

# ABSCHLUSSBERICHT

---

Zuwendungsempfänger: Staatsbetrieb Sachsenforst  
Kompetenzzentrum Wald und  
Forstwirtschaft  
Bonnewitzer Straße 34  
  
01796 Pirna

Träger des Vorhabens: Vattenfall Europe Mining AG

---

Buchungskennzeichen: 0963.0202.4105

Projektbeschreibung: Charakterisierung und Erhaltung der  
Lausitzer Tieflandsfichte im Vorfeld des  
Tagebaus Nochten

---

Laufzeit des Projektes: 01.11.2007 – 31.12.2009

Projektleitung: FD Dr. Heino Wolf  
Frau Dipl. Forst-Ing. Ute Tröber

Projektbearbeiter: Frau Dipl. Forst-Ing. (FH) Stefanie Blaß  
(20.02.2008 – 28.02.2009)  
Frau Dipl. Forst-Ing. Katja Skibbe  
(06.04.2009 - 31.12.2009)

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>Seite</b>
<b>1. Einleitung</b>	4
1.1 Das Untersuchungsgebiet	4
1.2 Zielstellung des Projektes und bisher erfolgte Maßnahmen	5
<b>2. Material und Methoden</b>	8
2.1 Phänotypische Charakterisierung	8
2.1.1 Untersuchte Herkünfte und Versuchsflächen	8
2.1.2 Phänologische Untersuchungen	8
2.1.3 Mortalität und Wachstum	10
2.1.4 Morphologische Untersuchungen	10
2.2 Genetische Analysen	11
2.2.1 Untersuchte Bestände	11
2.2.2 Isoenzymanalyse der Tieflandsfichte	12
2.3 Dauerhafte Erhaltung	15
2.3.1 Konzeption der Erhaltungssamenplantagen	15
2.3.2 Auswahl der zu erhaltenden Fichten und Durchführung der Erhaltung durch Pfropfung	16
<b>3. Ergebnisse und Diskussion</b>	17
3.1 Phänotypische Charakterisierung	17
3.1.1 Austriebsverhalten	17
3.1.2 Mortalität und Wachstum	20
3.1.3 Nadelmerkmale	24
3.1.4 Triebmerkmale	29
3.1.5 Merkmale der Verzweigung	32
3.2 Genetische Charakterisierung	34
3.2.1 Vergleich verschiedener Stichproben aus dem Vorkommen „Urwald Weißwasser“	34
3.2.2 Vergleich des Vorkommens Weißwasser mit anderen Tieflandsfichten-Populationen	36

3.3	Dauerhafte Erhaltung	44
3.3.1	Durchführung der Erhaltung durch Pfropfung	44
3.3.2	Auswahl eines Standortes für die Tieflandsfichten- Erhaltungssamenplantage „Urwald Weißwasser“	45
3.3.3	Konzeption der Tieflandsfichten-Erhaltungssamenplantage „Urwald Weißwasser“	46
<b>4.</b>	<b>Schlussfolgerungen</b>	47
4.1	Schlussfolgerungen aus den phänotypischen Untersuchungen	47
4.2	Schlussfolgerungen aus den genetischen Untersuchungen	48
<b>5.</b>	<b>Zusammenfassung</b>	49
<b>6.</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	50
<b>7.</b>	<b>Tabellen- und Abbildungsverzeichnis</b>	53

# 1 Einleitung

## 1.1. Das Untersuchungsgebiet

Der „Urwald Weißwasser“ befindet sich im Waldgebiet der „Muskauer Heide“ etwa 3 km westlich von Weißwasser. Das Gebiet liegt in der Klimastufe Tm, Tiefland mit mäßig trockenem Klima, und dem Forstlichen Wuchsgebiet 15, dem Düben-Lausitzer Altmoränenland, im Wuchsbezirk des Nochtener Dünengebietes. Charakteristisch für das Gebiet sind warme, trockene Sommer und kalte Winter mit Spätfrösten. Die Jahresmitteltemperatur liegt bei 8,5°C, die mittlere Niederschlagssumme bei 658 mm. Die Böden gehören meist zu den Nährkraftstufen Z (ziemlich arm) und A (arm) und sind im Bereich des Urwaldes grundwassernah (SCHULZE 2006).

Seit Jahrhunderten prägen die natürlichen Fichten-Kiefernwälder (*Molinio-Picetum*) und die Waldreitgras-Traubeneichen-Kiefernwälder (*Calamagrostio-Quercetum*) das Waldbild. Die Hauptbaumarten setzen sich aus der Gemeinen Fichte (*Picea abies* [L.] KARST.), der Waldkiefer (*Pinus sylvestris* L.) und der Traubeneiche (*Quercus petraea* [MATT.] LIEBL.) zusammen. Die Gemeine Fichte befindet sich in diesem Waldgebiet am Nordrand ihres herzynisch-karpatischen Teilareals (RUBNER 1953, THOMASIIUS 1990) und hat nach SCHULENBURG (1951, 1953) in dem spätfrostgefährdeten Lausitzer Flachland eine spätaustreibende Lokalklimapopulation ausgebildet, die als „Lausitzer Tieflandsfichte“ bezeichnet wird. Die Tieflandsfichte besitzt nach GOETZ (1951) eine auffallend walzenförmige Krone und weist breite fächerartige Zweige mit waagrechten Astansatzwinkeln auf, die dem Typus einer Plattenfichte entsprechen (Abb. 1). Die Tieflandsfichte wird als astarm mit wenigen (3 bis 4) Zweigen im oberen Kronendrittel beschrieben (GOETZ 1951). Die Nadeln sind kleiner als diejenigen von Fichten aus Bergregionen. Die wesentlich geringere Nadelmasse wird durch eine höhere Assimilationsfähigkeit ausgeglichen (GOETZ 1951). Die Herkunftsgebietseinteilung für die Baumart Fichte in der Bundesrepublik Deutschland nimmt auf diese Besonderheiten Rücksicht und weist für den Bereich der Niederlausitz ein eigenständiges Herkunftsgebiet „Niederlausitz – 840 03“ aus (ANONYMUS 2003).

Die Tieflandsfichte besiedelt ein für sie günstiges Lokalklima, das sich durch nährstoffarme, frische bis feuchte Standorte auszeichnet. Durch ihre hohe Schattentoleranz und die Fähigkeit zur Verdrängung anderer Baumarten kann sie an genau solchen Standorten kleine Bestände

bilden (GROSSER 2005). Die Tieflandsfichten erreichen im Einzelfall Höhen von über 30 m und sind im Untersuchungsgebiet bis zu 125 Jahre alt.



Abb. 1: Tieflandsfichten im Urwald Weißwasser

Der „Urwald Weißwasser“ wurde mit der Schutzverordnung vom 30.03.1961 als Naturschutzgebiet ausgewiesen. Seit 1964 steht allerdings fest, dass das Naturschutzgebiet durch den Braunkohleabbau in Anspruch genommen wird. Im Jahr 2008 erfolgte die Aufhebung des Schutzstatus. Schutzziel war bis zur Aufhebung die Erhaltung eines landschaftstypischen Komplexes natürlicher Waldgesellschaften im Grenzbereich von Moränen- und Talsandstandorten der Oberlausitzer Heide.

## **1.2. Zielstellung des Projektes und bisher erfolgte Maßnahmen**

Der Tagebau Nochten wird bis zum Jahre 2017 einen Großteil der Waldfläche südwestlich von Weißwasser (ca. 3.500 ha) für die Förderung von Braunkohle in Anspruch nehmen. Von der Landinanspruchnahme ist das gesamte ehemalige Naturschutzgebiet „Urwald Weißwasser“ mit seinen zum Teil autochthonen Waldbeständen betroffen. Im Rahmen der Installierung des Brunnenriegels erfolgten bereits Einschlagmaßnahmen im Umfeld des NSG

„Urwald Weißwasser“, die die Bestände des NSG im Berichtszeitraum in unterschiedlichem Maße in Mitleidenschaft gezogen haben. Die Flächenberäumung, d.h. der Einschlag des aufstockenden Waldbestandes des NSG „Urwald Weißwasser“ wird ab 2010/11 durchgeführt, die Inanspruchnahme des Landes zwei Jahre später.

Auf der Grundlage des Konzeptes zur Erhaltung und Förderung forstlicher Genressourcen in Sachsen (WOLF & BRAUN 1995) fand 1996 im Rahmen der Waldfunktionenkartierung nach Sächsischem Waldgesetz (SächsWaldG) vom 10.04.1992 (rechtsbereinigt mit Stand 01.08.2008) im damaligen Sächsischen Forstamt Weißwasser die flächendeckende Erfassung und Ausweisung von Generhaltungsobjekten statt. Insgesamt erfolgte die Ausweisung von Fichten-Vorkommen im NSG „Urwald Weißwasser“ sowie der umliegenden Bestände mit einer Fläche von 126 ha (davon 47 ha reine Fichte) als Wald mit besonderer Generhaltungsfunktion. Diese Waldflächen stellen das größte zusammenhängende autochthone Vorkommen der Lausitzer Tieflandsfichte in der Region dar. Die herausragende Stellung dieses Vorkommens im Bereich des ehemaligen Jagd Schlosses wurde durch eine Wiederholungsaufnahme aus dem Jahr 2006 bestätigt.

Die Sicherung und die Erhaltung der genetischen Informationen des ausgewiesenen Tieflandsfichten-Vorkommens im Vorfeld des Tagebaues Nochten sind aus zwei Gründen von sehr großer Bedeutung: Die genannte Baumart ist eine der Hauptbaumarten der natürlichen Waldgesellschaften des Nochtener Dünengebietes. Auf Grund ihres Alters sowie der bekannten Waldgeschichte handelt es sich mit großer Wahrscheinlichkeit um ein autochthones Vorkommen dieser Art (GROSSER 1955, 1964, 1966). Eine stetige und auf Dauer ausgerichtete Erfüllung der Generhaltungsfunktion vor Ort ist auf Grund der absehbaren Inanspruchnahme des Gebietes durch den Tagebau Nochten nicht mehr möglich.

Die Vorkommen haben sich im Laufe ihrer Entwicklungsgeschichte optimal an die Klimabedingungen ihres Wuchsortes, vor allem an trockene, heiße Sommer und plötzliche Temperaturänderungen angepasst. Dadurch unterscheiden sie sich deutlich von anderen Vorkommen dieser Arten, die z. B. aus mehr atlantisch getönten Gebieten stammen. Da die geschilderten Standortverhältnisse typisch für weite Teile Nordost-Sachsens und Süd-Brandenburgs sind und vergleichbare Bestände dieser Baumarten in dieser Form nicht mehr existieren, kommt der Erhaltung der Vorkommen eine überregionale Bedeutung zu.

In einem ersten Projektabschnitt „Charakterisierung und Erhaltung von Traubeneiche und Plattenkiefer“ (Buchungskennzeichen 0963.0202.4105) wurden die Maßnahmen zur Sicherung des genetischen Potentials dieser beiden für das Untersuchungsgebiet charakteristischen Baumarten gebündelt und vervollständigt (siehe Abschlussbericht PAUL *et al.* 2007). Im Ergebnis dieser Arbeiten sind Erhaltungssamenplantagen angelegt bzw. noch im Aufbau, die die Reproduktion der genetischen Information dieser Populationen für die Zukunft sichern sollen.

Im Rahmen des Projektes „Charakterisierung und Erhaltung der Lausitzer Tieflandsfichte“ werden alle erforderlichen Maßnahmen zur Evakuierung eines repräsentativen Ausschnittes der genetischen Informationen des Tieflandsfichten-Vorkommen durchgeführt. Die Sicherung eines beträchtlichen Teils der Altbaumgeneration durch Abpfropfung und darauf aufbauend die Konzeption und Anlage einer Erhaltungssamenplantage sollen die Erhaltung der genetischen Ressourcen und die Saatgutproduktion für den Wiederaufbau der Wälder in der Region nach der Braunkohlegewinnung sicherstellen.

Zusätzlich erfolgen phänotypische Untersuchungen zu Morphologie (Verzweigungsmerkmale), Phänologie (Austrieb) und Widerstandsfähigkeit im Rahmen von vorhandenen Tieflandsfichten-Versuchsflächen. Ein Vergleich der Niederlausitzer Tieflandsfichtenherkünfte, die sich über ganz Nord-Ost-Sachsen verteilen, soll Hinweise über die Variation dieser Merkmale zwischen den Vorkommen im Vergleich zu Herkünften aus anderen Teilen des Verbreitungsgebietes liefern.

Die genetische Charakterisierung der Fichten-Population mit Hilfe von Isoenzymanalysen dient folgenden Zielen:

- Alle in die Erhaltungsmaßnahme einbezogenen Altbäume des Vorkommens „Urwald Weißwasser“ werden mit Hilfe von Isoenzymanalysen zur Beschreibung der genetischen Struktur der Population sowie zur Differenzierung der Klone genetisch charakterisiert. Damit besteht die Möglichkeit, die Plantage später zu überprüfen (Entfernung von durchgewachsenen Unterlagen oder Anflug) und Erntegut zu evaluieren (genetische Variation der Nachkommenschaft – *Wirksamkeit* der Plantage)
- Zum Vergleich der genetischen Strukturen werden Proben von weiteren 100 Altfichten in die Isoenzymuntersuchung einbezogen um herauszufinden, ob die Tieflandsfichten der zukünftigen Samenplantage den gesamten Bestand repräsentieren.

- Um die genetischen Strukturen des Tieflandsfichtenvorkommens Weißwasser mit anderen Populationen zu vergleichen, wird zusätzliches Material aus einem Tieflandsfichten-Provenienzversuch analysiert.

Im Gegensatz zu den Baumarten Waldkiefer und Traubeneiche im Vorfeld des Tagebaus Nochten sind die ersten Generhaltungsmaßnahmen erst in Folge des Sturmes Kyrill im Spätwinter 2007 durch die Erhaltung von 20 geworfenen Altfichten über Pfropfung erfolgt.

## **2 Material und Methoden**

### **2.1. Phänotypische Charakterisierung**

#### **2.1.1. Untersuchte Herkünfte und Versuchsflächen**

Für die Untersuchungen standen 19 Tieflandsfichten-Herkünfte aus Nordost-Sachsen und Südbrandenburg (18 Bestände, eine Samenplantage) (Abb. 2) sowie zwei Vergleichsherkünfte (Carlsfeld, Abtsgemünd) aus anderen Teilen des Verbreitungsgebietes (Erzgebirge, Schwäbisch-Fränkischer Wald) zur Verfügung (Tab. 1). Bei der Herkunft Abtsgemünd handelt es sich zudem um einen Versuchsstandard für Lagen bis 600 m ü. NN, der in Vergleichsprüfungen nach Forstvermehrungsgutgesetz als Referenz verwendet wird (ANONYMUS 2002b).

Die Versuchsflächen des Tieflandsfichten-Herkunftsversuches 1994 wurden im Frühjahr 1998 mit vierjährigen Sämlingen angelegt (Tab. 2). Die verwendeten Herkünfte wurden in der Hauptsache auf jeder Versuchsfläche in zwei- bis dreifacher Wiederholung ausgebracht. Der Pflanzverband betrug 2 m x 1,5 m mit Ausnahme der Fläche Hoyerswerda (1,5 m x 1,5 m).

#### **2.1.2. Phänologische Untersuchungen**

Die Erfassung des Austriebsverhaltens der untersuchten Nachkommenschaften erfolgte auf der Versuchsfläche Hoyerswerda an 7 Terminen vom 24.04. bis 04.06.2009. Der Austriebszustand der zum Zeitpunkt der Aufnahme 15-jährigen Pflanzen wurde an 50 Pflanzen je Herkunft mit einer sechs-stufigen Skala erfasst (Abb. 3). Aus Gründen der Vergleichbarkeit entspricht das Boniturschema demjenigen, das im Frühjahr 1978 für die Erfassung des Austriebes an den Herkünften des Internationalen Fichten-Provenienzversuches 1972 verwendet wurde (WOLF in Vorb.).

Tab. 1: Untersuchte Herkünfte

Zucht-Nr.	Forstamt/Forstbezirk	Herkunftsname	Abt.	Herkunftsgebiet	Bemerkungen
8126	Eibenstock	Carlsfeld	273	840 16	Vergleichsherkunft aus dem Erzgebirge
8127	Bad Muskau	Krauschwitz	478 a5, a8, a9	840 03	
8128	Bad Muskau	Sagar	462 a6	840 03	
8129	Bad Muskau	Skerbersdorf	381 b8	840 03	
8130	Dresden	Klotzsche	239 a2	840 03	
8131	Dresden	Ullersdorf	22	840 03	
8132	Elstra	Luchsenburg	16 a7	840 03	
8133	Hoyerswerda	Leippe	206 a10	840 03	
8134	Laußnitz	Reichenau	203 a2	840 03	
8135	Laußnitz	Laußnitz	483	840 03	
8136	Neschwitz	Baruth	114 b3, 115 b7	840 03	
8137	Neschwitz	Plantage		840 03	
8138	Niesky	Horscha	357 a1	840 03	
8139	Rothenburg	See	581 a8	840 03	
8140	Straßgräbchen	Bulleritz	76 a1	840 03	
8141	Straßgräbchen	Milstrich	421	840 03	
8142	Straßgräbchen	Straßgräbchen	434	840 03	
8143	Weißkollm	Hermsdorf	133 a1	840 03	
8144	Weißwasser	Trebendorf	Jagdschloß	840 03	
8145	Spremberg	Lippen		840 03	Tieflandsfichtenvorkommen aus Brandenburg
8146	Abtsgmünd		Abt. 3	840 25	Versuchsstandard bis 600 m ü. NN (Baden-Württemberg)

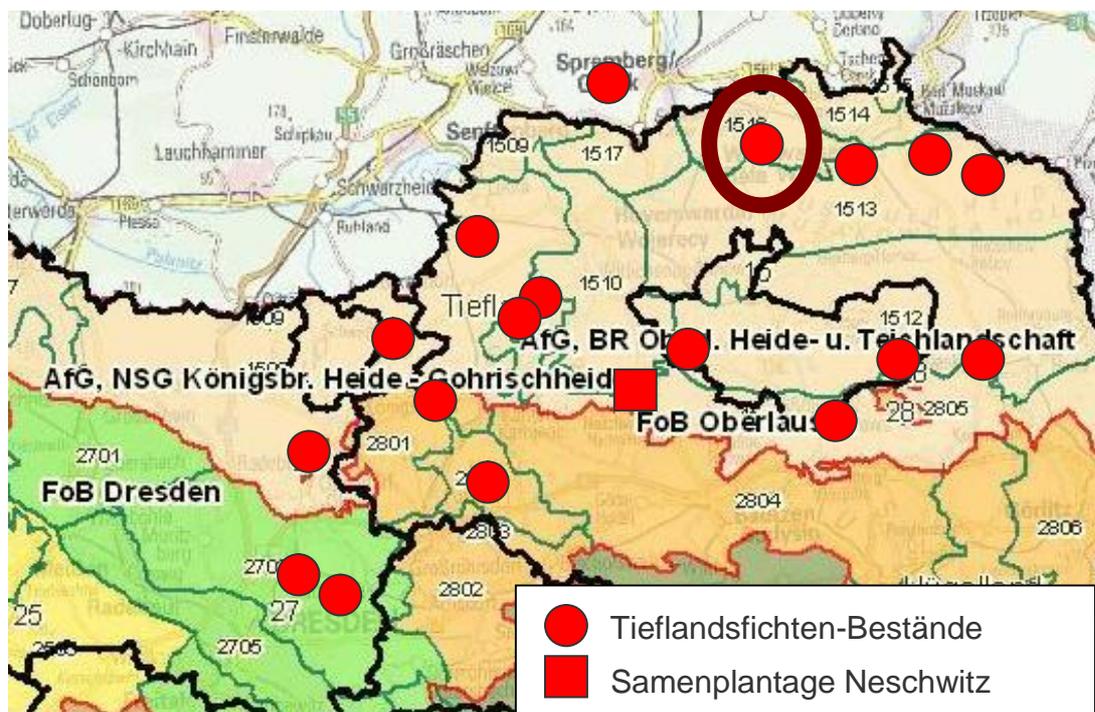


Abb. 2: Lage der untersuchten Tieflandsfichten-Herkünfte in Nordost-Sachsen und Südbrandenburg

Tab. 2: Lage und standörtliche Verhältnisse der Versuchsflächen

Land	Bezeichnung	Temperatur in ° C		Niederschlag in mm		Standorts- formengruppe	Bodenform
		Jahr	05-09	Jahr	05-09		
D-BB	Möglenz	8,5	15,5	560	281	M1 - Tt	Kauxdorfer Sande
D-SN	Gelenau	7,2	13,7	924	450	Mf – TM2	Phyllit-Braunerde
D-SN	Bad Muskau	9,1	16,1	632	317	Tm – OZ3	Sand-Gley Moor
D-SN	Hoyerswerda	9,0	16,1	650	322	Tm – OA3	Sand-Graugley

		
<b>Stadium 0:</b> Knospe geschlossen - Winterruhe	<b>Stadium 1:</b> Knospen geschwollen	<b>Stadium 2:</b> Seiten-Knospen kurz ausgetrieben
		
<b>Stadium 3:</b> Seitenknospen ausgetrieben und gestreckt	<b>Stadium 4:</b> Terminalknospe kurz ausgetrieben	<b>Stadium 5:</b> Terminalknospe gestreckt

Abb. 3: Boniturschema für die Erfassung des Austriebszustandes

### 2.1.3. Mortalität und Wachstum

Um Aussagen über die Stabilität und Vitalität der Tieflandsfichten im Vergleich zu den Herkünften aus anderen Teilen des Verbreitungsgebietes zu erhalten, erfolgte im Winterhalbjahr 2007/08 (Pflanzenalter 14 Jahre), auf allen Versuchsflächen eine Vollaufnahme der Ausfälle sowie der Höhen- und Durchmesserentwicklung.

