

**Sonderheft 344**  
*Special Issue*

## **Zum Douglasienanbau in Deutschland**

Ökologische, waldbauliche, genetische und holzbiologische Gesichtspunkte des Douglasienanbaus in Deutschland und den angrenzenden Staaten aus naturwissenschaftlicher und gesellschaftspolitischer Sicht

Dierk Kownatzki, Wolf-Ulrich Kriebitzsch,  
Andreas Bolte, Heike Liesebach,  
Uwe Schmitt, Peter Elsasser

**Bibliografische Information  
der Deutschen Bibliothek**

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese  
Publikation in der Deutschen Nationalbibliothek;  
detaillierte bibliografische Daten sind  
im Internet über <http://www.d-nb.de/>  
abrufbar.



**2011**

**Landbauforschung**  
*vTI Agriculture and  
Forestry Research*

Johann Heinrich von Thünen-Institut  
Bundesforschungsinstitut für  
Ländliche Räume, Wald und Fischerei (vTI)  
Bundesallee 50, D-38116 Braunschweig,  
Germany

Die Verantwortung für die Inhalte liegt  
bei den jeweiligen Verfassern bzw.  
Verfasserinnen.

landbauforschung@vti.bund.de  
www.vti.bund.de

**Preis 10 €**

**ISSN 0376-0723**  
**ISBN 978-3-86576-070-8**

**Landbauforschung**  
*vTI Agriculture and  
Forestry Research*

**Sonderheft 344**  
*Special Issue*

## **Zum Douglasienanbau in Deutschland**

Ökologische, waldbauliche, genetische und holzbiologische Gesichtspunkte des Douglasienanbaus in Deutschland und den angrenzenden Staaten aus naturwissenschaftlicher und gesellschaftspolitischer Sicht

Dierk Kownatzki<sup>1</sup>, Wolf-Ulrich Kriebitzsch<sup>1</sup>,  
Andreas Bolte<sup>2</sup>, Heike Liesebach<sup>3</sup>,  
Uwe Schmitt<sup>4</sup>, Peter Elsasser<sup>5</sup>

Johann Heinrich von Thünen-Institut,  
Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei

<sup>1</sup> Institut für Weltforstwirtschaft, Leuschnerstraße 91, D-21031 Hamburg

<sup>2</sup> Institut für Waldökologie und Waldinventuren, Alfred-Möller-Str. 1, D-16225 Eberswalde

<sup>3</sup> Institut für Forstgenetik, Sieker Landstraße 2, D-22927 Großhansdorf

<sup>4</sup> Institut für Holztechnologie und Holzbiologie, Leuschnerstraße 91, D-21031 Hamburg

<sup>5</sup> Institut für Ökonomie der Forst- und Holzwirtschaft, Leuschnerstraße 91, D-21031 Hamburg



## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Hintergrund und Definitionen</b>	<b>1</b>
1.1	Grundlegende Bemerkungen	2
1.2	Wissenschaftliche Klassifikation der Einbürgerung	4
1.3	Historische Betrachtung zur Einführung von Douglasie und anderen fremdländischen Baumarten in Europa	5
1.4	Aktuelle Wahrnehmung der in Deutschland etablierten Douglasie	7
1.4.1	Naturschutzverbände	8
1.4.1.1	NABU - Naturschutzbund Deutschland e. V.	8
1.4.1.2	Bund für Umwelt- und Naturschutz Deutschland (BUND)	9
1.4.1.3	SDW - Schutzgemeinschaft Deutscher Wald e. V.	9
1.4.2	Zertifizierungsorganisationen	9
1.4.2.1	FSC - Forest Stewardship Council Arbeitsgruppe Deutschland e. V.	9
1.4.2.2	PEFC Deutschland e. V.	10
1.4.2.3	Naturland e. V.	10
1.4.3	Amtlicher Naturschutz	10
1.4.3.1	Bundesamt für Naturschutz (BfN)	11
<b>2</b>	<b>Zur Ökologie der Douglasie (<i>Pseudotsuga menziesii</i> [Mirb.] Franco)</b>	<b>14</b>
2.1	Natürliches Verbreitungsgebiet (Nordamerika)	14
2.1.1	Klimatische und standörtliche Ansprüche	16
2.1.2	Regionale Gliederung	17
2.1.2.1	Standorts- und Klimagliederung zur Ausscheidung von Wuchs- und Samenzonen	17
2.1.2.2	Standortrassen und regionale genetische Differenzierung	19
2.2	Anbaugebiet (Europa, Deutschland)	20
2.2.1	Standort- und Klimaspektrum der Anbauten	23
2.2.2	Wuchsleistung	26
2.2.3	Begleitartenspektrum	27
2.2.3.1	Flora	27
2.2.3.2	Fauna	28
2.2.4	Auswirkungen auf Begleitartenspektrum und Standort	28
2.2.5	Angepasstheit an künftige Klimabedingungen (abiotische & biotische Gefahren)	30

<b>3</b>	<b>Waldbau, Herkunftssicherheit und Anbaurisiken</b>	<b>32</b>
3.1	Anbauversuche	32
3.1.1	Ursprung des zum Anbau verwendeten Douglasiensaatguts	32
3.1.2	Herkunftsversuche	33
3.1.3	Durchforstungs- und Standraumversuche	36
3.1.4	Mischbestandsanbauten und -versuche	37
3.1.4.1	Douglasie und Waldkiefer	38
3.1.4.2	Douglasie und Fichte	38
3.1.4.3	Douglasie und Laubholz	38
3.1.4.4	Douglasie und Buche	39
3.2	Etablierung und Regeneration	41
3.2.1	Ausbreitungspotential der Douglasie (Invasivität)	43
3.3	Herkunftssicherheit von Douglasiensaatgut	45
3.3.1	Genetische Differenzierung als Voraussetzung für Herkunftssicherheit	45
3.3.2	Überprüfung der deklarierten Herkunft von Douglasiensaatgut	45
3.3.3	Zugelassene Saatguterntebestände von Douglasie in Deutschland	47
3.4	Anbaurisiken	48
<b>4</b>	<b>Holzbiologie</b>	<b>50</b>
4.1	Holzqualitäten im Vergleich von Ursprungs- und Anbaugesbiet	50
4.2	Anforderungen der Holzverwendung	51
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>52</b>
<b>6</b>	<b>Weiterer Informationsbedarf und Ausblick</b>	<b>56</b>
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>57</b>

## 1 Hintergrund und Definitionen

Wälder in Deutschland sind weitgehend naturnah bewirtschaftete Ökosysteme und müssen verschiedensten gesellschaftlichen Ansprüchen gerecht werden. Aufgrund einer sich stetig verändernden Gewichtung dieser vielfach berechtigten Ansprüche befinden sich die Waldeigentümer in einem Spannungsfeld von Holznachfrage, Risikovorsorge sowie wachsender Anforderungen von Erholungssuchenden und des Umwelt- und Naturschutzes. Eine auf Nachhaltigkeit aller Funktionen ausgerichtete und um den Interessensausgleich bemühte Waldbewirtschaftung bildet den Grundstock für die Erfüllung sehr vielfältiger Ansprüche und die Erreichung vorgegebener Ziele.

Prognosen über die Intensität und die Geschwindigkeit künftiger Klimaänderungen machen deutlich, dass die Erfüllung von betrieblichen wie gesellschaftlichen Ansprüchen an den Wald gefährdet ist. Der Klimawandel wirkt sich auf das natürliche Konkurrenzgefüge lokal angepasster Baumarten aus und erzwingt langfristig den Wechsel zu besser an das künftige Klima angepassten Artengemeinschaften. In diesem Zusammenhang besteht das forstliche Interesse, auch lokal bewährte Vorkommen gebietsfremder Baumarten zu berücksichtigen. Aus waldökologischer und naturschutzfachlicher Sicht bedeutet ein sukzessiver, aber zielgerichteter Baumartenwechsel zunächst die Störung lokal etablierter Systeme. Im Hinblick auf die sich im Laufe einer Baumgeneration ändernden Bedingungen wird aber erwartet, dass sich mit dem Baumartenwechsel zwar ein anderer, aber künftig stabiler Zustand erreichen lässt.

Infolge des veränderten Stoffeintrags aus der Atmosphäre und des erwarteten Klimawandels werden einerseits die derzeit existierenden Waldökosysteme immer störungsanfälliger und entwickeln meist wenig vorhersagbare Dynamiken. Andererseits sind die langfristigen Folgewirkungen eines klimabedingten Waldumbaus nur modellierend abschätzbar. Dies gilt ganz besonders für potentielle Ersatzwaldgesellschaften unter Beteiligung eingeführter Baumarten. Das BMELV hat daher das Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI) beauftragt, den aktuellen Wissensstand zum Anbau von gebietsfremden Baumarten (Neophyten, i. e. nach dem Jahr 1492 n. Chr. eingebrachte Arten) in Deutschland zu erfassen. Auf der Grundlage dieser Erfassung sollen die Chancen ihrer naturverträglichen Integration abgeschätzt, aber auch mögliche Risiken aus ökologischer, technologischer und ökonomischer Sicht analysiert werden. Das vTI-Institut für Weltforstwirtschaft (WFW) koordiniert diese Aufgabe.

Der Aspekt der Naturverträglichkeit gewinnt vor dem Hintergrund klimatischer Veränderungen und der hiermit verbundenen dynamischen Anpassung von Waldökosystemen zunehmend an Bedeutung. Da auch mit dem flächigen Ausfall von Baumarten und ggf. Baumartengruppen zu rechnen ist, stellt sich unmittelbar die Frage nach geeigneten Ersatzwaldgesellschaften unter Berücksichtigung von bereits etablierten, an das künftige Klima angepassten, aber gebietsfremden Baumarten. Ob und inwieweit die Integration von fremdländischen Baumarten – um hier einen weiteren Begriff für diese Baumartengruppe einzuführen – naturverträglich möglich ist, ist in der in Teilaspekten umfangreichen Literatur nur vereinzelt und wenig systematisch dokumentiert.

Eine wichtige Rolle in dieser Diskussion spielt die Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) mit ihren Varietäten. Besondere Aspekte sind hierbei ihre nachgewiesene Wüchsigkeit und ihre potentiell hohe Standorts- und Klimaverträglichkeit in Deutschland und im übrigen Europa. Mit der Etablierung der Douglasie in Europa waren und sind Einzelfragen zum Anbau, zu Holzeigenschaften und zur Ökologie von Douglasie Gegenstand forstlicher Forschung. Punktuelle Untersuchungen zu den Wechselwirkungen der Douglasie mit der heimischen Flora und Fauna lassen allerdings kein

abschließendes Urteil zu, inwieweit sich diese Baumart in bereits etablierte Biozönosen integrieren lässt und welche Bedeutung sie langfristig für das lokale Ökosystem hat. Untersuchungen zu den ökologischen Eigenschaften der Douglasie und ihren Ökosystemwirkungen mit besonderem Augenmerk auf die Naturverträglichkeit ihres Anbaus liegen nur verstreut vor. Diese zusammenzuführen, ist Ziel der vorgelegten Literaturlauswertung.

### 1.1 Grundlegende Bemerkungen

Einleitend soll versucht werden, die begriffliche Sprachregelung um den Anbau gebietsfremder Baumarten einzuordnen (siehe „Definitionen von verwendeten Begriffen“ im separaten Kasten), insbesondere unter Einbeziehung semantischer Aspekte. Den Autoren ist hierbei durchaus bewusst, dass sie selbst zugleich Betrachter und Bestandteil des Systems ihrer Betrachtung sind und damit subjektiven Einschätzungen unterliegen, die durch eigene Erfahrungen und die zeitliche Entwicklung beeinflusst sind. Dies betrifft ganz besonders die gegenwärtige Einschätzung von historischen Dokumenten, deren Urheber nicht mehr persönlich zum Sachverhalt befragt werden können. Eine entsprechende Einordnung des sogenannten „Zeitgeistes“ ist aber nur in begrenztem Maße auf der Basis verfügbarer zeitgenössischer Literatur und Berichterstattungen möglich. So können in der Vergangenheit durchaus positiv besetzte Begriffe oder Inhalte mit der Zeit ihre Wertigkeit ändern und dadurch bei gleichem Sachverhalt zu einer neuen Einschätzung führen.

In diese teils wechselvolle begriffliche Verwendung lassen sich auch die in der forstlichen Literatur teilweise synonym benutzten Termini „Gastbaumarten“, „Exoten“, „Neophyten“ und „Fremdländer“, um nur einige hiervon zu nennen, einordnen. Nicht anders verhält es sich mit den Adjektiven „einheimisch“, „standortheimisch“, „autochthon“ sowie deren Negationen. Insbesondere bei dem Begriff „Fremdländer“ klingt eine Portion instinktiver Angst vor Fremdartigem an („Xenophobie“), die rational kaum begründbar ist und durch vermeintliche Bedrohlichkeiten, wie Verdrängungseffekte oder Invasivität von Arten, noch verstärkt wird. Der Begriff „Gastbaumart“ hingegen deutet an, dass es sich möglicherweise um ein Phänomen von zeitlich beschränkter Integration handelt, da „Gäste“ im Allgemeinen nach einer Weile von sich aus gehen. Dies trifft auf im Wald kultivierte Baumarten nur bedingt zu.

Sukopp (1995, S. 17f.) dokumentiert Veränderungen in der zeitgenössischen Wahrnehmung und Beschreibung von Neophyten und stellt fest, dass die Autoren hierbei die Sachebene gelegentlich verlassen oder um subjektive Auslegungen (Meinungen) erweitern. Dies ist nicht immer auf den ersten Blick erkennbar. Eine objektive Textanalyse berücksichtigt diese Aspekte durch ein hohes Maß an Sorgfalt und kritischer Bewertung der Inhalte.

Zu einer guten wissenschaftlichen Praxis in der Gegenwart gehören der selbstkritische Umgang mit dem Text und die Eigenverpflichtung zu Objektivität. Das erlaubt durchaus eine veränderte Sichtweise auf in der Vergangenheit dokumentierte Sachverhalte und die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit diesen zur Herleitung neuer Erkenntnisse.

