherige Schwerpunkt der Erhaltungsmaßnahmen bei den bestandesbildenden Laubbaumarten Rot-Buche, Trauben- und Stiel-Eiche lag auf der Ausweisung von Generhaltungsbeständen *in situ*. Etwa 55 % der *In-situ*-Erhaltungsfläche entfallen auf diese drei Baumarten. Die Ausweisung von Kleinvorkommen erfolgte nur in begründeten Einzelfällen. Auffällig sind die sehr hohen Anteile an mittelgroßen Beständen mit Flächen zwischen einem und 4,9 ha bei allen drei Baumarten sowie der Anteil von ca. einem Fünftel an kleinen Beständen bei der Stiel-Eiche. Große Bestände mit einer Fläche von 5 ha und mehr sind bei den beiden heimischen Eichenarten selten (Tab. 4). Diese Verteilung ist eine Konsequenz der Baumarten-Entwicklung der letzten 300 Jahre in Sachsen zu Lasten der Laubbaumarten.

Tab. 4: Größenverteilung der ausgewiesenen Generhaltungsbestände der bestandesbildenden Laubbaumarten Rot-Buche, Trauben- und Stiel-Eiche

Bestandsfläche	Anteil an <i>In-situ</i> -Generhaltungsbeständen		
	Rot-Buche	Trauben-Eiche	Stiel-Eiche
Unter einem Hektar	7 %	5 %	22 %
Ein bis 4,9 Hektar	55 %	77 %	62 %
5 Hektar und mehr	38 %	18 %	16 %
Gesamt	1.358 ha	164 ha	456 ha

Im Zuge von Waldverjüngungsmaßnahmen ist zu prüfen, inwieweit kleinere Generhaltungsbestände in Abhängigkeit von ihrer räumlichen Verteilung durch die Verwendung von Vermehrungsgut, das aus diesen Beständen stammt, mittel- bis langfristig zu größeren Generhaltungsbeständen zusammengeführt werden können. Diese Entwicklungsmaßnahmen können im Einzelfall durch die mittelfristige Forsteinrichtungsplanung bzw. durch entsprechende Konzepte in Absprache mit dem zuständigen Forstbezirk konkret festgelegt werden. Unabhängig davon sollen vor allem größere Generhaltungsbestände dieser Baumarten, so lange es Vitalität und Gesundheitszustand zulassen, erhalten und natürlich so verjüngt werden, dass die genetische Variation des Altbestandes möglichst umfangreich an den Folgebestand weitergegeben wird. Dazu müssen möglichst viele Bäume z. B. durch einen entsprechend langen Verjüngungszeitraum an der Reproduktion

beteiligt werden. Die im FoVG für Beerntungen genannte Mindestanzahl von 20 Bäumen ist dafür deutlich zu gering (Fussi *et al.* 2020).

In begründeten Einzelfällen werden für in ihrem Bestand bedrohte Generhaltungsbestände weiterführende *Ex-situ*-Maßnahmen durchgeführt. Die bereits bestehenden *Ex-situ*-Anlagen wie die Trauben-Eichen-Erhaltungssamenplantagen „Urwald Weißwasser“ werden weiterhin gepflegt und bis zur Zulassung als Ausgangsmaterial für die Erzeugung von Forstvermehrungsgut der Kategorie „Qualifiziert“ weiterentwickelt.

Edellaubbaumarten

Unter den Edellaubbaumarten werden Baumarten verstanden, die relativ selten sind, eine bessere Nährstoff-

versorgung benötigen und sehr wertvolles Holz erzeugen (Puchert 1974). Im Folgenden werden alle heimischen Baumarten der Gattungen Ahorn, Esche, Linde, Ulme, Kirsche, Hainbuche und Erle als Edellaubbaumarten behandelt (Kleinschmit *et al.* 1996), soweit sie nicht bereits im Kapitel 5.1.1 beschrieben wurden.

Ca. 15 % der gesamten *In-situ*-Generhaltungsfläche entfällt auf die nichtgefährdeten heimischen Edellaubbaumarten. Vor allem bei Berg-Ahorn, Schwarz-Erle, Gewöhnlicher Hainbuche, Gewöhnlicher Esche und Winter-Linde konnten noch größere Bestände mit Anteilen zwischen 2 und 4 % an der gesamten Generhaltungsfläche erfasst werden. Die Baumarten Feld- und Spitz-Ahorn, Vogel-Kirsche, Sommer-Linde und Flatter-Ulme sind im Verhältnis dazu wesentlich seltener und weisen nur noch mittlere Bestandesgrößen zwischen 0,4 und 0,9 ha auf.

Generhaltungseinheiten dieser Baumarten sollen, so lange es Vitalität und Gesundheitszustand zulassen, erhalten werden. Die Entnahme von qualitativ hochwertigen Einzelbäumen, zum Beispiel für Submissionen, sollte so lange vermieden werden, bis der Bestand verjüngt oder der Baum durch entsprechende *Ex-situ*-Maßnahmen gesichert ist. Bei der Naturverjüngung größerer Generhaltungsbestände ist wiederum die Beteiligung einer möglichst großen Anzahl von Bäumen an der Reproduktion, die deutlich über die Mindestanzahl von 10 bis 20 zu berücksichtigenden Erntebäumen nach Forstvermehrungsgutgesetz hinausgeht (Fussi *et al.* 2020), sicherzustellen.

Bei einer Reihe von Edellaubbaumarten wie Spitz-Ahorn und Sommer-Linde ist in unterschiedlichem Ausmaß nur eine geringe Anzahl von Generhaltungsbeständen, aber auch von zugelassenen Erntebeständen vorhanden. Andererseits wird diesen Baumarten sowohl unter dem Eindruck des Klimawandels als auch der weiterhin bestehenden Gefährdung der Berg- und Feld-Ulme sowie der Gewöhnlichen Esche durch biotische Schaderreger eine zunehmende Bedeutung zugesprochen (z. B. Schmidt 1993, Irrgang 2002, Kölling 2007).

Mittelfristig sollten daher eine ausreichende Anzahl geeigneter Genotypen ausgewählt und Klonsammlungen angelegt werden. Dies bietet die Möglichkeit, Samenplantagen aufzubauen, die sowohl der Generhaltung als auch der Versorgung der Forstwirtschaft mit geeignetem Vermehrungsgut dienen können (Tab. 5). Für die Anlage einer Erhaltungssamenplantage wird eine Mindestanzahl von 50 Genotypen je Baumart und Herkunftsgebiet angestrebt.



Abb. 34a und 34b:
Vegetative Vermehrung von Berg-Ahorn mittels Pfropfung

Weitere Maßnahmen sind die regelmäßige Beerntung und Einlagerung von Saatgut sowie die Erzeugung von Pflanzen für Wiedereinbringungsmaßnahmen wie Anreicherungsplantagen, Etablierung von Trittsteinen oder von Erhaltungsbeständen.

Tab. 5: Erforderliche Samenplantagen von Baumarten mit Wertholzpotezial, die dem FoVG unterliegen und die für Forstwirtschaft sowie Gartenbau, Landschaftspflege und Naturschutz von Bedeutung sind

Baumart	Maßnahmenbereich
Feld-Ahorn	Neuanlage Samenplantage (SPL) für Vorkommensgebiet „Mitteldeutsches Tief- und Hügelland“
Spitz-Ahorn	Neuanlage SPL für Herkunftsgebiet „Mittel- und Ostdeutsches Tief- und Hügelland“ Neuanlage SPL für Herkunftsgebiet „Südostdeutsches Hügel- und Bergland“
Berg-Ahorn	Ergänzung bereits angelegter SPL durch Neuanlage einer weiteren SPL für Herkunftsgebiet „Südostdeutsches Hügel- und Bergland, montane Stufe“ i. Z. m. BY und TH
Gewöhnliche Hainbuche	Neuanlage SPL für Herkunftsgebiet „Südostdeutsches Hügel- und Bergland“
Gewöhnliche Esche	Neuanlage SPL für Herkunftsgebiet „Südostdeutsches Hügel- und Bergland“
Vogel-Kirsche	Neuanlage SPL für Herkunftsgebiet „Südostdeutsches Hügel- und Bergland“ Neuanlage SPL für Herkunftsgebiet „Mittel- und Ostdeutsches Tief- und Hügelland“
Sommer-Linde	Neuanlage SPL für Herkunftsgebiet „Südostdeutsches Hügel- und Bergland“

Vor dem Hintergrund des Eschentriebsterbens und dessen in Zukunft nicht absehbaren Verlaufs sind bei der Gewöhnlichen Esche weiterführende Maßnahmen erforderlich. Hierzu gehören die Evaluierung der bisher ausgewiesenen Generhaltungseinheiten auf Gesundheits- und Vitalitätszustand, die Identifizierung vitaler und resilienter Individuen sowie die Anlage weiterer Klonsammlungen und Erhaltungssamenplantagen.

Pionierbaumarten

Pionierbaumarten wie die Sand- und die Moor-Birke sowie die Silber- und Bruch-Weide spielten bisher bei der Erhaltung forstlicher Genressourcen eine untergeordnete Rolle. Dies liegt zum einen an der scheinbaren Allgegenwärtigkeit, zum anderen an der geringen Bedeutung dieser Baumarten für den Waldumbau durch Voranbau mit schattenertragenden Baumarten. Im Falle der Aspe liegen im Ergebnis langjähriger Züchtungsarbeiten umfangreiche Klonsammlungen vor.

Die Maßnahmen zur Erhaltung der genetischen Ressourcen von Pionierbaumarten werden sich mit Ausnahme der Unterart Karpaten-Birke zunächst auf die Erhaltung der genetischen Vielfalt innerhalb der Arten konzentrieren. Um die Versorgung mit Forstvermehrungsgut der beiden Birken-Arten mittelfristig sicherzustellen, ist die Neuanlage von Samenplantagen in denjenigen Herkunftsgebieten erforderlich, in denen nur eine geringe Anzahl an Generhaltungs- bzw. Erntebeständen vorzufinden sind.

Im Fall der Unterart Karpaten-Birke gibt es über die tatsächliche Verbreitung in Sachsen nur wenige Aussagen.

Dies ist unter anderem der Tatsache geschuldet, dass eine eindeutige Identifizierung allein an Hand morphologischer Merkmale kaum möglich erscheint (Schmidt & Klausnitzer 2002, Schmidt & Schmieder 1997). Um Aussagen über die mögliche Existenz von Vorkommen dieser Unterart in Sachsen erhalten zu können, ist eine Erfassung von Moor-Birken-Vorkommen in potenziellen Verbreitungsgebieten wie dem Vogtland oder dem Erzgebirge erforderlich. Diese soll in Zusammenarbeit mit der Fachrichtung Forstwissenschaften Tharandt der TU Dresden im Rahmen von Abschlussarbeiten durchgeführt werden. Nach Vorliegen der Ergebnisse ist dann über weiterführende Maßnahmen zu entscheiden.



Abb. 35: Aspen-Genarchiv

Die Generhaltungsanlagen bei der Aspe, die im Rahmen der Züchtungsarbeiten seit den 1950er-Jahren angelegt wurden, erreichen zunehmend das Ende ihrer Lebensdauer bzw. sind bereits durch Stürme, Trockenheit oder Schädlingsbefall in Mitleidenschaft gezogen worden. Zusammen mit den Ergebnissen des inzwischen abgeschlossenen

Züchtungsvorhabens FastWOOD³ werden die Anlagen wie Klonsammlungen nach und nach dem aktuellen Stand angepasst und neu aufgebaut.

Die Silber- und Bruch-Weiden spielen neben der Schwarz-Pappel im FFH-Lebensraumtyp Weichholz-Auenwald eine wichtige Rolle und sind namensgebende Baumarten für die entsprechenden Waldgesellschaften Bruch-Weiden-Auengebüsch und -Wald sowie Silber-Weiden- oder Pappel-Weiden-Auenwald (Schmidt 1995). Für die Verbesserung des derzeit unzureichenden Entwicklungszustandes der Weichholz-Auenwälder ist die Bereitstellung von geeignetem Pflanzgut von entscheidender Bedeutung. Zu diesem Zweck soll analog zu den Erhaltungsarbeiten bei der Schwarz-Pappel ein Mutterquartier mit einer möglichst großen Anzahl von Genotypen zunächst für die Flüsse Elbe, Mulde und Neiße erfolgen. Hierzu ist die Durchführung einer landesweiten Erhebung der noch vorhandenen Vorkommen von Silber- und Bruch-Weide erforderlich, die im Zuge der Überprüfung der bereits vorhandenen Generhaltungseinheiten sowie in Zusammenarbeit mit der Fachrichtung Forstwissenschaften Tharandt der TU Dresden entlang der Flüsse in Sachsen erfolgen soll. Weil die Weiden-Arten grundsätzlich sehr stark zur Hybridisierung neigen, erscheint eine ausschließliche Bereitstellung von vegetativ erzeugtem Pflanzgut sinnvoll.

Gewöhnliche Fichte und Gewöhnliche Kiefer

Aufgrund der intensiven Arbeiten zur Herkunftsfrage und Züchtung von Gewöhnlicher Fichte und Gewöhnlicher Kiefer sind in den letzten 70 Jahren umfangreiche Erhaltungsanlagen in Form von Versuchsflächen, Samenplantagen und Klonsammlungen in unterschiedlichem Umfang entstanden. Diese repräsentieren ein breites Spektrum der genetischen Vielfalt dieser beiden Baumarten. Darüber hinaus wurden ca. 220 Generhaltungsbestände dieser Baumarten mit einer Gesamtfläche von ca. 830 ha *in situ* ausgewiesen. Die Auswirkungen der Stürme, der mehrjährigen Trockenheit und der daraus resultierenden Schädlingskalamitäten auf die ausgewiesenen Generhaltungseinheiten vor allem von Fichte und Kiefer lassen sich zum Zeitpunkt der Drucklegung noch nicht erfassen.