### 2.1.4. Morphologische Untersuchungen

Die morphologischen Untersuchungen zur Erfassung von Verzweigungs- sowie Nadel- und Knospenmerkmalen erfolgten nach Abschluss der Wachstumsphase im Frühherbst 2009 an den 16-jährigen Fichten der Versuchsfläche Hoyerswerda. Mit einem standardisierten

Verfahren wurde von je 10 Pflanzen jeder Herkunft ein Seitenzweig entnommen: Alle entnommenen Seitenzweige zeigten nach Süden und bildeten die apikale Verzweigung am Basistrieb 2005, so dass die vier Triebabschnitte, die in den Jahren 2006, 2007, 2008 und 2009 gebildet wurden, analysiert werden konnten. Die Abbildung 4 zeigt dazu eine schematische Darstellung der Stelle, an der die Probezweige entnommen wurden. Die abgeschnittenen Seitenzweige wurden beschriftet, in Plastiktüten verpackt und bis zur Analyse kühl bei 10 °C gelagert.

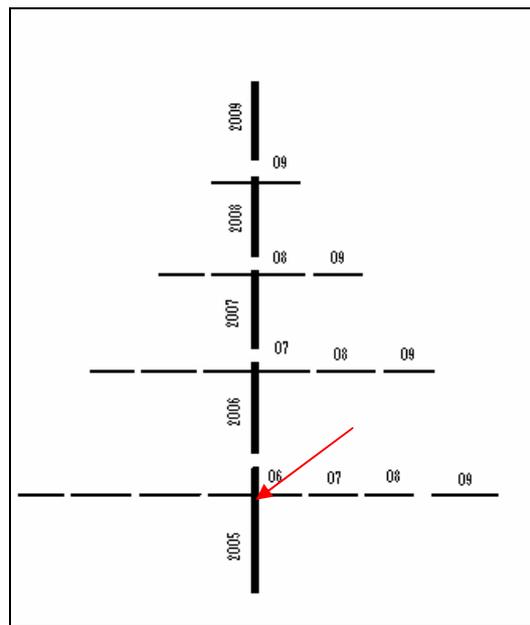


Abb. 4: Schematische Darstellung der Entnahmestelle für die Probezweige

An den vier Triebabschnitten der Jahre 2006 bis 2009 eines jeden Seitenzweiges wurden die Merkmale Trieblänge, Triebanzahl, Verzweigungsabstand, die Position der Verzweigung sowie Knospen- und Nadelmerkmale erhoben (Tab. 3).

## 2.2. Genetische Analysen

### 2.2.1. Untersuchte Bestände

Für die genetischen Untersuchungen wurden alle 100 evakuierten und für die Samenplantage ausgewählten Altlichten beprobt. Um die Repräsentativität dieser Auswahl für das gesamte Vorkommen abzuschätzen, wurden weitere 100 Altlichten zur Vergrößerung der Stichprobe in die Untersuchung einbezogen.

Aus der Versuchsfläche Hoyerswerda des 1998 angelegten Tieflandsfichten-Herkunftsversuches wurden von 10 Herkünften ebenfalls Stichproben entnommen, um die genetischen Strukturen der Population Weißwasser-Trebendorf mit anderen Vorkommen vergleichen zu können. Tabelle 4 gibt einen Überblick über die untersuchten Populationen und Stichprobenumfänge.

Tab. 3: Untersuchte morphologische Merkmale an den Seitenzweigen der Fichten

<b>Apikaler Seitentrieb am Stammabschnitt 2005</b>				
Merkmal	Trieb- abschnitt 2006	Trieb- abschnitt 2007	Trieb- abschnitt 2008	Trieb- abschnitt 2009
Gesamtlänge [cm]				
Trieblänge [cm]	x	x	x	x
Trieblänge 2. Ordnung	x	x	x	
Triebanzahl 2.Ordnung	x	x	x	
Triebanzahl 3.Ordnung	x	x		
Triebanzahl 4. Ordnung	x	x		
Zahl der Endknospen				x
Zahl Gesamtknospen				x
Endknospenmerkmal				x
Länge der Endknospe [cm]				x
Verzweigungsabstand [cm]	x	x	x	
Position der Verzweigung zweiter Ordnung (basal/apikal)	x	x	x	
Nadelanzahl Jahrgang 2009 (an 5 cm)		x		
Nadelanzahl Jahrgang 2008 (an 5 cm)		x		
Nadellänge [cm] Jahrgang 2009		x		
Nadellänge [cm] Jahrgang 2008		x		
Anzahl Stomatabänder (basal/apikal)				x
Nadelspitze (stumpf/mittel/spitz)				x
Nadelanordnung (Zeilen)				x
Nadelfarbe (RAL)				x

### 2.2.2. Isoenzym-Analyse der Tieflandsfichte

#### *Allgemeine Methode*

Das Prinzip und der Arbeitsablauf der Isoenzymanalysen wurde im Abschlussbericht zum ersten Projektabschnitt „Charakterisierung und Erhaltung von Traubeneiche und

Plattenkiefer“ ausführlich dargestellt. Diese Ausführungen sind auf Fichte in vollem Umfang anwendbar, so dass an dieser Stelle auf eine Wiederholung verzichtet wird.

Tab. 4: Untersuchungsmaterial der Isoenzymanalysen

Isoenzymanalysen		
Population		Probenanzahl
Erhaltungsbäume		100
Zusätzlich beprobte Altbäume		100
Bestandes-Nachkommenschaften aus der Versuchsfläche Hoyerswerda	Krauschwitz	75
	Sagar	64
	Skerbersdorf	64
	<b>Trebendorf</b>	<b>79</b>
	Laußnitz	74
	Baruth	83
	Bulleritz	78
	See	80
	Hochlagenfichte Carlsfeld	85
	Tieflandsfichten-Samenplantage Neschwitz	79

### *Probengewinnung*

Das Knospenmaterial für die genetische Charakterisierung der evakuierten Altbäume wurde im Zuge der Pflanzfreierwerbung mit entnommen. Von den später ausgewählten Individuen des Altbestandes erfolgte die Probenahme im Februar 2009 mittels Schrotschuss. Die Nachkommenschaften aus dem Herkunftsversuch sind noch so klein, dass die Proben dort ohne weitere Hilfsmittel vom Boden aus geschnitten werden konnten. Das Probenmaterial wurde in Röhrchen verpackt, mit Identifikationsnummern versehen und bei -80 °C bis zur Verwendung eingelagert.

### *Analysen und Auswertung*

Bei der Tieflandsfichte wurden 11 Enzymsysteme untersucht (Tab. 5). Der Aufschluss der Proben, die Einstellung der Elektrophorese-Bedingungen, die Anfärbung der Gele und die Interpretation der Muster erfolgte nach KONNERT *et al.* (2004).

Die Parameter der genetischen Variation wurden nach HATTEMER *et al.* (1993) und NEI (1972) berechnet. Dabei kamen die Programme GSED Version 1.1i (GILLET 2002) und PopGen 32 (YEH *et al.* 1999) zur Anwendung.

Der erste Schritt der Auswertung galt der Prüfung der Repräsentativität der Klone der zukünftigen Samenplantage für das Gesamtvorkommen „Tieflandsfichte im Urwald Weißwasser“. Dazu wurden für verschiedene Stichproben-Kollektive dieses Vorkommens die Parameter der genetischen Variation innerhalb der Teilpopulationen berechnet und miteinander verglichen. Die Einschätzung der genetischen Variation zwischen den Kollektiven basiert auf dem Parameter Subpopulationsdifferenzierung (Dj) nach GREGORIUS und ROBERDS (1986), der auf der Grundlage der Allelhäufigkeiten jeweils den genetischen Abstand zwischen einem Kollektiv und dem Komplement der anderen betrachtet. Daraus kann geschlussfolgert werden, welche Stichprobe die Population am besten repräsentiert.

Tab. 5: Enzymsysteme, untersuchte Genloci und Anzahl beobachteter Allele

Enzymsystem	Kontrollierende Loci	Anzahl Allele
Glutamatoxalacetat-Transaminase	GOT-A	5
	GOT-B	2
	GOT-C	4
Phosphoglucosmutase	PGM-A	4
	PGM-B	3
Phosphoglucose-Isomerase	PGI-B	3
Leucinamino-peptidase	LAP-B	8
Isocitratdehydrogenase	IDH-A	4
	IDH-B	3
6-Phosphogluconat-dehydrogenase	6-PGDH-A	3
Glutamatdehydrogenase	GDH	3
Malatdehydrogenase	MDH-A	3
	MDH-B	3
	MDH-C	4
NADH-Dehydrogenase	NDH-B	2
Shikimatdehydrogenase	SKDH-A	7
Aconitase	ACO	2

Im zweiten Schritt wurden die Klone der zukünftigen Samenplantage als Population betrachtet und zur Charakterisierung der genetischen Variation und der genetischen Strukturen mit den Nachkommenschaften aus dem Versuch Hoyerswerda verglichen. Weiterhin konnten in diesen Vergleich Ergebnisse aus einer früheren Untersuchung von Tieflandsfichten-Vorkommen einbezogen werden (Tab. 6), die 1996 an fünf Altbeständen aus Nord-Ost-Sachsen durchgeführt wurde (TRÖBER 1996). Von drei dieser Vorkommen sind Nachkommenschaften in den Herkunftsversuch einbezogen und im Rahmen des Projektes analysiert worden. Diese drei Paarungen aus je zwei zusammengehörigen Generationen

Altbestand / Nachkommenschaft sind: der Bestand Trebendorf (ebenfalls aus dem Gebiet „Urwald Weißwasser“ stammend) mit der Nachkommenschaft Trebendorf, das Vorkommen Braunsteich mit der Nachkommenschaft Krauschwitz und der nachweislich gepflanzte Bestand Pechern A mit der Nachkommenschaft Skerbersdorf.

Tab. 6: Übersicht der bereits 1996 untersuchten Tieflandsfichten-Bestände (\* Pechern A wurde gepflanzt und grenzt direkt an den natürlich entstandenen Bestand Pechern B)

Population Bezeichnung	Bundesland	Forstamt/Oberförsterei	Revier	Stichprobe [N]
Fi-Kaupe	Sachsen	BFoA Muskauer Heide	Pechern	50
<b>Trebendorf</b>	Sachsen	SäFoA Weißwasser	Trebendorf	50
<b>Braunsteich</b>	Sachsen	SäFoA Bad Muskau	Krauschwitz	50
<b>Pechern A*</b>	Sachsen	SäFoA Bad Muskau	Skerbersdorf	51
Pechern B	Sachsen	SäFoA Bad Muskau	Skerbersdorf	50

Weiterhin standen Daten der 28 Klone der Samenplantage Neschwitz, deren Nachkommenschaft im Rahmen des Projektes analysiert wurde, zur Verfügung. Allerdings wurden nur die 10 Genorte vollständig ausgewertet, die Variation aufwiesen. Insofern ist die Verwendung der Daten für den Vergleich der genetischen Variation innerhalb der Populationen nicht sinnvoll. Bei der Untersuchung der genetischen Variation zwischen den Populationen bieten diese Daten aber die Möglichkeit, die Beziehungen zwischen den Generationen einer bereits bestehenden Samenplantage mit zu betrachten. Da die Parameter genetischer Abstand ( $D_0$ ) und Subpopulationsdifferenzierung ( $D_j$ ) an den Genorten relevante Informationen liefern, an denen regelmäßig Variation auftritt (besonders bei majorpolymorphen Allelprofilen) wurden die Daten hier mit verwendet.

## 2.3. Dauerhafte Erhaltung

### 2.3.1. Konzeption einer Erhaltungssamenplantage

Die grundsätzlichen Überlegungen zur Erhaltung des Lausitzer Tieflandsfichtenvorkommens durch die Anlage einer Samenplantage, die rechtlichen Bestimmungen sowie die Aussagen zur Standortwahl, Anlage und Pflege einer Samenplantage entsprechen denjenigen, die bei den bereits bearbeiteten Baumarten Gemeine Kiefer und Traubeneiche angeführt worden sind. Aus diesem Grund wird auf den Abschlussbericht zum Projekt „Erhaltung und Charakterisierung von Traubeneiche und Plattenkiefer“ (PAUL *et al.* 2007) verwiesen.

Für die Anlage der Samenplantage wurden verschiedene Standortvarianten geprüft und ein Vorschlag erarbeitet (siehe Kapitel „Ergebnisse“).

### 2.3.2. Auswahl der zu erhaltenden Fichten und Durchführung der Erhaltung durch Pfropfung

Die genetischen Informationen des autochthonen Tieflandsfichtenvorkommens im ehemaligen Naturschutzgebiet „Urwald Weißwasser“ sollen durch die Abpfropfung von insgesamt 100 vitalen Alt-fichten, die repräsentativ in den Abteilungen 185 (a3, a4, a5, a7, a8), 186 (a9) und 202 (a2, a8, a9) ausgewählt wurden, sichergestellt werden. Alle ausgewählten Fichten wurden dauerhaft mit Ziffern von 1 bis 100 nummeriert, um im Falle eines Scheiterns der Pfropfung, die betreffenden Bäume wieder aufsuchen zu können. Die entsprechenden Tieflandsfichten wurden mit Hilfe einer Digitalkamera fotografiert, die Hoch- und Rechtswerte mittels GPS aufgenommen sowie Durchmesser und Höhe dokumentiert.

Die Reiserwerbung erfolgte während der Vegetationsruhe. Mit Ausnahme der Reiser-gewinnung nach dem Sturm Kyrill im Spätwinter 2007, die am liegenden Stamm erfolgte, wurden die Pfropfreiser 2008 und 2009 durch Baumsteiger mit Steigeisen am stehenden Stamm gewonnen (Abb. 5).

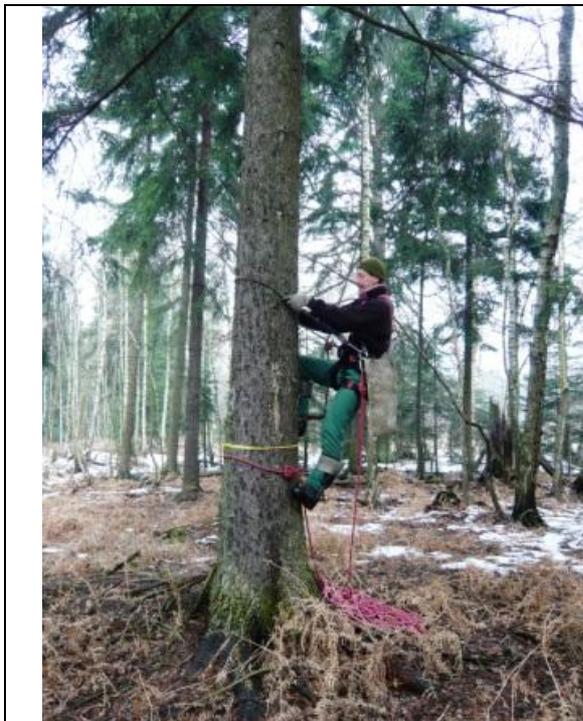


Abb. 5: Baumsteiger an Tieflandsfichte



Abb. 6: Gepfropftes Tieflandsfichtenreis

Die Pfropfreiser wurden aus den Kronenteilen gewonnen, die erfahrungsgemäß den größten Blütenbesatz aufweisen. Als Reis wurde einjähriges Holz mit möglichst wenig Blütenknospenansatz geschnitten, um ein problemloses Anwachsen auf der Unterlage

sicherzustellen. Die Reiser waren 10 bis 20 cm lang und wurden nach dem Schnitt kühl und feucht gelagert, um ein Antreiben oder Austrocknen zu verhindern. Die Reiser wurden mit den entsprechenden Zuchtnummern gekennzeichnet.

Im jeweils folgenden Frühjahr wurden im Gewächshaus einjährige, getopfte Fichten-Unterlagen angetrieben und mit den Reisern über seitliches Einspitzen veredelt (Abb. 6). Nach Anwachsen des Pfropfreises wurde die Unterlage allmählich zurück geschnitten. Von jedem Altbaum wurden ca. 6 bis 10 Reiser gepfropft. In den jeweils folgenden Monaten wurden die Pfropflinge aus dem Gewächshaus auf eine Freifläche umgelagert. Wenn nötig wurden die Unterlagen weiterhin zurück geschnitten. Bei dieser Umlagerung wurde auch die erste Inventur bezüglich des Anwuchserfolges der Reiser durchgeführt.

Die letzte Inventur des Anwuchses erfolgte im Oktober 2009. Die Anzahl erfolgreich erhaltener Klone und die Anzahl Pflanzen je Klon sind im Kapitel „Ergebnisse“ aufgeführt.

### **3 Ergebnisse und Diskussion**

#### **3.1. Phänotypische Charakterisierung**

##### **3.1.1. Austriebsverhalten**

Bei der Erfassung des Austriebs konnten zwischen und innerhalb der untersuchten Tieflandsfichten-Vorkommen bei Verlauf und Zeitpunkt des Austriebs Unterschiede festgestellt werden. Zum ersten Boniturtermin am 114. Tag des Jahres (24.04 2009) befanden sich die meisten Herkünfte noch im Zustand der Winterruhe. Ausnahmen bildeten die Herkünfte Straßgräbchen, Milstrich und Ullersdorf mit nennenswerten Anteilen von Individuen mit angetriebenen Knospen von 10 % und mehr. Sechs Tage später (30.04.2009) wiesen alle Herkünfte mit Ausnahme der Samenplantagen-Nachkommenschaft Neschwitz Anzeichen von Wachstumsaktivitäten auf (Abb. 7).

Im weiteren Verlauf erwiesen sich vor allem die Herkünfte Leippe, Skerbersdorf, See und Krauschwitz als langsam, die Herkünfte Milstrich, Luchsenburg, Reichenau und Lippen dagegen als schnell austreibend. Die Vergleichsherkunft Carlsfeld aus dem Erzgebirge erwies sich im Vergleich zum Mittelwert aller Tieflandsfichten-Herkünfte als später austreibend, die Herkunft Abtsgemünd aus dem Fränkisch-Schwäbischen Wald dagegen als früher austreibend. Beide Vergleichsherkünfte unterscheiden sich in ihrem Austriebsverhalten nicht

wesentlich von den Tieflandfichten-Herkünften, sondern bewegen sich innerhalb des von den Tieflandfichten-Herkünften vorgegebenen Austribspektrums (Abb. 7).

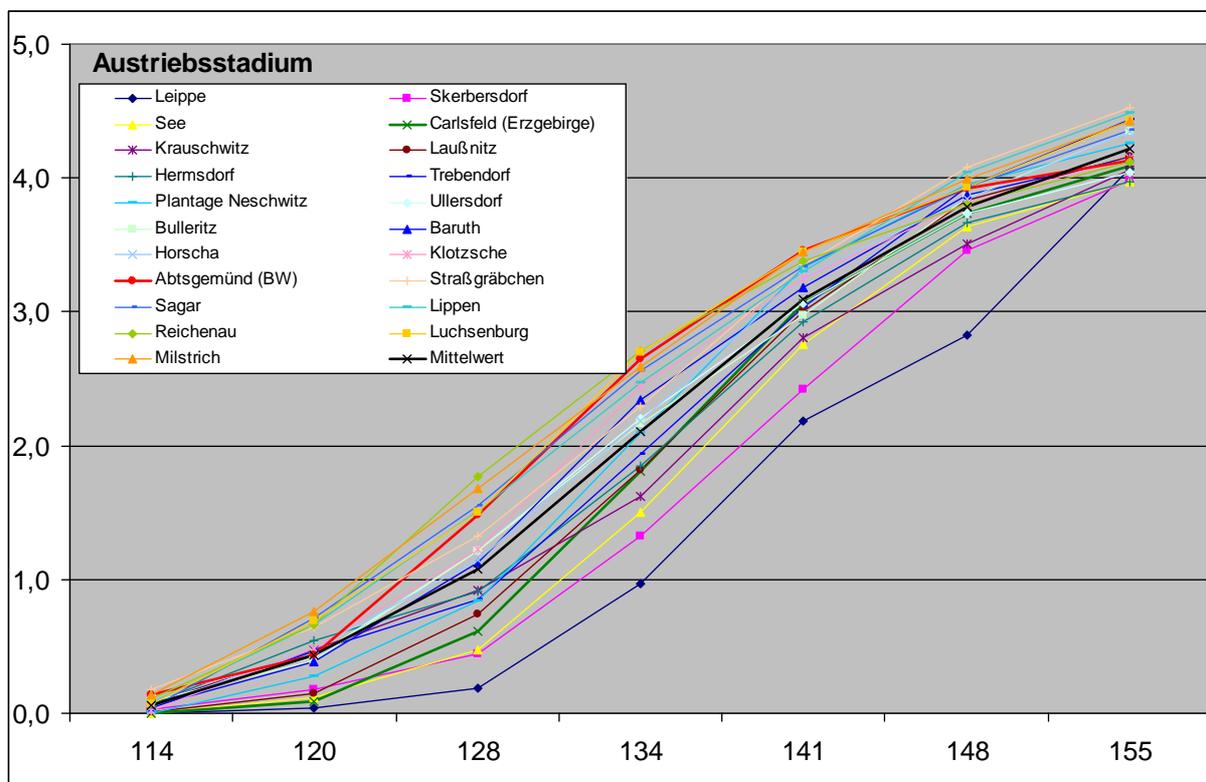


Abb. 7: Austribsverlauf der untersuchten Tieflandsfichten-Herkünfte im Vergleich zu Herkünften aus dem Erzgebirge (Carlsfeld) und dem Schwäbisch-Fränkischen Wald (Abtsgemünd) im Frühjahr 2009 auf der Fläche Hoyerswerda

Die größte Differenz zwischen den Herkünften konnte mit 1,7 Boniturstufen am 134. Tag des Jahres (14.05.2009) festgestellt werden (Abb. 7). Die spät austreibende Herkunft Leippe wies im Mittel über alle beobachteten Individuen nur das Stadium „Knospen geschwollen“ auf, die Pflanzen der früh austreibenden Herkunft Reichenau befanden sich im Mittel zwischen den Stadien „Seitenknospen kurz ausgetrieben“ und „Seitenknospen ausgetrieben und gestreckt“. Die Zeitdauer zum Erreichen eines bestimmten Austribsstadiums unterschied sich zwischen den am frühesten und den am spätesten austreibenden Herkünften um ca. 11 Tage bei dem Stadium „Seitenknospen kurz ausgetrieben“, um ca. 12 Tage beim Stadium „Seitenknospen ausgetrieben und gestreckt“ sowie um 7 Tage beim Stadium „Terminalknospe kurz ausgetrieben“.