Die Diskussion um den Anbau gebietsfremder (Baum-)Arten ist nicht ganz neu. Sie wurde -am Beispiel Douglasie - bereits vor über 100 Jahren kontrovers geführt (Booth 1896, zitiert nach Knoerzer 1998). Knoerzer (1998) führt ebenfalls an, dass vielfach „ungleiche Begriffsverwendungen bzw. unterschiedliche Vorstellungen von Begriffsinhalten die Verständigung“ in der Sache beeinträchtigen und bezieht dies konkret auf die Sprachregelungen zwischen Interessensgruppen. Gemeinsam



erarbeitete Definitionen könnten daher substantiell zur Versachlichung der Diskussion beitragen (Knoerzer 1998).

### Definitionen von verwendeten Begriffen

Um Missverständnissen und Fehlinterpretationen weitest gehend entgegenzuwirken, werden einige der im weiteren Textverlauf verwendeten Begriffe zur einheitlichen Sprachregelung definiert:

In Sinne der ursprünglichen Bedeutung des Begriffs *einheimisch* [an einem Ort (Heim) geboren, indigen] werden hiermit Tier- und Pflanzenarten bezeichnet, die in einem definierten Bezugsraum von Natur aus vorkommen und ohne menschlichen Einfluss dorthin gelangt sind (s. a. BfN 2005; S. 7). Dabei lassen sich grundsätzlich unterschiedliche Skalen betrachten, die sehr davon abhängig sind, auf welche Flächenausdehnung sich das natürliche Verbreitungsareal einer Art maximal beziehen kann.

Als *standortheimisch* bzw. *standortsheimisch* werden Arten bezeichnet, die langjährige Bestandteile der durch den Standort geprägten, natürlichen Tier- und Pflanzengesellschaft sind. Auf Baumarten bezogen, bedeutet dies, dass sie der potentiell natürlichen Waldgesellschaft des jeweiligen Standorts angehören.

Als *heimisch* wird nach § 7 Abs. 2 Nr. 7. BNatSchG eine wild lebende Tier- oder Pflanzenart bezeichnet, die ihr Verbreitungsgebiet oder regelmäßiges Wanderungsgebiet ganz oder teilweise (a) im Inland hat oder in geschichtlicher Zeit hatte oder (b) auf natürliche Weise in das Inland ausdehnt. Weiter gilt als heimisch eine wild lebende Tier- oder Pflanzenart auch, wenn sich verwilderte oder durch menschlichen Einfluss eingebürgerte Tiere oder Pflanzen der betreffenden Art im Inland in freier Natur und ohne menschliche Hilfe über mehrere Generationen als Population erhalten. Letzteres erfüllt nach Schmidt (2010) die Kriterien, „*neuheimisch*“ zu sein.

*Gebietsfremd* ist nach § 7 Abs. 2 Nr. 8. BNatSchG eine wild lebende Tier- oder Pflanzenart, wenn sie in dem betreffenden Gebiet in freier Natur (Anmerkung: Hier ist vermutlich „von Natur aus“ gemeint. Vgl. BfN 2005) nicht oder seit mehr als 100 Jahren nicht mehr vorkommt.

Nach einem Positionspapier (BfN 2005) sind *gebietsfremde* (auch fremdländische oder allochthone) Arten, die in einem Gebiet von Natur aus nicht vorkommen, durch direkte oder indirekte Einflüsse des Menschen dorthin gelangt.

Im Prinzip wird jede eingeführte bzw. eingewanderte (im Gebiet nicht ursprüngliche) Baumart zunächst als eine Störung ursprünglich vorhandener (Wald-)Strukturen wahrgenommen und beschrieben. Die Wahrnehmung einer solchen Störung und deren Intensität wiederum sind abhängig von den persönlichen und damit meist subjektiven Erfahrungen. Solche Wahrnehmungen relativieren sich, wenn mit dem Objekt bestimmte positiv motivierte Ziele, wie dem spezifischen Nutzen, verbunden sind.

Dabei hat es „zu allen Zeiten gebietsbezogene Einwanderungen und ein Aussterben von Pflanzenarten gegeben“ (Knoerzer 1998). Diese Entwicklungen vollziehen sich jedoch nicht abrupt, sondern geschehen in einem langsamen, gelegentlich mehrere (Menschen-) Generationen andauernden Prozess, der sich mit einer zunehmenden Intensität der Landnutzung verstärkt und beschleunigt. Zudem wird er durch eingebürgerte Arten und der eigendynamischen Ausbreitung im neuen

Lebensraum überprägt. Mit unterschiedlichen regionalen Schwerpunkten werden solche Entwicklungen schon seit Beginn des 20. Jahrhunderts systematisch beobachtet.

Mit der Entdeckung von Amerika, in dem Gebiete mit europäischem Klima ähnelnden Witterungsbedingungen vorgefunden wurden, kamen ausgesuchte, teilweise exotisch anmutende Tier- und Pflanzenarten nach Europa. Diese dienten zunächst vorwiegend als lebende Anschauungsobjekte einer fernen Welt. Nutzungsinteresse führte später bei einigen Arten zu systematischer Vermehrung und Anbau. Hierzu zählen auch viele für unsere heutige Ernährung elementare Nutzpflanzen, wie z. B. Kartoffel, Tomate und Mais, um nur einige zu nennen. Forstwirtschaftlich bedeutende Arten aus Nordamerika sind u. a. Douglasie, Küstentanne, Weymouthskiefer (auch Strobe genannt), Robinie und Roteiche, die sich mit recht unterschiedlichem Erfolg regional etablieren konnten.

Wissend um die Begriffsbesetzung, sind die Autoren um Objektivität in der Darstellung bemüht und geben daher die in der Literatur vorherrschenden Meinungsbilder in Zitatform wieder. Es bleibt daher dem Leser selbst überlassen, welchem der dargestellten Meinungsbilder er sich anschließen mag. Dabei sollte in diesem Zusammenhang auch klar sein, dass der Übergang zwischen wissenschaftlich fundiertem Wissen und modellhaften (Wunsch-)Vorstellungen fließend ist. Ein Umstand, der neben den von Knoerzer (1998) ins Feld geführten unterschiedlichen Auffassungen von Begriffen bei Meinungsverschiedenheiten häufig nicht beachtet wird.

## 1.2 Wissenschaftliche Klassifikation der Einbürgerung am Beispiel der Douglasie

Knoerzer (1998) stellt ein aufwendiges eigenes terminologisches System vor, das geschaffen wurde, um eingewanderte bzw. mit Schwerpunkt eingebrachte Arten zu klassifizieren. Dieses System berücksichtigt drei Unterscheidungskriterien (Zeitpunkt der Einwanderung, Einwanderungsweise, Grad der Einbürgerung) und ordnet diesen wissenschaftlich eingeführte Begriffe zu.

Nach Knoerzer (1998) lässt sich der Status der Douglasie nach den drei genannten Kriterien, wie folgt, beschreiben. Hinsichtlich des Zeitpunkts der Einbürgerung handelt es sich um eine neophytische Art, die nach Art und Weise der Einwanderung als Hemerophyt (= durch den Menschen eingebrachte Art) und wegen der Absichtlichkeit der Einbringung als Ergasiophygot (= Kulturflüchtling) zu bezeichnen ist. Die Klassifikation der Douglasie in Bezug auf den Grad der Einbürgerung ist strittig, da sie bisher nicht als Bestandteil der heimischen Vegetation angesehen wird (= Ephemerophytie) und sich bisher nur sporadisch verjüngt. An den Verjüngungsorten ist sie allerdings in der Lage, die dort vorkommenden Arten zurückzudrängen bzw. sich dauerhaft in das Artenspektrum einzupassen und wäre folglich lokal als neuheimische Art oder Agriophyt (= Neophyten, die dort in natürlichen Lebensräumen etabliert sind, und auch nach Aufhören des menschlichen Einflusses Bestandteil der natürlichen Vegetation bleiben) einzuordnen (s. a. Schmidt 2010).

Den Erfolg und Misserfolg der Einbürgerung von gebietsfremden Gehölzarten klassifiziert Kowarik (1995) in vier Stufen nach dem Grad der Integration, von vollständig in die naturnahe Vegetation integriert (Agriophyten), über in anthropogene Vegetation (Felder, Gärten) eingepasst oder nur vorhanden bzw. ausgestorben. Vollständig integrierte Arten sind ohne weiteres Zutun dauerhaft überlebensfähig und können zu erheblichen Problemen führen. Die Übrigen bedürfen der Hilfe des Menschen, um langfristig einen Wuchsraum zu besiedeln.

Seit dem Altertum sind aus verschiedensten Gründen mit unterschiedlichen Erwartungen und wechselndem Erfolg Gehölzarten nach Deutschland eingeführt worden. Knoerzer et al. (1995) beschreiben grob vier Perioden: Altertum – Mittelalter und frühe Neuzeit – Bestrebungen zur Produktivitätssteigerung um 1750 – Wissenschaftliche Anbauversuche nach 1870. In deutschen Wäldern sind nach Derenthall (1993, zitiert nach Knoerzer et al. 1995) „insgesamt 16 fremdländische Baumarten von forstlicher Relevanz, davon 9 Nadel- und 7 Laubbaumarten“, die sich weiterhin in „15 ‚nützliche‘ Arten und ein ‚Waldunkraut‘ “ aufteilen lassen. Letztere ist die Spätblühende Traubenkirsche, welche - als Pioniergehölzart besonders auf armen Sanden eingesetzt - sich zur verjüngungshemmenden „Problemgehölzart“ entwickelt hat (Derenthall 1993, zitiert nach Knoerzer et al. 1995).

### 1.3 Historische Betrachtung zur Einführung von Douglasie und anderen fremdländischen Baumarten in Europa

Zur Douglasie und speziell zur Geschichte des Douglasienanbaus in Europa existiert eine Vielzahl von Publikationen, die nur mit sehr großem Aufwand vollständig erfasst und ausgewertet werden könnte. Die folgenden Angaben zur ersten Beschreibung und Systematik der Douglasie beziehen sich auf ausgewählte forstbotanische Standardwerke jüngeren Datums.

Die (Grüne) Douglasie wurde vom schottischen Schiffsarzt und Botaniker Archibald Menzies 1792 an der Westküste Vancouver Islands entdeckt (Aas 2008). Die Entdeckung der auch Küstendouglasie genannten Unterart erfolgte bei Kartierungsarbeiten der britischen Marine, während die Inlandsvorkommen der Douglasie, die ebenfalls Unterarten repräsentieren, seinerzeit ebenso unbekannt waren, wie die aus naturwissenschaftlicher Sicht interessanten, natürlichen Mischvorkommen dieser Unterarten. Mit der Rückkehr nach England im Jahr 1795 kamen erstmals getrocknete Pflanzenteile, aber noch kein Saatgut von Douglasie nach Europa. Die nach England gebrachten Zweige wurden vom britischen Botaniker Lambert 1803 erstmals systematisch beschrieben (Hermann 1981). Hermann (1981) berichtet von weiteren Beschreibungen der Baumart, was im Laufe von zwei Jahrhunderten zu verschiedenen Namen der Grünen Douglasie sowie ihrer Abgrenzung zu weiteren Unterarten (Graue bzw. Blaue Douglasie) geführt hat. Neben der systematischen Einordnung beschäftigt die regionale Abgrenzung von Grüner, Grauer und Blauer Douglasie in ihrem Ursprungsgebiet Naturwissenschaftler bis in die heutige Zeit (Frothingham 1909; Schenck 1939; Zavarin & Snajberk 1973, 1975; Hermann 1981; Li 1986; Klumpp 1999).

Nach CMA (1998) leitet sich der deutsche Name „Douglasie“ vom schottischen Naturforscher David Douglas ab, der 1828 die ersten Samen nach Schottland und England schickte. Andere Autoren (u. a. Konnert et al. 2008) datieren die Ankunft der ersten Douglasiensamen in Europa auf das Jahr 1827 (in Anlehnung an Booth 1877; zitiert nach Hermann 2004). Über die Einsammlungsorte der ältesten Lieferungen von Douglasiensamen nach Europa besteht wenig Klarheit. Zum Ursprung der ersten Samenlieferung von Douglas verweist Isaac (1964) auf die Tagebucheinträge von Douglas und das Archiv der Hudson's Bay Company, welche auf eine „wahrscheinlich in den Ebenen außerhalb von Vancouver (Washington)“ durchgeführte Samenernte hindeuten. (Anmerkung: Es handelt sich hierbei um die amerikanische, am Columbia River gegenüber von Portland gelegene Stadt im Bundesstaat Washington, die nicht mit dem kanadischen Vancouver (British Columbia) verwechselt werden darf (s. a. Schenck 1939, S. 500).)

König (2005) zitiert spätere Arbeiten von John Cornelius Booth (1882, 1903), aus denen ebenfalls eine Ankunft im Jahr 1827 hervorgeht, und weist gleichzeitig darauf hin, dass sich die Douglasie

möglicherweise erst nach Abschluss der zweiten Expedition im Jahr 1829 in Europa erfolgreich etablieren ließ. Damit scheint die exakte Jahresangabe zum ersten Eintreffen von Douglasiensamen in Europa strittig zu sein. Gesichert ist aber, dass um 1830 Samen von in Nordamerika beheimateter Douglasien nach Europa gelangten. Seitdem wurden sie regional mit sehr unterschiedlichem Schwerpunkt und Erfolg zunächst in Gartenanlagen und Forstgärten (Arboreten) und später auch im Wald angepflanzt. Deutschland erreichten die ersten Douglasienpflanzen im Jahr 1831 (Knoerzer 1998). In diesem Zusammenhang besonders erwähnenswert sind die Aktivitäten der Baumschule John (Richmond) Booth & Söhne in Flottbek bei Hamburg, die durch familiäre Beziehungen nach Schottland Douglasiensamen aus den ersten Anlandungen erhielten. Ab Mitte des 19. Jahrhunderts lieferte die Baumschule vorwiegend Douglasiensamen für den Anbau im ehemals preußischen Hoheitsgebiet (Schwappach 1901), das räumlich vom heutigen Rheinland-Pfalz bis ins heutige Polen reichte, sowie für badische Anpflanzungen (Wimmer 1909). Die Douglasienjungpflanzen wurden seinerzeit kulturflächennah in Pflanzgärten oder Wanderkämpen der Forstreviere angezogen (u. a. Pretzsch & Spellmann 1994). Diese Vorgehensweise war ortsüblich und hatte sich angesichts großer Transportentfernungen, beschränkter Frachtkapazitäten und kaum kalkulierbarer Lieferzeiten gegenüber einer in der heutigen Zeit üblichen zentralen Baumschulanzucht und termingerechten Forstpflanzenversand bewährt. Relikte der damaligen Anpflanzungen bilden noch heute den Grundbestand der ältesten Douglasienvorkommen Deutschlands.