Unabhängig davon sind vor allem die größeren Bestände dieser beiden Arten natürlich zu verjüngen. Andererseits

ist bereits bei diesen Arten über lange Zeiträume Vermehrungsgut über zum Teil große Entfernungen verbracht und in verschiedenen Regionen Sachsens angebaut worden (Zimmermann 1931, Schönbach & Weiß 1971). Bei kleineren Beständen ist deshalb die Gefährdung durch Poleneintrag umliegender Bestände unbekannter Herkunft erheblich (Tröber 2017). Desgleichen gilt für die Saatguterzeugung zum Zwecke der Einlagerung in der Genbank, die vor allem in den Kernzonen größerer Bestände durchgeführt werden sollte. Für die Erhaltung eines möglichst umfangreichen Spektrums genetischer Informationen sollte das Saatgut von einer großen Anzahl von Bäumen einzelbaumweise geerntet und getrennt eingelagert werden (Finkeldey 1992, Fussi *et al.* 2020).

Die bereits vorhandenen *Ex-situ*-Erhaltungsanlagen von Gewöhnlicher Fichte und Gewöhnlicher Kiefer sind in ihrem Bestand zu erhalten, soweit es die sich ändernden Umweltverhältnisse erlauben. Die Arbeiten zur Erhaltung von besonders alten Generhaltungsbeständen mit hohem Risikopotenzial der Fichte aus den Hoch- und Kammlagen des Erzgebirges sowie des Tieflandes werden ebenso weitergeführt wie die Arbeiten zur Erhaltung der Höhenkiefer und lokaler Sonderformen wie der Plattenkiefer.

Eine *In-situ*-Erhaltung von Höhenkiefer-Vorkommen kann schwierig werden, wenn auf Grund der Waldumbau-Strategie Freiflächen künftig vermieden werden. Für die künstliche Begründung von *Ex-situ*-Erhaltungsbeständen wird eine Mindestgröße von 2,5 ha angestrebt. Dabei soll ausschließlich Forstvermehrungsgut aus einer der bereits bestehenden Erhaltungs-Samenplantagen der Höhenkiefer oder aus größeren Höhenkiefer-Vorkommen verwendet werden.

5.1.3 Erhaltung eingeführter Baumarten

Im Zuge der Diskussionen um die Konsequenzen aus der Dürre der Jahre 2018 bis 2020 rücken auch eingeführte Baumarten wieder zunehmend in den Fokus (Tab. 6). Einen schnellen und kostengünstigen Weg zur Identifizierung geeigneter Arten stellt die Ausweitung der Erfassung von Generhaltungseinheiten auf eingeführte Baumarten dar, die sich bewährt und als angepasst, d. h. als winterhart, vital und reproduktionsfähig erwiesen haben. Diese Generhaltungseinheiten können die Grundlage für weiter-

³ Das Projekt „Züchtung schnellwachsender Baumarten für die Produktion nachwachsender Rohstoffe im Kurzumtrieb (FastWOOD)“ wurde aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) als Projektträger des BMELV für das Förderprogramm Nachwachsende Rohstoffe unterstützt. (FKZ 220-112-07, FKZ 220-027-11 u. FKZ 220-006-14)

führende Maßnahmen zum Beispiel zur Bereitstellung von Vermehrungsgut über die Anlage von Erhaltungssamenplantagen darstellen.

Auf Grundlage der Erfassung von entsprechenden *In-situ*-Generhaltungseinheiten können besonders geeignete Individuen vegetativ vermehrt und in Klonarchiven erhalten werden. Diese dienen dann bei Bedarf als Grundstock zum Beispiel für die Anlage von Samenplantagen oder für wei-

terführende Züchtungsmaßnahmen. Diese Maßnahmen können Untersuchungen zur Anbaueignung von Herkünften besonders wärme- und trockenheitstoleranter, derzeit noch nicht standortsheimischer Baumarten vorlaufen bzw. diese begleiten.

Auf die Benennung einer Kategorie für die Erhaltungsarbeiten, den Maßnahmenbereich und der Dringlichkeit wird vorerst verzichtet.

Tab. 6: Eingeführte Baumarten und deren Status, die aus Gründen der Vorsorge für eine Erhaltung in Frage kommen

Botanischer Name	Deutscher Name	FoVG
<i>Abies concolor</i> Lindl.	Colorado-Tanne	Nein
<i>Abies grandis</i> Lindl.	Küsten-Tanne	Ja
<i>Abies nordmanniana</i> (Stev.) Spach.	Nordmanns-Tanne	Nein
<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	Gewöhnliche Rosskastanie	Nein
<i>Alnus incana</i> (L.) Moench	Grau-Erle	Ja
<i>Alnus viridis</i> (Ehrh.) K. Koch	Grün-Erle	Nein
<i>Carya ovata</i> (Mill.) K. Koch	Schindelborkige Hickorynuss	Nein
<i>Castanea sativa</i> Mill.	Edel-Kastanie	Ja
<i>Chamaecyparis lawsoniana</i> (A. Murr.) Parl.	Lawson-Scheinzypresse	Nein
<i>Fraxinus pennsylvanica</i> Marshall	Rot-Esche	Nein
<i>Juglans nigra</i> L.	Schwarze Walnuss	Nein
<i>Juglans regia</i> L.	Echte Walnuss	Nein
<i>Larix decidua</i> MILL.	Europäische Lärche	Ja
<i>Larix kaempferi</i> (LAMB.) CARR.	Japanische Lärche	Ja
<i>Paulownia tomentosa</i> Murray	Chinesischer Blauglockenbaum	Nein
<i>Picea omorika</i> (Panč.) Purk	Omorika-Fichte	Nein
<i>Pinus contorta</i> Dougl. ex Loud.	Murray-Kiefer	Ja
<i>Pinus nigra</i> Arnold	Schwarz-Kiefer	Ja
<i>Pinus peuce</i> Griseb.	Rumelische Kiefer	Nein
<i>Pinus strobus</i> L.	Weymouths-Kiefer	Nein
<i>Populus alba</i> L.	Silber-Pappel	Ja
<i>Prunus serotina</i> Ehrh.	Spätblühende Traubenkirsche	Nein
<i>Pseudotsuga menziesii</i> FRANCO	Douglasie	Ja
<i>Quercus cerris</i> L.	Zerr-Eiche	Nein
<i>Quercus rubra</i> L.	Rot-Eiche	Ja
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	Gewöhnliche Robinie	Ja
<i>Salix acutifolia</i> Will. D.	Spitzblättrige Weide	Nein
<i>Salix daphnoides</i> Vill.	Reif-Weide	Nein
<i>Salix eleagnos</i> Scop.	Lavendel-Weide	Nein
<i>Sorbus aria</i> (L.) Crantz	Gewöhnliche Mehlbeere	Nein
<i>Sorbus intermedia</i> (Ehrh.) PERS.	Schwedische Mehlbeere	Nein
<i>Thuja plicata</i> Donn. ex D. Don	Riesen-Lebensbaum	Nein
<i>Tsuga heterophylla</i> (Raf.) Sarg.	Westliche Hemlocktanne	Nein

5.1.4 Groß- und Kleinsträucher

Mit 90 Arten stellen die Straucharten die größte Gruppe der in Sachsen gebietseigenen Gehölze dar (nach Schmidt & Klausnitzer 2002). Auf Grund der extremen Gefährdungslage von Waldbaumarten mit einem erheblichen ökologischen und ökonomischen Potenzial wie der Weiß-Tanne spielten Straucharten bisher bei den Maßnahmen zur Erhaltung forstlicher Genressourcen in Sachsen aus Kapazitätsgründen eine untergeordnete Rolle. Ausnahme bildeten dabei die Gewöhnliche Traubenkirsche und die Alpen-Johannisbeere.

49 von den 90 in Sachsen gebietseigenen Straucharten werden den Groß- und Kleinsträuchern zugeordnet (nach Schmidt & Klausnitzer 2002). Ca. 41 % dieser Arten sind auf der Roten Liste für Farn- und Samenpflanzen mit unterschiedlichem Gefährdungsgrad gelistet (Tab. 7). Der Flügelginster gilt als verschollen oder ausgestorben (Schulz 2013 in Verbindung mit Schmidt & Klausnitzer 2002). Viele Arten der Gattung *Rosa* sind auf Grund der

sehr großen morphologischen Vielfalt mit diversen Übergängen zwischen den Arten taxonomisch schwierig zu fassen. Unterschiedliche Artkonzepte und eine „verworrene Nomenklatur“ kommen hinzu (Hardtke 2000, Schmidt & Klausnitzer 2002). Nachfolgend werden nur Rosen-Arten berücksichtigt, deren Indigenität geklärt und eine Arttrennung weitgehend möglich ist. Im Falle der Gattungen *Crataegus* und *Salix* wird die Ansprache von Arten durch das natürliche Auftreten von Hybridschwärmen erschwert (Schmidt 2000b, c; Schmidt & Klausnitzer 2002). Bei diesen Gattungen werden die Arbeiten, soweit möglich, auf die eindeutig ansprechbaren Arten konzentriert.

Im Zuge einer durch das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) initiierten landesweiten Erfassung von gebietseigenen Straucharten im Wald konnten von 18 Arten ca. 660 Vorkommen mit einer Gesamtfläche von ca. 1.725 ha ermittelt werden. Davon befinden sich 16 % im Landeswald und 84 % im Privat- und Körperschaftswald (Richter 2019).

Tab. 7: Zu erhaltende gebietseigene Groß- und Kleinsträucher, deren Status und Kategorie der Erhaltung
A = Arterhaltung; V = Erhaltung der genetischen Vielfalt

Rote Liste Sachsen: Abkürzungen:

- 0 = Ausgestorben oder verschollen
- 1 = Vom Aussterben bedroht
- 2 = Stark gefährdet
- 3 = Gefährdet

- G = Gefährdung unbekanntes Ausmaßes
- R = Extrem selten
- V = Vorwarnliste
- D = Daten unzureichend (Schulz 2013)

Botanischer Name	Deutscher Name	Rote Liste SN	Katg.	Maßnahmenbereich
<i>Chamaespartium sagittale</i> (L.) GIBBS	Flügelginster	0		
<i>Cornus sanguinea</i> L.	Blutroter Hartriegel		V	Südostdeutsches Hügel- und Bergland
<i>Corylus avellana</i> L.	Gewöhnliche Hasel		V	Südostdeutsches Hügel- und Bergland
<i>Cotoneaster integerrimus</i> Medik.	Gewöhnliche Zwergmispel	2	A	Elbhügelland, Erzgebirgsrand, Vogtland, Oberlausitz
<i>Crataegus laevigata</i> (Poir.) DC.	Zweigrippeliger Weißdorn	V	V	Tief- bis Bergland
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	Eingriffeliger Weißdorn		V	Gesamtsachsen
<i>Crataegus rhipidophylla</i> Gand.	Großkelchiger Weißdorn	D	V	Bergland
<i>Cytisus nigricans</i> L.	Schwarzwerdender Geißklee	3	A	Lösshügel- und Bergland, Oberlausitzer Tiefland
<i>Cytisus scoparius</i> (L.) LINK	Besenginster		V	Tief- bis Bergland
<i>Daphne mezereum</i> L.	Gewöhnlicher Seidelbast	3	A	Hügel- und Bergland
<i>Euonymus europaea</i> L.	Gewöhnliches Pfaffenhütchen		V	Südostdeutsches Hügel- und Bergland
<i>Frangula alnus</i> (Mill.)	Faulbaum		V	Tiefland bis mittlere Berglagen
<i>Genista germanica</i> L.	Deutscher Ginster	3	A	Gesamtsachsen

Botanischer Name	Deutscher Name	Rote Liste SN	Katg.	Maßnahmenbereich
<i>Genista pilosa</i> L.	Heide-Ginster	3	A	Tiefland
<i>Genista tinctoria</i> L.	Färber-Ginster	V	V	Gesamtsachsen
<i>Ligustrum vulgare</i> L.	Gewöhnlicher Liguster		V	Hügelland
<i>Lonicera nigra</i> L.	Schwarze Heckenkirsche	V		Bergland
<i>Lonicera xylosteum</i> L.	Rote Heckenkirsche		V	Hügel- und Bergland
<i>Prunus padus</i> L.	Gewöhnliche Traubenkirsche		V	Tief- bis Bergland
<i>Prunus spinosa</i> L.	Gewöhnliche Schlehe		V	Hügel- und Bergland
<i>Rhamnus cathartica</i> L.	Purgier-Kreuzdorn		V	Tiefland bis untere Berglagen
<i>Ribes alpinum</i> L.	Alpen-Johannisbeere	V		Bergland
<i>Ribes nigrum</i> L.	Schwarze Johannisbeere		V	Auen- und Erlen-Bruch-Wald, Weiden-Moor-Gebüsch
<i>Ribes rubrum</i> L.	Rote Johannisbeere		V	Quell-, Auen- und Niederungswald
<i>Ribes spicatum</i> Robson	Ährige Johannisbeere	2	A	Oberlausitz
<i>Ribes uva-crispa</i> L.	Stachelbeere		V	Gesamtsachsen
<i>Rosa agrestis</i> Savi.	Feld-Rose	1	A	Elbhügelland bis Lausitz
<i>Rosa caesia</i> Sm.	Lederblättrige Rose	3	A	Hügelland bis untere Berglagen
<i>Rosa canina</i> L.	Hunds-Rose			Tief- bis Bergland
<i>Rosa corymbifera</i> Borkh.	Hecken-Rose	V	V	Hügelland bis untere Berglagen
<i>Rosa dumalis</i> agg	Artengruppe Graugrüne Rose			
<i>Rosa elliptica</i> Tausch.	Keilblättrige Rose	1	A	Vogtland, Elbhügelland bis Lausitz
<i>Rosa inodora</i> Fr.	Duftarme Rose	1	A	Vogtland, Elbhügelland bis Lausitz
<i>Rosa jundzillii</i> Besser	Rauhblättrige Rose	1	A	Elbhügelland, Vogtland
<i>Rosa micrantha</i> Borrer.ex.Sm.	Kleinblütige Rose	1	A	Lausitz
<i>Rosa pseudoscabriuscula</i> (R. Keller) Henker & G. Schulze	Falsche Filz-Rose	1	A	Tief- bis Hügelland
<i>Rosa rubiginosa</i> L.	Wein-Rose	3	A	Tief- bis Hügelland
<i>Rosa sherardii</i> Davies	Samt-Rose	1	A	Hügelland
<i>Rosa tomentella</i> Leman	Flaum-Rose	2	A	Hügelland bis untere Berglagen
<i>Rosa tomentosa</i> Sm.	Filz-Rose	3	A	Tief- bis Hügelland
<i>Salix aurita</i> L.	Ohr-Weide		V	Gesamtsachsen
<i>Salix caprea</i> L.	Sal-Weide		V	Gesamtsachsen
<i>Salix cinerea</i> L.	Grau-Weide		V	Gesamtsachsen
<i>Salix pentandra</i> L.	Lorbeer-Weide	3	A	Tief- und Bergland
<i>Salix purpurea</i> L.	Purpur-Weide		V	Bach- und Flussauen Gesamtsachsen
<i>Salix triandra</i> L.	Mandel-Weide	G	V	Bach- und Flussauen Gesamtsachsen
<i>Salix viminalis</i>	Korb-Weide		V	Bach- und Flussauen Gesamtsachsen
<i>Sambucus nigra</i> L.	Schwarzer Holunder		V	Gesamtsachsen
<i>Sambucus racemosa</i> L.	Roter Holunder		V	Berg- und angrenzendes Hügelland
<i>Viburnum opulus</i> L.	Gewöhnlicher Schneeball		V	Tief- bis Bergland