Auch innerhalb der untersuchten Herkünfte konnten Unterschiede festgestellt werden. Als relatives Maß hierfür dient die durchschnittliche Anzahl von Boniturstufen je Beobachtungstermin im Verhältnis zur Gesamtanzahl von Boniturstadien: Je höher die Zahl, desto größer die Variation, d. h. desto mehr Individuen mit unterschiedlichen Austribsstadien

konnten zu den Aufnahmezeitpunkten beobachtet werden, je niedriger desto weniger. Die durchschnittliche Anzahl von Boniturstufen je Beobachtungstermin bewegte sich zwischen 0,53 bei der Tieflandsfichten-Samenplantagen-Nachkommenschaft Neschwitz und 0,88 bei der Herkunft Milstrich und betrug im Durchschnitt über alle beobachteten Tieflandfichten-Herkünfte 0,73.

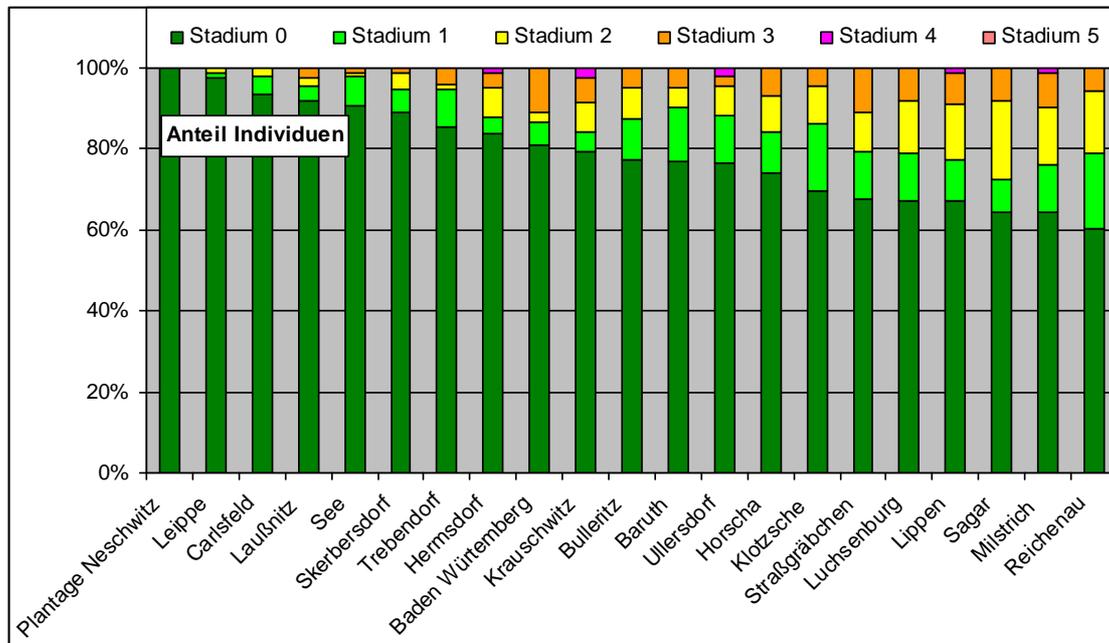


Abb. 8: Häufigkeitsverteilung der Austribsstadien der untersuchten Tieflandsfichten-Herkünfte im Vergleich zu Herkünften Carlsfeld und Abtsgemünd am 120. Tag des Jahres (30.04.2009) auf der Fläche Hoyerswerda

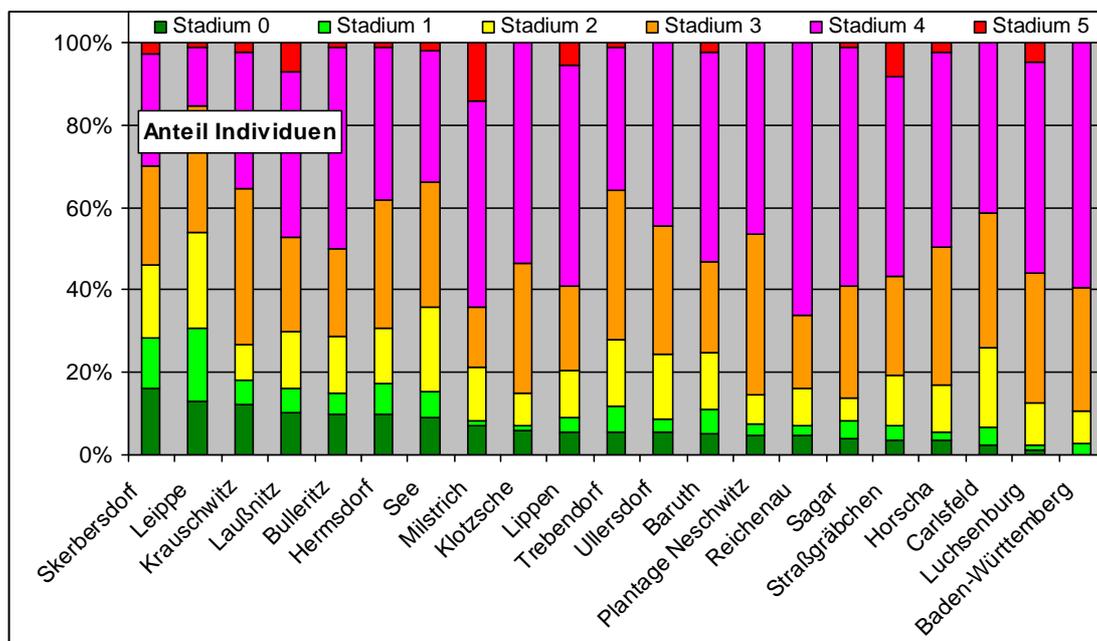


Abb. 9: Häufigkeitsverteilung der Austribsstadien der untersuchten Tieflandsfichten-Herkünfte im Vergleich zu Herkünften Carlsfeld und Abtsgemünd am 141. Tag des Jahres (21.05.2009) auf der Fläche Hoyerswerda

Weiterhin wiesen die Vergleichsherkünfte Carlsfeld und Abtsgemünd sowie die Herkunft Leippe (0,58 - 0,67) eine relativ niedrige durchschnittliche Anzahl an Boniturstufen, die Herkünfte Lippen und Laußnitz sowie Hermsdorf (0,78 - 0,80) relativ hohe Werte auf (Abb. 8 und 9). Herkünfte mit relativ hohen Werten verfügten zu nahezu jedem Beobachtungszeitpunkt über Individuen mit einem breiten Spektrum an unterschiedlichen Austriebsstadien und somit unterschiedlichster Spätfrosthärte.

Die Ergebnisse zum Austriebsverlauf von mittel- und osteuropäischen Fichtenherkünften des Internationalen Fichten-Provenienzversuches 1972 zeigen, dass die in diesem Versuch untersuchten Tieflandsfichten-Vorkommen aus der Niederlausitz im Vergleich zu anderen Herkünften aus dem westlichen Mitteleuropa relativ spät austreiben. Herkünfte aus der osteuropäischen Ebene, den Masuren treiben dagegen vielfach noch später aus (WOLF in Vorb.). Der im Vergleich zu Herkünften aus dem westlichen Mitteleuropa spätere Austrieb der Tieflandsfichten-Herkünfte wird durch den wesentlich früheren Austrieb der baden-württembergischen Herkunft Abtsgemünd bestätigt.

Das phänologische Verhalten von Herkünften ist für das Überleben am Anbaustandort von zentraler Bedeutung (HANHART-ROSCH & KLEINSCHMIT 1991). HÄNNINEN (1991) und HANNERZ (1994) kommen bei ihren Untersuchungen mit Fichtenprovenienzen zu dem Ergebnis, dass das Risiko von Spätfrostschäden für die Fichte in Folge des Klimawandels steigen wird. Die Tatsache, dass die Niederlausitzer Tieflandsfichten-Vorkommen über den gesamten Austriebszeitraum ein breites Spektrum an unterschiedlichen Austriebsstadien aufweisen, könnte sich in Zukunft als ein Anpassungsvorteil herausstellen.

### 3.1.2. Mortalität und Wachstum

10 Vegetationsperioden nach Anlage sind auf den Versuchsflächen im Durchschnitt über alle untersuchten Herkünfte zwischen 1 % (Fläche Gelenau) und 19 % (Fläche Bad Muskau), im Gesamtmittel 12 % der Pflanzen ausgefallen (Tab. 7). Besonders hohe Ausfälle mit 17 % sind auch auf der Fläche Hoyerswerda zu verzeichnen.

Allerdings sind ohne Ausnahme auf diesen Flächen immer verschiedene Herkünfte von den Ausfällen betroffen wie die signifikante Rangkorrelation nach Spearman mit  $r_s = -0,47$  belegt.

Zwischen den Rangfolgen der Herkünfte auf den anderen Versuchsflächen können keine signifikanten Korrelationen festgestellt werden ( $r_s$ : -0,02 bis -0,26).

Tab. 7: Durchschnittliche Ausfallrate der untersuchten Tieflandsfichten-Herkünfte im Vergleich zu Herkünften Carlsfeld und Abtsgemünd im Pflanzenalter 14 Jahre

Herkunft	Ausfälle in % (Pflanzenalter 14 Jahre)				
	Bad Muskau	Hoyerswerda	Möglenz (BB)	Gelenau	Gesamt
Bulleritz	13	20	5	0	9
Leippe	17	18	3	1	10
Plantage Neschwitz	15	21	3	1	10
See	17	5	19	0	10
Krauschwitz	17	12	15	0	11
Horscha	15	20	11	0	11
Sagar	21	21	7	0	12
Lippen	17	11	20	0	12
Klotzsche	17	25	5	2	12
Trebendorf	9	26	13	2	12
Ullersdorf	32	12	6	0	12
Hermsdorf	27	20	6	0	13
Baruth	28	20	6	0	13
Luchsenburg	25	13	17	0	14
Skerbersdorf	21	23	11	1	14
Reichenau	15	23	17	5	15
Laußnitz	24	15	20	0	15
Straßgräbchen	15	16	28	2	15
Milstrich	23	18	24	0	16
Vergleich Abtsgemünd (BW)	10	25	20	1	14
Vergleich Carlsfeld (Erzgebirge)	18	7	11	0	9
Mittelwert	19	17	13	1	12
Minimum	9	5	3	0	9
Maximum	32	26	28	5	15

Der Ausfall der Herkunft Trebendorf, die von dem Tieflandsfichten Vorkommen „Urwald Weißwasser“ abstammt, ist auf den einzelnen Versuchsflächen sehr unterschiedlich: Während diese Herkunft in Bad Muskau mit 9 % die niedrigste Ausfallrate aufweist, weist sie in Hoyerswerda die höchsten Ausfälle mit 26 % auf und ist mit 13 % Ausfällen in Möglenz im Mittelfeld zu finden (Tab. 7). Wie die relativen Ausfallprozente im Verhältnis zu den Versuchsflächenmittelwerten zeigen, ist die Herkunft Trebendorf jedoch kein Einzelfall (Abb. 10). Mit Ausnahme der Herkunft Leippe und der Vergleichsherkunft Carlsfeld aus dem Erzgebirge, die auf allen Versuchsflächen konstant unterdurchschnittliche bzw. durchschnittliche Ausfälle aufweisen, variieren die relativen Ausfälle der anderen Herkünfte zum Teil sehr stark (Abb. 10).

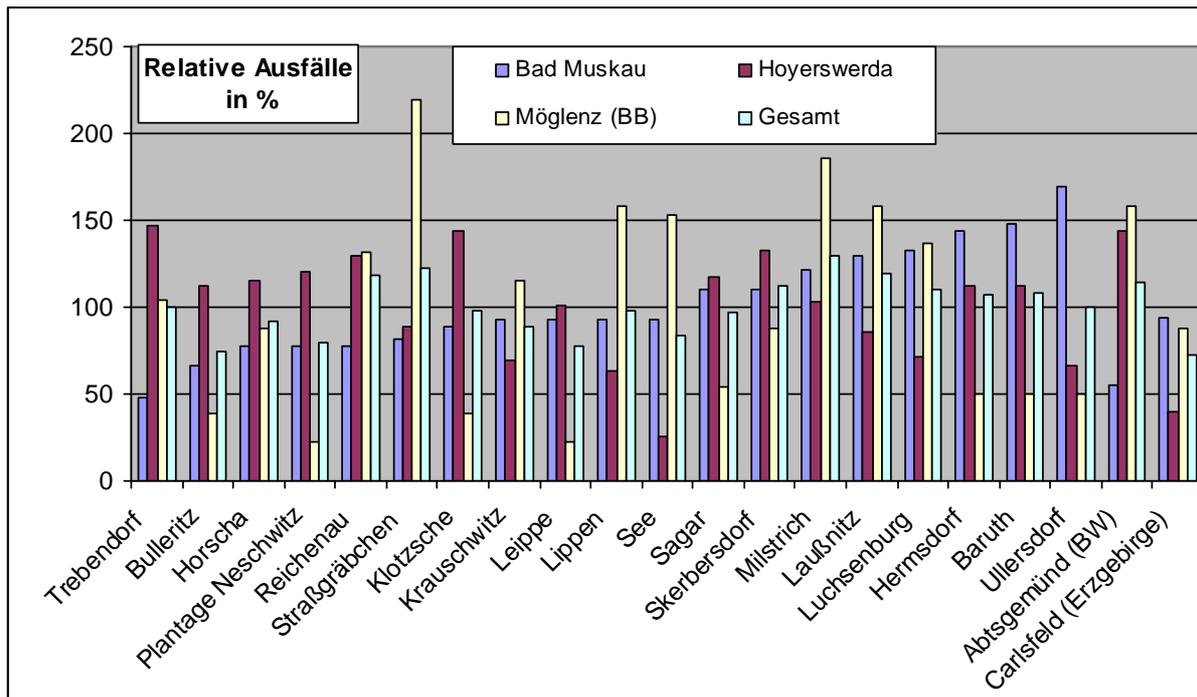


Abb. 10: Relative Ausfälle bezogen auf den jeweiligen Versuchsflächenmittelwert (in %) der untersuchten Tieflandsfichten-Herkünfte im Vergleich zu Herkünften Carlsfeld und Abtsgemünd im Pflanzenalter 14 Jahre

Ebenso wie die Ausfälle variiert das Höhenwachstum der untersuchten Herkünfte zwischen den Versuchsflächen in den 10 Wuchsjahren nach Anlage sehr deutlich. Die mittlere Baumhöhe über alle Herkünfte reicht von 1,7 m in Hoyerswerda bis 6,6 m in Gelenau und beträgt im Durchschnitt über alle Flächen 3,7 m. Innerhalb der jeweiligen Fläche beträgt die Differenz zwischen der best- und schlechtwüchsigsten Herkunft zwischen 0,9 m in Hoyerswerda und Gelenau einerseits und 1,7 m in Bad Muskau andererseits (Tab. 8). Im Mittel der jeweiligen Herkünfte über alle Versuchsflächen verringert sich diese Differenz auf 0,7 m.

Die Herkünfte Milstrich und Trebendorf weisen auf allen Flächen ein konstant überdurchschnittliches Höhenwachstum auf (Abb. 11) und besitzen im Durchschnitt über alle Versuche zusammen mit der Herkunft Samenplantage Neschwitz die größten mittleren Baumhöhen (Tab. 8). Alle anderen Herkünfte zeigen auf den einzelnen Flächen eine sehr unterschiedliche relative Höhe zum Versuchsflächenmittelwert.

Außer der Baumhöhe wurde auf den Versuchsflächen Bad Muskau, Möglenz (BB) und Gelenau auch der Brusthöhendurchmesser erhoben. Die Ergebnisse spiegeln in der

Hauptsache diejenigen des Höhenwachstums wider. Auf eine Darstellung dieser Ergebnisse in diesem Bericht wird daher verzichtet.

Tab. 8: Mittlere Baumhöhe (in m) der untersuchten Tieflandsfichten-Herkünfte im Vergleich zu Herkünften Carlsfeld und Abtsgemünd im Pflanzenalter 14 Jahre

Herkunft	Mittlere Höhe in m (Pflanzenalter 14 Jahre)				
	Bad Muskau	Hoyerswerda	Möglenz (BB)	Gelenau	Gesamt
Sagar	3,2	1,4	2,7	6,4	3,4
Ullersdorf	3,1	1,5	3,1	6,3	3,5
Leippe	3,0	1,7	2,8	6,5	3,5
Baruth	2,9	1,6	3,0	6,6	3,5
Klotzsche	3,0	1,8	3,0	6,4	3,5
Luchsenburg	2,6	1,6	3,2	6,7	3,5
Laußnitz	3,0	1,7	3,1	6,5	3,6
Horscha	2,7	1,5	3,4	6,7	3,6
Lippen	3,2	1,4	3,3	6,5	3,6
Hermsdorf	3,0	1,8	3,1	6,7	3,6
See	3,2	1,8	3,3	6,3	3,7
Straßgräbchen	2,5	1,8	3,7	6,7	3,7
Reichenau	3,7	1,4	2,8	6,9	3,7
Krauschwitz	3,1	1,7	3,3	6,7	3,7
Skerbersdorf	3,1	1,6	3,2	6,9	3,7
Bulleritz	3,6	1,4	3,1	6,8	3,7
Plantage Neschwitz	4,2	2,3	2,9	6,5	4,0
Trebendorf	3,9	1,8	3,7	6,7	4,0
Milstrich	3,6	2,2	3,5	7,0	4,1
Vergleich Abtsgemünd (BW)	3,9	1,9	2,6	6,5	3,7
Vergleich Carlsfeld (Erzgebirge)	3,3	1,9	3,1	6,1	3,6
Mittelwert	3,2	1,7	3,1	6,6	3,7
Minimum	2,5	1,4	2,6	6,1	3,4
Maximum	4,2	2,3	3,7	7,0	4,1

Die Ergebnisse in Hinblick auf die zum Teil erhebliche Variation des Ausfallverhaltens und des Höhenwachstums stimmen in der Hauptsache mit denjenigen Ergebnissen von Fichten-Herkunftsversuchen überein, die zum Beispiel von WEISGERBER *et al.* (1976, 1977, 1984), SCHMIDT-VOGT (1987) oder KRUTZSCH (1992) veröffentlicht wurden. Die in einer Reihe von Herkunftsversuchen mit Provenienzen aus dem gesamten Verbreitungsgebiet bereits festgestellte große Differenzierung der Baumart Fichte wird durch die vorliegenden Untersuchungen bestätigt. Es bestätigt sich auch das unterschiedliche Anpassungsvermögen der einzelnen Provenienzen in Abhängigkeit vom Standort.

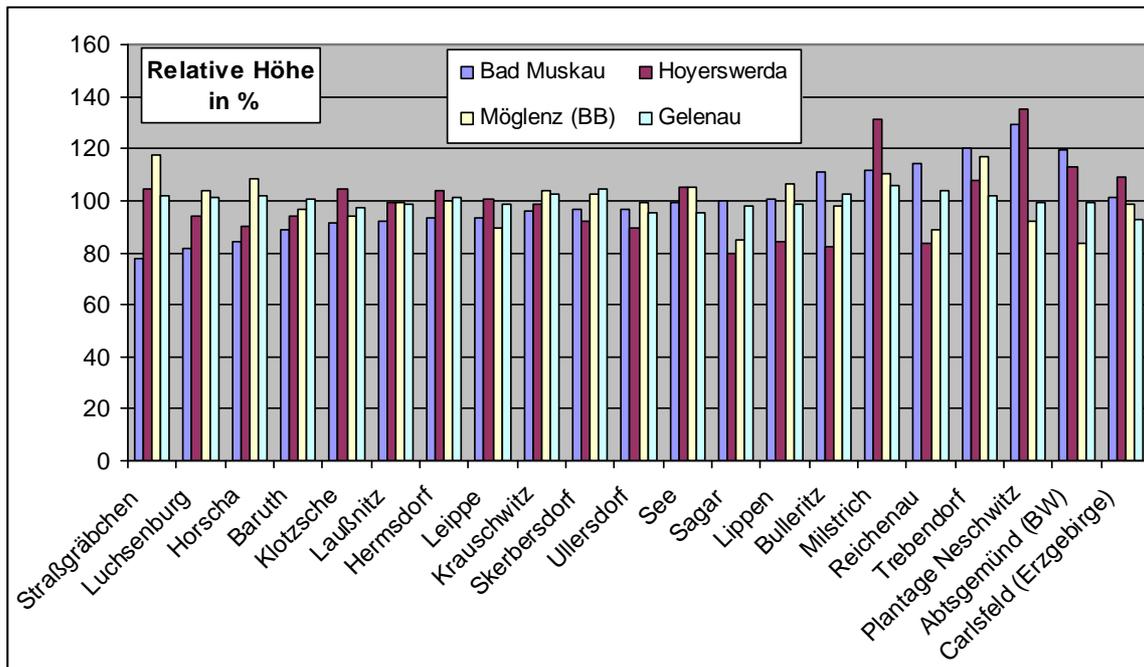


Abb. 11: Relative Höhe bezogen auf den jeweiligen Versuchsflächenmittelwert (in %) der untersuchten Tieflandsfichten-Herkünfte im Vergleich zu Herkünften Carlsfeld und Abtsgemünd im Pflanzenalter 14 Jahre

### 3.1.3. Nadelmerkmale

Die durchschnittliche Länge der Nadeln variierte je nach Herkunft zwischen 10,4 (Horscha) und 17,1 mm (Milstrich) am Jahrgang 2008 bzw. zwischen 8,0 (Horscha) und 14,0 mm (Milstrich) am Jahrgang 2009 (Tab. 9). Neben der Herkunft Horka wiesen die Herkünfte Lippen, Bulleritz, Trebendorf und Ullersdorf besonders kurze Nadeln auf. Besonders lange Nadeln besaßen neben der Herkunft Milstrich die Herkünfte Tieflandsfichten-Samenplantage Neschwitz, Laußnitz und Skerbersdorf. Die Nadellängen der Vergleichsherkünfte Abtsgemünd (Schwäbisch-Fränkischer Wald) und Carlsfeld (Erzgebirge) bewegten sich innerhalb dieser Grenzen. Während die Herkunft Abtsgemünd nahezu den Mittelwerten der untersuchten Tieflandsfichten Herkünfte entsprach, besaß die Herkunft Carlsfeld vergleichsweise kurze Nadeln (Tab. 9).