Im Gegensatz zur Fichte, die beispielsweise in Hunsrück und Eifel „Preußenbaum“ genannt wurde, ist eine vergleichbare, lokal eingeführte Bezeichnung für Douglasie in der gesichteten Literatur nicht zu finden. Allerdings wurde die Baumart vielfach und nicht nur von Laien regional „Douglastanne, -fichte oder -kiefer“ genannt. Ursache hierfür ist möglicherweise die synonyme Namensgebung in älterer Literatur (z. B. Booth 1877, Holland 1919), die bei vereinfachter Sichtweise eine erkennbare systematische Verwandtschaft zu den heimischen Koniferen unterstreicht oder sich regionaltypisch auf den englischen Namenszusatz „fir [= Tanne, „Nadelbaum“]“ bezieht. Der Ausdruck „Dufffichte“ für die Douglasie fand Eingang in den Aktenbestand des Forstamts Altötting (Forstamt n. O. Altötting, 1932-1939, Az. XXIII/3; zitiert nach Burger 2007). Einen guten Überblick über die zeitgenössischen wissenschaftlicher und deutscher Synonyme der Douglasie findet sich bei Schwerin (1922). Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung von Schenck (1939) ist die Suche nach der taxonomischen Bezeichnung von Douglasie nach den Regeln der Internationalen Nomenklatur noch nicht abgeschlossen. Erst 1950 manifestiert sich der heutige Name *Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco. Über die Wurzeln und Wege der taxonomischen Namensfindung berichtet Hermann (1981) ausführlich.

Zeitgeschichtlich fällt der Beginn des Anbaus überseeischer Baumarten in Europa mit den Anfängen der industriellen Revolution etwa Mitte des 18. Jahrhunderts zusammen. In dieser Zeit steigt der allgemeine Bedarf an Holz, der von den ohnehin durch frühere Phasen der lokalen Übernutzung (z. B. Schiffbau, Bergbau, Salzsiederei) vielerorts bereits devastierten Wäldern nicht gedeckt werden kann. Eine Perspektive, die Ertragsleistung der Wälder allein auf der Basis der heimischen Baumarten zu steigern, besteht auf kurze Sicht trotz einer beginnenden Ausweitung des Anbaus von Fichten außerhalb ihrer natürlichen Verbreitung nicht. Weiterhin mögen Berichte über vorratsreiche, folglich wüchsige Naturwälder der Ende des 18. Jahrhunderts botanisch noch wenig entdeckten Westküste Nordamerikas den Wunsch der Forstwirtschaft nach Alternativbaumarten beflügelt und sich positiv auf die Verwendung fremdländischer Baumarten aus vergleichbaren Vegetationszonen ausgewirkt haben (Wangenheim 1787). Neben rein ästhetischen Gesichtspunkten spielten bei der Einführung fremdländischer Baumarten nach Europa wirtschaftliche Erwägungen durchaus eine Rolle. So stand für Forstbetriebe der zu erwartende Holzmehrertrag im Vordergrund eines sich allmählich entwickelnden

Douglasienanbaus. Eine zusätzliche Nutzungsmöglichkeit bestand in der Gewinnung von Schmuckgrün der Douglasie, das in heutiger Zeit jedoch weitgehend von Edeltannenreisern ersetzt ist. Schmuckgrün wird durch eine gezielte Astung junger Douglasien im unteren Stammbereich gewonnen, wodurch die Stammqualität zudem aufgewertet wird.

Baumarten der nordamerikanischen Ostküste erreichten Europa deutlich früher als die Douglasie, wie die Roteiche (ab 1724) und die Robinie (ab 1635), und wurden bereits zu Beginn des 19. Jahrhunderts in Gartenanlagen und als Straßenbäume angepflanzt. Später weitete sich ihr Anbau auch auf die Landschaft aus, was u. a. die Robinie zu einer Charakterbaumart der ungarischen Puszta werden ließ. Die Roteiche hingegen weist verstreute Anbauten ohne regionale Schwerpunkte, wie es wiederum bei der Strobe (Weymouthskiefer) der Fall ist. Eine weitaus gezieltere Verbreitung erfuhr nur die Douglasie. Eine von Danckelmann initiierte Umfrage nach dem Stand der Douglasienanpflanzungen in Wäldern des Reichsgebiets ergab allerdings, dass noch 1880 vorwiegend ältere Einzelbaumvorkommen in Forstgärten und nur sehr vereinzelt flächig beigemischte Douglasie in Pflanzungen, vorwiegend in Baden, vorhanden sind (Weise 1882).

Wie die ersten Anbauten von Douglasie etabliert wurden, hat Oeschger (1975, S. 131 f.) für die heutigen baden-württembergischen Wälder beschrieben: In den ehemals eigenständigen Landesteilen Baden und Württemberg sind „Reinanbauten oder (die) Begründung von größeren Mischbeständen mit überwiegendem Douglasienanteil allerdings aus psychologischen und wirtschaftlichen Gründen in den ersten Jahrzehnten selten gewesen“. Daraus ergaben sich auch Empfehlungen in alten Forsteinrichtungswerken, die Douglasie „längs von Wegen, Abteilungslinien, bei Saatschulen und dgl., völlig unabhängig vom Standort“ anzubauen. „Man wollte verständlicherweise diese noch sehr teuren und seltenen Pflanzen besonders im Auge behalten können“. Nicht ohne Hintersinn, was den zu erwartenden und zu berichtenden Erfolg betraf, könnte man mutmaßen, wurde die ohnehin seltene Douglasie sogar „in erster Linie auf guten Standorten“ angebaut. Auf die irrwitzige Idee, „die Douglasie auf trockene Südhänge“ zu verbannen, konnte angesichts mangelnder Erfahrung niemand kommen.

Die Standorts-/Klimaverhältnisse und -ansprüche der Douglasie im Ursprungsland waren seinerzeit unbekannt. Trotz dieser Unwägbarkeiten haben die Douglasienpioniere landauf und landab ihre Versuche zum Anbau unternommen. Wegen meist unzureichender Dokumentation sind jedoch kaum Rückschlüsse auf die standörtlichen und klimatischen Bedingungen des Gebiets möglich, aus dem das Saatgut stammte. Um 1940 führte die vermehrt auftretende Rostige Douglasienschütte an Inlandsdouglasien zu einem vorübergehenden Anbauverbot im Landeswald Württemberg. Später galt Ähnliches auch in Bayern.

#### 1.4 Aktuelle Wahrnehmung der in Deutschland etablierten Douglasie

In den öffentlichen Medien ist die Baumart Douglasie wenig präsent. Nur gelegentlich findet sie im Zusammenhang mit „Großereignissen“, wie Immissionsschäden, Sturmwürfen oder Klimawandel Erwähnung. Als verarbeitetes Produkt hingegen verdrängt sie neuerdings andere Holzarten. So waren vor einiger Zeit noch Terrassendielen aus Lärchenholz ein viel beworbenes Produkt von Bau- und Heimwerkermärkten. Gegenwärtig wird das entsprechende Produkt aus Douglasienholz angeboten. Aus dem Verkauf von Douglasienholzprodukten ließe sich deren Wertschätzung ableiten. Ob und in welchem Umfang die Baumart Douglasie im heimischen Wald wahrgenommen wird, lässt sich damit nicht beantworten. Zur genaueren lokalen Einschätzung kommen Befragungen, wie sie beispielsweise Liebecke et al. (2009) zu den Leitmotiven von Natur und Tourismus im Nationalpark Bayerischer Wald

durchgeführt haben. Dabei handelt es sich um Momentaufnahmen, die allerdings auch von erheblichen Schwankungen im Meinungsbild begleitet sein können.

Wie sich die zeitgenössische Wahrnehmung von Douglasie, die zugleich das Holzprodukt und die neophytische Baumart repräsentiert, verändert hat, ist Sukopp (1995, S. 17f.) auf der Grundlage ihrer Erwähnung in Fachveröffentlichungen nachgegangen. Neuere Untersuchungen, die diese Frage mit Blick auf aktuelle naturschutz- und forstpolitische Diskussionen aufgreifen, sind nicht belegt. Dabei handelt es sich nach Auffassung der Autoren hierbei um einen hoch aktuellen und wichtigen Themenbereich. Die nachfolgenden Ausführungen versuchen, sich trotz kaum vorhandener Literatur der Problematik von öffentlicher und gesellschaftspolitischer Wahrnehmung der Douglasie anzunehmen.

Dass sich Organismen in neue Lebensräume ausbreiten, ist ein anerkannt natürlicher Prozess (Klingenstein et al. 2004) und ein grundsätzliches Merkmal für biologische Interaktionen. Wechselwirkungen zwischen einheimischen und eingeführten gebietsfremden Pflanzenarten sind aus ökologischer Sicht wertfrei (Budde 2006, S. 86). Mit Ausnahme des benötigten Platzbedarfs für ihre Entwicklung gehen von den Arten aus allgemeiner Sicht kaum schädliche Wirkungen aus. Erst mit dem Streben nach bestimmten naturschutzfachlichen bzw. waldbaulichen Zielen (Partikularinteressen) erfährt das Vorkommen von Arten generell eine normative Bewertung hinsichtlich ihrer möglichen Ab- und Zutraglichkeit innerhalb eines bestimmten Artengefüges.

Von der Wertschätzung unbenommen, zeichnen sich eingeführte Baumarten im Vergleich zu einheimischen vielfach durch eine höhere Wuchsleistung aus und können somit zu einem erhöhten Einkommen der Forstbetriebe beitragen. Darüber hinaus sind Forstbetriebe gezwungen, sich langfristig an veränderte Rahmenbedingungen (Klimawandel, Windwurf, usw.) anzupassen. Von Bedeutung ist dabei auch die Auswahl und Verwendung geeigneter Baumarten. Über die Art der Anpassung bis hin zur Baumartenwahl bestehen nicht nur in forstlichen Fachkreisen, sondern auch bei den forstlichen und den Interessengruppen des Natur- und Umweltschutzes unterschiedlichste Auffassungen.

Um aufzuzeigen, inwieweit die naturverträgliche Integration von fremdländischen Baumarten, insbesondere Douglasie, akzeptiert ist, werden die Aussagen einiger wichtiger Interessensverbände im Folgenden zusammengetragen und in einer Übersichtstabelle einander gegenübergestellt.

#### 1.4.1 Naturschutzverbände

##### 1.4.1.1 NABU - Naturschutzbund Deutschland e. V.

Mit dem Strategiepapier „Waldwirtschaft 2020“ hat der NABU (2008) u. a. auch die Integration von gebietsfremden Baumarten angesprochen. Unter anderem stellt der NABU (2008, S. 21) hierzu fest, dass „in Teilen der Forstwirtschaft unter dem Deckmantel der Klimawandel-Diskussionen auch der verstärkte Anbau von standortsfremden Baumarten und Exoten bzw. Neophyten (u. a. Douglasien, Roteichen, Küstentannen) diskutiert und umgesetzt“ wird. Kritisch wird insbesondere die Verwendung der Douglasie im Zuge der Wiederaufforstung von hessischen Sturmwurfllächen gesehen, wo die Douglasie „die Fichte grundsätzlich auf klimatischen Risikostandorten“ ersetzen und „die führende Baumart auf den frischen Standorten der Buchen-Mischwaldzone“ werden soll.

Nicht erfüllt haben sich die gesetzten Erwartungen in Bezug auf die Entwicklung von Schutzgebieten im Wald vor dem Hintergrund „eines fehlenden Bewusstseins dafür, dass sich die Ziele des Naturschutzes

aufgrund der tiefgreifenden Veränderungen von Wäldern durch die Forstwirtschaft nicht mit normaler forstlicher Nutzung erreichen lassen“ (NABU 2008, S. 34). Unter anderem wird die Zielsetzung der europäischen Naturschutzrichtlinien durch „die Einbringung von standortfremden Gehölzen in größerem Umfang, wie z. B. nicht standortangepasster Fichtenverjüngung und verstärktes Einbringen exotischer Nadelbäume (z. B. Douglasien, Japanische Lärche) oder Roteichen“ bewusst unterlaufen (NABU 2008, S. 35).

Zu den zentralen Forderungen des NABU (2008, S. 47) zu Schutzgebieten im Wald zählt die „Sicherung der Entwicklung natürlicher Waldgesellschaften auf dem überwiegenden Teil der Waldfläche und Verhinderung der Ausbreitung invasiver Neophyten wie Spätblühender Traubenkirsche, Robinie, Roteiche, Hybrid-Pappel oder Douglasie“. Interessant ist die undifferenzierte Einordnung der Douglasie in die Gruppe der invasiven Neophyten, ohne die Besonderheiten ihrer Ausbreitungsbiologie zu berücksichtigen.

Späth (2010) konkretisiert den „Anteil, mit dem nicht standortsheimische Baumarten trupp- und gruppenweise (auf Flächen unter 0,1 ha) integriert werden, auf maximal 30 %“, was auch bei der Bewertung von Erhaltungszuständen in FFH-Gebieten eine Obergrenze darstellt.

#### 1.4.1.2 Bund für Umwelt- und Naturschutz Deutschland (BUND)

Vor dem Hintergrund der Novellierung des Bundeswaldgesetzes hat der BUND (2009) einen Forderungskatalog veröffentlicht, nach dem unter anderem das „Begründen von Reinbeständen mit standortwidrigen oder fremdländischen Baumarten verboten“ werden solle. Auch dürften „fremdländische Baumarten nur in Mischung mit heimischen Baumarten angebaut werden“ (BUND 2009). Des Weiteren „ist der Anbau von fremdländischen Arten in Naturschutzgebieten, Biosphärenreservaten, Natura 2000-Gebieten, Schutzwäldern, gesetzlich geschützten Biotopen und alten Laub- oder Tannenwäldern über 140 Jahren zu untersagen“ (BUND 2009). Konkret dürfe „der Anteil fremdländischer Baumarten 10 % der Bestandesflächen und 5 % der Betriebsflächen nicht übersteigen“ (BUND 2009).