Die Erhebung des LfULG bietet eine gute Ausgangsbasis für weitere Arbeiten zur Erfassung und Dokumentation von Vorkommen in den Wäldern. Nach einer ersten Auswertung der vorliegenden Daten zeichnet sich für eine Reihe von gebietseigenen Straucharten wie die Schwarze und die Rote Heckenkirsche ab, dass bisher entweder nur wenige Vorkommen mit einer zum Teil sehr geringen Anzahl an Individuen oder gar keine Vorkommen gefunden werden konnten. Unabhängig von der Frage, ob die erfassten Vorkommen als Erntevorkommen für die Produktion von gebietseigenem Saat- und Pflanzgut verwendet werden können, ist deren Eignung als Generhaltungseinheit vor allem in Hinsicht auf deren Erhaltungsfähigkeit (Populationsgröße, Vitalität, Altersstruktur) zu überprüfen. Für den Fall, dass diese nicht gegeben ist, ist vor allem bei gefährdeten Arten die Anlage von Samenplantagen entsprechend der Empfehlungen für die Anlage von Samenplantagen zur Produktion gebietseigener Gehölze der BLAG-FGR (Kleinschmit *et al.* 2017) zu prüfen.

Für diejenigen Arten, die bisher noch nicht erfasst werden konnten, wird in Zusammenarbeit mit dem LfULG, den Naturschutzbehörden und der Arbeitsgemeinschaft Sächsischer Botaniker zunächst eine Zusammenstellung potenzieller Fundorte erstellt. Auf deren Basis werden in Abhängigkeit von den zur Verfügung stehenden Kapazitäten die Erfassung, Dokumentation und Evaluierung der Vorkommen vor Ort durchgeführt. Auf Grundlage der Ergebnisse wird dann im Einzelfall über weiterführende Maßnahmen zur *In-situ*- und *Ex-situ*-Erhaltung entschieden.

Unabhängig von den beschriebenen Maßnahmen werden die Aktivitäten zum Beispiel des LfULG oder des Zentrums für forstliches Vermehrungsgut im Sachsenforst zur Bereitstellung von Saat- und Pflanzgut gebietseigener Straucharten durch den Austausch von Daten und durch Beratung unterstützt.

5.1.5 Zwerg- und Halbsträucher

Von den 41 Zwerg- und Halbsträuchern, die in Sachsen gebietseigen sind, befindet sich der überwiegende Teil (88 %) auf der Roten Liste für Farn- und Samenpflanzen mit unterschiedlichem Gefährdungsgrad. Darüber hinaus gelten weitere sechs Arten der Gattung *Rubus* als verschollen oder ausgestorben (Schulz 2013 in Verbindung mit Schmidt & Klausnitzer 2002). Trotz des für die Artenvielfalt dramatischen Zustandes dieser Gehölzgruppe übersteigt eine systematische und konsequente Erfassung

dieser Arten die zur Verfügung stehenden Kapazitäten bei weitem. Es ist jedoch denkbar, dass in besonderen Einzelfällen weiterführende Maßnahmen zur Erhaltung dieser Arten durchgeführt werden. Dazu gehören zum Beispiel Gewöhnliche Krähenbeere (*Empetrum nigrum* L.) oder Glocken-Heide (*Erica tetralix* L.), deren Vorkommen im Zuge von Revitalisierungs- und Erhaltungsmaßnahmen von Mooren erfasst und weitergehend bearbeitet werden können. Dies gilt ebenso für die Schnee-Heide (*Erica carnea* L.) im Zuge von Erhaltungsmaßnahmen von Höhenkiefer-Vorkommen. Das Zustandekommen von Maßnahmen zur Arterhaltung setzt im Fall gefährdeter Zwerg- und Halbsträucher eine intensive Zusammenarbeit mit den Naturschutzbehörden, dem ehrenamtlichen Naturschutz und fachkundigen Personen voraus.



Abb. 36: Glocken-Heide

5.2 Schlussfolgerungen und Konsequenzen aus 30 Jahren Generhaltung

5.2.1 Überprüfung und Aktualisierung

Entsprechend den Handlungsempfehlungen der BLAG zur Ausweisung von Generhaltungseinheiten unter Berücksichtigung von Mindestkriterien (Anonymus 2017a) soll der Zustand der *In-situ*-Generhaltungseinheiten in regelmäßigen Abständen durch die zuständige Institution überprüft und dokumentiert werden. Generhaltungsbestände und Generhaltungswälder sollten mindestens alle 10 Jahre überprüft werden, Kleinvorkommen wenn möglich alle 5 Jahre. In Sachsen ist vorgesehen, die Überprüfung der Generhaltungseinheiten alle 10 Jahre in Anlehnung an die Forsteinrichtung durchzuführen. Dabei sollten auch die bestehenden Handlungsempfehlungen und deren Dringlichkeit aktualisiert werden.

Das aktuelle Naturschutzkonzept von Sachsenforst für den sächsischen Landeswald (Anonymus 2017d) befasst sich in der Hauptsache mit Fragen des Biotop- und Artenschutzes bei Insekten und Vögeln. Um die jeweiligen Naturschutzkonzepte der Forstbezirke um die Aspekte Artenvielfalt und genetische Vielfalt innerhalb der Arten bei Gehölzen zu ergänzen, sollen in den nächsten Jahren für jeden Forstbezirk und die Großschutzgebiete regionale Entwicklungskonzepte zur Erhaltung und Nutzung forstlicher Genressourcen auf Grundlage der aktuell ausgewiesenen Generhaltungseinheiten erarbeitet werden. Beispiel für diese regionalen Entwicklungskonzepte sind die seit 2016 erarbeiteten Empfehlungen für die Verwendung von genetisch hochwertigem Forstvermehrungsgut in neu eingerichteten Forstbezirken. Die Entwicklungskonzepte werden auch Informationen über verfügbares Vermehrungsgut der zu erhaltenden Arten enthalten und bilden damit eine Grundlage für eine Wiedereinbringung in den Landeswald im Zuge einer vorbildlichen Bewirtschaftung.

5.2.2 Erweiterung der Genarchive und Samenplantagen

Die seit 2018 zu beobachtenden schwerwiegenden Veränderungen in den Waldökosystemen wirken sich zunehmend auch auf die *In-situ*- und *Ex-situ*-Erhaltungsmaßnahmen aus. Dies betrifft in Bezug auf die Trockenheit alle Baumarten, in Bezug auf den Befall mit Borkenkäfern vor allem die Nadelbaumarten mit Ausnahme der Weiß-Tanne, aber auf Grund der massiven Schwächung der Bäume auch Laubbaumarten wie Birke, Gewöhnliche Esche, Rot-Buche, Berg-Ahorn oder Eiche. Um dem damit drohenden Verlust von genetischer Information entgegen zu wirken, müssen die bestehenden Genarchive gepflegt, erweitert und ggf. ersetzt werden.

Mittelfristig muss erreicht werden, dass für alle Baum- und Straucharten, deren genetische Vielfalt *in situ* gefährdet ist, in ihren Herkunfts- bzw. Vorkommensgebieten Samenplantagen bzw. Vermehrungshecken zur Verfügung stehen.

5.2.3 Weitergabe und Entwicklung der genetischen Vielfalt *in situ*

Eine möglichst vollständige Weitergabe der aktuellen genetischen Vielfalt an die nächste Baumgeneration ist die Voraussetzung für deren Angepasstheit und Anpassungsfähigkeit. Sie bildet gemeinsam mit der waldbaulichen Behandlung und der standortgerechten Baumartenwahl die

wesentliche Grundlage für die Stabilität und Leistungsfähigkeit zukünftiger Wälder (Paul *et al.* 2010). Diese Weitergabe kann vor allem in Kulturwäldern nur durch eine gut geplante und konsequent durchgeführte Nutzung der genetischen Ressourcen erfolgen.

Vor einer Verjüngungsmaßnahme ist der Ausgangsbestand einer kritischen Würdigung zu unterziehen. Dabei ist zu prüfen, ob der Ausgangsbestand nicht nur im Hinblick auf seine Qualität und Leistungsfähigkeit, sondern auch unter Berücksichtigung von Vitalität, Angepasstheit, Anpassungsfähigkeit und Stabilität auf dem jeweiligen Standort geeignet erscheint und ob dies voraussichtlich auch in der Folgegeneration der Fall sein wird. Diese Sichtung sollte auf Grund ihrer langfristigen Tragweite zumindest mit dem gleichen Gewicht in eine Entscheidungsfindung eingebracht werden wie betriebswirtschaftliche oder waldbauliche Argumente. Fällt diese Würdigung positiv aus, so kommt eine Naturverjüngung des Bestandes in Frage. Diese ist aus Sicht der Generhaltung grundsätzlich positiv zu beurteilen, weil ausschließlich mit Vermehrungsgut aus Erntebeständen und Samenplantagen und künstlicher Verjüngung nicht die genetische Vielfalt der meisten Baumarten gesichert werden kann. Ist der Ausgangsbestand genetisch grundsätzlich geeignet, eine Naturverjüngung aber aufgrund geringer Individuenzahl kritisch zu bewerten, so kann eine gezielte Einbringung weiterer Pflanzen in Kombination mit der Naturverjüngung ein geeignetes Verfahren sein.

Bei einer Naturverjüngung muss berücksichtigt werden, dass die genetische Vielfalt, die an die junge Baumgeneration weitergegeben wird, von mehreren Faktoren abhängt. Hierzu zählen vor allem die Anzahl der Elternbäume, die an der Fortpflanzung beteiligt sind, und der Zeitraum, über den sich die Verjüngung des Bestandes erstreckt. Aber auch der Verlauf von Blüte, Befruchtung und Fruchtbildung sowie das Fortpflanzungssystem der jeweiligen Baumart spielen eine Rolle. Ein wesentlicher Punkt ist auch die Anzahl von Pflanzen in der Verjüngung, die ausreichend Spielräume für natürliche Selektionsprozesse ermöglichen muss. Die Größe und Struktur der Verjüngung sollte sich an dem Ziel orientieren, dass der zukünftige Bestand sich durch generative Reproduktion selbst erhalten und weiterentwickeln und damit als Bestandteil großräumiger Populationen zur Erhaltung der Überlebens- und Anpassungsfähigkeit der Art im regionalen Zusammenhang beitragen kann.

5.2.4 Wiedereinbringung

Ist der Ausgangsbestand für die Erzeugung einer Folgegeneration auf dem jeweiligen Standort ungeeignet, sollte auf Kunstverjüngung zurückgegriffen werden. Dabei sind die für die jeweiligen Baumarten geltenden Herkunftsempfehlungen einzuhalten, um die Fehler der Vergangenheit mit dem Anbau ungeeigneter Herkünfte zu vermeiden. Für diejenigen Baum- und Straucharten, für die keine Herkunftsempfehlungen vorliegen, sind gebietseigene Vorkommen zu verwenden, wenn Saat- und Pflanzgut vorhanden ist, das den Anforderungen in Hinsicht auf die Erzeugung entspricht (s. u.).

Um das Ziel einer möglichst vollständigen Weitergabe der genetischen Vielfalt zu erreichen, ist es erforderlich, viele Quellen von geeignetem Vermehrungsgut zu nutzen und nicht immer nur auf wenige, gut erreichbare Ausgangsbestände zurück zugreifen.

Für die Erzeugung von Saat- und Pflanzgut kommen zum einen zugelassene Erntebestände in Frage. Die Erzeugung von Saatgut, aber auch die Wildlingswerbung, sollte über den gesamten Erntebestand erfolgen (Tröber & Brandes 2005) und eine deutlich größere Anzahl von Bäumen beteiligen als die Mindestzahl nach Forstvermehrungsgutge-

setz (Fussi *et al.* 2020). Zugelassene Erntebestände sollten so bewirtschaftet werden, dass sie lange die Anforderungen der Forstvermehrungsgut-Zulassungsverordnung (FoVZV) hinsichtlich Bestandesgröße, Qualität, Vitalität, Anzahl, Isolierung und Homogenität erfüllen können. Die Ausweisung neuer Erntebestände als Ersatz oder Ergänzung muss auch zukünftig kontinuierlich erfolgen.