Die Nadeldichte, d. h. die Anzahl Nadeln je cm Trieb länge, unterschied sich über alle Tieflandsfichtenherkünfte zwischen den zwei Nadeljahrgängen nur unwesentlich. Auffällig war, dass die Spannweite der Nadellängen bei den zweijährigen Nadeln (Jahrgang 2008) deutlich geringer als bei den einjährigen Nadeln ausfiel. Die geringsten Nadeldichten zeigten die Herkünfte Milstrich, Tieflandsfichten-Samenplantage Neschwitz, Laußnitz, Bulleritz und Sagar, die höchsten Dichten die Herkünfte Lippen, Horscha, Klotzsche und Leippe (Tab. 9).

Zwischen den Merkmalen Nadellänge und Nadeldichte besteht für den Nadeljahrgang 2009 eine signifikante, negative Korrelation mit einem Koeffizienten von  $r = -0,53$ . Für den Nadeljahrgang 2008 kann dagegen nur eine sehr schwache, nicht signifikante Korrelation mit  $r = -0,2$  nachgewiesen werden.

Tab. 9: Mittlere Nadellänge (in mm) und Nadeldichte je cm Trieb länge der untersuchten Tieflandsfichten-Herkünfte im Vergleich zu Herkünften Carlsfeld und Abtsgemünd an ein- (Nadeljahrgang 2009) und zweijährigen Nadeln (Jahrgang 2008) im Pflanzenalter 16 Jahre

Herkunft	Mittlere Nadellänge [mm]		Mittlere Nadeldichte [N/cm]	
	Nadeljahrgang 2009	Nadeljahrgang 2008	Nadeljahrgang 2009	Nadeljahrgang 2008
Horscha	8,0	10,4	22,5	20,2
Lippen	8,1	11,2	23,3	19,5
Bulleritz	9,0	12,3	18,7	16,2
Trebendorf	9,1	11,4	19,8	17,9
Ullersdorf	9,4	10,4	17,6	17,4
Straßgräbchen	9,5	11,6	21,0	19,7
Reichenau	9,6	12,0	21,1	18,7
Sagar	10,1	11,7	19,6	16,5
Klotzsche	10,3	11,8	22,0	21,4
Hermsdorf	10,3	11,5	19,9	17,1
Baruth	10,3	11,8	18,5	18,2
See	10,5	12,8	17,8	16,8
Luchsenburg	10,6	13,4	19,6	18,6
Krauschwitz	11,2	12,0	18,6	19,2
Leippe	11,7	11,1	17,1	21,8
Plantage Neschwitz	12,6	13,9	15,7	15,9
Laußnitz	13,2	13,6	16,4	17,7
Skerbersdorf	13,3	14,0	18,9	19,6
Milstrich	14,0	17,1	13,9	16,5
Mittelwert Tieflandsfichte	10,5	12,2	19,0	18,2
Minimum Tieflandsfichte	8,0	10,4	13,9	15,9
Maximum Tieflandsfichte	14,0	17,1	23,3	21,8
Abtsgemünd (BW)	10,3	12,3	19,7	16,9
Carlsfeld (Erzgebirge)	9,4	10,7	18,1	15,9

Die Nadelkennzahl nach PFAUCH (1964), die aus dem Quotienten zwischen Nadellänge und Nadeldichte gebildet wird, variierte zwischen den untersuchten Tieflandsfichten-Herkünften mit Werten zwischen 0,35 und 1,01 am Nadeljahrgang 2009 bzw. 0,52 und 1,04 am Nadeljahrgang 2008 erheblich (Abb. 12). Bei beiden Nadeljahrgängen wiesen übereinstimmend die Herkünfte Milstrich, Tieflandsfichten-Samenplantage Neschwitz, Laußnitz und Skerbersdorf die höchsten, die Herkünfte Lippen, Horscha und Straßgräbchen die geringsten Werte auf. Die Nadellänge und die daraus mit der Nadeldichte ermittelte Nadelkennzahl sind morphologische Merkmale, die bereits an Fichten im frühen Jugendstadium vorsichtige Rückschlüsse auf den Typ der späteren Verzweigungsbildung

ermöglicht (SCHMIDT-VOIGT 1972). Demnach weisen längere Nadeln und höhere Nadelkennzahlen auf den Verzweigungstypus Kammfichte, kurze Nadeln und kleinere Nadelkennzahlen auf den Typus einer Plattenfichte hin.

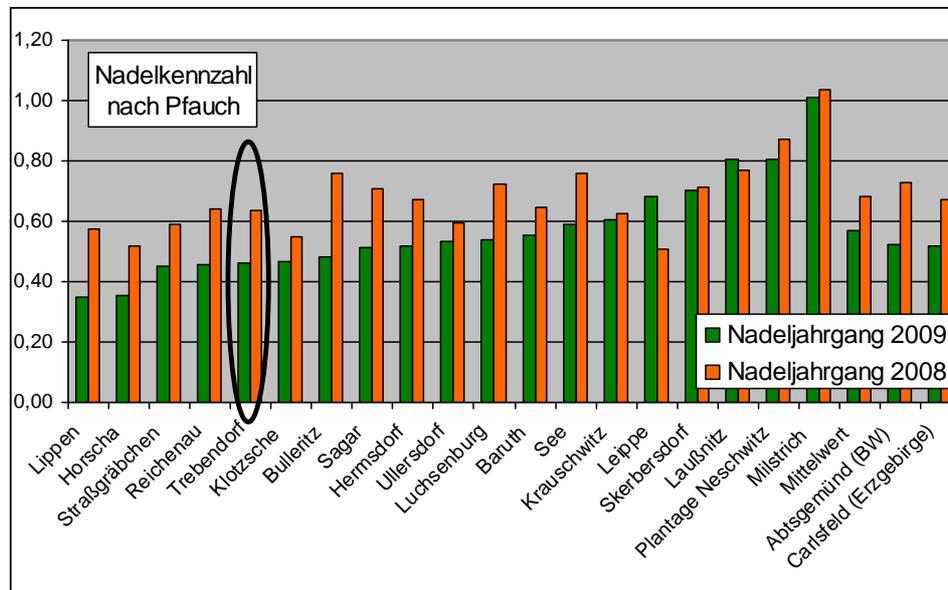


Abb. 12: Mittlere Nadelkennzahl nach PFAUCH (1964) der untersuchten Tieflandsfichten-Herkünfte im Vergleich zu Herkünften Carlsfeld und Abtsgemünd an ein- (Nadeljahrgang 2009) und zweijährigen Nadeln (Jahrgang 2008) im Pflanzenalter 16 Jahre

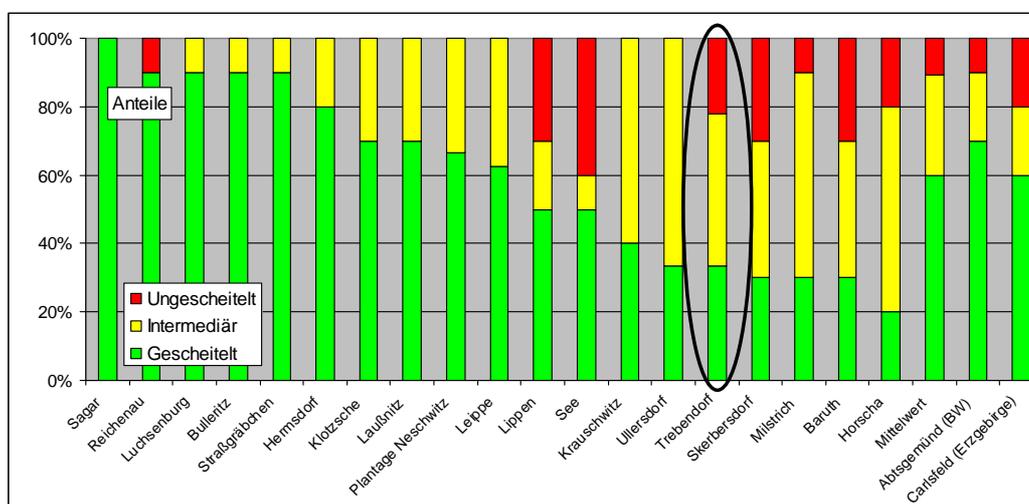


Abb. 13: Nadelstellung der untersuchten Tieflandsfichten-Herkünfte im Vergleich zu Herkünften Carlsfeld und Abtsgemünd an einjährigen Trieben des Jahrgangs 2009 im Pflanzenalter 16 Jahre

Die untersuchten Tieflandsfichten-Herkünfte wiesen alle mit Ausnahme der Herkunft Sagar Individuen mit zwei bis drei unterschiedlichen Typen der Benadelung in unterschiedlichen Anteilen auf (Abb. 13). Im Mittel über alle Tieflandsfichten-Herkünfte trat zwar mehrheitlich die Nadelstellung „Gescheitelt“ mit 60 % auf, dennoch konnte in den meisten Herkünften die Nadelstellungen „Intermediär“ und „Ungescheitelt“ mit Anteilen zwischen 10 und 80 %

festgestellt werden. Die Vergleichsherkünfte Abtsgemünd und Carlsfeld unterschieden sich nicht eindeutig von den Tieflandsfichten-Herkünften (Abb. 13).

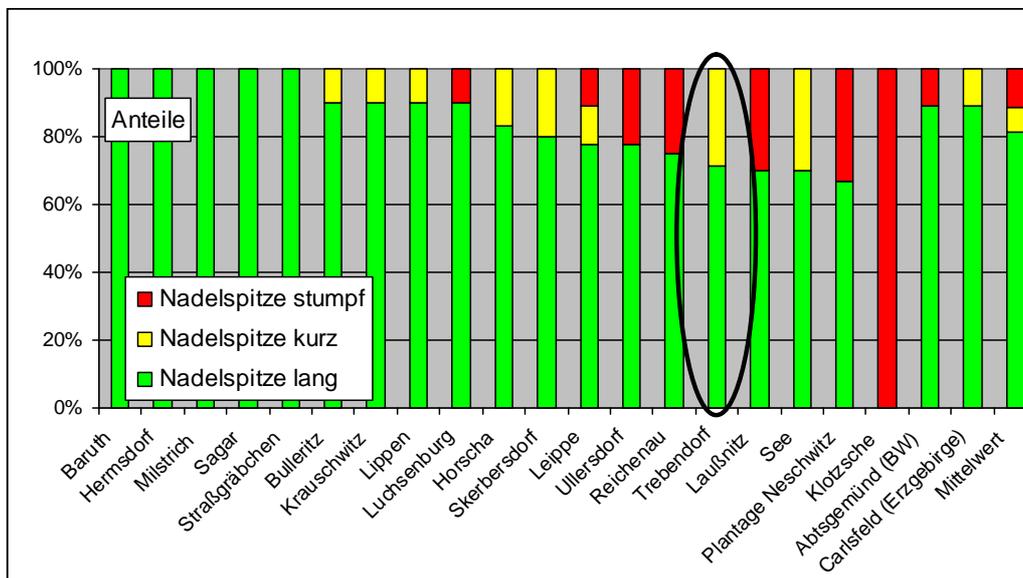


Abb. 14: Ausformung der Nadelspitze der untersuchten Tieflandsfichten-Herkünfte im Vergleich zu Herkünften Carlsfeld und Abtsgemünd an einjährigen Trieben des Jahrgangs 2009 im Pflanzenalter 16 Jahre

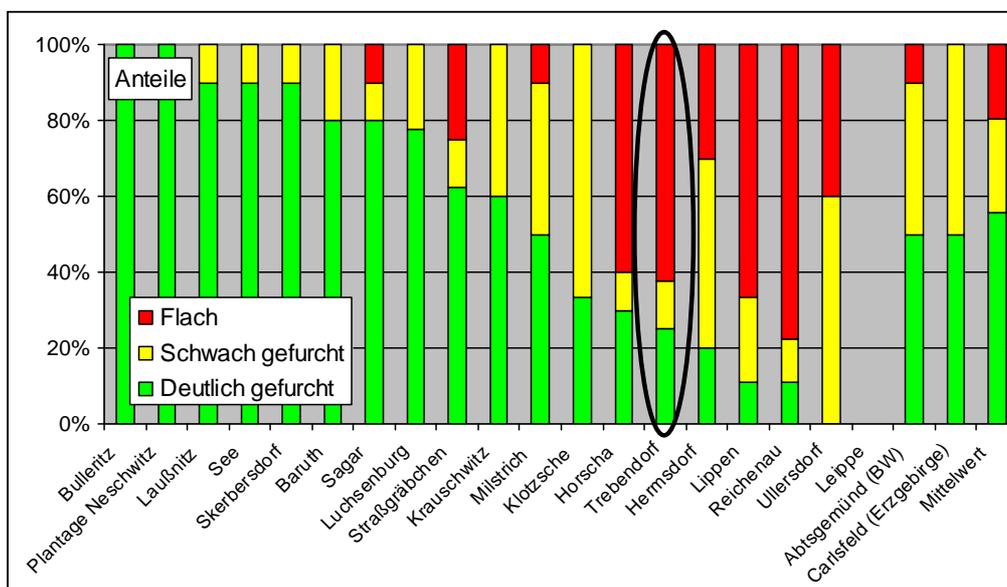


Abb. 15: Nadelquerschnitt der untersuchten Tieflandsfichten-Herkünfte im Vergleich zu Herkünften Carlsfeld und Abtsgemünd an einjährigen Trieben des Jahrgangs 2009 im Pflanzenalter 16 Jahre

Die Ausformung der Nadelspitze variierte bei den Tieflandsfichten-Herkünften deutlich von Herkünften mit ausschließlich langspitzigen Nadeln bis zu einer Herkunft mit ausschließlich stumpfen Nadelspitzen (Abb. 14). Weiterhin konnten 12 Herkünften mit zweierlei Merkmalsausprägung in Anteilen zwischen 10 und 35 % festgestellt. In einem Fall traten alle drei Spitzenausformungen innerhalb einer Herkunft auf. Auch bei diesem Nadelmerkmal

unterschieden sich die Vergleichsherkünfte Abtsgemünd und Carlsfeld nicht eindeutig von den Tieflandsfichten–Herkünften.

Auch die Form der Nadelquerschnitte wies ein großes Ausmaß an Variation zwischen den Tieflagenfichten-Herkünften vom uniformen Auftreten eines Typs bis zum Auftreten aller drei Querschnittstypen in äußerst unterschiedlichen Anteilen auf (Abb. 15).

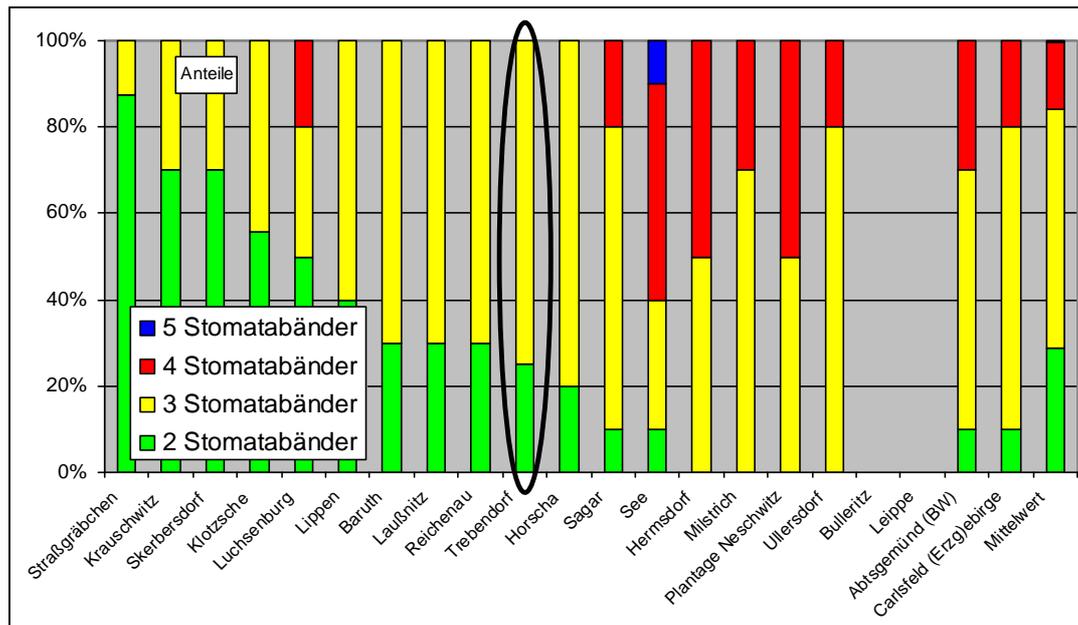


Abb. 16: Anzahl der Stomatabänder auf der Nadeloberseite der untersuchten Tieflandsfichten-Herkünfte im Vergleich zu Herkünften Carlsfeld und Abtsgemünd an einjährigen Trieben des Jahrgangs 2009 im Pflanzenalter 16 Jahre

Die Anzahl der Stomatabänder auf der Nadeloberseite bewegte sich zwischen den Tieflandsfichten-Herkünften zwischen 2,1 und 3,6 und betrug im Mittel über alle Tieflandsfichten-Herkünfte 2,9. Wie bereits bei der Mehrzahl der anderen Nadelmerkmale festgestellt, ist die Variation sehr groß. Die Vergleichsherkünfte differenzieren sich wiederum nicht eindeutig von den Tieflandsfichten wie das Beispiel der Herkünfte Sagar und Carlsfeld zeigt, deren Verteilung von Individuen mit unterschiedlichen Anzahlen von Stomatabändern identisch ist (Abb. 16).

Die Nadelfarbe wurde okular mit Hilfe einer RAL Farbskala an den Jahrestrieben 2009 und 2008 bestimmt. Dabei unterschieden sich die Nadeln des Triebes 2009 nur sehr geringfügig und nahmen hauptsächlich die RAL Farbstufe 6002 an. Etwas deutlichere Farbunterschiede konnten an den einjährigen Nadeln des Jahrestriebes 2008 festgestellt werden. Dabei bestimmte die Stufe RAL 6009 den Farbtyp über fast alle Nachkommenschaften. An den

Versuchsgliedern Skerbersdorf, Laußnitz, Straßgräbchen und Luchsenburg konnte mit rel. Häufigkeiten größer gleich 50% dagegen die Farbstufe RAL 6002 nachgewiesen werden.

Mit Ausnahme der Merkmale Nadellänge, Nadeldichte und den daraus abgeleiteten Nadelkennzahlen erscheint eine Charakterisierung eines bestimmten Fichtentyps mit Hilfe von nadelmorphologischen Merkmalen auf Grund der festgestellten großen Variation der Merkmale zwischen den untersuchten Herkünften schwierig. Eine eindeutige Unterscheidung der Tieflandsfichten-Herkünfte von den Vergleichsherkünften ist bei einzelnen Merkmalen möglich, aber nicht durchgängig für alle Merkmale. Ursache für die festgestellte Variation morphologischer Merkmale könnte in dem einen oder anderen Fall die künstliche Einbringung von Vermehrungsgut sein, das nicht von autochthonen Tieflandsfichten-Beständen abstammt. Dafür spricht auch die festgestellte Variation des Austriebs.

#### 3.1.4. Triebmerkmale

Die mittlere Anzahl spitzenständiger Knospen an den Trieben des Jahrganges 2009 bewegte sich je nach Herkunft zwischen 3,2 (Herkunft Lippen) und 4,0 (Herkunft Leippe) und betrug im Durchschnitt über alle Tieflandsfichten-Herkünfte 3,6 (Tab. 10). Im Vergleich zu den Herkünften Abtsgemünd und Carlsfeld wiesen die Tieflandsfichten-Herkünfte mit Ausnahme der Herkünfte Lippen, Tieflandsfichten-Samenplantage Neschwitz, See, Luchsenburg und Milstrich eine höhere Endknospenanzahl auf.