#### 1.4.1.3 SDW - Schutzgemeinschaft Deutscher Wald e. V.

In einem Positionspapier zu „Wald und Klimawandel fordert die SDW (2008) Forschungsinitiativen zur klimabedingten Anpassung der Wälder und empfiehlt zudem, „Gastbaumarten (z. B. Douglasie) auf ihre Eignung nach Herkunft, Standorttauglichkeit und naturschutzfachlicher Akzeptanz (einschließlich der Art des Anbaus, Mischungsanteile und Mischungsform) zu untersuchen“.

### 1.4.2 Zertifizierungsorganisationen

#### 1.4.2.1 FSC - Forest Stewardship Council Arbeitsgruppe Deutschland e. V.

Nach den bisherigen Standards des FSC dürfen nicht-standortsheimische Baumarten nur in dem Maße eingebracht werden, in dem sie die „langfristige Entwicklung der Bestände hin zur natürlichen Waldgesellschaft nicht gefährden“ (FSC 2008). Die Feststellung, ob und wann es zu einer konkreten Gefährdung kommt, hat man bisher dem Zertifizierenden vor Ort überlassen und keine Höchstgrenze festgelegt. In einer vorgeschlagenen Neuregelung der Standards schlägt der FSC (2008) eine Obergrenze von 20 % vor, wobei in Erstaufforstungen und Vorwald diese als Zeitmischung zulässig und

Überschreitungen des genannten Grenzwertes unbedenklich sein sollen, wenn die Entwicklung zur natürlichen Waldgesellschaft nachweislich nicht gefährdet ist.

#### 1.4.2.2 PEFC Deutschland e. V.

Die PEFC-Standards für Deutschland (2009) sehen u. a. vor, dass mit Bezug zur biologischen Vielfalt naturnahe Bestände erhalten bzw. aufgebaut werden. Dies soll i. d. R. in Form von Mischbeständen mit standortgerechten Baumarten erfolgen und nur ausnahmsweise natürliche Reinbestände vorsehen, wobei erst ab einem Anteil von 10 % zusätzlicher Baumarten ein Bestand als gemischt angesehen wird. Ein hinreichender Anteil von Baumarten der natürlichen Waldgesellschaften wird angestrebt. Zur „Beteiligung fremdländischer Baumarten“ wird angemerkt, „dass es durch deren Naturverjüngung nicht zu einer Beeinträchtigung der Regenerationsfähigkeit anderer Baumarten und damit zu deren Verdrängung kommen“ (PEFC 2009) sollte.

#### 1.4.2.3 Naturland e. V.

Bereits im Vorwort seiner „Richtlinien zur ökologischen Waldnutzung“ macht Naturland (1998) darauf aufmerksam, dass „der ökologisch bewirtschaftete Wald sich langfristig aus standortheimischen Baumarten zusammensetzen wird“ und benennt die unbewirtschafteten Referenzflächen als „ein wichtiges Element zur Umsetzung“. Eine Umstellungsphase ist nicht vorgesehen, da „die Entwicklung von nicht standortheimischen Beständen in solche mit standortheimischer Baumartenzusammensetzung Jahrzehnte erfordert“ (Naturland 1998). Ziel der ökologischen Waldnutzung ist die kontinuierliche Annäherung des Waldes an die am Standort potentiell natürliche Lebensgemeinschaft und die Ausnutzung des vorhandenen Verjüngungspotentials standortheimischer Baumarten (Naturland 1998). Für alle nicht standortheimischen Baumarten bedeutet dies, dass sie in Wäldern der Naturland-Betriebe vorübergehend geduldet, aber auf lange Sicht jedoch unerwünscht sind, und dass ihre Vorkommen dort nach und nach verschwinden werden.

Als international anerkannte Zertifizierungsorganisation engagiert sich Naturland in der FSC Arbeitsgruppe Deutschland e. V. für die „Ökologische Waldnutzung in Deutschland“. Naturland-Waldbetriebe erfüllen den FSC-Standard und können im Rahmen einer Gruppensertifizierung ein gemeinsames FSC-Zertifikat bekommen, um ihr Holz zusätzlich mit dem Gütesiegel des FSC zu vermarkten.

#### 1.4.3 Amtlicher Naturschutz

Für die Frage nach der Wahrnehmung der Douglasie durch Stellen des amtlichen Naturschutzes sind EU-Regelwerke sowie die Umsetzung des EU-Rechts in die Bundes- und Ländergesetze maßgeblich. Das Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) in der Fassung vom 29. Juli 2009 definiert in §7 Abs. 2 die Begriffe „heimische Art“ (Nr. 7.) und „gebietsfremde Art“ (Nr. 8.). Als *heimisch* wird eine wild lebende Tier- oder Pflanzenart bezeichnet, die ihr Verbreitungsgebiet oder regelmäßiges Wanderungsgebiet ganz oder teilweise (a) im Inland hat oder in geschichtlicher Zeit hatte oder (b) auf natürliche Weise in das Inland ausdehnt. Weiter gilt als heimisch eine wild lebende Tier- oder Pflanzenart auch, wenn sich verwilderte oder durch menschlichen Einfluss eingebürgerte Tiere oder Pflanzen der betreffenden Art im Inland in freier Natur und ohne menschliche Hilfe über mehrere Generationen als Population erhalten. Nach Schmidt (2010) werden diese Arten als *neuheimisch* bezeichnet. Als *gebietsfremd*



hingegen wird eine wild lebende Tier- oder Pflanzenart angesehen, wenn sie in dem betreffenden Gebiet in freier Natur nicht oder seit mehr als 100 Jahren nicht mehr vorkommt.

Die Gattung der Douglasien wuchs vor der letzten Eiszeit in Mitteleuropa, allerdings nicht die Art *Pseudotsuga menziesii*. Diese wird seit über 100 Jahren in Mitteleuropa systematisch und mit Erfolg angebaut. Zudem besteht die begründete Annahme, dass die Douglasie sich über die Kulturphase hinaus in freier Natur und ohne menschliche Hilfe über mehrere Generationen als Population erhalten kann, da an der Douglasie zusagenden Standorten Naturverjüngung zu beobachten ist (s. a. Kap. 3.2.) und unter bestimmten Bedingungen ein invasives Ausbreitungsverhalten festgestellt werden kann (BfN 2007; s. a. Kap. 1.4.3.1 und Kap. 3.2.1). Sie kann damit zumindest in Gebieten mit älteren Douglasienbeständen in zweiter Generation gefunden werden und ist auf der Schwelle, als *neuheimische* Baumart (Schmidt 2010) bezeichnet zu werden (BNatSchG § 7 Abs. 2 Nr. 7).

#### 1.4.3.1 Bundesamt für Naturschutz (BfN)

Aus Naturschutzsicht stellen einige gebietsfremde Baumarten, insbesondere die Douglasie, eine Gefährdung der biologischen Vielfalt und damit ein Problem dar (BfN 2007), das sich ursächlich auf unterschiedliche Bewertungen und Auffassungen über invasive gebietsfremde Arten aus den Sektoren Forst und Naturschutz zurückführen lässt. Gebietsfremde Gefäßpflanzenarten, die sich über mehrere Generationen ohne Zutun des Menschen vermehren konnten, aber mindestens jedoch 30 Jahre in einem Lebensraum aufgehalten haben, können als „eingebürgert“ gelten (BfN 2007). Als invasiv im engeren Sinne gelten gebietsfremde Arten, die auf irgendeine Weise schädigend für den heimischen Artenbestand wirken. Für die Douglasie werden die Beschattung und die Verdrängung lichtbedürftiger heimischer Vegetation auf bisher waldfreien Felsstandorten explizit benannt (BfN 2007). Walentowski (2008) weist darauf hin, dass es sich hierbei um seltene, zudem gesetzlich geschützte Waldbiotope handelt, deren charakteristischer Zustand erhaltenswert und von besonderer Bedeutung für die biologische Vielfalt ist. Mit diesem Hinweis verbindet sich lediglich die Aufforderung, bestimmte Mindestabstände zu solchen schützenswerten Waldbiotopen bei der Anpflanzung von Douglasie konkret einzuhalten.

Aufgrund ihrer bereits heute relativ großen Bedeutung als Wirtschaftsbaumart und aufgrund der Erwartungen im Hinblick auf ihre Klimastabilität ist die Douglasie unter den Neophyten die Hauptkonfliktbaumart. Laut BfN (2007) sind ihre „ökologischen Invasionsfolgen problematisch“ im Hinblick auf die Veränderung der Ursprünglichkeit von Lebensräumen sowie auf die Gefährdung bedrohter Arten und ansonsten „noch weitgehend unbekannt“. Mit ihren Standortsansprüchen tritt die Douglasie als unmittelbare Konkurrenzbaumart zur einheimischen Rotbuche auf. Zudem lässt die derzeitige Anbaufläche der Douglasie zukünftig ein erhebliches Samenausbreitungspotential und eine hiermit verbundene Verdrängung einheimischer Pflanzenarten erwarten, auch wenn die derzeitigen Douglasienbestände noch relativ jung sind (BfN 2007).

Über die naturverträgliche Integrierbarkeit der Douglasie in das Ökosystem Wald, ganz besonders jedoch bei ausgewiesenen Schutzgebieten, bestehen gegensätzliche Auffassungen zwischen der Forstwirtschaft und dem Naturschutz (BfN 2007). Dies zeigt sich bei der Abstimmung und Umsetzung von Maßnahmen in rechtlich geschützten Gebieten, zu denen neuerdings auch FFH- und Natura2000-Gebiete zählen. Faktisch schränkt jeder Schutzgebietscharakter den Handlungsrahmen der forstlichen Bewirtschaftung ein. Ohnehin ist Forstwirtschaft durch Rücksichtnahme auf die standörtlichen Gegebenheiten und ihrer somit eingeschränkten Entwicklungsmöglichkeiten im Vergleich zu

agrарischen Landnutzungssystemen gekennzeichnet. Erst in der Verjüngungsphase besteht mit der Wahl und Integration geeigneter Baumarten sowie Blick auf bestehende Risiken die Möglichkeit, die langfristig ausgelegten Entwicklungsziele anzupassen und in Managementplänen festzuschreiben.

**Zusammenfassung.** Die Wertschätzung eingeführter Baumarten unterliegt dem Zeitenwandel. Neuerungen lösen teilweise eine instinktive Zurückhaltung im Umgang mit Unbekanntem aus („Xenophobie“), was sich auch begrifflich äußert. Ein objektiver Zugang zum Anbau gebietsfremder Baumarten ist zudem durch unterschiedliche Begriffsbesetzung und Sprachregelung opponierender Interessensgruppen im Bereich naturverträglicher Landnutzung erschwert. Die wissenschaftliche Klassifikation der Einbürgerung trägt zum Verständnis bei, inwieweit sich gebietsfremde, eingeführte Pflanzenarten in bestehende Artengemeinschaften integrieren lassen. Die Douglasie, eine für die Forstwirtschaft in Deutschland bedeutsame Baumart, wurde Anfang des 19. Jahrhunderts nach Europa eingeführt und systematisch beschrieben. Zunächst als Solitärbaum in Gartenanlagen und Forstgärten (Arboreten) gepflanzt, erfolgte ab 1880 ein systematisch geplanter Anbau im Wald ohne Kenntnis der ökologischen Bedingungen im Ursprungsgebiet. Trotz fehlenden Wissens zur ökologischen Eignung zeichneten sich in der ersten Periode des Douglasienanbaus vorwiegend Erfolge ab. Nur Anbauten von Inlandsdouglasien waren von Schüttekrankheiten ernsthafter in ihrem Fortbestand bedroht, was vorübergehend zu regionalen Beschränkungen der Anpflanzung geführt hat. Wie Douglasien aktuell von der Öffentlichkeit wahrgenommen werden, lässt sich an Äußerungen der Interessensverbände des Natur- und Umweltschutzes zum Douglasienanbau ermes­sen. Im Allgemeinen ist der Anbau gestattet, soweit Beeinträchtigungen für den Naturhaushalt ausgeschlossen werden können und anderweitig vorrangige Naturschutzinteressen nicht berührt sind. Darüber hinaus setzen einige Verbände sich für strikte Obergrenzen beim Douglasienanbau ein (s. a. Tabelle 1).

**Tabelle 1:** Übersicht zur Akzeptanz der Douglasienbeimischung bei Interessensgruppen des Natur- und Umweltschutzes

	Beimischung			Obergrenze für Beimischung
	erwünscht	gestattet/geduldet	unerwünscht/verboten	
NABU		standortsangepasst	in Schutzgebieten; einschließlich der Verhinderung ihrer Ausbreitung	maximal 30 %
BUND		ausschließlich in Mischung	Neukultur in Reinbeständen	Bestand: 10 % Betrieb: 5 %
SDW	im Rahmen der klimatischen Anpassung von Wäldern	in Abhängigkeit von Herkunft, Standorttauglichkeit und Naturschutzaspekten		Bedarf an Forschung
FSC		ohne Gefährdung der langfristigen Bestandesentwicklung zur natürlichen Waldgesellschaft		Bestand: 20 %
PEFC		unter Vermeidung der Beeinträchtigung oder Verdrängung anderer Baumarten		k. k. A.
Naturland		vorübergehend geduldet; langfristig Entwicklung zu naturnahen Wäldern ausschließlich standortsheimischer Baumartenzusammen- setzung angestrebt	Walderneuerung: nur standortsheimische Baumarten zulässig; Einwanderung nicht standortheimischer Arten in schützenswerte Lebensräume nicht erwünscht	k. k. A.
BfN		im Rahmen eines Interessenausgleichs im konkreten Einzelfall	in FFH- und Natura2000-Gebieten	k. k. A.

k. k. A.: keine konkrete Angabe

## 2 Zur Ökologie der Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco)

Zum besseren Verständnis der zunächst explorativen und später systematischen Anbauten in Deutschland und den angrenzenden Ländern trägt das Wissen um wesentliche ökologische Ansprüche sowie spezifische Wechselwirkungen von Douglasien im Ursprungsgebiet und den Anbauregionen bei. Bereits Mayr (1906, S. 197) macht auf „die Frage der Anpassung einer Holzart, der Akklimatisation“ an die Umweltbedingungen neuer Anbauregionen aufmerksam. Diese Anpassung ist nach Mayr (1906) jedoch „nur dann gegeben, wenn das Klima des neuen Standorts wirklich wesentlich verschieden ist vom Klima des Heimatgebiets“ und anderenfalls eben nicht.