Als weitere Quelle für die Erzeugung von geeignetem Vermehrungsgut können Samenplantagen genutzt werden. Plusbaum-Samenplantagen liefern Vermehrungsgut, das im Hinblick auf Qualität, Leistungsfähigkeit, aber gegebenenfalls auch auf Anpassungsfähigkeit und Angepasstheit besser geeignet ist als Material aus Erntebeständen. Für die Wiedereinbringung bzw. für die Erhöhung der genetischen Vielfalt von Baumarten kann Vermehrungsgut von Erhaltungssamenplantagen genutzt werden.

Für eine Reihe von Baumarten sind im Zuge der bisherigen Arbeiten Erhaltungssamenplantagen in unterschiedlichem Umfang angelegt worden. Diese Samenplantagen wachsen zunehmend in einen produktionsfähigen Zustand hinein und können somit für die Bereitstellung von Vermehrungsgut für unterschiedlichste Maßnahmen verwendet werden.



Abb. 37: Saatguternte in einem Rot-Buchen-Bestand im Forstbezirk Bärenfels



Abb. 38: Vollmast bei der Rot-Buche

Grundsätzlich sollten Wiedereinbringungsmaßnahmen sauber dokumentiert werden. Zum einen lassen sich so die Entwicklungen und Fortschritte der Generhaltung quantifizieren, zum anderen werden zusätzliche Informationen zu Eignung und Eigenschaften des Materials ermöglicht. Auch ein späterer sekundärer Zugriff auf diese Genressourcen ist daran gebunden.

5.2.5 Hemmnisse und Herausforderungen

Die Wiedereinbringung genetischer Ressourcen stößt auf verschiedene administrative, organisatorische und wirtschaftliche Hemmnisse, für die im Folgenden einige charakteristische Beispiele genannt werden.

Durch die lange Geschichte und hohe Dichte der Besiedelung in Sachsen überlagern sich in der Regel auf jeder Fläche verschiedene Funktionen und Interessen. Daraus ergeben sich Konflikte aufgrund unterschiedlicher fachlicher Sichtweisen und administrativer Vorgaben, die nur durch die Kompromissbereitschaft der handelnden Akteure gelöst werden können. Seltene und gefährdete Objekte sind oft als Naturdenkmäler oder Naturschutzgebiete ausgewiesen. Damit ist der kurzfristige Erhalt dieser Objekte zwar gesichert, ihr Schutz erfolgt aber in den meisten Fällen nach anderen Kriterien als sie für die Forstwirtschaft und insbesondere für die Generhaltung von Bedeutung

sind. Schutzgebietsverordnungen im Zusammenhang mit einem konservierenden Naturschutzverständnis zielen häufig auf die Erhaltung eines definierten Status von Biotopen. Pflegemaßnahmen zur Förderung bedrohter Genotypen oder Arten, die möglicherweise das Gesamtbiotop verändern, sind dann nicht zulässig oder an ein aufwändiges Genehmigungsverfahren geknüpft. Einschränkungen bei der Gewinnung von Saatgut oder Pflanzenteilen in Schutzgebieten hemmen oder verhindern, dass der Genpool dieser Vorkommen aktiv für die wünschenswerte Wiederausbreitung genutzt werden kann.



Abb. 39: Schwarz-Pappel-Sämlinge für die Generhaltung

Vor allem außerhalb des Waldes bestehen die Herausforderungen für eine Wiedereinbringung seltener Baumarten überwiegend in massiven Zielkonflikten zwischen Wasserwirtschaft, Hochwasserschutz und verschiedenen Ebenen des Naturschutzes. Beispielsweise konnten im Rahmen des BesIn-Vorhabens „Studie zur beispielhaften Wiederansiedlung der Schwarz-Pappel (*Populus nigra* L.) in Sachsen“ ca. 860 Flächen in Landeseigentum an Elbe und Mulde durch den NABU als naturräumlich geeignet für die Wiedereinbringung von Schwarz-Pappel identifiziert werden. Die Zustimmungsraten der beteiligten Behörden lagen trotz intensiver Kommunikation aber nur zwischen 5 bis 6 %, z. T. mit Einschränkungen (Lorenz & Müller 2016). Der Erfolg der Bemühungen zur Erhaltung sowohl der Art als auch der mit ihr assoziierten FFH-Lebensraumtypen hängt letztlich davon ab, ob es gelingt, fach- und ressortübergreifende Kompromisse zur Flächenbereitstellung für die Wiederansiedlung zu entwickeln. Ähnliches trifft bei der Feld-Ulme zu.

Eine offene und kooperative Zusammenarbeit zwischen Naturschutzverbänden, staatlichen und kommunalen Institutionen sowie Grundstückseigentümern ist für die Überwindung solcher Hemmnisse von entscheidender Bedeutung.

Für die Anlage von Erhaltungssamenplantagen und Genarchiven müssen geeignete Flächen gefunden werden, die – je nach Gehölzart und Ziel der Anlage – bestimmten standörtlichen und praktischen Anforderungen genügen müssen. Besonders für Anlagen, die perspektivisch zur Saatguterzeugung genutzt werden sollen, sind in der Regel Freiflächen erforderlich. Im Zuge des Waldumbaus wird es zunehmend schwieriger, geeignete freie Flächen im Wald zu finden. In diesem Zusammenhang ist es wichtig, dass auch die – bei Samenplantagen und Generhaltungsobjekten stark erhöhte – Intensität der Bewirtschaftung langfristig gewährleistet bleibt.



Abb. 40: Schwarz-Pappel-Mutterquartier zur Erzeugung von vegetativem Vermehrungsgut

Die bedarfsgerechte Versorgung mit entsprechendem Vermehrungsgut stellt eine besondere organisatorische Herausforderung dar. Besonders bei den gefährdeten Baum- und Straucharten sind die in der Praxis benötigten Pflanzzahlen erfahrungsgemäß sehr übersichtlich, gleichzeitig wird das Vermehrungsgut aber oft kurzfristig angefordert. Weil die entsprechenden Erhaltungssamenplantagen oder -bestände nicht jedes Jahr im gleichen Maße fruktifizieren und die Bereitstellung von der Ernte des Saatgutes bis zur auspflanzfähigen Pflanze je nach Art mehrere Jahre in Anspruch nehmen kann, gestaltet sich die Vermarktung von Vermehrungsgut aus Generhaltungsanlagen trotz erfolgter Publikationstätigkeit noch schwierig. Ein Marketingkonzept könnte helfen, Interesse bei der forstlichen Praxis zu entwickeln und mit der Verfügbarkeit abzustimmen sowie die Vermarktung des Vermehrungsgutes sicherzustellen. Hier bedarf es einer gründlichen Kommunikation und Planung sowie der Bereitschaft, das zur Verfügung gestellte Vermehrungsgut auch zu verwenden.

Ein wirtschaftliches Dilemma besteht vor allem bei Baumarten wie Ulme und Esche, die auf absehbare Zeit aufgrund der bekannten Krankheiten keine wirtschaftlich bedeutende Rolle spielen werden. Die Hoffnung auf eine langfristige Perspektive dieser Baumarten liegt darin, dass sich über mehrere Generationen und Ausleseprozesse hinweg (teil-)resistente Individuen entwickeln. Voraussetzung dafür ist eine ausreichend große Population, in deren Genpool die entsprechenden evolutionären Anpassungen passieren können. Dafür müssten diese Baumarten aber – trotz fehlender kurzfristiger Erfolgsaussichten – weiterhin auf großer Fläche gepflanzt werden.

5.2.6 Monitoring

Das Konzept zum genetischen Monitoring sieht vor, dass die bereits eingerichteten Flächen kontinuierlich weiter beobachtet werden: Wetteraufzeichnungen laufend, die phänologischen Daten der Beobachtungsbäume jährlich und die genetischen Untersuchungen je nach Entwicklungsdynamik der Bestände in größeren Abständen. Erst dadurch können Anpassungsprozesse aufgezeigt werden.



Abb. 41: Datenlogger zur kontinuierlichen Erfassung von Temperatur und Luftfeuchte in der Monitoringfläche



Abb. 42: Fragmentlängenbestimmung von Mikrosatelliten-Markern im DNA-Labor

Neben der Weiterführung der etablierten Flächen wird im Rahmen verfügbarer Mittel und personeller Ressourcen auch die Erweiterung des genetischen Monitorings auf andere Baumarten angestrebt. Die detaillierte Kenntnis der unterschiedlichen Reaktions- und Anpassungsmechanismen verbessert die Chancen, geeignete Maßnahmen zur Erhaltung und Bewirtschaftung der Wälder unter den Herausforderungen des Klimawandels zu ergreifen.

Wie das Verbundprojekt GenMon gezeigt hat, ist für die Planung und Durchführung des genetischen Monitorings die Zusammenarbeit mindestens auf nationaler Ebene sinnvoll, um verallgemeinerbare Erkenntnisse über die Entwicklung der genetischen Systeme von Populationen unter dem Einfluss von Umweltfaktoren zu gewinnen.



6 Zusammenarbeit

6.1 Zusammenarbeit innerhalb Sachsenforst

Die Zusammenarbeit innerhalb von Sachsenforst erstreckt sich auf verschiedene Ebenen (Abb. 38). Dies betrifft zunächst die Erfassung, Evaluierung und Dokumentation von Generhaltungseinheiten, die in enger Abstimmung mit den Forstbezirken und den Forstrevieren erfolgt. Die durch das Referat Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung im Kompetenzzentrum Wald und Forstwirtschaft als erhaltungswürdig beschriebenen Generhaltungseinheiten werden dann zunächst durch das Referat FGIS, Kartographie, Vermessung digital erfasst und durch die Obere Forst- und Jagdbehörde im Rahmen der Waldfunktionskartierung als Wald mit besonderer Generhaltungsfunkti-

on ausgewiesen (Anonymus 2010, 2015). Erst durch diese Ausweisung besitzen Generhaltungseinheiten den Status einer Waldfunktion.

Im Landeswald berücksichtigt die Forsteinrichtung vorliegende Waldfunktionen bei der einzelbestandesweisen Planung für die nächste Forsteinrichtungsperiode durch funktionsgerechte waldbauliche Maßnahmen.

Die Forstbezirke leiten aus der mittelfristigen Planung die jährliche waldbauliche Planung ab. Die regionalen Entwicklungskonzepte zur Erhaltung des genetischen Poten-

zials sollen hier die Planung unterstützen und die Kommunikation verbessern. Der Vollzug der Maßnahme wird anschließend im Revierbuch dokumentiert.

Generhaltungsmaßnahmen sind in der Regel Daueraufgaben mit Überraschungspotenzial. Sie haben umso größere Chancen auf Erfolg, je mehr sich die Handelnden vor Ort damit identifizieren: RevierleiterInnen, die die Entwicklung der Flächen mit Interesse und Aufmerksam-

keit verfolgen und das Referat Forstgenetik informieren, wenn Handlungsbedarf besteht, sind genauso wichtig wie Forstbezirksleitungen, die die Organisation erforderlicher Pflegearbeiten unterstützen, selbst wenn sie außerhalb des regulären Turnus erforderlich sind. Deshalb sind und bleiben das Engagement und die Beharrlichkeit aller Beteiligten ein wesentlicher Faktor bei der Erhaltung des genetischen Potenzials!

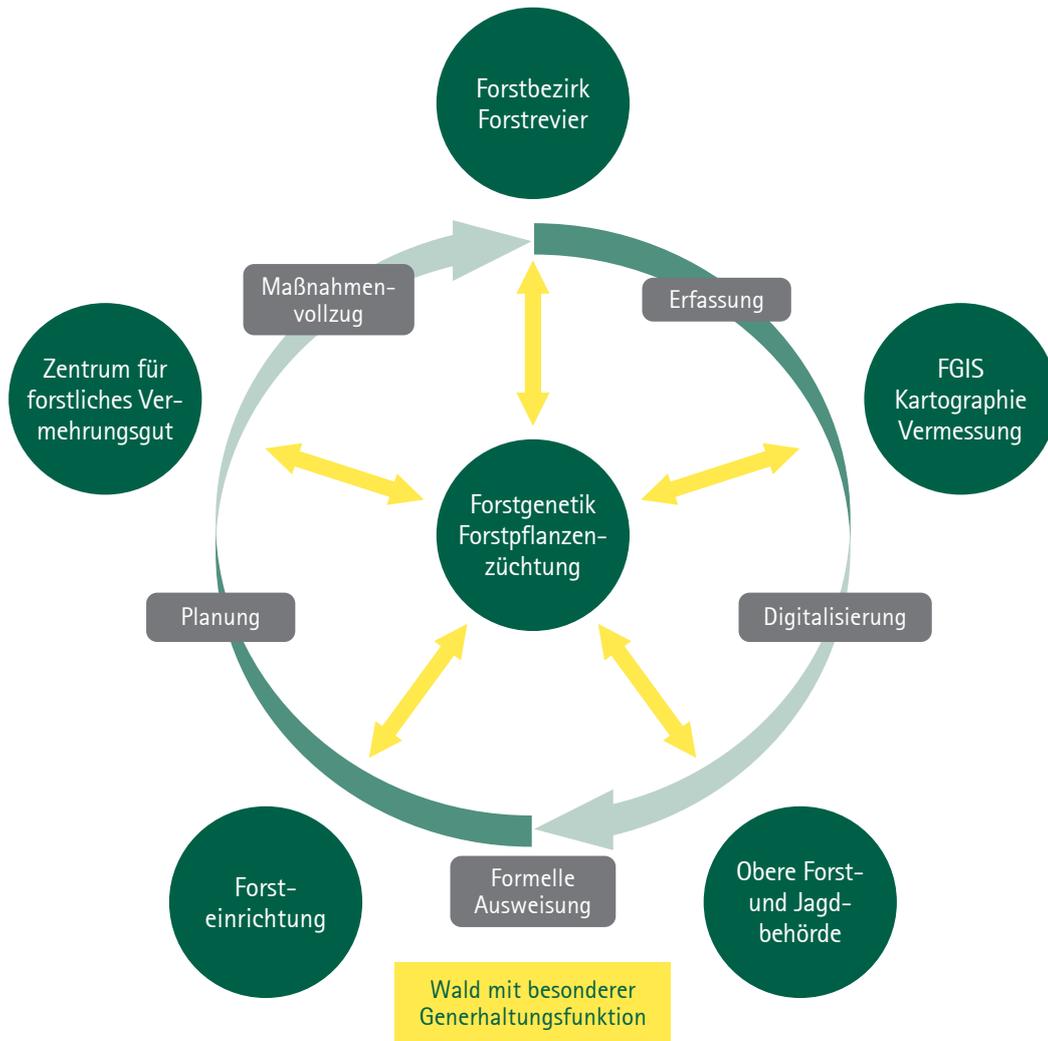


Abb. 43: Einbindung des Themenbereiches „Erhaltung forstlicher Genressourcen“ im Sachsenforst

Eine weitere, für die Umsetzung von Generhaltungsmaßnahmen sehr wichtige Ebene stellt die Zusammenarbeit mit dem Zentrum für forstliches Vermehrungsgut in der Abteilung Staatsforstbetrieb dar. Unter anderem wird die Erzeugung von Saatgut durch die Bereitstellung von Baumsteigern sowie durch die Aufbereitung und Lagerung von Saatgut in der Staatsdarre Flöha unterstützt. Die Anzucht und vegetative Vermehrung von Pflanzen wird in Abhängigkeit von den personellen Kapazitäten zu einem großen Teil in den Forstbaumschulen Graupa, Heinzebau und Kretscham durchgeführt. Samenplantagen werden in

der Regel vom Referat Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung konzipiert, in Zusammenarbeit mit den örtlichen Revieren angelegt und etabliert. Sobald sie fruktifizieren bzw. eine Zulassung als Ausgangsmaterial für die Erzeugung von Forstvermehrungsgut der Kategorie „Qualifiziert“ erfolgt ist, geht die Verantwortung für die weitere Pflege, Bewirtschaftung und die Ernte auf das Zentrum für forstliches Vermehrungsgut über. Das Referat Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung begleitet das Fortbestehen der Samenplantagen weiterhin beratend.