Die Länge der Endknospen variiert ebenfalls zwischen den Tieflandsfichten-Herkünften, allerdings sind die Unterschiede zu den Vergleichsherkünften nicht so ausgeprägt wie bei der Anzahl der Endknospen (Tab. 10). Die okulare Einschätzung der Umgebung der Endknospen erbrachte eine Einteilung der Tieflandsfichten-Herkünfte in drei Gruppen: Eine Gruppe von 12 Herkünften mit Individuen, deren Endknospen zu 60 % und mehr deutlich von Nadeln eingehüllt sind, eine zweite Gruppe von 2 Herkünften (Bulleritz, Milstrich) mit Individuen, deren Endknospen zu 60 % überwiegend frei liegen, sowie eine dritte Gruppe von 2 Herkünften (Trebendorf, Laußnitz) mit einem ausgeglichenen Verhältnis (Tab. 10). Die Vergleichsherkünfte können der ersten Gruppe mit überwiegend eingehüllten Endknospen zugeordnet werden.

Tab. 10: Knospenmerkmale der untersuchten Tieflandsfichten-Herkünfte im Vergleich zu Herkünften Carlsfeld und Abtsgemünd an einjährigen Trieben des Jahrgangs 2009 im Pflanzenalter 16 Jahre

Herkunft	Anzahl der Endknospen [N]	Länge der Endknospe [cm]	Endknospe liegt überwiegend frei [%]	Endknospe deutlich von Nadeln eingehüllt [%]
Baruth	3,8	0,6	60,0	40,0
Bulleritz	3,6	n.g.	60,0	40,0
Hermsdorf	4,0	0,5	20,0	80,0
Horscha	3,6	0,6	11,1	88,9
Klotzsche	3,5	0,7	10,0	90,0
Krauschwitz	3,8	0,8	0,0	100,0
Laußnitz	3,6	0,8	50,0	50,0
Leippe	4,0	n.g.	n.g	n.g
Lippen	3,2	0,7	12,5	87,5
Luchsenburg	3,4	0,7	40,0	60,0
Milstrich	3,4	0,6	n.g	n.g
Plantage Neschwitz	3,3	0,5	30,0	70,0
Reichenau	3,9	0,7	0,0	100,0
Sagar	3,9	0,5	20,0	80,0
See	3,3	0,6	n.g	n.g
Skerbersdorf	3,6	0,8	40,0	60,0
Straßgräbchen	3,6	n.g.	22,2	77,8
Trebendorf	3,7	0,6	50,0	50,0
Ullersdorf	3,6	0,4	30,0	70,0
Mittelwert Tieflandsfichte	3,6	0,6	28,5	71,5
Minimum Tieflandsfichte	3,2	0,4	0,0	40,0
Maximum Tieflandsfichte	4,0	0,8	60,0	100,0
Abtsgemünd (BW)	3,0	0,5	20,0	80,0
Carlsfeld (Erzgebirge)	3,3	0,5	20,0	80,0

Die mittlere Gesamtlänge der aus dem vierten Wirtel im Kronenbereich gewonnenen Seitenzweige bewegte sich von 36 cm (Herkunft Straßgräbchen) bis 104 cm (Herkunft Milstrich). Auffällig sind die teilweise sehr großen Unterschiede der Werte innerhalb der untersuchten Herkünfte: Herkünfte wie der baden-württembergischen Herkunft Abtsgemünd mit einer sehr großen Variation der Messwerte stehen Herkünfte wie Straßgräbchen, Krauschwitz oder Laußnitz gegenüber, die eine sehr geringe Variation der Werte aufweisen (Abb. 17). Allerdings unterscheidet sich nur die Herkunft Milstrich mit Ausnahme der Herkünfte Tieflandsfichten-Samenplantage Neschwitz und Abtsgemünd signifikant von den anderen Herkünften.

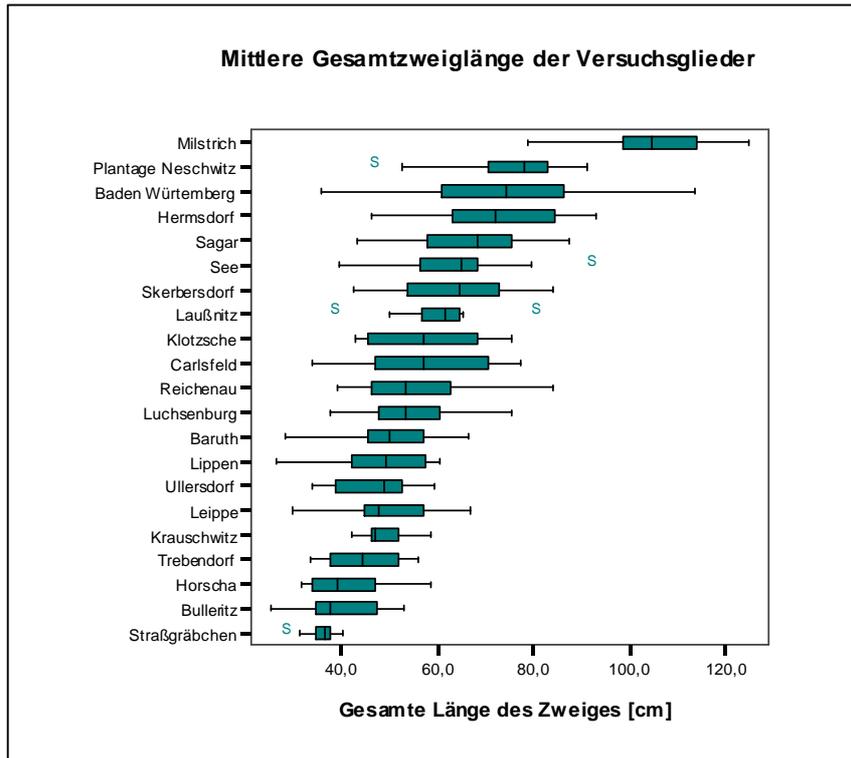


Abb. 17: Mittlere Gesamtzweiglänge und Spannweite der Werte der untersuchten Tieflandsfichten-Herkünfte im Vergleich zu Herkünften Carlsfeld und Abtgemünd im Pflanzenalter 16 Jahre

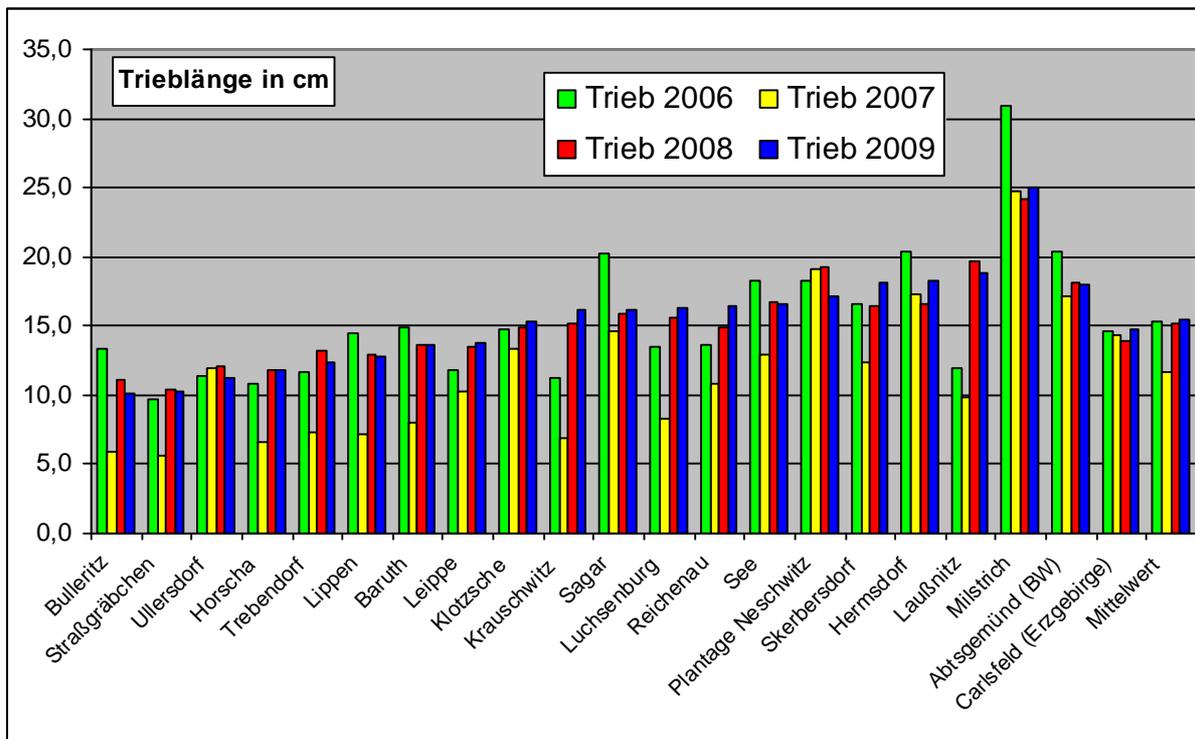


Abb. 18: Mittlere Länge der Triebe aus den Wachstumsjahren 2006 bis 2009 der untersuchten Tieflandsfichten-Herkünfte im Vergleich zu Herkünften Carlsfeld und Abtgemünd im Pflanzenalter 16 Jahre

Die Längen der Triebe aus den Wachstumsjahren 2006 bis 2009 variierten zum Teil sehr unterschiedlich zwischen den Tieflandsfichten-Herkünften. Während die Herkünfte Ullersdorf

und Klotzsche über den gesamten Zeitraum ein mehr oder weniger ausgeglichenes Wachstum verzeichneten, wies bei einer Reihe von Herkünften wie Straßgräbchen, Bulleritz, Horscha, Lippen oder Krauschwitz der Trieb des Jahres 2007 ein deutlich schlechteres Wachstum auf. Dies könnte eine Reaktion der jeweiligen Herkünfte auf das Trockenjahr 2006 darstellen. Eine Reihe anderer Herkünfte wie Milstrich, Sagar, Hermsdorf oder Abtsgemünd zeigte im Jahr 2006 ein überdurchschnittliches Triebblängenwachstum, das in den Folgejahren nicht mehr in diesem Umfang erreicht wurde (Abb. 18).

Die durchschnittliche Länge von Seitentrieben 2. und höherer Ordnung ist mit größter Wahrscheinlichkeit typengebunden und wird vererbt. So ist eine größere durchschnittliche Triebblänge möglicherweise ein Hinweis auf das Vorliegen des Kammfichtentyps. Allerdings kann das Merkmal Triebblänge durch Witterungseinflüsse beeinflusst werden (AICHMÜLLER 1962).

### 3.1.5. Merkmale der Verzweigung

Zur Einschätzung des Verzweigungstyps erfolgte an den Trieben der Wachstumsjahre 2006 bis 2008 die Erfassung der Verzweigungsintensität und Verzweigungsordnung. Der Jahrestrieb 2008 weist zwei, der Jahrestrieb 2007 drei und der Jahrestrieb 2006 vier Seitenzweige auf. Ziel der folgenden Betrachtungen ist es, Unterschiede zwischen den Herkünften bezüglich der Anzahl und Länge der Seitenverzweigung herauszustellen.

Am wenigsten variierte die durchschnittliche Anzahl der Triebe der 2. Verzweigungsordnung zwischen den Herkünften (Abb. 19). Sie liegen im Mittel bei 9 Verzweigungen pro Jahrestrieb 2006 und erreichen maximal 12 (Sagar) und minimal 6 (Straßgräbchen). Die größten Unterschiede zwischen den Versuchsgliedern konnten anhand der mittleren Verzweigungsanzahlen dritter Ordnung festgestellt werden. Die höchste Anzahl ist hier an der Nachkommenschaft Milstrich (43 Verzweigungen) und die geringste an der Herkunft Horscha (11 Verzweigungen) erfasst worden. Dabei unterschied sich die Nachkommenschaft Milstrich von 12 Versuchsgliedern signifikant. Die geringste Variation zeigten die Verzweigungen 4. Ordnung. So hatten die Versuchsglieder der Nachkommenschaft Reichenau keine Verzweigungen dieser Ordnung, während die Nachkommenschaft Milstrich mit durchschnittlich 13 Abzweigungen erneut die größte Anzahl aufweist.

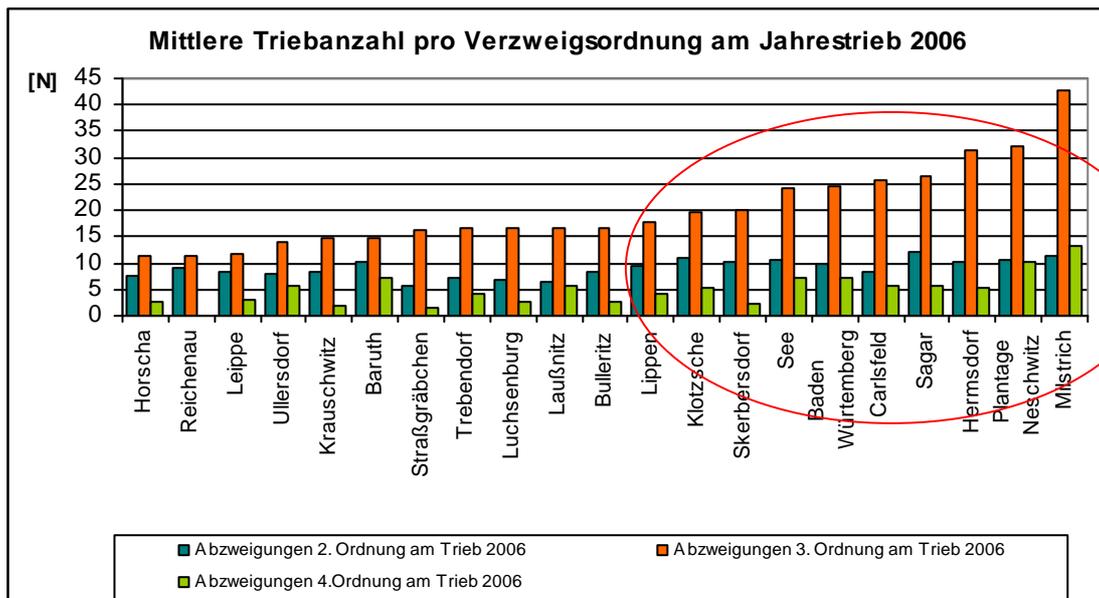


Abb. 19: Mittlere Triebanzahl pro Verzweigungsordnung am Trieb 2006 der untersuchten Tieflandsfichten-Herkünfte im Vergleich zu Herkünften Carlsfeld und Abtsgemäß im Pflanzenalter 16 Jahre

Ein ähnlicher Sachverhalt konnte an den Trieben des Jahres 2007 festgestellt werden (Abb. 20). Hier waren allerdings die Unterschiede zwischen geringster und höchster Triebanzahl zwischen den einzelnen Versuchsgliedern nicht so hoch. Es bestanden keine signifikanten Unterschiede.

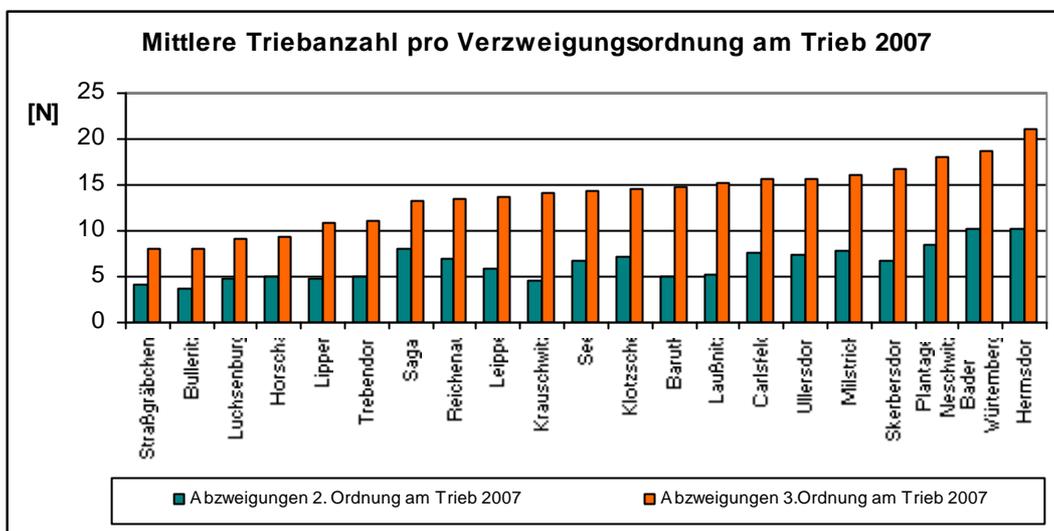


Abb. 20: Mittlere Triebanzahl pro Verzweigungsordnung am Trieb 2007 der untersuchten Tieflandsfichten-Herkünfte im Vergleich zu Herkünften Carlsfeld und Abtsgemäß im Pflanzenalter 16 Jahre

Die mittlere Anzahl der Seitentriebe kann ebenfalls ein Hinweis auf das Vorliegen eines bestimmten Fichtentyps sein (AICHMÜLLER 1962). Eine geringe Anzahl von Zweigen wird als Kennzeichen einer Tieflandsfichte angesehen (GOETZ 1951). Allerdings konnte im Gegensatz zu dem Merkmal durchschnittliche Trieblänge kein sicherer Nachweis der Vererbung in

Nachkommenschaftsprüfungen geführt werden. Auch bei diesem Merkmal besteht die Möglichkeit einer Beeinflussung durch Witterungseinflüsse (AICHMÜLLER 1962).

### **3.2.Genetische Charakterisierung**

#### 3.2.1. Vergleich verschiedener Stichproben aus dem Vorkommen „Urwald Weißwasser“

Für den Vergleich stand Material von verschiedenen Kollektiven zur Verfügung. Die in Tabelle 4 aufgeführten jeweils 100 Altbäume mussten im Ergebnis der Pflöpfungen neu gruppiert werden. Das Kollektiv „Klone SP WW“ umfasst die Altbäume, die mit 3 oder mehr Pflöpfungen tatsächlich für die Anlage der Samenplantage zur Verfügung stehen (siehe Tab. 17). Die zusätzlich zur Erweiterung der Stichprobe einbezogenen 100 Bäume werden mit den restlichen Zuchtnummern unter der Bezeichnung „Baumnummer“ zusammengefasst. Beide Kollektive zusammen bilden die Stichprobe „Altbäume gesamt“. Die Stichprobe „Trebendorf AB“, die ebenfalls aus dem Vorkommen „Urwald Weißwasser“ stammt, und die Nachkommenschaft „Trebendorf NK“ aus dem Herkunftsversuch Hoyerswerda geht in den Vergleich so ein, wie in dem Methodenteil beschrieben.

Der Vergleich der in den verschiedenen Gruppen vorhandenen Allelvarianten macht den engen Bezug dieser Parameter zur Stichprobengröße deutlich (Tab. 11). Je weniger Bäume untersucht werden, desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit, seltene Allele zu erfassen. Da hierbei nur das Vorhandensein und nicht die Häufigkeit der Varianten berücksichtigt wird, gehen alle Allele mit der gleichen Wichtung ein. Besonders bei der potentiellen genotypischen Vielfalt  $G_{(P)}$ , also der Anzahl möglicher Genotypen an den untersuchten Genorten, wirken sich fehlende Allele in Unterschieden um mehrere Zehnerpotenzen aus.

Die Anzahl der Allele pro Locus (A/L) reicht von 2,0 in der kleinsten Stichprobe „Trebendorf AB“ mit 50 Individuen bis 3,0 in der Gesamtprobe der 200 Altbäume. Die Kollektive „Klone SP WW“ und „Baumnummer“ unterscheiden sich um einige sehr seltene Allele: In der Gruppe „Klone SP WW“ treten die Allele PGM-A1, GDH-A3 und MDH-A1 auf, welche in den „Baumnummern“ fehlen. Auf der anderen Seite kommen die Allele GOT-A2, -A5, PGM-A3, -B3, IDH-B1, MDH-C1, -C5 und SKDH-A5 im Kollektiv „Baumnummern“ vor, nicht aber in den Plantagenklonen. Durch die aufgrund schlechter Veredlungsergebnisse ausgefallenen Zuchtnummern sind für die Plantage keine Allele „verloren gegangen“, d.h.

diese Individuen trugen keine Allele, die nicht an Bäumen der „Klone SP WW“ auch nachgewiesen wurden.

Die Gruppe der zukünftigen Plantagenklone weist bei den Parametern der potentiellen genotypischen Vielfalt  $G_{(P)}$  und Anzahl der Allele pro Locus (A/L) etwas geringere Werte als die Stichprobe „Baumnummern“ auf, die Variation verteilt sich aber auf mehr polymorphe Genorte (P). Insgesamt ist die genetische Vielfalt der zukünftigen Samenplantage durch die Auswahl der Individuen und die begrenzte Klonzahl nicht sehr stark beeinträchtigt.

Tab. 11: Vielfaltswerte in verschiedenen Stichproben des Tieflandfichten-Vorkommens „Urwald Weißwasser“ ( $G_{(P)}$ - potentielle genotypische Vielfalt; A/L- durchschnittliche Anzahl der Allele pro Locus; P- Anteil polymorpher Genorte)

Stichprobe	N	$G_{(P)}$	A/L	P[%]
Klone SP WW	68	5,6E+09	2,53	88,24
Baumnummer	131	6,7E+10	2,82	82,35
Altbäume gesamt	200	1E+12	3,00	94,12
Trebendorf AB	50	1,4E+07	2,00	70,59
Trebendorf Nk	79	8,3E+07	2,24	70,59

Die Parameter der Diversität beziehen außer der Anzahl der Allelvarianten auch deren relative Häufigkeiten ein und widerspiegeln dadurch besser die effektive Bedeutung der Allele für die genetische Struktur der Population. Seltene Allele gehen oft durch Zufallseffekte verloren bzw. sind nicht an der Reproduktion beteiligt, so dass sie nicht oder kaum in der Population wirksam werden. Die Diversität wird deshalb umso höher, je mehr relativ häufige Allele in der Stichprobe vorkommen. Tabelle 12 zeigt die zusammengefassten Werte für die verschiedenen Kollektive, die Stichprobe „Trebendorf Altbäume“ wurde aufgrund fehlender Daten am Locus ACO nicht mit einbezogen. Zum unmittelbaren Vergleich der Kollektive eignet sich die Differenzierung ( $\square_T$ ) am besten, da dieser Parameter auch die Stichprobengröße berücksichtigt.