### 2.1 Natürliches Verbreitungsgebiet (Nordamerika)

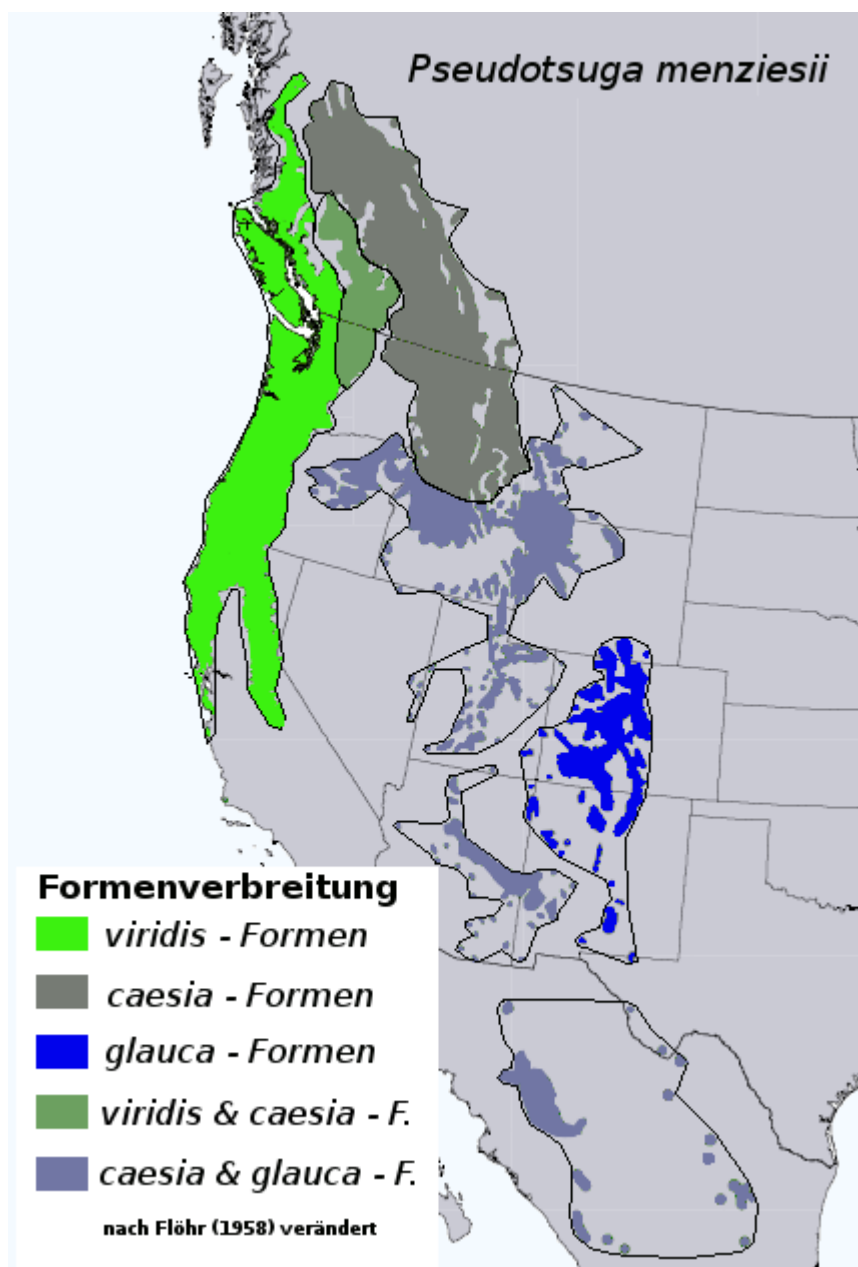
In ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet fungiert die Douglasie zum einen als erfolgreiche Pionierbaumart mit einer hohen Resistenz gegenüber abiotischen Störungen wie Feuer (dicke, verborkte Baumrinde) und Sturm (tiefreichendes Herzwurzelsystem). Ein rasches Jugendwachstum und eine vergleichsweise geringe Schattenerträglichkeit deuten darauf hin, dass die Douglasie größere Freiflächen für eine erfolgreiche natürliche Regeneration benötigt. Ihr lang anhaltendes Wachstum und ihr dauerhaftes Holz charakterisieren sie allerdings auch als Übergangsbaumart, die durchaus auch in Klimaxgesellschaften Bestandesanteile hält (Larson 2010).

Von den ursprünglichen Douglasien-Primärwäldern ist durch die systematische Erschließung und Nutzung durch den Menschen nur noch ein Bruchteil erhalten. Hermann (1999, 2004) gibt die Fläche der noch vorhandenen Bestände mit ca. 0,5 Mio. ha an, was in etwa einem Zehntel ihrer geschätzten Fläche im westlichen Oregon und Washington vor Beginn der planmäßigen Nutzungen entspricht. Die heute über 200 Jahre alten Bestände, im Englischen „old growth“ genannt, befinden sich überwiegend in seinerzeit schwer zugänglichen Regionen bzw. im Schutz der Nationalparke. Diese Primärwälder repräsentieren damit eher lokale Marginalpopulationen und nicht so sehr die ursprünglichen Zentralvorkommen. Durch Einschlagsbeschränkungen sollen die ursprünglichen Vorkommen außerhalb der streng geschützten Nationalparke gesichert und ihre ungestörte Entwicklung gefördert werden. Wegen des Schutzcharakters und der schweren Zugänglichkeit haben die Vorkommen in Nationalparken zudem praktisch keine Bedeutung für die Saatgutgewinnung und den Saatgutexport nach Europa.

Die Verbreitung der Douglasie und ihrer Varietäten im westlichen Nordamerika ist vielfach und wiederholt beschrieben (u. a. Frothingham 1909, Schenck 1939, Hermann 1981). Einen guten Überblick liefert die Abhandlung von Hermann (1999, 2004), in der sich weitere Hinweise auf Literatur zur Douglasienverbreitung in Nordamerika finden. Unstrittig ist die Unterscheidung zwischen der Küstendouglasie, auch Grüne Douglasie, (*Pseudotsuga menziesii* var. *menziesii*) in Anlehnung an nordamerikanische Dendrologen (Hermann 1991) bzw. synonym *P. menziesii* var. *viridis* nach europäischer Taxonomie genannt, und der Inlandsdouglasie, die als Graue, aber gelegentlich auch als Blaue Douglasie (*P. menziesii* var. *glauca*) bezeichnet wird. Im Norden der Douglasienverbreitung existiert nach Meinung von botanischen Systematikern in Europa ein Übergang zwischen beiden Varietäten, was zur Ausscheidung einer dritten Varietät (*P. menziesii* var. *caesia*) geführt hat (nach Schwerin 1907). Irreführenderweise wird diese Varietät in der deutschsprachigen Literatur auch Graue bzw. Blaue Douglasie genannt, was eine systematische Unterscheidung zur *P. menziesii* var. *glauca* sichtlich erschwert. Über die Verbreitung der drei taxonomischen Douglasienvarietäten herrschen

zudem unterschiedliche Auffassungen vor (Frothingham 1909; Schwappach 1909, Schwerin 1922, Zavarin & Snajberk 1973, 1975; Hermann 1981, Li 1986, Klumpp 1999). Ursächlich sind unterschiedliche methodische Herangehensweisen zur Systematik und regionalen Abgrenzung. In Abbildung 2.1 sind Auslöser für die Diskussionen um die regionale Abgrenzung der Varietäten im Wesentlichen Samenernten, die Max Freiherr von Fürstenberg im Auftrag der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft in den Jahren 1902 und 1903 im Bereich des oberen Flusslaufes des Frazer (British Columbia) durchgeführt hat (Schwappach 1907), sowie die daraus auffällig blaugrau benadelten, normalwüchsigen Douglasienjungpflanzen, die Schwerin (1907) erstmals systematisch beschrieben hat (s. a. Hermann 1981).

**Abbildung 2.1:** Verbreitung und Vorkommen verschiedener Formen (Varietäten) der Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) in Nordamerika (verändert nach Flöhr 1958).



Das Verbreitungsgebiet der Küstendouglasie liegt in verschiedenen Vegetationszonen, die nach klimatischen Klimaxgesellschaften benannt sind (vgl. Franklin in: Heilman et al. 1979, S. 93 ff.). Es handelt sich hierbei vorwiegend um montane bzw. küstenbeeinflusste Hemlock-Mischwälder, küstennahe Sitkafichten- sowie Douglasien-Mischwälder mit unterschiedlicher Baumartenzusammensetzung (Franklin in: Heilman et al. 1979, S. 93 ff.; Otto 1984). Darüber hinaus kommen Inlandsdouglasien in subalpinen Tannenwäldern und in Waldformationen trockener Gebiete (u. a. Präriewälder) vor.

### 2.1.1 Klimatische und standörtliche Ansprüche

Einen ersten Zugang zu den meteorologischen Bedingungen im Ursprungsgebiet der Douglasie ermöglichen Klimaatlanten. Den Pionieren des Douglasienanbaus stand dieses Instrument nicht zur Verfügung und ihre Unternehmungen lassen sich daher unter der Rubrik „Experimentierphase“ einordnen, wenngleich man sich der Anpassung an die klimatischen Bedingungen der Anbauregion oder „Akklimation“, wie Mayr (1906) das Phänomen bezeichnet hat, durchaus bewusst war. Mit zunehmender Dauer, Messgenauigkeit und Vernetzung lassen sich Wetteraufzeichnungen zu klimatischen Vergleichen zwischen Ursprungs- und potentiellen Anbaugebieten verdichten und ermöglichen auch Prognosen zum Wachstumsverhalten unter den vorherrschenden und den zu erwartenden Klimabedingungen (s. a. Kölling 2007, 2008).

Haddock & Eisele (1964) gruppieren 47 kanadische Wetterstationen in British Columbia (Kanada) nach deren (teilweise stark gerundeten) meteorologischen Daten in Samenzonen („seed zones“). Diese Werte beziehen sich nicht auf eine bestimmte Klimaperiode, sondern auf die Dauer der Beobachtung (in Jahren). Bereits um 1960 lagen für einige der genannten Stationen Wetteraufzeichnungen über Zeiträume von mehr als 50 Jahren vor. Anhand von Gegenüberstellungen der Jahresmitteltemperatur und des Jahresgangs der Temperatur ist das Klima in den Ursprungsgebieten deutlich milder als in Mitteleuropa. Insbesondere tiefe Winterfröste (im Monatsmittel) treten im Kerngebiet der Verbreitung im Vergleich zu Mitteleuropa kaum auf (vgl. auch Otto 1984).

Verschiedene Autoren haben Klimawerte weiterer Stationen, besonders für das US-amerikanische Verbreitungsgebiet, im Zusammenhang mit Anbauversuchen mitgeteilt (u. a. Schober et al. 1983, Kenk & Thren 1984). Hermann (1999, 2004) fasst die Variationsbreite der Klimawerte mittlere Juli- und Januartemperatur, Anzahl frostfreier Tage, mittlerer Jahresniederschlag und Schneehöhe für fünf Regionen des Verbreitungsgebiets tabellarisch zusammen (vgl. Hermann & Lavender 1990).

Auffällig sind relativ ausgiebige Niederschläge in den Wintermonaten, in denen der überwiegende Teil des Jahresniederschlags fällt. Dieser erreicht in den Küstenregionen Werte bis im Mittel 2000 mm und lokal auch deutlich mehr, während im Regenschatten des Kaskadengebirges Niederschlagsmengen im Durchschnitt nur bis zu gut einem Viertel dieser Werte gemessen werden. Das gesamte Douglasienverbreitungsgebiet zeichnet sich durch eine mehrmonatige Sommertrockenheit ohne nennenswerte Niederschläge aus. Ob und in welchem Umfang sich Trockenstress bei den Douglasienvorkommen einstellt, hängt sehr von der lokalklimatischen Wasserhaushaltsbilanz ab, die auch die zeitliche Schwankung der Bodenwasservorräte sowie der Verdunstung berücksichtigt. Insgesamt ist die Toleranz der Douglasie gegenüber Sommertrockenheit außergewöhnlich groß.

Die oben skizzierten klimatischen Bedingungen im Verbreitungsgebiet der Douglasie weisen „nicht nur eine große Streubreite“ auf; darüber hinaus zeigt sich die Baumart als „sehr tolerant für verschiedene Bodenarten“ bei stets ausreichender Bodenfeuchte und genügend Lichtangebot (Isaac 1964). Die geologischen und bodenkundlich-standörtlichen Bedingungen für Teile des Douglasienverbreitungsgebiets hat Otto (1984) zusammengefasst. Die Ausführungen stützen sich auf Darstellungen verschiedener Autoren. Nicht berücksichtigt ist die Gliederung der forstlichen Böden im Verbreitungsgebiet, die von Heilman et al. (1979) zusammengeführt und in überarbeiteter Form herausgegeben wurde. Die Abhandlung widmet sich vorwiegend den geologischen Ausgangsgesteinen verschiedener biogeographischer Teilgebiete innerhalb der Douglasienverbreitung und weniger der Kartierung regional vorkommender Böden. Dafür sind die Prozesse der Bodenbildung, der Humusaufgabe und der Umlagerung von Stoffen ausführlich beschrieben. Janda (in: Heilman et al. 1979) zählt die am weitesten verbreiteten Bodentypen auf, zu denen Regosole und saure Braunerden ebenso wie Podsole und Prärieböden gehören. Die Ausgangssubstrate der Bodenbildung sind ganz unterschiedlichen erdgeschichtlichen Ursprungs und Alters vom Jura bis zum jüngeren Pleistozän. Zudem haben unterschiedlichste Verwitterungs- und Umlagerungsprozesse stattgefunden, die zu den heutigen Bodenausprägungen geführt haben.

Das Douglasienverbreitungsgebiet erstreckt sich über mehrere Bundesstaaten Kanadas und der USA. Trotz ähnlicher Methoden haben sich unterschiedliche Gliederungssysteme entwickelt, so dass staatenübergreifende Kartierungen für das Gebiet nur auf der Basis der „World Soil Classification“ der FAO vorliegen. Diese führt die nationalen Bodenkartierungen in ein weltweit einheitliches System zusammen, das mit seiner Revision 1998 der „USDA Soil Taxonomy“ (USDA 1999) angeglichen wurde. Für die forstliche Beurteilung der Standorte sind jedoch feiner skalierte Erhebungen erforderlich, auf deren Grundlage in Zusammenschau mit Klima und Orographie biogeoklimatische Zonen (s. a. Krajina 1959) ausgewiesen werden, was der Konzeption von Vegetationszonen nach unserem Verständnis entspricht (Otto 1984).