6.2 Zusammenarbeit auf Landesebene

Auch die Zusammenarbeit auf Landesebene mit staatlichen und privaten Institutionen und Einrichtungen ist sehr vielfältig und weist unterschiedlichste Facetten auf. Hierzu gehören die Kooperation mit verschiedenen Professuren und Instituten der Fachrichtung Forstwissenschaft in der Fakultät Umweltwissenschaften der Technischen Universität Dresden zur Bearbeitung wissenschaftlicher Fragestellungen im Rahmen gemeinsamer Forschungsprojekte und Abschlussarbeiten. Mit dem Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie findet ein regelmäßiger Abgleich von Informationen über Vorkommen gebietseigener Baum- und Straucharten statt. Die Arbeiten zur Erfassung und Dokumentation von Generhaltungsarbeiten wurden und werden zusätzlich mit der Hilfe von freiberuflichen Forstsachverständigen und Forstbüros durchgeführt.

Die Umsetzung von Maßnahmen zur Erhaltung und Wiedereinbringung von forstlichen Genressourcen erfordert eine enge Zusammenarbeit mit den zuständigen staatlichen Stellen für zum Beispiel Naturschutzrecht, Hochwasserschutz oder Bundeswasserstraßenrecht, die notwendige Genehmigungen erteilen können. Darüber hinaus ist eine offene und kooperative Zusammenarbeit zwischen Naturschutzverbänden und Grundstückseigentümern sowie privaten und kommunalen Waldbesitzern von entscheidender Bedeutung.

Eine weitere Ebene bildet die Zusammenarbeit mit Betrieben der Forstsamen- und Forstbaumschulbranche zur Erzeugung und Bereitstellung von Saat- und Pflanzgut der

bearbeiteten Baum- und Straucharten. Konkrete Maßnahmen zur Wiedereinbringung und zur Pflege bestehender Erhaltungsanlagen werden durch die Beauftragung von Forstdienstleistungsunternehmen und Betrieben des Garten- und Landschaftsbaus im Bedarfsfall unterstützt.

6.3 Zusammenarbeit auf nationaler und internationaler Ebene

Die Zusammenarbeit auf nationaler Ebene erstreckt sich auf zwei Ebenen. Zum einen vertritt Sachsenforst den Freistaat Sachsen in der Bund-Länder-Arbeitsgruppe „Erhaltung forstlicher Genressourcen und Forstsaatgutrecht“ (BLAG-FGR). Die Zusammenarbeit besteht in der Erarbeitung gemeinsamer Konzepte, dem Abgleich und der Standardisierung von Methoden, dem Austausch von Untersuchungsmaterial und der Abstimmung bei der Durchführung von Erhaltungsmaßnahmen. Besonders hervorzuheben ist dabei die Bildung von thematischen Expertengruppen (genetisches Monitoring, genetische Analysen) zur Bündelung des Wissens, der Steigerung der Effektivität und Sicherung der Vergleichbarkeit der Ergebnisse.

Aktuell wird in der BLAG-FGR zur Umsetzung der Handlungsempfehlungen beispielhaft für die Baumarten Rot-Buche und Eibe an einem konkreten Vorschlag für ein bundesweites Netz von Erhaltungsbeständen gearbeitet. Im Zuge der weiteren Umsetzung werden dann aus der vorliegenden Gesamtheit an Generhaltungseinheiten diejenigen ausgewählt, die für die Erhaltung der jeweiligen Art auf nationaler Ebene erforderlich sind.

Bund-Länder-Arbeitsgruppe „Forstliche Genressourcen und Forstsaatgutrecht“ (BLAG-FGR)

Die Durchführung der im „Konzept zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung forstlicher Genressourcen in der Bundesrepublik Deutschland“ (Paul *et al.* 2010) benannten Maßnahmen ist Aufgabe der Bundesländer und deren zuständigen forstlichen Institutionen. Die Bund-Länder-Arbeitsgruppe „Forstliche Genressourcen und Forstsaatgutrecht“ (BLAG-FGR) koordiniert die Umsetzung der Maßnahmen sowie die Forschungsaktivitäten zur Erhaltung der forstlichen Genressourcen und berichtet über ihre Aktivitäten in einem fünfjährigen Turnus. In der BLAG-FGR sind derzeit neun Länderinstitutionen, die die 13 Flächenländer repräsentieren, das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung sowie das Thünen-Institut vertreten.

Zum anderen bestehen langjährige Beziehungen insbesondere zu den zuständigen Institutionen benachbarter Bundesländer wie dem Forstlichen Forschungs- und Kompetenzzentrum Gotha der ThüringenForst Anstalt des öffentlichen Rechts, dem Landeskompetenzzentrum Eberswalde oder dem Bayerischen Amt für Waldgenetik Teisendorf. Weitere Partner sind unter anderem das Thünen-Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung, die Abteilung Genressourcen der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt Hann. Münden oder das Sachgebiet Waldgenerhaltung des Betriebsteils Forstplanung, Versuchswesen, Informationssysteme Schwerin der Landesforst Mecklenburg-Vorpommern Anstalt des öffentlichen Rechts. Die Zusammenarbeit findet dabei im Rahmen von gemeinsamen Verbundvorhaben oder Aktivitäten zur Erhaltung einzelner Baumarten durch den Austausch von Material, Aufbau gemeinsamer Erhaltungsanlagen oder Durchführung von Analysen statt.

Über die BLAG-FGR ist Sachsenforst auch in die Aktivitäten des Europäischen Programms für forstgenetische Ressourcen (EUFORGEN) eingebunden. Die Mitgliedsstaaten arbeiten in diesem Programm auf freiwilliger Basis zusammen, vor allem, um die Erhaltung forstlicher Genressourcen *in situ* und *ex situ* zu fördern und Maßnahmen zu koordinieren. Die Arbeiten beziehen sich unter anderem auf die Einrichtung eines europaweiten Netzes von Generhaltungsbeständen für ausgewählte Baumarten. Sachsenforst war darüber hinaus an verschiedenen EU-Projekten zur Erhaltung und Nutzung forstlicher Genressourcen beteiligt wie einem Vorhaben zur Erhaltung, Charakterisierung, Sammlung und Nutzung der genetischen Ressourcen europäischer Ulmenarten (RES GEN CT 96-78) oder zum Aufbau des Europäischen Forschungsnetzwerkes TREEBREEDDEX (Vertragsnummer 026076).

Eine besondere Bedeutung hat die grenzüberschreitende Zusammenarbeit mit dem Forschungsinstitut für Forstwirtschaft und Wildtiermanagement (VÚLHM) der Tschechischen Republik in Jiloviště, die in den letzten Jahren auch in Bezug auf die Erhaltung und Nutzung forstlicher Genressourcen durch bilaterale Arbeitstreffen intensiviert wurde.



7 Zusammenfassung und Fazit

Seit mehr als 30 Jahren werden im Freistaat Sachsen Arbeiten zur Erhaltung und Nutzung forstlicher Genressourcen durch das Referat Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung im Kompetenzzentrum für Wald und Forstwirtschaft von Sachsenforst durchgeführt. In der vorliegenden Publikation werden die Grundlagen und Ziele der Erhaltung und Nutzung forstlicher Genressourcen einschließlich ihrer Bedeutung und Gefährdung aus historischer und aktueller Sicht beschrieben. Es erfolgt eine Vorstellung der verschiedenen Methoden zur Erhaltung gefährdeter forstlicher Genressourcen von der Erfassung über phänotypische und genetische Charakterisierung bis zur Durchführung konkreter Erhaltungsmaßnahmen. Aufbauend auf dem bisher erreichten Stand wird beispielhaft die zukünftige Umsetzung der Maßnahmen vorgestellt. Dabei tritt neben der Erhaltung gefährdeter Baumarten wie Weiß-Tanne, Schwarz-Pappel oder Wild-Äpfel und Wild-Birne zunehmend auch die Erhaltung gefährdeter Straucharten in den Fokus. Den Abschluss bildet eine Übersicht über die Zusammenarbeit mit unterschiedlichsten Partnern auf verschiedenen Ebenen.

Ende 2018 waren in Sachsen ca. 1.220 Waldbestände von 37 Baum- und Straucharten bzw. Artengruppen mit einer Fläche von 3.620 ha sowie 8.030 Kleinvorkommen für die *In-situ*-Erhaltung erfasst und als Wald mit besonderer Generhaltungsfunktion ausgewiesen. Die Fläche der erfassten Waldbestände entspricht 0,7 % der gesamten Holzbodenfläche Sachsens. Das System zur *Ex-situ*-Erhaltung von forstlichen Genressourcen umfasst in Sachsen aktuell 257 Bestände mit 216 ha Fläche von 20 Baumarten und 60 Samenplantagen mit insgesamt 3.144 Genotypen von 20 Baumarten. Weitere 4.290 Genotypen von 20 Baumarten sind in 73 Klonarchiven erhalten. Im Zuge der Doppelsicherung lagern aktuell in der Forstgenbank 91 kg Saatgut von 15 Baumarten, die sich auf 660 Saatgutpartien verteilen. Darunter befinden sich ca. 450 Saatgutposten mit einem Gesamtgewicht von 21,4 kg von Fichten-Generhaltungsbeständen. Anhand verschiedener Beispiele wird gezeigt, dass molekular-genetische Analysen zunehmend zur Charakterisierung von Genressourcen und zur Bewertung ihrer Erhaltungswürdigkeit beitragen. Die Begleitung der Planung und Durchführung von Er-

haltungsmaßnahmen mit genetischen Untersuchungen kann deren Qualität und Wirksamkeit erheblich steigern. Die Etablierung eines genetischen Monitoringsystems für die Rot-Buche und die Gewöhnliche Fichte im Rahmen eines bundesweiten Verbundvorhabens zielt auf die Beobachtung der Entwicklung genetischer Systeme von Waldbaumpopulationen in der Zeit.

Die vorgestellten Maßnahmen zeigen sehr deutlich die Möglichkeiten der forstlichen Generhaltung zur Erfassung von gefährdeten Gehölzarten, deren genetischer Charakterisierung sowie der Erzeugung und Bereitstellung von geeignetem Vermehrungsgut für deren Wiedereinbringung. Die forstliche Generhaltung bietet somit Lösungsansätze für naturschutzfachliche Probleme und trägt zur Erhaltung und Förderung der Biodiversität bei. Die Wiedereinbringung gefährdeter und vom Aussterben bedrohter Gehölzarten in den ursprünglichen Lebensraum stößt aber dann auf ihre Grenzen, wenn das Erhaltungsziel durch andere Ziele der Landnutzung, des Hochwasserschutzes oder des Naturschutzes überlagert wird. Deshalb ist es notwendig, dass Forstwirtschaft und Naturschutz nicht als Gegensatz betrachtet werden, sondern als Partner, die an ein- und demselben Objekt arbeiten. Weil Zielkonflikte dabei nicht auszuschließen sind, bedarf es der Kompromissbereitschaft aller Beteiligten. Naturschutz gehört zum Selbstverständnis von Forstleuten und Forstbetrieben, wie viele Beispiele aus Vergangenheit und Gegenwart belegen. Die für die Erhaltung forstlicher Genressourcen zuständigen Institutionen besitzen die Ausstattung, das Fachwissen und die Umsetzungserfahrung für die Durchführung von Projekten zum Schutz und zur Förderung der Biodiversität. Um diese erfolgreich zu gestalten und die wachsenden Herausforderungen zu bewältigen, sind Zusammenarbeit und gegenseitige Unterstützung wesentliche Voraussetzungen.