Tab. 12: Genetische Diversität in verschiedenen Stichproben des Tieflandfichten-Vorkommens „Urwald Weißwasser“ ( $H_a$ - beobachtete und  $H_e$ - erwartete Heterozygotie,  $v_{pool}$ - Genpool- und  $v_{gam}$ - hypothetische gametische Multilocus-Diversität,  $\square_T$ - Gesamtdifferenzierung)

Kollektiv	Heterozygotie		Diversität		Differenzierung
	$H_a$	$H_e$	$v_{pool}$	$v_{gam}$	$\square_T$
<b>Klone SP WW</b>	0,174	0,177	1,307	48,640	0,179
<b>Baumnummer</b>	0,164	0,166	1,281	36,542	0,167
<b>Altbäume gesamt</b>	0,168	0,169	1,289	40,069	0,170
<b>Trebendorf NK</b>	0,156	0,172	1,305	45,491	0,175

Die Ergebnisse zeigen eine Verschiebung der Rangfolge gegenüber den Parametern der genetischen Vielfalt. Die niedrigsten Werte treten jetzt bei den Baumnummern, die höchsten bei den Klonen der künftigen Samenplantage auf. Die Stichprobe „Altbäume gesamt“ nimmt eine intermediäre Position ein, da sie die Individuen beider Gruppen umfasst. Die Ähnlichkeit der Stichprobe „Trebendorf NK“ mit dieser Gruppe weist auf eine sehr gute Repräsentanz des Gesamtvorkommens in der Nachkommenschaft hin.

Zur Quantifizierung der genetischen Variation zwischen den Stichproben wurde die Subpopulationsdifferenzierung  $D_j$  verwendet. Die Werte (Tab. 13) belegen, dass alle Stichproben sehr ähnlich sind. Jedes Kollektiv weist zum Komplement aus den anderen Proben nur sehr geringe Abstände auf. Etwas deutlicher differenziert sich die Nachkommenschaft Trebendorf von den Altbaum-Kollektiven, was auf etwas höheren Werten an den majorpolymorphen Genorten GOT-C, PGM-B, LAP-B und ACO beruht. Ursache dafür ist die Tatsache, dass es sich hier schon um die nachfolgende Generation handelt und im Zuge der generativen Reproduktion Verschiebungen in der genetischen Strukturen (Genotypenverteilung) aufgetreten sind, was sich auch in der Heterozygotie ( $H_a$ ) widerspiegelt (Tab. 12).

Tab. 13: Subpopulationsdifferenzierung ( $D_j$ ) in verschiedenen Stichproben des Tieflandsfichten-Vorkommens „Urwald Weißwasser“ über alle untersuchten Genorte

Kollektiv	Klone SP	Baumnummer	Altbäume gesamt	Trebendorf Nk
$D_j$	0,019	0,011	0,010	0,033

*Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die für die Generhaltungs-Samenplantage vorgesehenen Klone das Gesamtvorkommen „Urwald Weißwasser“ in hohem Maße repräsentieren. Trotz etwas geringerer Vielfaltswerte wird in den Parametern der Diversität ein großes genetisches Potential deutlich. Die geringe Subpopulationsdifferenzierung lässt auf sehr ausgeprägte Ähnlichkeit zwischen dem Tieflandsfichtenvorkommen Weißwasser und der zukünftigen Samenplantage schließen.*

### 3.2.2. Vergleich des Vorkommens Weißwasser mit anderen Tieflandsfichten- Populationen

Beim Vergleich der verschiedenen Tieflandsfichten-Vorkommen werden zunächst wieder die Werte der genetischen Vielfalt betrachtet (Tab. 14). Die Schwankungsbreite liegt in einem ähnlichen Bereich wie bei den Stichproben aus dem Urwald Weißwasser. In der Tendenz gilt

auch hier: Je größer die Stichprobe, umso höher liegen die Werte der Vielfaltsparameter. Auffällig sind die sehr geringen Werte der Plantagennachkommenschaft Neschwitz. Die Klone der zukünftigen Plantage „Urwald Weißwasser“ weisen im Vergleich zu den anderen Vorkommen überdurchschnittliche Werte auf, genauso wie das Kollektiv „Baumnummer“ und einige der Nachkommenschaften aus dem Versuch Hoyerswerda.

Beim Vergleich von zwei Generationen des gleichen Vorkommens sind für die Paare Trebendorf AB - Trebendorf NK und Braunsteich AB - Krauschwitz NK die Vielfaltswerte jeweils in der jüngeren Generation höher. Das kann zum einen an der etwas größeren Stichprobe liegen, die von den Nachkommenschaften untersucht wurde, andererseits aber auch an der geringeren Einwirkung von Selektion und Drift durch das niedrigere Alter. Bei dem Paar Pechern A-AB – Skerbersdorf NK ist ein umgekehrter Effekt zu beobachten: Hier sind die Werte aller drei Parameter der genetischen Vielfalt größer in der Altbaumpopulation als in der Nachkommenschaft. Die möglichen Ursachen sollen später im Zusammenhang mit den genetischen Abständen diskutiert werden.

Tab. 14: Werte der genetischen Vielfalt in den untersuchten Tieflandsfichten-Vorkommen ( $G_{(P)}$ - potentielle genotypische Vielfalt; A/L- durchschnittliche Anzahl der Allele pro Locus; P- Anteil polymorpher Genorte)

Population.	N	$G_{(P)}$	A/L	P[%]
Klone SP WW	68	5624771544	2,53	88,24
Krauschwitz NK	75	318864600	2,24	82,35
Sagar NK	64	9447840	2,00	64,71
Skerbersdorf NK	64	59521392	2,18	70,59
Trebendorf NK	79	82668600	2,24	70,59
Laussnitz NK	74	38263752000	2,71	82,35
Baruth NK	83	4782969000	2,47	88,24
Bulleritz NK	78	2232052200	2,47	82,35
See NK	80	26784626400	2,65	88,24
Carlsfeld NK	85	23147208	2,24	<b>58,82</b>
SP Neschwitz NK	79	<b>3542940</b>	<b>1,88</b>	70,59
Baumnummer	131	66663959040	2,82	82,35
FI-Kaupe AB	50	5904900	2,00	64,71
Trebendorf AB	50	14171760	2,00	70,59
Braunsteich AB	50	7873200	2,06	<b>58,82</b>
Pechern A AB	51	156243654	2,29	76,47
Pechern B AB	50	17714700	2,12	64,71

Die Heterozygotie ist ein Maß für die individuelle genetische Variation. Die beobachtete Heterozygotie ( $H_a$ ) beschreibt den Anteil der Genorte eines Individuums bzw. einer Population, die jeweils an den beiden homologen Abschnitten der genetischen Information zwei unterschiedliche Ausprägungen (Allele) aufweisen.

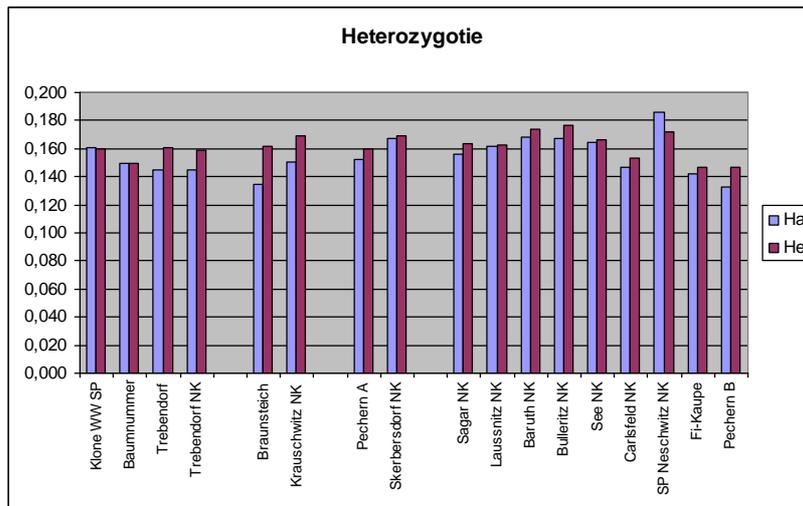


Abb. 21: Werte der mittleren beobachteten ( $H_a$ ) und erwarteten ( $H_e$ ) Heterozygotie in den untersuchten Tieflandfichten-Vorkommen

Bei der Betrachtung der Heterozygotiewerte (Abb. 21) fällt auf, dass in fast allen Stichproben die beobachtete Heterozygotie etwas geringer ist, als das im genetischen Gleichgewicht bei den ermittelten Allelhäufigkeiten ( $H_e$ ) zu erwarten wäre. Nahezu ausgeglichen ist das Verhältnis zwischen beobachteter und erwarteter Heterozygotie in den Kollektiven, die hohe Vielfaltswerte aufweisen (Klone SP Weißwasser, Baumnummer, Laußnitz NK und See NK). Dazu führt die höhere Anzahl seltener Allele, die fast ausschließlich in heterozygoten Genotypen vorkommen. Die einzige Stichprobe mit deutlichem Heterozygotenüberschuss ist die Nachkommenschaft der Samenplantage Neschwitz, die nicht aus einer natürlichen Population stammt und wo deshalb auch ein anderes Reproduktionssystem gewirkt hat.

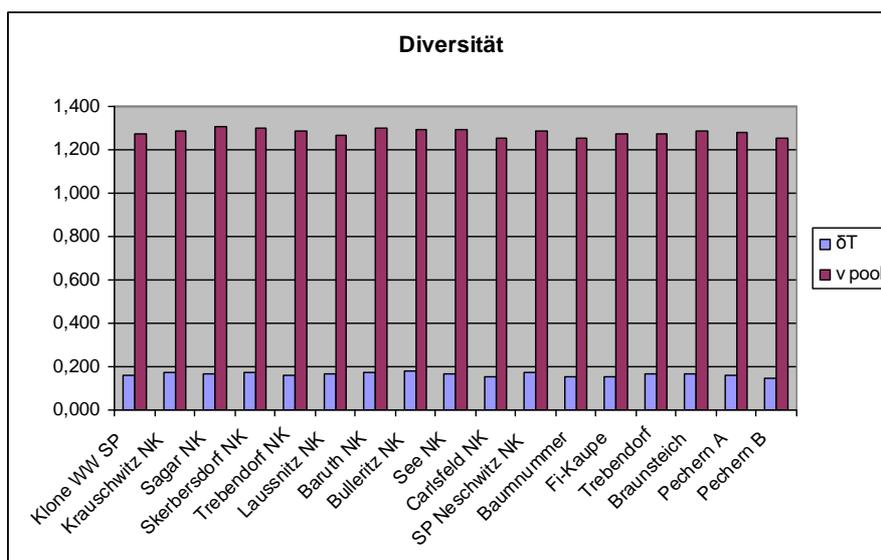


Abb. 22: Genetische Diversität in den untersuchten Tieflandfichten-Vorkommen ( $v_{pool}$ - Genpool-Diversität,  $\delta T$ - Gesamtdifferenzierung) Anhand von Abbildung 22 wird deutlich, dass sich die

Stichproben in der Genpool-Diversität ( $v_{pool}$ ) und der Gesamtdifferenzierung ( $\square_T$ ) nur sehr geringfügig unterscheiden.

Tab. 15: Genetische Diversität in den untersuchten Tieflandfichten-Vorkommen (**Ha**- beobachtete und **He**- erwartete Heterozygotie,  $v_{pool}$ - Genpool- und  $v_{gam}$ - hypothetische gametische Multilocus-Diversität,  $\square_T$ - Gesamtdifferenzierung)

Population Bezeichnung		Heterozygotie		Diversität		Differenzierung	Material
		<b>Ha</b>	<b>He</b>	$v_{pool}$	$v_{gam}$	$\square_T$	
Klone WW SP		0,161	0,160	1,276	26,873	0,162	AB
Krauschwitz NK		0,151	0,169	1,287	31,892	0,172	NK
Sagar NK		0,156	0,163	1,310	33,338	0,166	NK
Skerbersdorf NK		0,167	0,169	1,299	33,889	0,172	NK
Trebendorf NK		0,145	0,159	1,284	27,727	0,161	NK
Laussnitz NK		0,161	0,162	1,268	26,559	0,165	NK
Baruth NK		0,168	0,174	1,301	35,974	0,176	NK
Bulleritz NK		0,168	0,177	1,295	36,628	0,179	NK
See NK		0,164	0,166	1,291	31,290	0,168	NK
Carlsfeld NK		0,147	0,154	1,251	22,016	0,155	NK
SP Neschwitz NK		0,186	0,172	1,286	33,145	0,175	NK
Baumnummer		0,149	0,149	1,251	20,937	0,151	AB
Fi-Kaupe		0,143	0,147	1,275	23,186	0,150	AB
Trebendorf		0,145	0,161	1,276	27,169	0,164	AB
Braunsteich		0,135	0,162	1,285	29,205	0,165	AB
Pechern A		0,152	0,159	1,280	27,454	0,163	AB
Pechern B		0,133	0,146	1,256	20,824	0,149	AB
	Mittel	0,155	0,162	1,281	28,712	0,164	
	Min	0,133	0,146	1,251	20,824	0,149	
	Max	0,186	0,177	1,310	36,628	0,179	

Für den Vergleich der genetischen Variation innerhalb der Populationen eignet sich besonders die Gesamtdifferenzierung ( $\square_T$ ), da dieser Parameter nicht abhängig von der Stichprobengröße ist (Tab. 15). Im Durchschnitt sind die Werte der Nachkommenschaften etwas höher als die der Altbestände (Abb. 23), was sich auch bei den Paaren Braunsteich - Krauschwitz NK und Pechern A – Skerbersdorf NK bestätigt. Die Kollektive des Vorkommens „Urwald Weißwasser“ erscheinen auch hier als Gruppe mit sehr ähnlichen Werten und liegen nahe dem Mittel aller untersuchten Vorkommen.

Zur Quantifizierung der genetischen Variation zwischen den Kollektiven wurden die genetischen Abstände nach NEI (1972) verwendet. In diesem Teil der Auswertung wurde die Nachkommenschaft Carlsfeld nicht mit einbezogen, da sie als Herkunft vom Kamm des Erzgebirges einen ganz anderen Hintergrund hat und bei direkter Verrechnung der Daten der Kollektive zu Verschiebungen in der Grundgesamtheit führen könnte, die dem Ziel der Untersuchung nicht gerecht werden. Andererseits wurden hier die Klone der Samenplantage

Neschwitz als Altbaum-Kollektiv mit betrachtet, so dass in die Berechnung 10 Genorte (GOT-C, PGM-B, PGI-B, LAP-B, IDH-A, 6-PGDH-A, GDH, MDH-A, MDH-C und SKDH-A) einbezogen wurden.

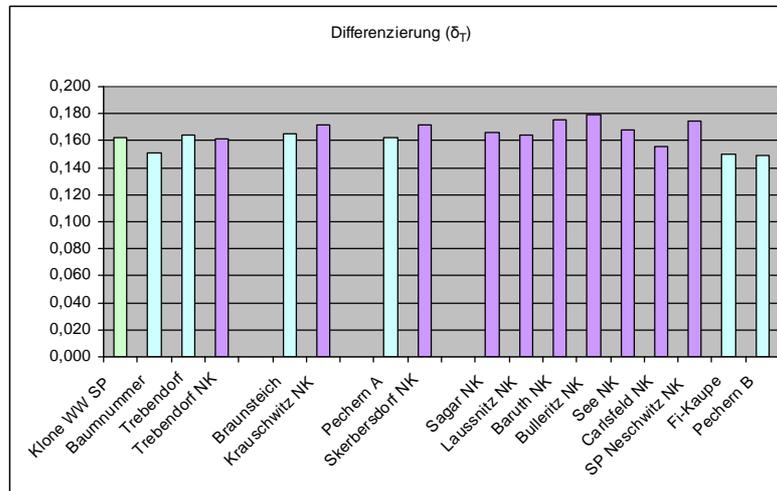


Abb. 23: Vergleich der Gesamtdifferenzierung ( $\delta_T$ ) unter Berücksichtigung der Zugehörigkeit zu den Vorkommen und Generationen (grün – geplante Samenplantage, blau - Altbäume, lila – Nachkommenschaften)

Für jede mögliche Kombination von zwei Stichproben werden zunächst paarweise die genetischen Abstände bestimmt. Die Genpool-Abstände weisen insgesamt sehr geringe Werte auf, wobei die Minima zwischen den Kollektiven des Urwaldes Weißwasser (Klone SP WW, Baumnummern, Trebendorf AB, Trebendorf NK) sowie zwischen den Stichproben Klone SP WW bzw. Baumnummern und dem Bestand Pechern A vorkommen.

Mit Hilfe einer Clusteranalyse lassen sich die paarweisen Daten zu einem Dendrogramm verdichten, das die genetischen Abstände zwischen den Stichproben klassifiziert (Abb. 24). Dabei wird zunächst noch einmal deutlich, dass sich alle Kollektive des Vorkommens „Urwald Weißwasser“ sehr ähnlich sind und eine Gruppe bilden, die außerdem das Vorkommen Braunsteich und dessen Nachkommenschaft (Krauschwitz NK) sowie den Bestand Pechern A umfasst. Besonders die Stichproben „Klone SP Weißwasser“ und „Baumnummern“ und Pechern A weisen kaum genetischen Abstand auf. Diese Aussagen spiegeln sich auch in den Werten der Subpopulationsdifferenzierung  $D_j$  wider (Tab. 16). Hier weisen die *Stichproben der Vorkommen „Urwald Weißwasser“ und „Braunsteich“* ebenfalls die niedrigsten Werte auf. Dies ist so zu interpretieren, dass diese Populationen *die Gesamtheit der untersuchten Kollektive am besten repräsentieren*.

Tab. 16: Subpopulationsdifferenzierung (Dj) in den untersuchten Tieflandsfichten-Vorkommen über 10 Genorte

Stichprobe	Klone WW SP	Krauschwitz NK	Sagar NK	Skerbersdorf NK	Trebendorf NK	Laussnitz NK	Baruth NK	Bulleritz NK	See NK	SP Neschwitz NK	Baum-nummer	Fi-Kaupe	Trebendorf	Braunsteich	Pechern A	Pechern B	Klone SP Neschwitz	delta
Genort	1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14	15	16	17	18	delta
GOT-C	0,07	0,05	0,021	0,111	0,03	0,08	0,052	0,061	0,081	0,101	0,088	0,09	0,027	0,048	0,038	0,187	0,021	0,07
PGM-B	0,076	0,055	0,021	0,07	0,011	0,072	0,006	0,157	0,033	0,065	0,074	0,057	0,019	0,047	0,09	0,078	0,003	0,057
PGI-B	0,026	0,021	0,067	0,075	0,067	0,011	0,099	0,022	0,041	0,114	0,072	0,08	0,048	0,007	0,033	0,132	0,029	0,057
LAP-B	0,038	0,066	0,206	0,088	0,1	0,092	0,041	0,15	0,236	0,139	0,029	0,049	0,071	0,121	0,081	0,081	0,209	0,1
IDH-A	0,018	0,025	0,026	0,091	0,027	0,026	0,042	0,009	0,039	0,023	0,011	0,02	0,026	0,026	0,022	0,036	0,01	0,028
6-PGDH-A	0,031	0,026	0,01	0,027	0,024	0,01	0,018	0,017	0,017	0,025	0,011	0,024	0,059	0,013	0,016	0,017	0,014	0,02
GDH	0,005	0,005	0,04	0,006	0,005	0,003	0,013	0,005	0,012	0,036	0,02	0,008	0,003	0,019	0,023	0,019	0,001	0,014
MDH-A	0,006	0,006	0,003	0,003	0,005	0,006	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,009	0,003	0,017	0,004
MDH-C	0,044	0,025	0,054	0,05	0,032	0,096	0,044	0,124	0,009	0,029	0,026	0,056	0,04	0,047	0,067	0,035	0,029	0,047
SKDH-A	0,065	0,043	0,052	0,084	0,057	0,06	0,074	0,044	0,186	0,172	0,035	0,066	0,076	0,048	0,076	0,058	0,076	0,075
Genpool	0,038	0,032	0,05	0,061	0,036	0,046	0,039	0,059	0,066	0,071	0,037	0,045	0,037	0,038	0,045	0,065	0,041	0,047
Cj	0,059	0,065	0,055	0,055	0,068	0,064	0,072	0,068	0,069	0,068	0,114	0,043	0,043	0,043	0,044	0,043	0,024	