Für den Vergleich mit den lokalen Konzepten hat Otto (1984) im Gebiet der Küstendouglasie Bodenprofile in 37 Untersuchungsbeständen auf der Grundlage der forstlichen Standortkartierung in Niedersachsen beschrieben. Otto (1984, S. 182 ff.) klassifiziert die 37 Bodenprofile in fünf Gruppen in Abhängigkeit von Nährstoffversorgung und Wasserhaushalt. Während die reicheren Standorte Braunerde-Dynamiken aufweisen, tendieren die mittleren zu Podsolierungen in unterschiedlichster Ausprägung. Bei den schwächsten Standorten herrschen dagegen „eisenschüssige Podsole“ vor (Otto 1984, S. 191).

## 2.1.2 Regionale Gliederung

### 2.1.2.1 Standorts- und Klimagliederung zur Ausscheidung von Wuchs- und Samenzonen

Schenck (1939) nimmt eine generelle Aufteilung Nordamerikas in Klimasektionen vor, denen er die Baumartenvorkommen oder das Vorkommen ihrer Varietäten zuordnet. Flöhr (1958) setzt diese überwiegend verbalen Beschreibungen für die Douglasie kartographisch um (s. a. Abbildung 2.1). Darauf bauend gibt Hermann (1999, 2004) an, dass die vertikale Verbreitung beider Varietäten (der Douglasie) im Norden durch hauptsächlich von der Temperatur, im Süden von den Niederschlägen bestimmt wird. Während im Süden eine deutliche, zudem orographisch vorgegebene Trennung zwischen den Küsten- und Inlandsvorkommen existiert, sind im Norden Durchmischungsbereiche der beiden von nordamerikanischen Dendrologen unterschiedenen Varietäten vorhanden. In diesem

Überlappungsbereich beider Vorkommen hat keine der Varietäten vollständige Dominanz erlangt, so dass kleinklimatische und -standörtliche Besonderheiten ihnen die sympatrische Koexistenz in diesem Gebiet ermöglichen. Ähnliches gilt für einen Bereich zwischen den Douglassienvarietäten „var. caesia“ im nördlichen Teil des Verbreitungsgebiets der Inlandsdouglassie und „var. glauca“ im Südosten (s. a. Abbildung 2.1).

Der Grünen oder Küstendouglassie gilt für den Anbau in Europa das vorrangige Interesse. Schon Jahn (1954) stellte überraschende Übereinstimmung zwischen den Temperaturen einzelner Wettermessstationen im Verbreitungs- und in dem deutschen Anbaubereich fest. Da die Douglassie als überwiegend bodenvag gilt, beeinflusst neben der Temperatur vor allem der Niederschlag ihr Wachstum. Aus den meteorologischen Messwerten, vorwiegend Niederschlag und Jahrestemperaturverlauf, leiten sich im kanadischen Teil der Douglassienverbreitung neun Klimazonen ab (Haddock & Eisele 1964). Das US-amerikanische Verbreitungsgebiet der Grünen Douglassie wird nach Jahn (1954) mit Hilfe von Temperatur, Niederschlag, Höhenlage und Hangexposition in fünf Klimazonen eingeteilt.

Sie leitet die Gliederung mit Hilfe von publizierten Angaben zum regionalen Klimageschehen ab und vergleicht diese klimabezogene Gliederung mit den Anbauregionen Nordwestdeutschlands. Otto (1984) hat den Bereich des Verbreitungsgebiets der Grünen Douglassie standörtlich kartiert und stellt ebenfalls große Ähnlichkeiten zu den Anbaubereichen in Deutschland fest. Dabei hat er zusätzlich Aspekte der Geologie und Topographie berücksichtigt und darauf aufbauend einen neuen Vorschlag zur Wuchsgebietseinteilung erarbeitet. Darüber hinaus teilt Otto (1984) Empfehlungen für die regionale Saatgutgewinnung auf Basis seiner vorgenommenen Einteilung von Vegetationszonen mit und diskutiert dessen Unterschiede zum System regional ausgewiesener Samenzonen („seed zones“). Diese Samenzonen werden von den Forstverwaltungen vor Ort für die Zuordnung der Erntebestände verwendet und stellen die Grundlage für die Saatgutexporte nach Deutschland dar (s. a. Hermann 1969).

Die ausgewiesenen Samenzonen gliedern sich recht schematisch nach der Höhe in 500-Fuß-Schritten (entspricht etwa 150 Höhenmetern). Alternativ versucht Otto (1984), durch eine regionale Standortserfassung erkennbare kleinräumige Unterschiede stärker zu berücksichtigen. Dies führt allerdings beim Fehlen von solchen Unterschieden zu einer zuweilen vergrößerten Vorgehensweise (Otto 1984). Otto (1984) erhofft sich damit eine verbesserte Abstimmung im Hinblick auf die zu erwartende Standortseignung und eine Erhöhung des erzielbaren Anbauerfolges.

Bei beiden vorgeschlagenen Gebietseinteilungen können sich aber trotz alledem noch Standortsrassen verbergen, die sich unter vermeintlich ähnlichen Anbaubedingungen in der Praxis konträr zur Einschätzung verhalten. Daher scheint es unerlässlich, die standörtlichen Befunde durch Provenienzversuche „unter verschiedenen deutschen Verhältnissen“ zu überprüfen (Otto 1984). Besonders geeignet erscheinen Otto (1984) hierfür die von ihm vegetations- und bodenkundlich eingehend beschriebenen Bestände unter Einbeziehung bereits in Vorläuferversuchen bewährter Provenienzen. Mit einer Nacherhebung der standörtlichen Bedingungen in den vermuteten Saatguteregionen letzterer ließen sich Informationslücken zur Gebietsfeineinteilung schließen und sich nachträglich Verbindungen zu den bereits angelegten Versuchen herstellen. Darüber hinaus bedarf die von Otto (1984) als „vorläufig“ vorgeschlagene Einteilung, wie er selbst zu erkennen gibt, „aufgrund der Begrenztheit der Untersuchungen“ einer kritischen Überprüfung vor Ort.



### 2.1.2.2 Standortstrassen und regionale genetische Differenzierung

Die Frage der Provenienzwahl in Nordamerika ist anders als in Europa kein Problem des Nord-Süd-Transfers, sondern vielmehr der Ost-West-Richtung im Hinblick auf den Verlauf von Jahrestemperatur und Niederschlagsverteilung sowie auf Hang- und Höhenlage (vgl. auch Hermann 1999, 2004). Verantwortlich hierfür ist die Tektonik verschiedener Gebirgsketten, die eine Nord-Süd-Ausrichtung haben und in einer Westwindzone gelegen sind. Die feuchten Seewinde regnen sich an den westexponierten Hängen in Form von Steigungsregen ab, während sich die Kamm- und die östlichen Leelagen der Gebirge durch Regenmangel auszeichnen. Dies hat einen erheblichen regionalen Einfluss auf das Wachstum der Douglasie in der jeweiligen Verbreitungsregion.

Die genetische Variabilität von dicht benachbarten Douglasienherkünften kann nach Hermann (1978) infolge komplexer unterschiedlicher Umwelten genauso stark voneinander abweichen wie Hunderte von Kilometern voneinander entfernte. In diesem Zusammenhang betrachtet Hermann (1978) die Samenzonen nur als einen allgemeinen Anhalt, der einer verfeinerten Analyse bedarf. Kleinschmit et al. (1974) sehen eine strenge klinale Variation von Baumarten mit ausgedehnten Verbreitungsarealen und machen eher klimatische als standörtliche Faktoren für die Entwicklung von Ökotypen verantwortlich. Mit der Besetzung bestimmter ökologischer Nischen (Ökotyp) ist zweckmäßigerweise eine lokale Anpassung verbunden, die allerdings auch den lokalen Umweltschwankungen gerecht wird. Die Interaktion mit den komplexen Umweltfaktoren wirkt sich dann auch auf den lokal typischen Genbestand aus.

Untersuchungen zur arealbezogenen genetischen Differenzierung setzen vielfach vom Menschen wenig oder ungestörte (autochthone) Kollektive im Ursprungsgebiet einer Baumart voraus. Diese Bedingung ist auch dann erfüllt, wenn die gegenwärtige Generation von Waldbäumen aus Samenbeiträgen umliegender Bestände künstlich oder natürlich verjüngt wurde. Dies gilt besonders für die sogenannten Sekundärwälder der Douglasien („second growth“) in weiten Teilen ihres ursprünglichen Verbreitungsgebiets. Mit der Einführung von Pflanzung und mit der gezielten Erzeugung von Saatgut in „Plusbaumsamenplantagen“ für die Pflanzenproduktion in jüngerer Zeit besteht allerdings die Gefahr, dass sich die ursprünglich vorhandenen Muster im Rahmen einer anthropogen beeinflussten Wiederbewaldung im Ursprungsgebiet der Douglasie verändern.

Biochemisch-genetische Untersuchungen an 104 geographisch getrennten Beständen aus dem gesamten Verbreitungsgebiet bestätigen nicht nur die durch frühere Terpenuntersuchungen und Anbauversuche vorgenommene Differenzierung zwischen den Küstenvorkommen und der Inlandsvarietät, sondern gruppieren zudem die Inlandsdouglasienbestände genetisch in nördliche und südliche Teilvorkommen (Li 1986, Li & Adams 1989). Dabei stellt sich zudem heraus, dass die Vorkommen der südlichen Inlandsdouglasie eine deutlich verminderte mittlere genetische Diversität besitzt, was ein Effekt stärkerer Fragmentierung sein kann. Die erhöhte genetische Diversität der nördlichen Douglasie bestätigen El-Kassaby et al. (1996) ergänzend für 49 Küstenvorkommen in Britisch Kolumbien.

Klumpp (1999) analysiert die Urdaten der Untersuchungen von Li & Adams (1989) im Hinblick auf die Arealpezifität genetischer Varianten (Allele) und in Bezug auf die Ausbildung von Ökotypen. Auf der Grundlage der Daten zeigte sich, dass sich die Häufigkeiten verschiedener genetischer Varianten in Nord-Süd-Richtung sichtlich verändern und dass sich die Untersuchungsbestände regional stärker differenzieren (Klumpp 1999). Die regionalen Unterschiede lassen auf eine ökologisch-genetische

Anpassung schließen, bei der die Träger bestimmter Varianten von Isoenzymen eine höhere Überlebensrate besitzen als andere.

Dagegen weisen 11 Küstenvorkommen von Douglasien in Britisch Kolumbien bei der Verwendung von Mikrosatellitenmarkern der Chloroplasten-DNS keine regionale Differenzierung auf (Viard et al. 2001). Auch Krutovsky et al. (2009), die ebenfalls nur die Küstenvarietät untersuchten, finden im Vergleich zu den Isoenzym-Genmarkern nur eine schwache klinale Ab- bzw. Zunahme einzelner genetischer Varianten für hoch polymorphe Mikrosatelliten-Genmarker aus dem Zellkern. Die feinere Auflösung der Polymorphie überdeckt hierbei eine möglicherweise vorhandene Differenzierung. Zum allgemeinen Verständnis sei an dieser Stelle angemerkt, dass Mikrosatelliten-Genmarker aus Bereichen zwischen den aktiven Genen stammen und selbst keine unmittelbare regulative Bedeutung besitzen. Daher werden sie als neutrale genetische Merkmale angesehen. Durch ihre Lage zwischen regulativ bedeutsamen Genen können sie beispielsweise an diese eng gekoppelt sein, in diesem Kontext „scheinbar regulative“ Bedeutung erlangen und deren Differenzierung abbilden.

## 2.2 Anbaugebiet (Europa, Deutschland)

Um 1830 gelangten die ersten Douglasiensamen nach Europa; zuerst nach Schottland und kurze Zeit später auf das kontinentale Festland. Sukzessiv breitete sich die Anbaufläche in Europa aus (Booth 1907a-d; Flöhr 1958). Die heutige mit Douglasie bestockte Waldfläche in Deutschland beträgt nach den Ergebnissen der Inventurstudie 2008 etwa 214.000 ha (Polley et al. 2009a). Dies sind etwa 1,9 % ideeller Waldflächenanteil. In einigen Bundesländern liegt dieser Anteil über 2 %. Zu diesen Ländern zählen Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz (Schmitz et al. 2004). Zwischen 2002 (Stichjahr BWI<sup>2</sup>) und 2008 (Stichjahr IS 2008) hat die aus repräsentativen Stichproben errechnete Waldfläche mit Douglasie um ca. 27.000 ha zugenommen. Damit hat die Douglasie bei einer drastischen Abnahme der Fichtenwaldfläche (-211.000 ha) sowie der Kiefernwaldfläche (-52.000 ha) die höchste Flächenzunahme unter allen Nadelbaumarten (Polley et al. 2009a).

Frankreich ist das europäische Land mit der höchsten Fläche an Douglasienbeständen (ca. 400.000 ha). Ein Anbauschwerpunkt liegt im „Massif Central“ in Höhen zwischen 600 und 1.200 m ü. NN und jährlichen Niederschlägen über 1000 mm. In den nächsten 30 Jahren soll die jährliche Schnittholzproduktion auf über 3 Mio. m<sup>3</sup> ansteigen (Ferron 2010). Weitere europäische Staaten mit nennenswerten Douglasienflächen sind Großbritannien und die Niederlande (Herman & Lavender 1999).

Aus verschiedenen statistischen Quellen zusammengestellt, ergibt sich aktuell für ausgesuchte Staaten das folgende Bild zum Douglasienanbau in Europa (Tabelle 2).