8 Weiterführende Literatur

Albrecht, J. 1987:	Erhaltung genetischer Ressourcen am Beispiel der Fichte in Hessen. Forst- und Holzwirt 42, 08-210.
Andreae, H.; Jacob, F. 2017:	Entwicklung der Stoffbelastung in Oberrhein. In: Arbeitsgemeinschaft Forstliche Standorts- und Vegetationskunde (AFSV) (Hrsg.): Standortswandel und Waldumbau im Oberen Erzgebirge. AFSV-Jahrestagung 2017. Markersbach, 13.-16.09. Pirna/OT-Graupa (Exkursionsführer zur AFSV-Jahrestagung), 22-26.
Anonymus 1987:	Konzept zur Erhaltung forstlicher Genressourcen in der Bundesrepublik Deutschland. Bund-Länder-Arbeitsgruppe „Erhaltung forstlicher Genressourcen“. Grobhansdorf, 159 S.
Anonymus 1989:	Konzept zur Erhaltung forstlicher Genressourcen in der Bundesrepublik Deutschland. Forst und Holz, 44, 379-404.
Anonymus 1994:	Waldschadensbericht 1994. Sächsisches Staatsministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Forsten, Dresden, 80 S.
Anonymus 1998:	Ökologische Waldentwicklungsplanung des Freistaates Sachsen. Sächsisches Staatsministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Forsten, Dresden, 30 S.
Anonymus 2001:	Nachhaltige Nutzung forstgenetischer Ressourcen. Forst und Holz 56, 570-572.
Anonymus 2002:	Forstvermehrungsgutgesetz (FoVG) vom 22.05.2002. Bundesgesetzblatt 2002, Teil I, S. 1658.
Anonymus 2002:	Die zweite Bundeswaldinventur – BWI ² . Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft, Berlin.
Anonymus 2004:	Konzept zum genetischen Monitoring für Waldbaumarten in der Bundesrepublik Deutschland. BLAG-Expertengruppe „Genetisches Monitoring“. Verfügbar online unter https://www.genres.de/fachgremien/blag-forstliche-genressourcen-forsts Saatgutrecht/genetisches-monitoring/konzept-zum-genetischen-monitoring/ , Abruf am 07.08.2018.
Anonymus 2007:	Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin, 180 S.
Anonymus 2008:	Anleitung zur Durchführung des genetischen Monitorings für bestandesbildende Baumarten. BLAG-Expertengruppe „Genetisches Monitoring“. Verfügbar online unter https://www.genres.de/fileadmin/SITE_MASTER/content/SITE_GENRES/downloads/docs/BLAG/gm-durchfuehrung_260308_1_.pdf , Abruf am 01.08.2018.
Anonymus 2009:	Programm zur Biologischen Vielfalt im Freistaat Sachsen des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft. Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Dresden.
Anonymus 2010:	Waldfunktionenkartierung. Grundsätze und Verfahren zur Erfassung der besonderen Schutz- und Erholungsfunktionen des Waldes im Freistaat Sachsen. Staatsbetrieb Sachsenforst, Pirna, 71 S. (https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/16532).
Anonymus 2011a:	Die Biodiversitätsstrategie 2020 der Europäischen Union bis 2020. Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, Luxemburg, 28 S.
Anonymus 2011b:	Liste der in Deutschland vorkommenden Arten der Anhänge II, IV, V der FFH-Richtlinie (92/43/EWG). Bundesamt für Naturschutz, Bonn.
Anonymus 2012:	Die dritte Bundeswaldinventur – BWI ³ . Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Berlin.
Anonymus 2013:	Waldstrategie 2050 für den Freistaat Sachsen. Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Dresden, 45 S.
Anonymus 2015:	Leitfaden zur Kartierung der Schutz- und Erholungsfunktionen des Waldes. Projektgruppe Waldfunktionenkartierung der AG Forsteinrichtung (Hrsg.), Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Freiburg, 39 S. (https://www.fva-bw.de/fileadmin/user_upload/Daten_und_Tools/Geodaten/Waldfunktionenkartierung/geodaten_waldfunktionenkartierung_leitfaden_wfk_2016.pdf)
Anonymus 2017a:	Handlungsempfehlungen zur Ausweisung von Generhaltungseinheiten unter Berücksichtigung von Mindestkriterien. Bund-Länder-Arbeitsgruppe „Forstliche Genressourcen und Forsts Saatgutrecht“ (BLAG-FGR), 9 S. (https://genres.de/fachgremien/blag-forstliche-genressourcen-forsts Saatgutrecht/empfehlungen-und-veroeffentlichungen/ausweisung-von-generhaltungseinheiten)
Anonymus 2017b:	Zulassungsbescheide WTA-Samenplantagen, nicht veröffentlicht.
Anonymus 2017c:	Abschlussbericht zum Projekt „Erhaltung der innerartlichen Vielfalt gebietsheimischer Wildobstarten in Sachsen“. Grüne Liga Osterzgebirge e. V. Dippoldswalde, Staatsbetrieb Sachsenforst Pirna, 150 S. (www.wildobstsachsen.de/fileadmin/user_upload/Download/Abschlussbericht_Wildobstprojekt.pdf).
Anonymus 2017d:	Bewahren und Entwickeln – Naturschutzkonzept des Staatsbetriebes Sachsenforst für den sächsischen Landeswald. Staatsbetrieb Sachsenforst, Pirna, 56 S. (https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/29737)
Anonymus 2018:	5. Forstbericht der Sächsischen Staatsregierung – Berichtszeitraum 1. Januar 2013 bis 31. Dezember 2017. Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Dresden, 112 S.
Anonymus 2020:	Waldzustandsbericht 2020. Sächsisches Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft, Dresden, 63 S.
Baumann, M. 2012:	Die Esche - Vom Hoffnungsträger zum Sorgenkind. Waldpost 2012/2013: 14-15.
Booy, G.; Hendriks, R.J.J.; Smulders, M.J.M.; Van Groenendal, J.M.; Vosman, B. 2000:	Genetic Diversity and the Survival of Populations. Plant Biol. (2) 379-395.
Braun, H.; Llamas Gómez, L. 1994:	Die Weiß-Tanne (<i>Abies alba</i> Mill.) in Sachsen. Der Wald Berlin 44, 387-392.
Collin, E. 2002:	Strategies and guidelines for the conservation of the genetic Resources of <i>Ulmus</i> spp. In: Turok, J.; Eriksson, G.; Russell, K.; Borelli, S.: Noble Hardwoods Network. Report of the fourth meeting, 4-6 September 1999, Gemunden, Austria, and the fifth meeting, 17-19 May 2001, Blessington, Ireland. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy, 50-67.
Collin, E.; Santini, A.; Hollingsworth, P. 2002:	Coordination for conservation, characterization, collection and utilization of genetic resources of European Elms (RES GEN CT 96-78). Abschlussbericht, Cemagref, Nogent-sur-Vernisson, Frankreich, 32 S.
Dittrich, K. 1992:	Der sächsische Wald. Sachsens Wald zwischen Tradition und Gegenwart. Der Wald, 42, 221-223.

Dittrich, K., 1993:	Der sächsische Wald – Zur Dynamik holzvorratsbildender Waldstrukturen. <i>Der Wald</i> , 43, 15–17.
Ellstrand, N., 1992:	Gene Flow by Pollen: Implications for Plant Conservation genetics. <i>Oikos</i> 63, 77–86.
Enderle, R.; Fussli, B.; Lenz, H. D.; Langer, G.; Nagel, R.; Metzler, B., 2017:	Ash dieback in Germany: Research on disease development, resistance and management options. In: Vasaitis, R.; Enderle, R. (Hrsg.): Dieback of European ash (<i>Fraxinus</i> spp.): consequences and guidelines for sustainable management, S. 89–105.
FAO and UNEP, 2020:	The State of the World's Forests 2020. Forests, biodiversity and people. Rome. https://doi.org/10.4060/ca8642en .
Felton, A.; Löfroth, T.; Angelstam, P.; Gustafsson, L.; Hjältén, J.; Felton, A. M.; Simonsson, P.; Dahlberg, A.; Lindblad, M.; Svensson, J.; Nilsson, U.; Lodin, I.; Hedwall, P. O.; Sténs, A.; Läma's, T.; Brunet, J.; Kalén, C.; Kröström, B.; Gemmel, P.; Ranius, T., 2020:	Keeping pace with forestry: Multi-scale conservation in a changing production forest matrix. <i>Ambio</i> 49:1050–1064 https://doi.org/10.1007/s13280-019-01248-0
Finkeldey, R., 1992:	Auswahlkriterien und Anlage genetischer Ressourcen bei der Fichte (<i>Picea abies</i> [L.] Karst.). <i>Forstarchiv</i> , 63, 25–32.
Franke, J., 2015:	Klimaentwicklung in Sachsen – Stand und Ausblick. In: Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (Hrsg.): Klimawandel in Sachsen – wir passen uns an! Dresden, S. 6–19.
Franke, J., 2019:	2018 – Wetter trifft auf Klima. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden, 91 S. (https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/Jahresueckblick2018_Fachbeitrag_2019-01-24_final.pdf).
Fritsch, M.; Kamp, T., 2013:	Erfassung und Dokumentation genetischer Ressourcen der Flaum-Eiche (<i>Quercus pubescens</i>), der Elsbeere (<i>Sorbus torminalis</i>) und des Speierlings (<i>Sorbus domestica</i>) in Deutschland – Untersuchungen zur Elsbeere. Forstbüro Ostbayern, Neukirchen b. Hl. Blut, 109 S. (https://www.genres.de/fileadmin/SITE_MASTER/content/SITE_GENRES/downloads/docs/BLAG/Seltene_Baumarten/Abschlussbericht_Elsbeere.pdf).
Fussli, B.; Kunz, M.; Tröber, U.; Leinemann, L.; Kätzel, R.; Eusemann, P.; Liesebach, H.; Becker, F.; Kuchma, O.; Kersten, B.; Voth, W.; Karopka, M.; Höltken, A.; Havel, S.; Rose, B.; Wolf, H.; Kahlert, K.; Hosius, B., 2020:	GenMon – Einrichtung eines genetischen Monitorings für Buche und Fichte in Deutschland zur Bewertung der genetischen Anpassungsfähigkeit der Baumarten gegenüber Umweltveränderungen. Schlussbericht, Bayerisches Amt für Waldgenetik, Teisendorf, 139 S.
Geburek, Th., 2005:	Genetic diversity in forest trees – its importance and potential human impact. In: Geburek, Th.; Turok, J. (eds.): Conservation and Management of Forest Genetic Resources in Europe. Arbora Publishers Zvolen 437–463.
Geburek, Th.; Stephan, B. R.; Scholz, F., 1989:	Zur Erhaltung genetischer Variation in Waldbaumpopulationen. <i>Forstw. Cbl.</i> 108, 204–211.
Gemballa, R., 2017:	Waldschäden im Erzgebirge – von den Anfängen bis Ende der 1990er Jahre. In: Arbeitsgemeinschaft Forstliche Standorts- und Vegetationskunde (AFSV) (Hrsg.): Standortswandel und Waldumbau im Oberen Erzgebirge. AFSV-Jahrestagung 2017. Markersbach, 13.–16.09. Pirna/OT Graupa (Exkursionsführer zur AFSV-Jahrestagung), 15–20.
Gregorius, H.-R., 1996:	The Contribution of the Genetics of Populations to Ecosystem Stability. <i>Silvae Genetica</i> 45, 267–271.
Grosser, K. H., 1964:	Die Wälder am Jagdschloss bei Weißwasser, Abhandlungen und Berichte des Naturkundemuseums Görlitz 39, Nr. 2.
Grosser, K. H., 1966:	Urwald Weißwasser. Brandenburgische Naturschutzgebiete, Folge 2, 1–40.
Hardtke, H.-J., 2000:	<i>Rosa</i> L. In: Hardtke, H.-J., Ihl, A., 2000: Atlas der Farn- und Samenpflanzen Sachsens. In: Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (Hrsg.): Materialien zu Naturschutz und Landespflege 2000. Dresden, 53–54.
Hattemer, H. H.; Ziehe, M., 2018:	Erhaltung forstgenetischer Ressourcen. Universitätsverlag Göttingen. 553 S.
Hempel, W., 1983:	Ursprüngliche und potentielle natürliche Vegetation in Sachsen – eine Analyse der Entwicklung von Landschaft und Waldvegetation. Dissertation der Technischen Universität Dresden, Sektion Forstwissenschaft Tharandt.
Hettwer, Ch.; Zöphel, U., 2014:	Zustand der Arten und Lebensraumtypen zur FFH-Richtlinie in Sachsen für 2007–2012 – Kurzdarstellung. Naturschutzarbeit in Sachsen 56, 4–11.
Hettwer, Ch.; Zöphel, U.; Warnke-Grüttner, R., 2015:	Zustand der Arten und Lebensraumtypen zur FFH-Richtlinie in Sachsen für 2007–2012. Naturschutzarbeit in Sachsen 57, 4–23.
Huber, G.; Steiner, W.; Kätzel, R., 2013:	Verbreitung, Genetik und Erhaltungsstrategien des Wildapfels in Deutschland und in Bayern. <i>LWF Wissen</i> 73, 14–27.
Irrgang, S., 2002:	Klimaänderung und Waldentwicklung in Sachsen – Auswirkungen auf die Forstwirtschaft. <i>Forstarchiv</i> 73, 137–148.
Kätzel, R.; Kramer, W.; Tröber, U., 2007:	„Erfassung und Dokumentation genetischer Ressourcen der Schwarz-Pappel und der Ulmenarten in Deutschland“, Teillos 1: „Erfassung und Dokumentation genetischer Ressourcen der Schwarz-Pappel (<i>Populus nigra</i>) in Deutschland“. Landesforstanstalt Eberswalde, 112 S. (https://www.genres.de/fileadmin/SITE_MASTER/content/SITE_GENRES/downloads/docs/BLAG/Seltene_Baumarten/SchwarzPappel.pdf).
Kätzel, R.; Reichling, A., 2009:	Genetische Ressourcen der Flatter-Ulme (<i>Ulmus laevis</i>) in Deutschland. <i>Archiv f. Forstwesen u. Landsch. ökol.</i> 43, 49–56.