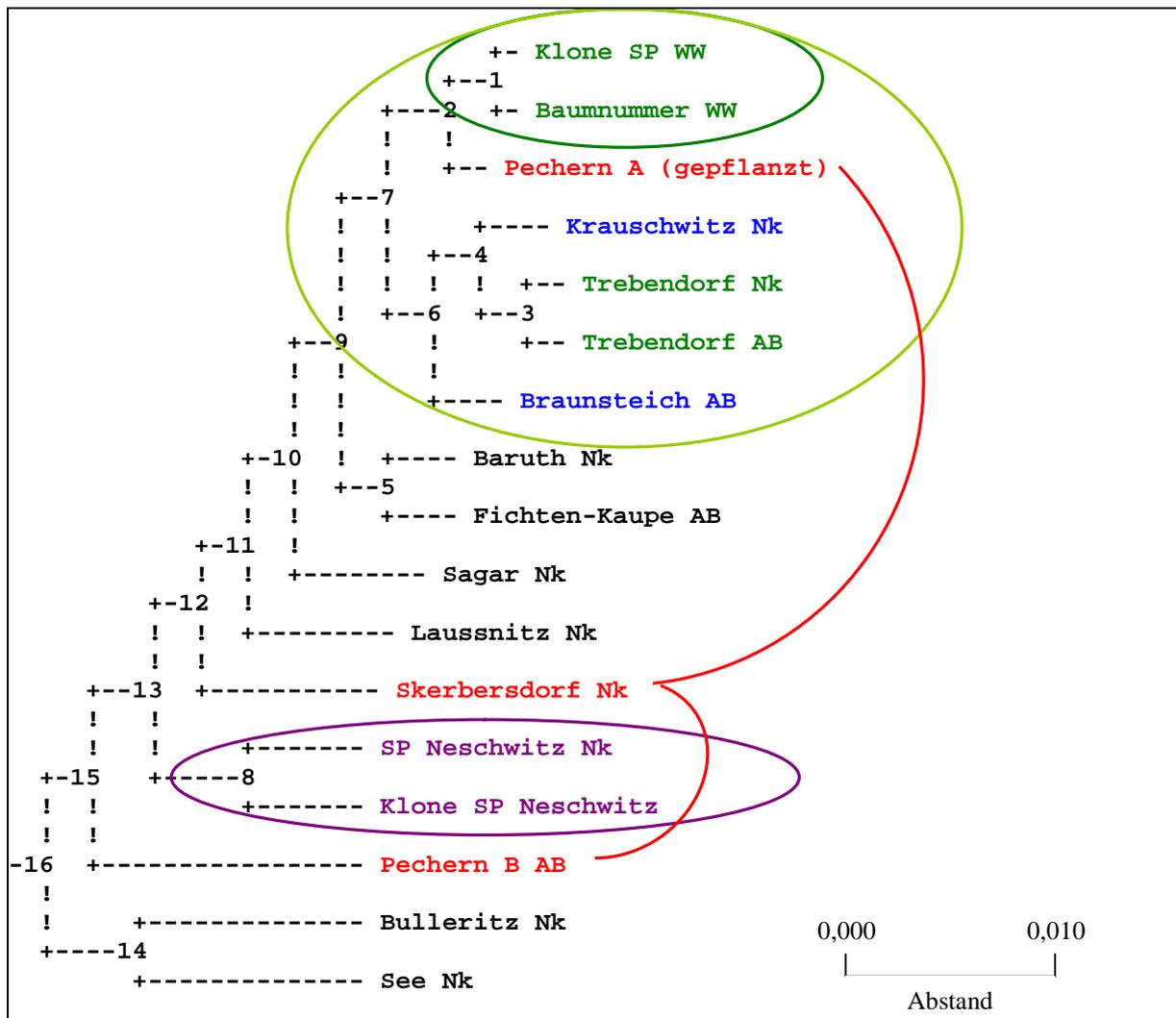


Abb. 24: Dendrogramm der genetischen Abstände zwischen den Vorkommen nach NEI (1972) basierend auf den Allelhäufigkeiten an 10 Genorten

Interessant ist die Tatsache, dass die Klone der Samenplantage Neschwitz, die aus verschiedenen Tieflandsfichtenvorkommen zusammengetragen wurden, mit der aus ihr stammenden Nachkommenschaft eine eigene Gruppe bilden. In der geringen Klonzahl der Plantage liegt sicher die Ursache des größeren Abstandes wie auch der geringen genetischen Vielfalt in den Nachkommen, deren Diversitäts-Parameter als Maß für die effektive genetische Vielfalt aber durchaus ähnliche Werte wie bei Nachkommenschaften aus natürlichen Populationen zeigen.

Die Altbestände Pechern A und B und die Nachkommenschaft Skerbersdorf bieten Anlass für eine weitere interessante Beobachtung. Die beiden Altbestände stocken in unmittelbarer Nachbarschaft am Rand der Neißeau, wobei das Vorkommen Pechern B auf einem halbkreisförmigen Hang wahrscheinlich natürlich entstanden ist und der Bestand Pechern A

innerhalb dieses Halbkreises gepflanzt wurde (Abb. 25). Dieser gepflanzte Bestand war in der Vergangenheit als Saatguterntebestand zugelassen. Aus ihm stammt die Nachkommenschaft Skerbersdorf ab. Die Ergebnisse werfen die Frage auf, ob der Bestand Pechern A mit Pflanzgut aus dem Urwald Weißwasser angelegt wurde, was vielleicht durch Archivstudien zu klären ist. In jedem Fall belegen sie ausdrücklich die Bedeutung des Polleneintrags aus Nachbarbeständen: Da sich das Vorkommen Pechern B in seiner genetischen Struktur erheblich von Pechern A unterscheidet und zur Nachkommenschaft als Pollenspender offensichtlich in starkem Maße beigetragen hat, repräsentiert die Nachkommenschaft Skerbersdorf nicht mehr den Genpool von Pechern A, sondern steht genetisch zwischen den beiden Altbaum-Kollektiven. Das belegen auch die Werte der genetischen Vielfalt (Tab. 14). Selbst für den Fall, dass die Abstammung von Pechern A aus dem Urwald Weißwasser nachzuweisen wäre, könnte Vermehrungsgut aus diesem Bestand deshalb nicht als *ex-situ*-Generhaltungsmaterial des Vorkommens „Urwald Weißwasser“ verwendet werden.

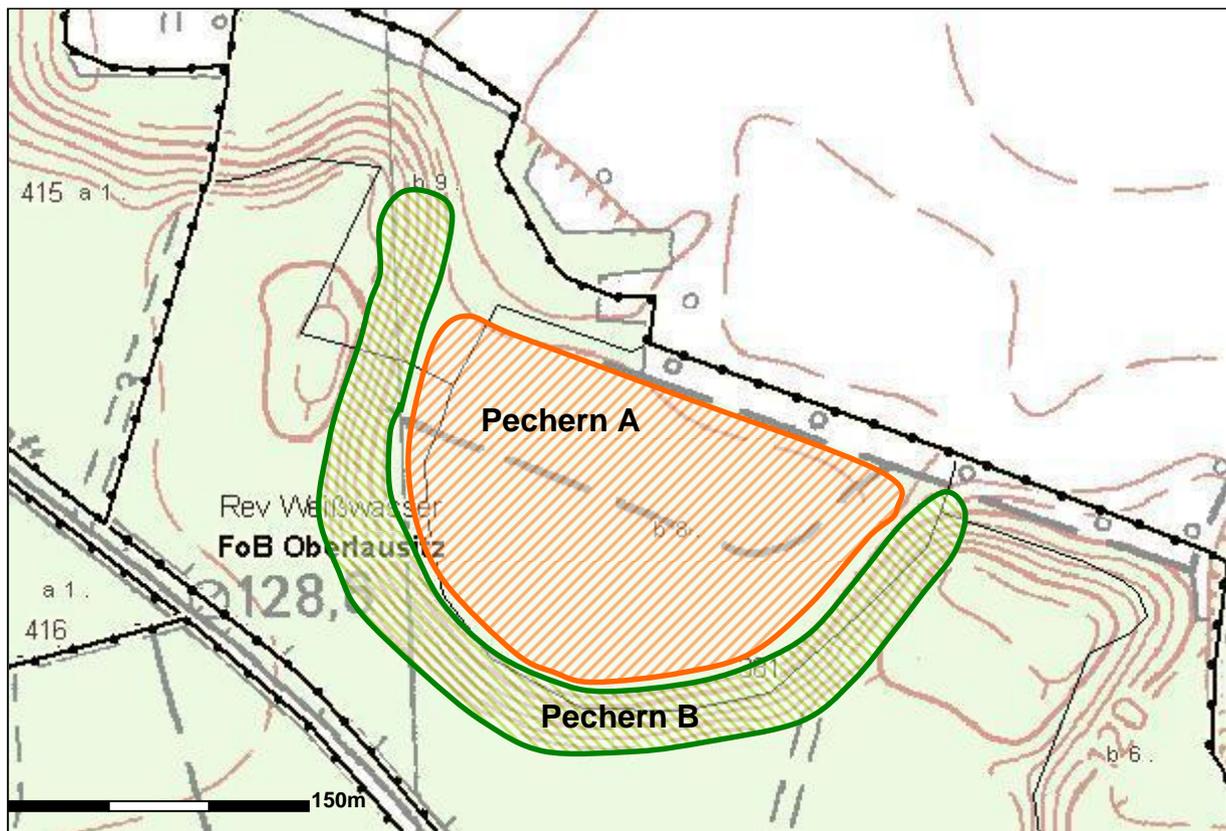


Abb. 25: Lage der Tieflandsfichten-Vorkommen Pechern A und B

### 3.3. Dauerhafte Erhaltung

#### 3.3.1. Durchführung der Erhaltung durch Pfropfung

Im Februar 2007 und 2008 wurden von insgesamt 100 Tieflandsfichten des ehemaligen Naturschutzgebietes „Urwald Weißwasser“ Reiser geschnitten, mit denen insgesamt 836 Pfropflinge hergestellt worden sind. Um den Abgang einiger Klone auszugleichen, erfolgte 2009 eine weitere Reisergewinnung, die auf Grund nicht mehr vorhandener Gewächshauskapazitäten nicht in dem gewünschten Umfang durchgeführt werden konnte (Tab. 17).

Tab. 17: Von 2007 bis 2009 durchgeführte Pffroparbeiten zur Erhaltung des Lausitzer Tieflandsfichten-Vorkommens „Urwald Weißwasser“

Zeitpunkt	Anzahl Bäume	Anzahl Pfropfungen	Anzahl angewachsener Pfropfungen	Anwuchs in %
Februar 2007	20	196	138	70
Februar 2008	80	640	434	68
Februar 2009	12	22	10	45

Tab. 18: Vorhandene Tieflandsfichtenklone mit Pfropflingszahlen nach der Inventur im Oktober 2009 (Klone mit mindestens drei Ramets sind fett markiert)

Z-Nr.	Anzahl der Pfropflinge						
<b>8147</b>	<b>7</b>	<b>8172</b>	<b>3</b>	<b>8197</b>	<b>5</b>	8222	1
<b>8148</b>	<b>6</b>	<b>8173</b>	<b>5</b>	<b>8198</b>	<b>7</b>	<b>8223</b>	<b>3</b>
<b>8149</b>	<b>3</b>	<b>8174</b>	<b>3</b>	<b>8199</b>	<b>5</b>	<b>8224</b>	<b>3</b>
<b>8150</b>	<b>6</b>	8175	1	<b>8200</b>	<b>3</b>	<b>8225</b>	<b>3</b>
<b>8151</b>	<b>8</b>	<i>8176</i>	<i>0</i>	<i>8201</i>	<i>0</i>	<i>8226</i>	<i>0</i>
<b>8152</b>	<b>4</b>	8177	2	<i>8202</i>	<i>0</i>	<b>8227</b>	<b>7</b>
8153	1	8178	2	8203	1	<b>8228</b>	<b>3</b>
8154	1	8179	2	<b>8204</b>	<b>3</b>	<b>8229</b>	<b>5</b>
<b>8155</b>	<b>6</b>	<i>8180</i>	<i>0</i>	<b>8205</b>	<b>8</b>	<b>8230</b>	<b>3</b>
<b>8156</b>	<b>4</b>	<b>8181</b>	<b>5</b>	<b>8206</b>	<b>6</b>	<b>8231</b>	<b>5</b>
<b>8157</b>	<b>5</b>	<b>8182</b>	<b>3</b>	<b>8207</b>	<b>5</b>	<b>8232</b>	<b>3</b>
8158	2	8183	1	<b>8208</b>	<b>4</b>	8233	2
<b>8159</b>	<b>7</b>	<b>8184</b>	<b>7</b>	8209	2	<b>8234</b>	<b>3</b>
8160	1	<b>8185</b>	<b>3</b>	<b>8210</b>	<b>4</b>	8235	1
<b>8161</b>	<b>4</b>	<b>8186</b>	<b>5</b>	<b>8211</b>	<b>3</b>	8236	1
8162	1	<b>8187</b>	<b>3</b>	<b>8212</b>	<b>8</b>	<b>8237</b>	<b>5</b>
<b>8163</b>	<b>4</b>	8188	1	8213	1	<b>8238</b>	<b>3</b>
<b>8164</b>	<b>5</b>	<b>8189</b>	<b>3</b>	8214	2	8239	2
<b>8165</b>	<b>5</b>	8190	1	<b>8215</b>	<b>5</b>	<b>8240</b>	<b>4</b>
8166	1	<b>8191</b>	<b>5</b>	<b>8216</b>	<b>7</b>	<b>8241</b>	<b>3</b>
<b>8167</b>	<b>7</b>	<b>8192</b>	<b>6</b>	8217	1	<b>8242</b>	<b>3</b>
<i>8168</i>	<i>0</i>	<b>8193</b>	<b>4</b>	8218	2	<b>8243</b>	<b>3</b>
<b>8169</b>	<b>6</b>	<b>8194</b>	<b>5</b>	8219	2	<b>8244</b>	<b>3</b>
8170	1	<b>8195</b>	<b>3</b>	<b>8220</b>	<b>5</b>	<i>8245</i>	<i>0</i>
<b>8171</b>	<b>3</b>	<b>8196</b>	<b>4</b>	<b>8221</b>	<b>5</b>	8246	1

Die Inventur des Anwuchserfolges im Oktober 2009 ergab, dass von den 100 ursprünglich einbezogenen Klonen 7 vollständig ausgefallen sind. Von den vorhandenen 93 Klonen verfügen 66 Klone über eine Anzahl von 3 Ramets (Individuen) und mehr. Bei 27 Klonen sind nur noch 1 bis 2 Individuen je Klon vorhanden (Tab.18).

### 3.3.2. Auswahl eines Standortes für die Tieflandsfichten-Erhaltungssamenplantage „Urwald Weißwasser“

Voraussetzung für die Anlage der Tieflandsfichten-Erhaltungssamenplantage „Urwald Weißwasser“ ist die Bereitstellung einer standörtlich geeigneten Fläche, die neben den allgemeinen Anforderungen (Isolierung, mittlere Trophie und Wasserversorgung, keine Frostlage, Maschinenbefahrbarkeit etc.) auch noch eine langfristig stabile Wasserversorgung der Fichte aufweisen sollte.

Nach umfassender Prüfung verschiedener Alternativstandorte im unmittelbaren Umfeld von Weißwasser stellte sich eine Fläche in der Abt. 176a1 im Forstrevier Hermannsdorf des Forstbezirkes Oberlausitz in Hinsicht von Standort und Lage als die am besten geeignete Fläche heraus. Es handelt sich um einen mineralischen Nassstandort mit ausreichender Luft- und Bodenfeuchte, die durch ein angrenzendes Fließgewässer gewährleistet wird. Im Umfeld der Fläche befinden sich keine Fichtenbestände mit Ausnahme eines standortsfremden Omorikafichten-Bestandes. Es handelt sich um Landeswald ohne angrenzenden Privatwald und damit bestehen Einflussmöglichkeiten auf die Baumartenwahl in der Umgebung der Generhaltungssamenplantage.

Diese Fläche liegt jedoch im NSG Braunsteich. Der für die Anlage notwendige Kahlschlag bedarf somit einer Ausnahmegenehmigung, die auch eine aufwändige Anhörung aller beteiligten Verbände umfasst. Bei einem Erörterungstermin mit der Unteren Naturschutzbehörde Görlitz am 16.12.2009 in Weißwasser erfolgte eine gründliche Abwägung aller relevanten naturschutzrechtlichen Aspekte. Die Erfolgsaussichten eines positiven Bescheides können als gering bzw. mit einem zu hohen Risiko des Scheiterns eingeschätzt werden. Zudem ist das Verfahren langwierig. Aufgrund der daraus resultierenden zeitlichen Verzögerung von voraussichtlich mehr als einem Jahr und des ungewissen Ausgangs wird die Fläche, auch um eine Überalterung des Pflanzmaterials zu vermeiden, nicht mehr berücksichtigt.

In Folge dessen wurden weitere Flächen sowohl in den Forstbezirken Oberlausitz und Dresden sowie im Biosphärenreservat Oberlausitzer Teich- und Seenlandschaft identifiziert und geprüft. Drei Flächen im FoB Oberlausitz mussten auf Grund mangelnder Isolierung, nicht ausreichender Wasserversorgung sowie schlechter Befahrbarkeit als ungeeignet eingestuft werden. Im FoB Dresden sowie im Biosphärenreservat konnten ebenfalls keine geeigneten Flächen identifiziert werden (Stand: Ende Juni 2010).

In Zusammenarbeit mit der Unteren Forstbehörde des Landkreises Bautzen konnte eine geeignete Fläche von 1,5 ha Größe in einem Privatwald identifiziert werden, die sich in jeder Hinsicht für die Anlage der Tieflandsfichten-Erhaltungssamenplantage eignet. Die Fläche befindet sich im Privatwaldrevier Kamenz des FoB Oberlausitz, WT 25N Abt. 161 f<sup>0</sup>. Nach Standortskarte (Um-WM2, Medinger Sand-Grauwacken-Staugley) ist die Fläche für Tieflandsfichte geeignet, eine Prüfung des Standortes vor Ort ist vorgesehen.

### 3.3.3. Konzeption der Tieflandsfichten-Erhaltungssamenplantage „Urwald Weißwasser“

Unter der Voraussetzung, dass eine geeignete Fläche zur Verfügung steht, soll im Frühjahr 2011 eine Generhaltungssamenplantage mit 66 Genotypen in 3-facher, 10 Genotypen in 2-facher Wiederholung und 10 weiterer einzelner Genotypen angelegt werden. Die Berücksichtigung von 86 Genotypen stellt eine höhere genetische Vielfalt sicher als die ausschließliche Verwendung von Genotypen mit mindestens 3 Individuen. Die Berücksichtigung von Klonen mit weniger als 3 Individuen könnte möglicherweise zu Nachteilen in Hinsicht auf eine unvollständige panmiktische, d.h. zufallsmäßige und gleichgewichtige Verteilung führen. Diese möglichen Nachteile werden durch die höhere Anzahl an Genotypen teilweise ausgeglichen.

Die Anlage der Erhaltungssamenplantage auf einer Freifläche ermöglicht eine ungehinderte Kronenentwicklung und vermeidet Schäden durch die früher oder später erforderliche Räumung des Altholzschirmes. Die Tieflandsfichten-Pfropflinge werden in einem Pflanzverband von 6 m x 6 m auf einer Fläche von ca. 1,1 ha einschließlich Vorgewende ausgepflanzt. Weitere Hinweise zur Anlage und Pflege von Erhaltungssamenplantagen können dem Abschlussbericht zum Vorhaben „Erhaltung und Charakterisierung von Traubeneiche und Plattenkiefer“ (PAUL *et al.* 2007) entnommen werden.

## **4 Schlussfolgerungen**

### **4.1. Schlussfolgerungen aus den phänotypischen Untersuchungen**

Die Ergebnisse der phänotypischen Untersuchungen bestätigen grundsätzlich die bei vergleichbaren Untersuchungen vorgefundene Variabilität der Fichte in einer Vielzahl von Merkmalen und Eigenschaften. Obwohl die untersuchten Tieflandsfichtenherkünfte aus einem relativ eng begrenzten Gebiet kommen, kann bei einer Reihe von Merkmalen eine große Variation festgestellt werden. Eine eindeutige Unterscheidung der Tieflandsfichten-Herkünfte von den Vergleichsherkünften aus dem Erzgebirge und dem Schwäbisch-Fränkischen Wald ist bei keinem Merkmal gelungen. Andererseits konnten bei einer Reihe von Herkünften durchaus charakteristische Merkmale des Tieflandsfichtentyps festgestellt werden. Hierzu gehören der späte Austrieb, eine geringe Nadellänge, eine kleine Nadelkennzahl nach PFAUCH sowie eine geringe Seitentrieblänge und eine geringe Seitentriebanzahl. Vor allem die Herkünfte Laußnitz, Leipzig, Krauschwitz oder See besitzen die genannten Merkmale. Die Nachkommenschaft Trebendorf, die dem Vorkommen Urwald Weißwasser entstammt, besitzt bei einer Reihe von Merkmalen eine intermediäre Ausprägung, bei einer Reihe anderer Merkmale eine klare Tendenz zum Tieflandsfichtentyp. Dagegen zeigt die Herkunft Milstrich in nahezu allen beobachteten Merkmalen keine Hinweise auf die Zugehörigkeit zum Tieflandsfichtentyp. Auffällig sind ebenfalls die Herkünfte Samenplantage Neschwitz und Skerbersdorf, die zum Teil widersprüchliche Merkmalsausprägungen aufweisen.

Die Ergebnisse der Versuchsanbauten weisen bei der Herkunft Trebendorf auf eine überdurchschnittliche Vitalität, ausgedrückt durch ein überdurchschnittliches Höhenwachstum auf allen Versuchsstandorten bei einer durchschnittlichen Stabilität hin.

Grundsätzlich ist bei den dargestellten Ergebnissen nicht auszuschließen, dass ursprünglich vorhandene, im Laufe der Evolution natürlich entstandene Variationsmuster durch anthropogene Einflüsse überlagert worden sind. Weiterführende Untersuchungen vor allem zur Bestandesgeschichte der untersuchten Vorkommen könnten eine wichtige Ergänzung für die Interpretation der Ergebnisse darstellen.