**Tabelle 2:** Gesamtwaldfläche sowie Anbaufläche, Vorrat und ideelle Flächenanteile der Douglasie (Dgl) in ausgewählten Staaten Europas (im Anhalt an Englisch 2008)

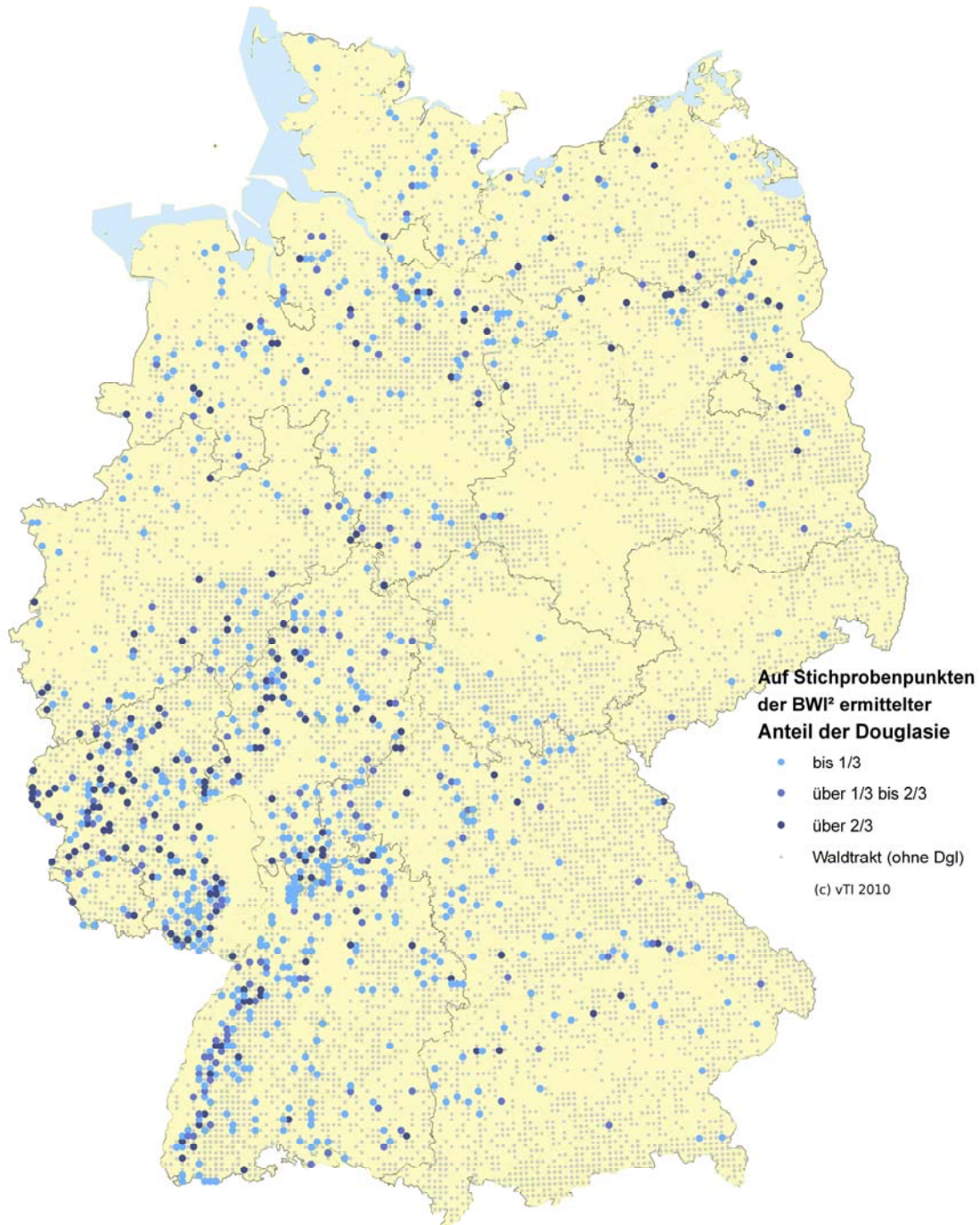
	Waldfläche [ha]	Dgl-Fläche [ha]	Dgl-Vorrat [Vfm]	Flächenanteil [%]
<b>Frankreich</b>	14,56 Mio.	427.000		2,9
<b>Deutschland (BWI<sup>2</sup>)</b>	10,57 Mio.	241.000		1,9
davon: Rheinland-Pfalz	810.000	46.271		5,7*
Baden-Württemberg	1,36 Mio.	36.425		2,8*
Hessen	843.000	25.520		3,1*
Niedersachsen mit Hamburg u. Bremen	1,01 Mio.	22.666		2,0*
Bayern	2,45 Mio.	13.882		0,6*
Brandenburg u. Berlin	1,10 Mio.	9.723		1,0*
<b>Schweiz</b>	1,25 Mio.		811.000	0,2
<b>Tschechische Republik</b>	2,65 Mio.			0,2
<b>Österreich</b>	3,86 Mio.	1.000	335.000	~ 0,2
<b>Polen</b>	9,19 Mio.	4.852		< 0,1
<b>Niederlande</b>	320.000	16.000		~ 5
<b>Dänemark</b>	486.000	5.690		~ 1

\*: Douglasienanbaufläche bezogen auf die Landeswaldfläche nach BWI<sup>2</sup> (Schmitz et al. 2004)

Die ideelle Douglasienwaldfläche repräsentiert den Anteil an der Gesamtwaldfläche, der unter dem Ausschluss von Mischbeständen nur mit dieser Baumart bestockt wäre. Real kommen Douglasien jedoch sowohl im Reinbestand als auch in Mischung mit anderen Baumarten vor. Restriktionen durch die Forsthoheit der Bundesländer, die Struktur des Waldbesitzes und das Datenschutzrecht erlauben nur punktuell Einblicke in die Zusammensetzung der Wälder in Deutschland. Einen Zugang zum länder- und waldbesitzübergreifenden Vorkommen der Douglasie in Deutschland bietet daher die zweite Bundeswaldinventur (BWI<sup>2</sup>; Stand: 2002), die auf einem bundesweiten 4 km x 4 km-Stichprobenraster basiert. Teilweise haben die Länder Verdichtungen dieses Basisnetzes vorgenommen, um mögliche Stichprobenfehler bei Auswertungen auf Länderebene abzufuffern. Jeder Stichprobenpunkt wird durch vier Traktecken repräsentiert.

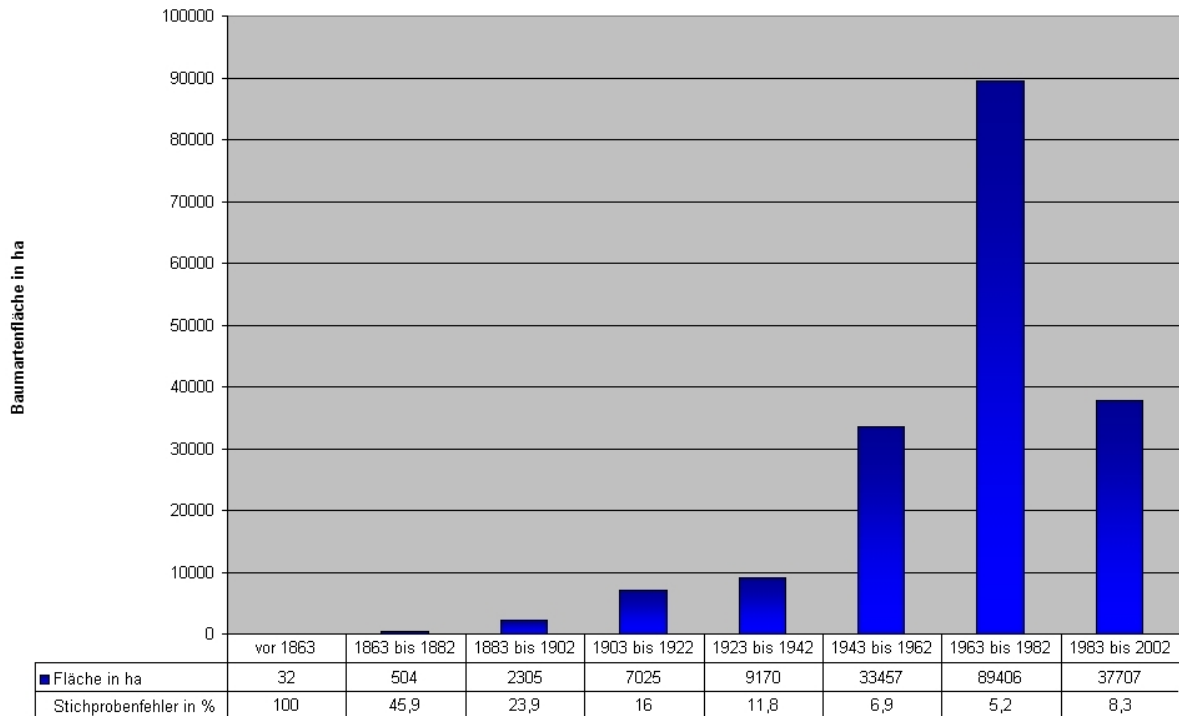
Auf der Grundlage der Inventurdaten der BWI<sup>2</sup> sind an 1.506 von insgesamt 27.706 Traktecken im 4 km x 4 km-Basisnetz Douglasien vorhanden. Auf etwa der Hälfte dieser 1.506 Traktecken stocken Douglasien mit einem Anteil von weniger als einem Drittel aller erfassten Bäume. Ein weiteres Viertel dieser Traktecken weist einen Douglasienanteil von bis zu zwei Drittel auf und auf den restlichen Traktecken beträgt der Douglasienanteil mehr als zwei Drittel. In der räumlichen Zusammenschau ergibt sich folgendes Bild (Abbildung 2.2).

**Abbildung 2.2:** Vorkommen und Baumartenanteile von Douglasien auf Stichprobenpunkten der BWI<sup>2</sup>  
(Karte: Kroihner, vTI)



Die zweite Bundeswaldinventur (BWI<sup>2</sup>; Stand: 2002) erlaubt weiterhin einen zeitgeschichtlichen Blick auf den bereits eingangs skizzierten Douglasienanbau in Deutschland im Anhalt an die aktuelle Altersklassenstruktur (Abbildung 2.3).

**Abbildung 2.3:** Zeitgeschichtliche Betrachtung des Douglasienanbaus in Deutschland auf der Grundlage der aktuellen Altersklassenstruktur nach der BWI<sup>2</sup> (Schmitz et al. 2004)



Seit 1830 wird die Douglasie im Wald angebaut. In Abbildung 2.3 sind jedoch nur solche Flächen wiedergegeben, auf denen sich die Douglasie bis heute (Stichjahr 2002) erhalten hat. Die zunächst verhaltene Beimischung von Douglasie ist auch heute noch an der relativ geringen Flächenausstattung erkennbar. Ab 1883 wurde der Douglasienanbau im damaligen Deutschen Reich von Reichskanzler Bismarck mit Nachwirkungen bis in die heutige Zeit propagiert. Einen weiteren deutlichen Anstieg markieren Nachkriegsaufforstungen ab 1950, und in der Periode 1963-1982 erreicht der Douglasienanbau seinen Höhepunkt. Aus dieser Periode stammen auch die meisten Douglasienreinbestände. Durch eine stärkere Ausrichtung auf naturnahe, kahlschlagsfreie Waldwirtschaft ist der Douglasienanbau rückläufig. Neuerdings ist die Douglasie als Ersatz für die klimasensitive Fichte im Gespräch und wird im Zuge der standortgerechten Wiederbewaldung von Sturmwurfflächen dem heimischen Baumartenspektrum beigemischt.

### 2.2.1 Standort- und Klimaspektrum der Anbauten

Für eine langfristige waldbauliche Planung wäre es wünschenswert zu wissen, an welche Standorte die Douglasie bereits angepasst ist oder sich potentiell anpassen kann. Ohne diese Kenntnis lässt sich

schwerlich abschätzen, ob bestimmte Anbaustrategien der Vergangenheit die Möglichkeiten für eine künftige Waldentwicklung eingeschränkt oder befördert haben. Dazu müssten alle Standorte, auf denen die Douglasie in Deutschland bevorzugt angebaut wird, systematisch umfassend analysiert werden. Das setzt eine bundesweit einheitliche Klassifikation aller Anbaustandorte voraus. Eine solche Gesamtübersicht existiert nach Kenntnis der Autoren nicht. Auch die Daten der Bodenzustandserhebung im Wald (Inventurzeitraum 1986-1992) genügen den Anforderungen nicht. Bestenfalls sind die Informationen zu den fraglichen Standorten länderspezifisch erfasst, aber längst nicht für alle Waldbesitzarten mit gleicher Informationstiefe verfügbar.

In Ermangelung bundesweiter Informationen lassen sich vorsichtige Rückschlüsse lediglich aus veröffentlichten Einzeldarstellungen ableiten. So berichtet Oeschger (1975) z. B. für den Landesteil Baden, dass in den Anfängen des Douglasienanbaus bevorzugt die lokal vorwiegend besser nährstoff- und wasserversorgten Standorte berücksichtigt wurden. Jahn (1954) beschreibt für 95 Standorte mit Douglasienbestockung in vier Mittelgebirgsregionen (Harz, Weserbergland, Westfälisches Bergland und Eifel) den Bodentyp einschließlich Bodenart, Gründigkeit und Geologie. Es handelt sich vorwiegend um tiefgründige Braunerden unterschiedlichen Basenreichtums. In Mecklenburg-Vorpommern stocken nach den Angaben von Röhe et al. (1997) „annähernd die Hälfte aller Douglasien“ auf Böden mit der Trophiestufe „kräftig“.

Für die wissenschaftlich begleiteten Versuchsanbauten liegen meist Standortkartierungen vor, die einen höheren Anspruch an Genauigkeit erfüllen, insbesondere wenn die Beziehung zwischen Wachstum und Standort analysiert werden soll. So stocken die Douglasien des Provenienzversuchs der DDR von 1961 in der nordostdeutschen Tiefebene auf überwiegend besser nährstoffversorgten Standorten, die allerdings partiell zu Staunässe neigen (Dittmar et al. 1985). Die parallele Versuchsserie in Nordwestdeutschland berücksichtigt vorwiegend mittelgründige, nährstoff- bzw. basenarme Standorte in Geestgebieten (Schober et al. 1983). In Hessen wurden oligo- und mesotrophe Standorte mit unterschiedlichem Bodenwassergehalt für die Douglasienversuchsserie von 1958 ausgewählt (Rau 1986). In Baden-Württemberg wurden 1958 mäßig trockene bis mäßig frische, teilweise zu Staunässe neigende Standorte unterschiedlicher Nährstoffausstattung für die Anlage eines Douglasienprovenienzversuchs ausgesucht. Genau genommen handelt es sich bei den Versuchspartellen um kleinflächige Anbauten auf einer Fülle von Standortstypen. Die Wachstumsreaktionen der Bäume auf die unterschiedlichen Bodenbedingungen werden zudem durch die verschiedenen lokalklimatischen Bedingungen überlagert. Eine übergreifende Untersuchung zu der Wüchsigkeit der verschiedenen Douglasienherkünfte in Abhängigkeit von der Vielfalt der Boden- und Lokalklimabedingungen, die durch diese Versuchserien abgebildet wird, ist bisher nicht erfolgt.