Kätzel, R.; Reichling, A.; Tröber, U. 2009:	Erfassung der genetischen Ressourcen der Ulmen-Arten in Deutschland. Landesforstanstalt Eberswalde, 117 S. (https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/Projektoerderung/BiologischeVielfalt/ProjektberichtUlmen.pdf).
Keßler, K.; Münch, A.; Wahren, A. 2020:	Erarbeitung von Ökotopprognosen für organische und mineralische Nass-Standorte im Landeswald des Freistaates Sachsen als fachliche Grundlage für die Weiterentwicklung der forstlichen Standortskarte und zur Entscheidungsunterstützung bei der Moorrevitalisierung. Abschlussbericht, Dr. Dittrich & Partner Hydro-Consult GmbH Dresden, 87 S.
Kleinschmit, J. 1995:	<i>In-situ</i> -Erhaltung forstlicher Genressourcen. In: Kleinschmit, J., Begemann, F., Hammer, K. (Hrsg.): Erhaltung pflanzengenetischer Ressourcen in der Land- und Forstwirtschaft – Waldbäume und Sträucher. Schriften zu genetischen Ressourcen, Band 1, Schriftenreihe des Informationszentrums für genetische Ressourcen, Zentralstelle für Agrardokumentation und -information (ZADI), Bonn, 14-27.
Kleinschmit, J. 1999:	Ist Naturverjüngung immer die beste Lösung für den naturnahen Waldbau? Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft Hamburg 194, 199-214.
Kleinschmit, J.; Stephan, B. R. 1998:	Wild fruit trees (<i>Prunus avium</i> , <i>Malus sylvestris</i> and <i>Pyrus pyraeaster</i>). In: Turok, J.; Collin, E.; Demesure, B.; Eriksson, G.; Kleinschmit, J.; Rusanen, M.; Stephan, R.: Noble Hardwoods Network. Report of the 2nd Meeting. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy: 51-60.
Kleinschmit, J.; Stephan, B. R.; Liesebach, M.; Schüte, G.; Steinhoff, S. 1996:	Noble Hardwood species in Germany: occurrences and gene conservation measures. In: Turok, J.; Eriksson, G.; Kleinschmit, J.; Canger, S.: Noble Hardwoods Network. Report of the first meeting, 24-27 March 1996, Escherode, Germany. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy, 101-110.
Kleinschmit, J.R.G. und Bund-Länder Arbeitsgruppe „Forstliche Genressourcen und Forstsamtgutrecht“ 2017:	Empfehlungen für die Anlage von Samenplantagen zur Produktion gebietseigener Gehölze. Natur und Landschaft 92, 221-227.
Kölling, Chr. 2007:	Bäume für die Zukunft. LWF aktuell 60, 35-37.
Konnert, M.; Maurer, W.; Hussendörfer, E. 2004	Anleitung für Isoenzymuntersuchungen bei Weiß-Tanne (<i>Abies alba</i> Mill.) – Anleitungen zur Trennmethode und Auswertung der Zymogramme. Verfügbar online unter https://www.genres.de/fachgremien/blag-forstliche-genressourcen-forstsamtgutrecht/empfehlungen-und-veroeffentlichungen/handbuecher-fuer-isoenzymanalysen/
Kramer, A.; Iso, J.; Askley, M.; Howe H. 2008:	The Paradox of Forest Fragmentation Genetics. Conservation Biology 22, 878-885.
Llamas Gómez, L. 1998:	Populationsgenetische Untersuchungen bei der Weißtanne <i>Abies alba</i> Mill. in Sachsen. Dissertation, Fakultät für Forst-, Geo- und Hydrowissenschaften der Technischen Universität Dresden, 136 S.
Llamas Gómez, L.; Bergmann, F.; Ziegenhagen, B. 1994:	Untersuchungen über ökologisch-genetische Anpassungsvorgänge bei der Tanne (<i>Abies alba</i> Mill.) in unterschiedlich immisionsbelasteten Regionen unter besonderer Berücksichtigung des Erzgebirges. Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Hamburg, Forschungsbericht, 145 S.
Llamas Gómez, L.; Braun, H. 1995:	Die Weißtanne in Sachsen unter besonderer Berücksichtigung ihrer genetischen Konstitution. Genetik und Waldbau der Weißtanne. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Forsten, Heft 5: 5-19.
Lorenz, J.; Müller, K.-H. 2016:	Studie zur beispielhaften Wiederansiedlung der Schwarz-Pappel (<i>Populus nigra</i> L.) in Sachsen. Abschlussbericht zum gleichnamigen BesN-Vorhaben im Auftrag des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie. NABU Landesverband Sachsen, Leipzig, 41 S. + Anhang
Mackenthun, G. 2000:	Die Gattung <i>Ulmus</i> in Sachsen. Forstwissenschaftliche Beiträge Tharandt, Heft 9, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 294 S.
Maschinski, J.; Wright, S. J.; Koptur, S.; Pinto-Torres, E. C. 2013:	When is local best? Breeding history influences conservation reintroduction survival and population trajectories in times of extreme climate events. Biological Conservation 159, 277-284.
Maurer W. D.; Cremer E.; Degen B.; Konnert M.; Tröber U. 2008:	Erfassung genetischer Strukturen wichtiger Waldbaumarten, Teillos 1: Erfassung der genetischen Struktur der Rot-Buche (<i>Fagus sylvatica</i>) als Grundlage für ein genetisches Monitoring wichtiger Waldbaumarten in Deutschland. Endbericht BLE-Projekt-Nr. 05/BE003/1, pp. 81.
Milnik, A. 2007:	Zur Geschichte der Kiefernwirtschaft in Nordostdeutschland. In: LFE (2007): Die Kiefer im nordostdeutschen Tiefland – Ökologie und Bewirtschaftung. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Band XXXII. Landesforstanstalt Eberswalde.
Paul, M.; Tröber, U. 2006:	Erhaltung und Charakterisierung genetischer Ressourcen der Eibe (<i>Taxus baccata</i> L.) in Sachsen als Teil eines Verbundprojektes. Archiv für Forstwesen und Landschaftsökologie 40(2):70-78.
Paul, M.; Hinrichs, T.; Janßen, A.; Schmitt, H.-P.; Soppa, B.; Stephan B.R.; Dörflinger, H. 2000:	Konzept zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung forstlicher Genressourcen in der Bundesrepublik Deutschland. Sächsische Landesanstalt für Forsten, 66 S.
Paul, M.; Hinrichs, T.; Janßen, A.; Schmitt, H.-P.; Soppa, B.; Stephan B.R.; Dörflinger, H. 2010:	Konzept zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung forstlicher Genressourcen in der Bundesrepublik Deutschland. Aktualisierte Neuauflage, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Bonn. 83 S.
Puchert, H. 1974:	Edellaubbäume – begriffliche und waldbauliche Betrachtung. Allg. Forstzeitschrift 29, 977-978.
Reim, S.; Proft, A.; Heinz, S.; Lochschmidt, F.; Höfer, M.; Tröber, U.; Wolf, H. 2015:	Pollen movement in a <i>Malus sylvestris</i> population and conclusions for conservation measures. Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization: 1-9 (doi: 10.1017/S1479262115000301)
Reinhardt, R. 2007:	Rote Liste Tagfalter Sachsens. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden.
Richter, F. 2019:	Liste potentieller Erntebestände nicht FoVG-Arten im Wald. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Referat Artenschutz, Freiberg, unveröffentlicht.
Rohmeder, E.; Schönbach, H. 1959:	Genetik und Züchtung der Waldbäume. Parey Verlag, Berlin, 338 S.
Rohmeder, E. 1972:	Das Saatgut in der Forstwirtschaft. Parey Verlag, Berlin, 273 S.

Schmidt, O. 1993:	Der Spitz-Ahorn – ein vergessener Waldbaum? Forst und Holz 48, 15-16.
Schmidt, P. A. 1995:	Übersicht der natürlichen Waldgesellschaften Deutschlands. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Forsten, Heft 4, Pirna OT Graupa, 95 S.
Schmidt, P. A. 2000a:	<i>Pinus mugo</i> agg. In: Hardtke, H.-J., Ihl, A. 2000: Atlas der Farn- und Samenpflanzen Sachsens. Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (Hrsg.): Materialien zu Naturschutz und Landespflege 2000. Dresden, 52-53.
Schmidt, P. A. 2000b:	<i>Crataegus</i> L. In: Hardtke, H.-J., Ihl, A. 2000: Atlas der Farn- und Samenpflanzen Sachsens. Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (Hrsg.): Materialien zu Naturschutz und Landespflege 2000. Dresden, 51.
Schmidt, P. A. 2000c:	<i>Salix</i> L. In: Hardtke, H.-J., Ihl, A. 2000: Atlas der Farn- und Samenpflanzen Sachsens. Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (Hrsg.): Materialien zu Naturschutz und Landespflege 2000. Dresden, 54.
Schmidt, P. A.; Klausnitzer, U. 2002:	Die Baum- und Straucharten Sachsens – Charakterisierung und Verbreitung als Grundlagen der Generhaltung. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Forsten, Heft 24, Pirna OT Graupa, 104 S.
Schmidt, P. A.; Schmieder, B. (1997):	Zur Unterscheidung von Hänge-Birke (<i>Betula pendula</i> Roth.) und Moor-Birke (<i>Betula pubescens</i> Ehrh.) – Sächsische Floristische Mitteilungen – 4: 148 - 160
Schönbach, H.; Weiß, M. 1971:	Genetische Fragen der Fichtenwirtschaft im Mittelgebirge. In: Blanckmeister, J.; Hengst, E. (Hrsg.): Die Fichte im Mittelgebirge. Neumann Verlag, Radebeul, 218- 241.
Schüler, S.; Liesebach, M.; von Wühlisch, G. 2012:	Genetische Variation und Plastizität des Blattaustriebs von Herkünften der Rot-Buche. Landbauforsch Appl Agric Forestry Res 62, 211-220.
Schulz, D. 2013:	Rote Liste und Arten-Liste Sachsens – Farn- und Samenpflanzen. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden, 304 Seiten.
Schulze, T.; Schröder, J.; Kätzel, R. 2013a:	Erfassung und Dokumentation genetischer Ressourcen seltener und gefährdeter Baumarten in Deutschland: Wildapfel (<i>Malus sylvestris</i>). Landesbetrieb Forst Brandenburg, Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde, 126 S. (www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/Projektfoerderung/BiologischeVielfalt/Abschlussbericht_Wildapfel.pdf).
Schulze, T.; Schröder, J.; Kätzel, R. 2013b:	Erfassung und Dokumentation genetischer Ressourcen seltener und gefährdeter Baumarten in Deutschland: Wildbirne (<i>Pyrus pyraeaster</i>). Landesbetrieb Forst Brandenburg, Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde, 132 S. (www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/Projektfoerderung/BiologischeVielfalt/Abschlussbericht_Wildbirne.pdf).
Spethmann, W. 1997:	Gefährdet Hybridisierung die Erhaltung von Baum- und Straucharten? In: „Forstliche Generhaltung und Naturschutz“. NNA-Berichte 10, Heft 2, Alfred Toepfer Akademie für Naturschutz, Schneverdingen, 26-31.
Tröber, U. 2017:	Genetische Inventur der Fichte in Sachsen auf der Basis von Isoenzymanalysen. Kompetenzzentrum Wald und Forstwirtschaft im Staatsbetrieb Sachsenforst, Bericht, nicht veröffentlicht, 18 S.
Tröber, U.; Brandes, E. 2005:	Untersuchung genetischer Strukturen in Buchen-Beständen (<i>Fagus sylvatica</i> L.) des mittleren Erzgebirges – Teil 1: Isoenzym-Genmarker. Forst und Holz 60(5):190-193
Tröber, U.; Wolf, H. 2015:	Erhaltung der Schwarz-Pappel (<i>Populus nigra</i> L.) in Sachsen: Erfassung, Charakterisierung und Vermehrung auf genetischer Grundlage. forstarchiv 86, 166-173.
Tröber, U.; Wolf, H. 2019:	Empfehlungen für die Verwendung von Forstvermehrungsgut der Schwarz-Pappel (<i>Populus nigra</i> L.) im Freistaat Sachsen. Kompetenzzentrum Wald und Forstwirtschaft im Staatsbetrieb Sachsenforst, Referat Forstgenetik, Forstpflanzenzüchtung, Pirna, nicht veröffentlicht.
Vanden Broeck, A.; Villar, M.; Van Bockstaele, E.; Van Slycken, J. 2005:	Natural hybridization between cultivated poplars and their wild relatives: evidence and consequences for native poplar populations. Ann. For. Sci. 62, 601-613.
Wagner, I. 1995:	Identifikation von Wildapfel (<i>Malus sylvestris</i> (L.) Mill.) und Wildbirne (<i>Pyrus pyraeaster</i> (L.) Burgsd.) – Voraussetzung zur Generhaltung des einheimischen Wildobstes. Forstarchiv 66, 39-47.
Wagner, I. 1999:	Schutz und Nutzen von Wildobst – Probleme bei der direkten Nutzung von Wildobstrelikten. Forstarchiv 70, 23-27.
Wagner, I., 2005:	<i>Malus sylvestris</i> (L.) Mill., 1768. In: Roloff, A., Weisgerber, H., Lang, U. M., Stimm, B. (Hrsg.): Enzyklopädie der Holzgewächse. Handbuch und Atlas der Dendrologie. 42. Erg. Lfg. 12/05, 16 S.
Wagner, I., 2009:	<i>Pyrus pyraeaster</i> (L.) Burgsdorf, 1787. In: Roloff, A., Weisgerber, H., Lang, U. M., Stimm, B. (Hrsg.): Enzyklopädie der Holzgewächse. Handbuch und Atlas der Dendrologie. 52. Erg. Lfg.4/09, 20 S.
Wolf, H.; Braun, H. 1995:	Erhaltung und Förderung forstlicher Genressourcen. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Forsten, Heft 3, Pirna OT Graupa, 36 S.
Wolf, H.; Braun, H. 1996:	Beiträge der Forstpflanzenzüchtung zur Erhaltung und Erhöhung der genetischen Vielfalt. In: Müller-Strack, G. (Hrsg.): Biodiversität und nachhaltige Forstwirtschaft. Ecomed-Verlag, Landsberg am Lech, 60-77.
Wolf, H.; Braun, H. 1997:	Strategies for Conservation and Improvement of Silver fir (<i>Abies alba</i> Mill.) Gene Resources in Saxony. In: Gagov, V. (ed.): Ergebnisse des 8. Tannen-Symposiums. Schriften aus der IUFRO und der Forsttechnischen Universität, Sofia, 53-63.
Wolf, H.; Tröber, U. 2014:	Beiträge von Sachsenforst zur Förderung der Schwarz-Pappel – Erfassung, Artbestimmung und Vermehrung. In: NABU-Landesverband Sachsen e. V. (Hrsg.) 2014: Die Schwarz-Pappel und ihre Lebensräume in Sachsen. Tagungsband NABU-Fachtagung, 28.09.2013, Riesa, 76–91.
Wolf, H.; Tröber, U. 2018:	Physiologische Qualität und genetische Vielfalt des Saatgutes aus zugelassenen Weiß-Tannen-Samenplantagen im Vergleich zu Bestandesabsaaten. Kompetenzzentrum Wald und Forstwirtschaft im Staatsbetrieb Sachsenforst, Bericht, nicht veröffentlicht, 13 S.
Wolf, H.; Tröber, U.; Rösler, M. 2009:	Erhaltung und Nutzung forstgenetischer Ressourcen für die forstliche Rekultivierung von Bergbaufolgelandschaften und die Waldwirtschaft in der Lausitz. World of Mining – Surface Et Underground 61, 317-323.
Wolf, T. 2020:	Zustandserfassung der Schwarz-Pappel-Erntebestände Pattlerwald und Leutewitz im Auftrag des Referates Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung, Kompetenzzentrum für Wald und Forstwirtschaft im Staatsbetrieb Sachsenforst. Bericht, nicht veröffentlicht.
Young, A.; Boyle, T. 2000:	Forest Fragmentation. In: Young, A., Boshier, D., Boyle, T. (Eds.): Forest Conservation Genetics – Principles and Practice. CABI Publishing Oxon, United Kingdom, 123-134.