## 4.2. Schlussfolgerungen aus den genetischen Untersuchungen

Das Tieflandsfichten-Vorkommen „Urwald Weißwasser“ und das Vorkommen „Braunsteich“ mit allen untersuchten Stichproben weisen sehr geringe genetische Abstände zueinander auf, was auf große Ähnlichkeit schließen lässt. Die Differenzierung beider Populationen vom jeweiligen Komplement der anderen untersuchten Vorkommen ist sehr gering, so dass von einer großen Repräsentanz des gesamten Genpools der Lausitzer Tieflandsfichte auszugehen ist. Diese Erkenntnis und die überdurchschnittliche Anzahl seltener Allele im Vorkommen „Urwald Weißwasser“ unterstreichen besonders eindrucksvoll die immense Bedeutung dieser Population für das genetische Potential des regionalen Genpools der „Lausitzer Tieflandsfichte“.

Die für die Generhaltungs-Samenplantage vorgesehenen Klone repräsentieren das Gesamtvorkommen „Urwald Weißwasser“ in hohem Maße. Trotz etwas geringerer Vielfaltswerte wird in den Parametern der Diversität ein großes genetisches Potential deutlich. Die geringe Subpopulationsdifferenzierung lässt auf sehr ausgeprägte Ähnlichkeit zwischen dem Tieflandsfichtenvorkommen Weißwasser und der zukünftigen Samenplantage schließen.

Die Ergebnisse zeigen aber auch zweierlei deutlich: Die notwendige künstliche Auswahl von Individuen für die Samenplantage muss zwangsläufig zu einer Verringerung genetischer Variation führen (nicht alle Allele werden mit erfasst). Es wird durch das Design der Plantage in jedem Fall zu Verschiebungen in den genetischen Strukturen gegenüber einer natürlich entstandenen Verjüngung kommen (Häufigkeitsveränderungen durch Überrepräsentanz bestimmter Allele bzw. Genotypen), deren Bedeutung für das Anpassungspotential der Nachkommenschaften nicht beurteilt werden kann.

Andererseits gibt die vorliegende Untersuchung Anlass zu der Hoffnung, dass es mit Hilfe der geplanten Samenplantage möglich sein wird, Vermehrungsgut zu erzeugen, das wesentliche Bestandteile des genetischen Potentials der Tieflandsfichten-Vorkommen „Urwald Weißwasser“ für die Zukunft erhält und für den Wiederaufbau von Wäldern in der Region bereitstellt. Die Erhaltung aller für die Samenplantage vorgesehenen Klone ist dabei von großer Wichtigkeit.

## 5 Zusammenfassung

Das 100 ha große ehemalige Naturschutzgebiet Urwald Weißwasser wird 2010/11 durch den Tagebau Nochten unmittelbar in Anspruch genommen. Die Genressourcen der seit Jahrhunderten natürlich vorkommenden Plattenkiefern, Traubeneichen und Tieflandsfichten gehen dadurch unwiederbringlich verloren. Mit dem Ziel, einen möglichst repräsentativen Teil dieses genetischen Potentials zu erhalten, knüpft das Projekt unmittelbar an das vom 01.08.2006 bis 31.08.2007 bereits durchgeführte Vorhaben „Erhaltung und Charakterisierung von Traubeneiche und Plattenkiefer“ an.

Die Ergebnisse der phänotypischen Untersuchungen weisen bei einer Reihe von Herkünften auf die Zugehörigkeit zu dem Tieflandsfichtentypus hin. Die Herkunft Milstrich zeigt bei allen untersuchten Merkmalen keine Zugehörigkeit zu dem Tieflandsfichtentyp. Die Nachkommenschaft des Urwaldes Weißwasser Trebendorf verfügt bei einer Reihe von Merkmalen über eine große Variation, erweist sich aber in charakteristischen Merkmalen als Tieflandsfichtentyp.

Mit Hilfe von Isoenzymanalysen konnte der evakuierte Genpool der Tieflandsfichte auch im Vergleich zu anderen Tieflandsfichtenvorkommen und deren Nachkommenschaften eingeschätzt werden. Die für die Generhaltungs-Samenplantage vorgesehenen Klone repräsentieren das Gesamtvorkommen „Urwald Weißwasser“ in hohem Maße. Um eine unnötige Verringerung genetischer Variation zu vermeiden, sollte die Erhaltungssamenplantage mit einer möglichst hohen Anzahl an Genotypen begründet werden.

Für das Tieflandsfichten-Vorkommen „Urwald Weißwasser“ wurde ein Vorschlag für die Anlage einer Erhaltungssamenplantage erarbeitet. Die Flächenauswahl ist weitgehend abgeschlossen. Nach Abschluss der Verhandlungen mit dem Eigentümer der betreffenden Fläche kann die Anlage der Erhaltungssamenplantage im Frühjahr 2011 durchgeführt werden.

Nach Abschluss der Vorhaben zur Erhaltung und Charakterisierung von Traubeneiche, Plattenkiefer und Tieflandsfichte im Vorfeld des Braunkohletagebaus Nochten sind die genetischen Ressourcen der Vorkommen dieser Baumarten im Urwald Weißwasser mit erheblichen Aufwand weitgehend gesichert. Von der konsequenten Pflege und Bewirtschaftung der angelegten Erhaltungssamenplantagen wird es in hohem Maße abhängen,

in welchem Umfang die genetischen Ressourcen der erhaltenen Vorkommen wieder für Rekultivierung und Waldverjüngung in Nordostsachsen und Südbrandenburg zur Verfügung stehen.

Die Einrichtung eines genetischen Monitoring-Systems auf bereits vorhandenen Rekultivierungsflächen, die mit Forstvermehrungsgut der bearbeiteten Bestände und Vorkommen angelegt wurden, kann erste Informationen über den Erfolg der bisher durchgeführten Erhaltungsmaßnahmen liefern.

## 6 Literaturverzeichnis

- AICHMÜLLER, R. (1962): Der Einfluss von Umwelt und Erbgut auf Stärkenwachstum, Verzweigung und Benadelung der Fichte. Forstwiss. Cbl. 81, 156-181.
- ANONYMUS (2002a): Forstvermehrungsgutgesetz (FoVG) vom 22.05.2002. BGBl. I S. 1658.
- ANONYMUS (2002b): Forstvermehrungsgut-Zulassungsverordnung (FoVZV) vom 20.12.2002. BGBl. I S. 4721.
- ANONYMUS (2003): Forstvermehrungsgut-Herkunftsgebietsverordnung. Geändert durch die Erste Verordnung zur Änderung der Forstsaat-Herkunftsgebietsverordnung vom 15.01.2003. BGBl. I S. 238.
- GILLET E. M. (2002) Genetic structures from electrophoresis data – GSED Version 1.1i. Abteilung für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung der Universität Göttingen. URL: <http://www.uni-forst.gwdg.de/forst/fg/index.htm>.
- GOETZ (1951): Streifzug durch das schlesische Fichtengebiet. Forst und Holz 6, 341-344.
- GREGORIUS, H.-R.; ROBERDS, J.H. 1986: Measurement of genetic differentiation among subpopulations. Theor. Appl. Genet. 71: 826-834
- GROSSER, K.-H. (1955): Fichte und Tanne im Waldbild der Lausitz. In: MÜLLER-STOLL, W. R. (Hrsg.). Berlin-Kleinmachnow: Gartenverlag. S.57-63.
- 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.
- GROSSER, K. H. (2005): Die potenziell-natürliche Vegetation der Muskauer Heide und ihre anthropogenen Abwandlungen im Wald. Berichte der naturforschenden Gesellschaft der Oberlausitz 13, 103-128.

- HANHART-ROSCH, R.; KLEINSCHMIT, J. (1991): Austriebsverhalten von Fichtenklonen (*Picea abies* (L.) Karst.) in unterschiedlichen geographischen Gebieten. Allg. Forst- u. J. Ztg. 162, 25-28.
- HANNERZ, M. (1994): Predicting the Risk of Frost Occurrence after Budburst of Norway Spruce in Sweden. *Silva Fennica* 28, 243-249.
- HÄNNINEN, H. (1991): Does climatic warming increase the risk of frost damage in northern trees? *Plant, Cell and Environment* 14, 449-454.
- HATTEMER, H. H.; BERGMANN, F.; ZIEHE, M. (1993): Einführung in die Genetik für Studierende der Forstwissenschaft. Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main, 2. Aufl., 492 S.
- KONNERT, M. & MAURER, W. (2004): Isoenzymuntersuchungen bei Fichte (*Picea abies*) - Anleitung zur Trennmethodik und Auswertung der Zymogramme. Bund-Länder-Arbeitsgruppe „Erhaltung forstlicher Genressourcen“, Expertengruppe „Biochemisch-genetische Analyse“, 22 S. ([www.genres.de/fgrdeu/iso-handbuecher/fichte-arbeitsanleitung.pdf](http://www.genres.de/fgrdeu/iso-handbuecher/fichte-arbeitsanleitung.pdf)).
- KRUTZSCH, P. (1992): IUFRO's Role in Conifers Tree Improvement: Norway Spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). *Silvae Genetica*, 41: 143-150.
- NEI, M. (1972): Genetic distance between populations. *Amer. Nat.* 106, 283-292.
- PAUL, A.; WOLF, H.; TRÖBER, U. (2007): „Erhaltung und Charakterisierung von Traubeneiche und Plattenkiefer“. Projektbericht einschl. Ergänzung. Kompetenzzentrum Wald und Forstwirtschaft, Staatsbetrieb Sachsenforst, Pirna, unveröffentlicht.
- PFAUCH, W. (1964): Über Benadelungsunterschiede an Kamm- und Plattenfichten. *Archiv für Forstwesen* 13, 535-544.
- RUBNER, K. (1953): Die pflanzengeographischen Grundlagen des Waldbaus. 4. Aufl., Neumann Verlag, Radebeul u. Berlin, 583 S..
- SCHMIDT-VOIGT, H. (1972): Studien zur morphologischen Variabilität der Fichte (*Picea abies* [L.] Karst.): 3. Der gegenwärtige Stand der Forschung zur morphologischen Variabilität der Fichte – Gesetzmäßigkeiten und Theorien. Allg. Forst- u. J. Ztg. 143, 221-240.
- SCHMIDT-VOIGT, H. (1987): Die Fichte. Band I: Taxonomie, Verbreitung, Morphologie, Ökologie, Waldgesellschaften. Paul Parey, Hamburg, Berlin, 647 S..
- SCHULENBURG, A.-F. VON (1951): Provenienzfragen bei Zellstoffhölzern. *AFZ* 6, 14-16.
- SCHULENBURG, A.-F. VON (1953): Die spätreibende Tieflandsfichte – Eine gegen Spätfröste gefeite Klimarasse. *Forstarchiv* 24, 196-198.

- SCHULZE, A. (2006): Forsthistorischer Abriss des Waldgebietes um den Urwald Weißwasser unter besonderer Berücksichtigung des Jagdschlusses und des Tiergartens. Unveröffentl. Diplomarbeit der TU Dresden, Fakultät Forst-, Geo- und Hydrowissenschaften.
- THOMASIUS, H. (1990): Vorkommen, Bedeutung und Bewirtschaftung der Fichte in der DDR. Forstw. Cbl. 109, 138-151.
- TRÖBER, U. (1996): Genetische Charakterisierung von Waldbaumpopulationen - Gemeine Fichte. In: Sächsische Landesanstalt für Forsten (Hrsg.): Jahresbericht 1996. S. 103-105.
- WEISGERBER, H., DIETZE, W., KLEINSCHMIT, J., RACZ, J., DIETRICH, H., DIMPFLMEIER, R. (1976): Ergebnisse des internationalen Fichten-Provenienzversuches 1962. Teil I: Phänologische Beobachtungen und Höhenwachstum bis zur ersten Freilandaufnahme. Allg. Forst.- u. J.-Ztg. 147, 227-235.
- WEISGERBER, H., DIETZE, W., KLEINSCHMIT, J., RACZ, J., DIETRICH, H., DIMPFLMEIER, R. (1977): Ergebnisse des internationalen Fichten-Provenienzversuches 1962. Teil II: Weitere Entwicklung bis zum Alter 13. Allg. Forst.- u. J.-Ztg. 148, 217-226.
- WEISGERBER, H., DIMPFLMEIER, R., RUETZ, W., KLEINSCHMIT, J., WIDMAIER, T. (1984): Ergebnisse des internationalen Fichten-Provenienzversuches 1962. Entwicklung bis zum Alter 18. Allg. Forst.- u. J.-Ztg. 155, 110-121.
- WOLF, H.; BRAUN, H. (1995): Erhaltung und Förderung forstlicher Genressourcen. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Forsten, Heft 3, 36 S.
- WOLF, H. (in Vorb.): Die Anpassungsfähigkeit der Europäischen Fichte (*Picea abies* (L.) Karst.) an sich ändernde klimatische Bedingungen. Teil I: Ergebnisse des Internationalen Fichten-Provenienzversuches 1972 bis zum Alter 34 Jahre.
- YEH, F.C.; YANG, R.; BOYLE, T. (1999): POPGENE Version 1.31. Microsoft Window-based Freeware for Population Genetic Analyses

## 7 Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

- Tab. 1: Untersuchte Herkünfte
- Tab. 2: Lage und standörtliche Verhältnisse der Versuchsflächen
- Tab. 3: Untersuchte morphologische Merkmale an den Seitenzweigen der Fichten
- Tab. 4: Untersuchungsmaterial der Isoenzymanalysen
- Tab. 5: Enzymsysteme, untersuchte Genloci und Anzahl beobachteter Allele
- Tab. 6: Übersicht der bereits 1996 untersuchten Tieflandsfichten-Bestände
- Tab. 7: Durchschnittliche Ausfallrate der untersuchten Tieflandsfichten-Herkünfte im Vergleich zu Herkünften Carlsfeld und Abtsgemünd im Pflanzenalter 14 Jahre
- Tab. 8: Mittlere Baumhöhe (in m) der untersuchten Tieflandsfichten-Herkünfte im Vergleich zu Herkünften Carlsfeld und Abtsgemünd im Pflanzenalter 14 Jahre
- Tab. 9: Mittlere Nadellänge (in mm) und Nadeldichte je cm Trieblänge der untersuchten Tieflandsfichten-Herkünfte im Vergleich zu Herkünften Carlsfeld und Abtsgemünd an ein- (Nadeljahrgang 2009) und zweijährigen Nadeln (Jahrgang 2008) im Pflanzenalter 16 Jahre
- Tab. 10: Knospenmerkmale der untersuchten Tieflandsfichten-Herkünfte im Vergleich zu Herkünften Carlsfeld und Abtsgemünd an einjährigen Trieben des Jahrgangs 2009 im Pflanzenalter 16 Jahre
- Tab. 11: Vielfaltswerte in verschiedenen Stichproben des Tieflandfichten-Vorkommens „Urwald Weißwasser“ (G(P)- potentielle genotypische Vielfalt; A/L- durchschnittliche Anzahl der Allele pro Locus; P- Anteil polymorpher Genorte)
- Tab. 12: Genetische Diversität in verschiedenen Stichproben des Tieflandfichten-Vorkommens „Urwald Weißwasser“ ( $H_a$ - beobachtete und  $H_e$ - erwartete Heterozygotie,  $\nu_{pool}$ - Genpool- und  $\nu_{gam}$ - hypothetische gametische Multilocus-Diversität,  $\square$ - Gesamtdifferenzierung)
- Tab. 13: Subpopulationsdifferenzierung ( $D_j$ ) in verschiedenen Stichproben des Tieflandfichten-Vorkommens „Urwald Weißwasser“ über alle untersuchten Genorte
- Tab. 14: Werte der genetischen Vielfalt in den untersuchten Tieflandfichten-Vorkommen (G(P)- potentielle genotypische Vielfalt; A/L- durchschnittliche Anzahl der Allele pro Locus; P- Anteil polymorpher Genorte)

- Tab. 15: Genetische Diversität in den untersuchten Tieflandsfichten-Vorkommen (Ha-beobachtete und He- erwartete Heterozygotie,  $\nu$ pool- Genpool- und  $\nu$ gam-hypothetische gametische Multilocus-Diversität,  $\Delta$ - Gesamtdifferenzierung)
- Tab. 16: Subpopulationsdifferenzierung (Dj) in den untersuchten Tieflandsfichten-Vorkommen über 10 Genorte
- Tab. 17: Von 2007 bis 2009 durchgeführte Pfropfarbeiten zur Erhaltung des Lausitzer Tieflandsfichten-Vorkommens „Urwald Weißwasser“
- Tab. 18: Vorhandene Tieflandsfichtenklone mit Pfropflingszahlen nach der Inventur im Oktober 2009 (Klone mit mindestens drei Ramets sind fett markiert)
- 
- Abb. 1: Tieflandsfichten im Urwald Weißwasser
- Abb. 2: Lage der untersuchten Tieflandsfichten-Herkünfte in Nordost-Sachsen und Südbrandenburg
- Abb. 3: Boniturschema für die Erfassung des Austriebszustandes
- Abb. 4: Schematische Darstellung der Entnahmestelle für die Probezweige
- Abb. 5: Baumsteiger an Tieflandsfichte
- Abb. 6: Gepfropftes Tieflandsfichtenreis
- Abb. 7: Austriebsverlauf der untersuchten Tieflandsfichten-Herkünfte im Vergleich zu Herkünften aus dem Erzgebirge (Carlsfeld) und dem Schwäbisch-Fränkischen Wald (Abtsgemünd) im Frühjahr 2009 auf der Fläche Hoyerswerda
- Abb. 8: Häufigkeitsverteilung der Austriebsstadien der untersuchten Tieflandsfichten-Herkünfte im Vergleich zu Herkünften Carlsfeld und Abtsgemünd am 120. Tag des Jahres (30.04.2009) auf der Fläche Hoyerswerda
- Abb. 9: Häufigkeitsverteilung der Austriebsstadien der untersuchten Tieflandsfichten-Herkünfte im Vergleich zu Herkünften Carlsfeld und Abtsgemünd am 141. Tag des Jahres (21.05.2009) auf der Fläche Hoyerswerda
- Abb. 10: Relative Ausfälle bezogen auf den jeweiligen Versuchsflächenmittelwert (in %) der untersuchten Tieflandsfichten-Herkünfte im Vergleich zu Herkünften Carlsfeld und Abtsgemünd im Pflanzenalter 14 Jahre
- Abb. 11: Relative Höhe bezogen auf den jeweiligen Versuchsflächenmittelwert (in %) der untersuchten Tieflandsfichten-Herkünfte im Vergleich zu Herkünften Carlsfeld und Abtsgemünd im Pflanzenalter 14 Jahre

- Abb. 12: Mittlere Nadelkennzahl nach PFAUCH (1964) der untersuchten Tieflandsfichten-Herkünfte im Vergleich zu Herkünften Carlsfeld und Abtsgemünd an ein- (Nadeljahrgang 2009) und zweijährigen Nadeln (Jahrgang 2008) im Pflanzenalter 16 Jahre
- Abb. 13: Nadelstellung der untersuchten Tieflandsfichten-Herkünfte im Vergleich zu Herkünften Carlsfeld und Abtsgemünd an einjährigen Trieben des Jahrgangs 2009 im Pflanzenalter 16 Jahre
- Abb. 14: Ausformung der Nadelspitze der untersuchten Tieflandsfichten-Herkünfte im Vergleich zu Herkünften Carlsfeld und Abtsgemünd an einjährigen Trieben des Jahrgangs 2009 im Pflanzenalter 16 Jahre
- Abb. 15: Nadelquerschnitt der untersuchten Tieflandsfichten-Herkünfte im Vergleich zu Herkünften Carlsfeld und Abtsgemünd an einjährigen Trieben des Jahrgangs 2009 im Pflanzenalter 16 Jahre
- Abb. 16: Anzahl der Stomatabänder auf der Nadeloberseite der untersuchten Tieflandsfichten-Herkünfte im Vergleich zu Herkünften Carlsfeld und Abtsgemünd an einjährigen Trieben des Jahrgangs 2009 im Pflanzenalter 16 Jahre
- Abb. 17: Mittlere Gesamtweiglänge und Spannweite der Werte der untersuchten Tieflandsfichten-Herkünfte im Vergleich zu Herkünften Carlsfeld und Abtsgemünd im Pflanzenalter 16 Jahre
- Abb. 18: Mittlere Länge der Triebe aus den Wachstumsjahren 2006 bis 2009 der untersuchten Tieflandsfichten-Herkünfte im Vergleich zu Herkünften Carlsfeld und Abtsgemünd im Pflanzenalter 16 Jahre
- Abb. 19: Mittlere Triebanzahl pro Verzweigungsordnung am Trieb 2006 der untersuchten Tieflandsfichten-Herkünfte im Vergleich zu Herkünften Carlsfeld und Abtsgemünd im Pflanzenalter 16 Jahre
- Abb. 20: Mittlere Triebanzahl pro Verzweigungsordnung am Trieb 2007 der untersuchten Tieflandsfichten-Herkünfte im Vergleich zu Herkünften Carlsfeld und Abtsgemünd im Pflanzenalter 16 Jahre
- Abb. 21: Werte der mittleren beobachteten ( $H_a$ ) und erwarteten ( $H_e$ ) Heterozygotie in den untersuchten Tieflandfichten-Vorkommen
- Abb. 22: Genetische Diversität in den untersuchten Tieflandfichten-Vorkommen ( $\nu$ pool- Genpool-Diversität,  $\square$ - Gesamtdifferenzierung)

- Abb. 23: □ Vergleich der Gesamtdifferenzierung ( $\delta T$ ) unter Berücksichtigung der Zugehörigkeit zu den Vorkommen und Generationen (grün – geplante Samenplantage, blau - Altbäume, lila – Nachkommenschaften)
- Abb. 24: Dendrogramm der genetischen Abstände zwischen den Vorkommen nach NEI (1972) basierend auf den Allelhäufigkeiten an 10 Genorten
- Abb. 25: Lage der Tieflandsfichten-Vorkommen Pechern A und B