Young, A.; Boyle, T.; Brown, T. 1996:	The population genetic consequences of habitat fragmentation for plants. Tree 11, 413-418.
Ziehe, M.; Hattemer, H.-H. 1988:	Genetische Variation und Züchtung von Waldbäumen. Allg. Forst- u. J. -Ztg. 159, 88-92.
Zimmermann, H. 1931:	Fichtensamenbeschaffung in Sachsen. Tharandter Forstliches Jahrbuch 82, 821-864

Gattung	Art	Deutscher Name	<i>in situ</i>			<i>ex situ</i>									
			Bestände		Kleinvor- kommen	Bestände		SPL-FoVG		SPL-Erhaltung			Klonarchive		
			N	Fläche in ha	N			N	Fläche in ha	N	Fläche in ha	Klone/ Familien	N	Fläche in ha	Klo- ne
<i>Abies</i>	<i>alba</i>	Weiß-Tanne	16	8,0	2004	6	6,0	2	1,7	5	4,1	736	1	1,1	159
<i>Acer</i>	<i>campestre</i>	Feld-Ahorn	7	4,9	111										
<i>Acer</i>	<i>platanoides</i>	Spitz-Ahorn	23	10,4	323										
<i>Acer</i>	<i>pseudoplatanus</i>	Berg-Ahorn	76	75,0		6	5,9			3	3,4	145			
<i>Alnus</i>	<i>glutinosa</i>	Schwarz-Erle	48	103,1				2	2,1			129	1	1,4	247
<i>Betula</i>	<i>pendula</i>	Hänge-Birke	16	40,1		1	0,8								
<i>Betula</i>	<i>pubescens</i>	Moor-Birke	16	75,9						2	1,1	93			
<i>Carpinus</i>	<i>betulus</i>	Hain-Buche	62	86,9	85	1	0,3								
<i>Fagus</i>	<i>sylvatica</i>	Rot-Buche	233	1358,0		14	21,4			1	1,5	30			
<i>Fraxinus</i>	<i>excelsior</i>	Gewöhnliche Esche	71	149,8	30					1	1,4	100	1	0,2	96
<i>Juniperus</i>	<i>communis</i>	Gewöhnlicher Wacholder	2	1,4	695								2	0,9	123
<i>Larix</i>	<i>decidua</i>	Europäische Lärche	25	17,2		33	27,4	3	7,1			151	6	3,5	496
<i>Larix</i>	<i>kaempferi</i>	Japanische Lärche											6	1,3	178
<i>Larix</i>	<i>x eurolepis</i>	Hybrid-Lärche	1	0,4		3	3,3	3	8,5			10			
<i>Larix</i>	<i>spec.</i>	Andere Lärchenarten											6	1,0	145
<i>Malus</i>	<i>sylvestris</i>	Wild-Apfel			273					2	1,5	35	3	1,3	148
<i>Picea</i>	<i>abies</i>	Gewöhnliche Fichte	143	588,7		79	77,9	5	10,9	3	5,1	399	12	13,9	791
<i>Pinus</i>	<i>rotundata</i>	Moor-Kiefer	11	34,0	75					1	1,1	56	1	0,3	99
<i>Pinus</i>	<i>nigra</i>	Schwarz-Kiefer						1	2,4	1	1,0	55			
<i>Pinus</i>	<i>sylvestris</i>	Gewöhnliche Kiefer	75	240,5	40	28	14,0	10	21,0	3	10,4	516	11	4,5	591
<i>Populus</i>	<i>nigra</i>	Schwarz-Pappel	8	40,3	601	4	1,9						1	1,3	291
<i>Populus</i>	<i>tremula</i>	Aspe	2	1,6		30	21,3	1	0,6			10	6	2,9	133
<i>Prunus</i>	<i>avium</i>	Vogel-Kirsche	22	8,4	353	13	8,5	1	1,2			64	1	1,0	125
<i>Prunus</i>	<i>padus</i>	Gewöhnliche Traubenkirsche			1163										
<i>Pseudotsuga</i>	<i>menziesii</i>	Gewöhnliche Douglasie	22	8,7	29	19	14,2	1	2,3	4	6,6	176	7	1,8	173
<i>Pyrus</i>	<i>pyraster</i>	Wild-Birne			246								3	0,4	105
<i>Quercus</i>	<i>petraea</i>	Trauben-Eiche	48	164,2	40	1	1,1			2	4,9	241			
<i>Quercus</i>	<i>robur</i>	Stiel-Eiche	169	455,7	27										
<i>Quercus</i>	<i>rubra</i>	Rot-Eiche	4	4,9											
<i>Sorbus</i>	<i>aucuparia</i>	Eberesche	15	11,4											
<i>Sorbus</i>	<i>torminalis</i>	Elsbeere	1	1,5	19	2	2,5			1	0,8	70			
<i>Taxus</i>	<i>baccata</i>	Europäische Eibe	2	0,3	303	3	1,2								
<i>Tilia</i>	<i>cordata</i>	Winter-Linde	65	104,3		11	6,4	1	2,3			64	1	1,2	100
<i>Tilia</i>	<i>platyphyllos</i>	Sommer-Linde	2	1,4	7								1	0,1	12
<i>Ulmus</i>	<i>glabra</i>	Berg-Ulme	17	5,3	692	1	0,4			1	0,2	64	1	0,5	174
<i>Ulmus</i>	<i>laevis</i>	Flatter-Ulme	17	16,1	862	1	1,5								
<i>Ulmus</i>	<i>minor</i>	Feld-Ulme	2	1,8	22	1	0,3						2	0,2	104
Gesamt			1221	3620,0	8030	257	216,3	30	60,2	30	43,0	3144	73	38,6	4290

In der Schriftenreihe sind bisher folgende Titel erschienen:

Erstausgabe	Waldfunktionenkartierung
Heft 1/1994	Forstpflanzenzüchtung - Quo vadis?
Heft 2/1995	Wald und Klima
Heft 3/1995	Erhaltung und Förderung forstlicher Genressourcen
Heft 4/1995	Übersicht der natürlichen Waldgesellschaften
Heft 5/1995	Genetik und Waldbau der Weiß-Tanne, Bd. I und II
Heft 6/1996	Waldbau - Beiträge zum Kolloquium
Heft 7/1996	Wald und Boden
Heft 8/1996	Forstliche Wuchsgebiete und Wuchsbezirke im Freistaat Sachsen
Heft 9/1996	Waldbiotopkartierung in Sachsen
Heft 10/1996	<i>ersetzt durch Heft 29</i>
Heft 11/1997	Waldklimastationen
Heft 12/1997	Möglichkeiten einer integrierten Bekämpfung des Blauen Kiefernprachtkäfers
Heft 13/1998	Forstpflanzenzüchtung für Immissions-schadgebiete
Heft 14/1998	Der Waldzustand im Nationalpark Sächsische Schweiz nach den Ergebnissen der Permanenten Stichprobeninventur 1995/96
Heft 15/1998	Zuordnung der natürlichen Waldgesellschaften zu den Standorts- formengruppen (Ökogramme)
Heft 16/1998	Sanierung von Waldschadensflächen im extremen Immissions-schad- gebiet unter besonderer Berücksichtigung des Nichtstaatswaldes
Heft 17/1998	Wald- und Forstökosysteme auf Kippen des Braunkohlenbergbaus in Sachsen - ihre Entstehung, Dynamik und Bewirtschaftung
Heft 18/1999	Biogeochemisches Potenzial ausgewählter Baumarten auf meliorierten, immissionsbeeinflussten Standorten des Erzgebirges
Heft 19/1999	Waldbau auf Tieflands- und Mittelgebirgsstandorten
Heft 20/2000	Bodenzustandserhebung (BZE) in den sächsischen Wäldern (1992-97)
Heft 21/2000	<i>ersetzt durch Heft 31</i>
Heft 22/2000	Empfehlungen zur Wiedereinbringung der Weiß-Tanne
Heft 23/2000	Der sächsische Wald im Dienst der Allgemeinheit
Heft 24/2000	Die Baum- und Straucharten Sachsens - Charakterisierung und Verbreitung als Grundlagen der Generhaltung
Heft 25/2002	Waldvegetation - Vegetationsuntersuchungen in sächsischen Wäldern (Level I und II)
Heft 26/2003	Luftbildinterpretation - Bestimmungsschlüssel für die Beschreibung von strukturreichen Waldbeständen im Color-Infrarot-Luftbild
Heft 27/2004	Ökogramme der Natürlichen Waldgesellschaften und Stamm- Vegetationsformen in Sachsen
Heft 28/2004	Bodenzustandserhebung (BZE) in den sächsischen Wäldern (erweiterte, aktualisierte Auflage)
Heft 29/2012	Herkunftsgebiete und Herkunftsempfehlungen für forstliches Vermehrungsgut
Heft 30/2018	Sächsischer Waldbodenbericht
Heft 31/2020	Leitfaden zur Forstlichen Bodenschutzkalkung in Sachsen

**Herausgeber:**

Staatsbetrieb Sachsenforst
Bonnewitzer Straße 34
01796 Pirna OT Graupa
Telefon: +49 3501 542-0
Telefax: +49 3501 542-213
E-Mail: poststelle.sbs@smul.sachsen.de
Internet: www.sachsenforst.de

Sachsenforst ist eine nachgeordnete Behörde des Sächsischen Staatsministeriums für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft.

Diese Veröffentlichung wird finanziert aus Steuermitteln auf der Grundlage des vom Sächsischen Landtag beschlossenen Haushalts.

Redaktion:

Kompetenzzentrum Wald und Forstwirtschaft
Referat Forstgenetik, Forstpflanzenzüchtung

Fotos:

Matthias Böttger: Titel; Ute Tröber: S. 6, Abb. 1, Abb. 20a/b, S. 36 li. unten, S. 38 li. oben, Abb. 32, Abb. 39, Abb. 41, Abb. 42, S. 66, S. 70; Andreas Geschu: S. 10, Abb. 4; Arne Beck (privat): Abb. 3, Abb. 9a-c, Abb. 14; Dorothea Küttler: Abb. 5a/b, S. 40 li. oben; Stefanie Reim: Abb. 6, Abb. 8a, Abb. 13, S. 38 li. unten, re. Mitte u. unten; Heino Wolf: Abb. 7, S. 34 re. unten; Torfwerk Reitzenhain: Abb. 8b; Marek Schildbach: Abb. 11, Abb. 18b, S. 32 li. unten, Abb. 28, 29, Abb. 33, Abb. 35; Tino Steinigen: Abb. 12a; Franz Matschulla: Abb. 12b; Klaus Kühling: S. 19; Holger Fischer: Abb. 15; Grüne Liga Osterzgebirge e. V.: Abb. 17a/b; Roland Brandt: Abb. 18c; Kai-Uwe Hartmann: Abb. 18a; Lutz Weinbrecht: Abb. 18d, S. 32 li. oben u. Mitte, re. oben, Mitte, unten, S. 34 li. oben und Mitte, S. 34 re. oben und Mitte, S. 36 li. oben und re. Mitte, Abb. 30, Abb. 40; Andy Gerstenberger: Abb. 19a; Ursula Franke: Abb. 19b, S. 38 re. oben; Maria del Carmen Dacasa Rüdinger: S. 29; Stefanie Blaß: S. 40 li. unten, re. oben, Mitte, unten, S. 48, Abb. 38; Hans Braxmeier: Abb. 31; Christian Steinke: Abb. 34a/b; Dirk Synatzschke: Abb. 36; André Kubatzsch: Abb. 37; Torsten Abel: S. 34 li. unten; Uwe Leonhardt: S. 36 li. Mitte, re. oben u. re. unten

Gestaltung, Satz und Druck:

ReproMedia GmbH

Redaktionsschluss:

30. Juni 2021

Auflage:

500 Exemplare, 2., aktualisierte Auflage

Bezug:

www.publikationen.sachsen.de

Verteilerhinweis:

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung.

Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, dass dies als Parteinahme des Herausgebers zu Gunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.



www.facebook.com/Sachsenforst