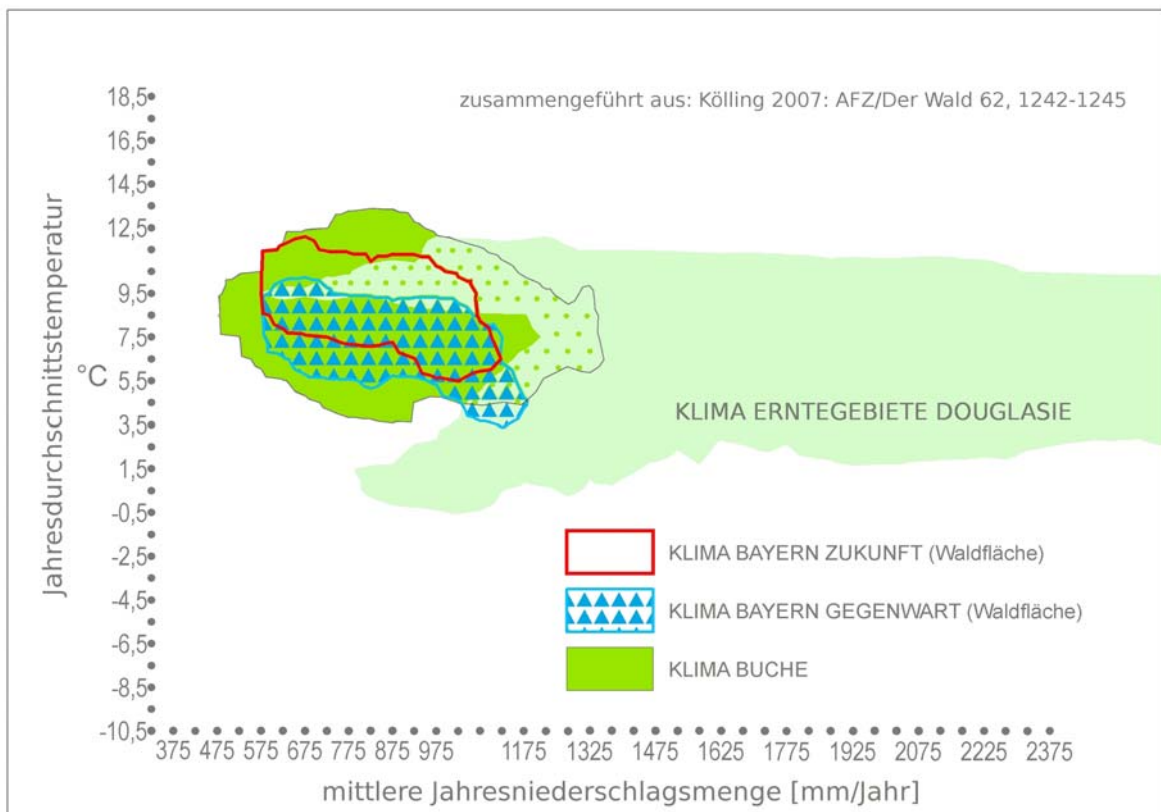
Die oft genannte Bodenvagheit der Douglasie im Ursprungsgebiet ist nur für Standorte belegt, die ausreichend mit Wasser und Nährstoffen versorgt sind. Maßgeblich hierfür sind ergiebige Niederschläge, die sich ausgleichend auf den Bodenwasserhaushalt wirken. Otto (1984) weist darauf hin, dass auch das Ausgangsgestein der Bodenbildung sowie nachfolgende Umlagerungsprozesse die Nährstoff- und Wasserbilanz lokal beeinflussen. Zusätzlich kann abhängig von der jeweiligen Standortsgüte die Zusammensetzung der Kraut- und Strauchschicht von Bedeutung für das lokale Baumwachstum sein.

Unabhängig von diesen Einflussgrößen ermöglichen sogenannte Klimahüllen nach Kölling (2007) den Vergleich zwischen den Klimabedingungen in dem natürlichen Verbreitungsgebiet und den aktuellen bzw. zu erwartenden Klimabedingungen in den Anbaugebieten auf der Basis von Jahresdurch-

schnittstemperatur und mittlerer Jahresniederschlagsmenge. Dies traf bei der Einführung der Douglasie nach Europa und trifft erneut für ihre künftige Verwendung unter den Vorzeichen des Klimawandels zu.

In Bezug auf drastische Klimaveränderungen wird die Douglasie in direkter Konkurrenz zur heimischen Buche gesehen. Aus Gründen der Anschaulichkeit wurden die Klimahüllen der Douglasie (hier: bezogen auf die Erntegebiete in Nordamerika) und der Buche zusammengeführt (Abbildung 2.4). Ergänzend sind die aktuellen Klimawerte und die aus Klimamodellen errechneten Mittelwerte innerhalb der Waldfläche von Bayern angegeben. Abweichend hiervon hat Kölling (2007) die übereinstimmenden Klimahüllen der beiden Baumarten auf die Klimawerte der Wälder in Deutschland bezogen. Das verwendete Klimamodell berücksichtigt eine mittlere Zunahme der Jahresdurchschnittstemperatur um +1,8 °C bei verringerter Gesamtniederschlagsmenge.

**Abbildung 2.4:** Zusammenschau der Klimahüllen von Douglasie (Erntegebiete) und Buche (Quelle: Kölling 2007)



Mit der gebotenen Vorsicht, die der Umgang mit kaum überprüfbaren Klimamodellen erfordert, lässt sich jedoch für den künftigen Anbau der Douglasie in Bayern die Notwendigkeit ableiten, angepasstes Saatgut in wärmeren und niederschlagsärmeren Erntegebieten zu gewinnen. Dies ersetzt nicht die über mehr als ein Jahrhundert praktizierten Anbauversuche mit unterschiedlichen Provenienzen aus dem Ursprungsgebiet der Douglasie. Vielmehr unterstützen die Klimahüllen die Auswahl möglicher Erntegebiete und die Festlegung von Erntebeständen innerhalb dieser Gebiete.

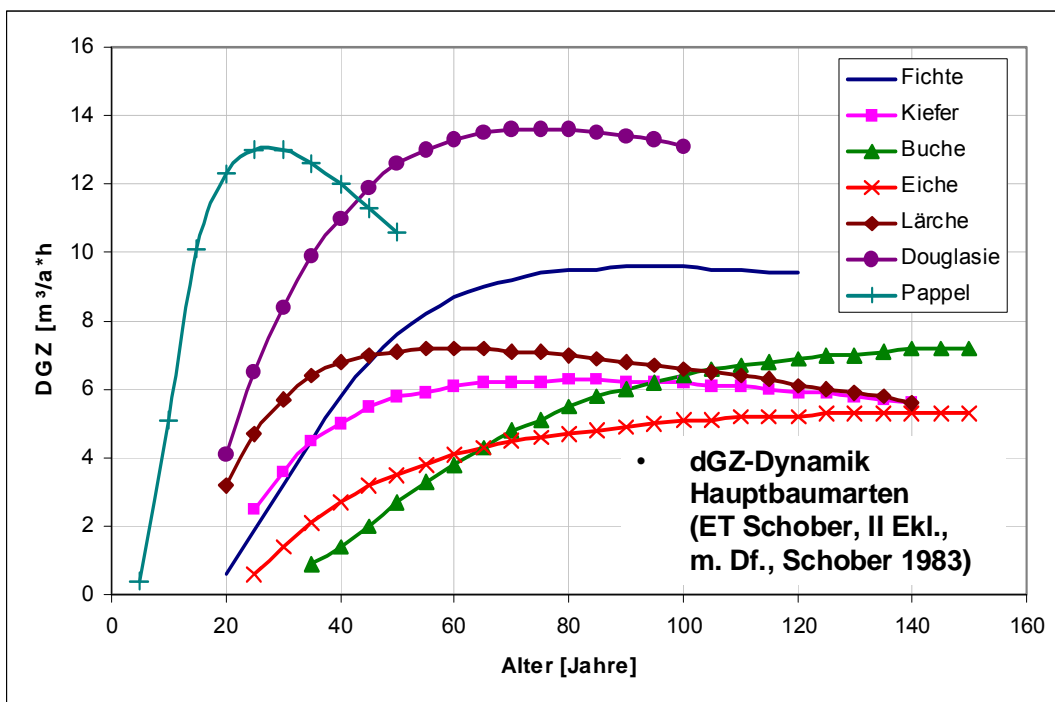
### 2.2.2 Wuchsleistung

Unter mitteleuropäischen Wuchsbedingungen leisten Douglasien Beeindruckendes. So beobachtet Huss (1996) Maximalhöhen der „ältesten Bäume“ im Stadtwald Freiburg von etwa 55 m, ohne dass deren Höhenzuwachs sichtlich nachlässt. Würde man die Douglasien in Mitteleuropa nur lang genug wachsen lassen, könnten diese „wie in ihrer Heimat Endhöhen von 70 bis 80 m erreichen“ (Huss 1996). Im Harzer Versuchsbestand Lonau 135 stellten Pretzsch & Spellmann (1994) Oberhöhenbonitäten von durchschnittlich 44 m bei über 100-jährigen Douglasien fest; in der Versuchsfläche Kaiserslautern erreicht die wüchsigste Douglasienprovenienz „Snoqualmie“ Oberhöhen von 41,9 m im Alter 90 Jahre (Stimm & Dong 2001). Auch sind die nachgewiesenen Durchmesserzuwächse von Douglasien beachtlich und summieren sich zu Gesamtwuchsleistungen, die im Vergleich zu Fichten auf vergleichbaren Standorten Werte bis zum Anderthalbfachen der zuletzt genannten erreichen.

Eine nach der Stammzahl etwa 20-prozentigen Douglasienbeimischung erhöht den Vorrat eines Buchen-Douglasien-Mischbestandes auf das 1,4-fache eines Buchen-Reinbestandes (Huss 1996). Bei einer systematischen Astung kann die beigemischte Douglasie zudem zu einer gesteigerten Wert schöpfung im Forstbetrieb beitragen.

Schober et al. (1983, 1984) finden einen engen positiven Zusammenhang zwischen Volumenertrag und Höhe der Niederschläge am Herkunftsort. Andere klimarelevante Kenngrößen wie zunehmende Höhenlage, abnehmende Temperatur in der Vegetationszeit und zunehmende geographische Breite sind dagegen negativ mit dem laufenden Zuwachs und der mittleren Höhenwuchsleistung korreliert. Insgesamt ist die Ertragsleistung der Douglasie auf den meisten Standorten in Deutschland derjenigen der einheimischen Baumarten deutlich überlegen.

**Abbildung 2.5:** Durchschnittlicher Gesamtwuchs (dGZ) verschiedener Baumarten nach der Ertragstafelsammlung (ET) von Schober (1983)





Nach Schober (1983, Abbildung 2.5) kulminiert der durchschnittliche Gesamtzuwachs für ein mittleres Ertragsniveau und mäßiger Durchforstung für die zweite Ertragsklasse bei  $13,6 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$  im Alter 70 bis 80 Jahre (ET Bergel 1985). Für die Fichte liegen bei vergleichbaren Bedingungen der  $dGZ_{\max}$  nur bei  $9,6 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$  im Alter 90 bis 100 Jahre (ET Wiedemann 1936/42). Deutschlandweit beliefen sich die Holzvorratszuwächse der Douglasie im Hauptbestand zwischen 2002 und 2008 sogar auf  $21,4 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$  im Vergleich zur danach zuwachsstärksten Baumart Fichte mit  $14,5 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$  (Polley et al. 2009b). Im Zeitraum von 1987 bis 2002 waren die Differenzen für das Gebiet der alten Bundesländer noch geringer (Douglasie  $19,4 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$ , Fichte  $16,4 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$ ; nach Schmitz et al. 2004). Durch die unterschiedliche Altersklassenverteilung sind die Zuwachsunterschiede zwischen den beiden Baumarten und Betrachtungsperioden allerdings nicht unmittelbar vergleichbar.

### 2.2.3 Begleitartenspektrum

Grundsätzlich lassen sich Begleitarten in Wäldern, ob sie floristischer oder faunistischer Natur sind, auf unterschiedliche Weise erfassen. Großflächige Vollerhebungen sind dabei eher die Ausnahme, so dass vorwiegend repräsentative Stichprobenverfahren zur Anwendung kommen. Die repräsentative Stichprobe kann aus unterschiedlichen Grundgesamtheiten entnommen werden, die entweder alle in einem Gebiet vorkommenden Arten oder nur ausgesuchte Arten und Artengruppen repräsentieren. Aus Gründen der praktischen Anwendung erfolgt meist die Beschränkung auf ausgesuchte Arten der Flora oder Fauna.

In diesem Zusammenhang stellt die Betrachtung von Ziel- oder Schlüsselarten eine zusätzliche Vereinfachung dar, was zum einen eine Assoziation zwischen Zielarten und Habitaten voraussetzt und zum anderen wegen der Vernachlässigung der übrigen vorkommenden Arten grobskaliger ist. Die Vorgehensweise eignet sich für Erhebungen auf Landschaftsebene und stark variierende Standortverhältnisse gleichermaßen.

#### 2.2.3.1 Flora

Kühnel (1995) vergleicht am Südwestrand des Schwarzwaldes die Begleitvegetation von Buchen- und Douglasienbeständen mittleren Alters auf unterschiedlichen Standorten. Knoerzer et al. (1995) und Kühnel (1995) berichten übereinstimmend, dass die Unterschiede in der Zahl der Gefäßpflanzenarten gering sind. Die Douglasienbestände sind dabei mit durchschnittlich 52 Arten zwar etwas artenärmer, die Artenvielfalt ist bei einem Deckungsgrad von 30 % aber höher als in den Buchenbeständen mit 62 Arten und einem Deckungsgrad von 10,7 %. Erdmoose hingegen treten unter Buche mit höherer Deckung in Erscheinung als in Douglasienbeständen. Deutliche strukturelle Unterschiede weisen die untersuchten Bestände beider Arten an den von Kühnel (1995) ausgewiesenen Winterhängen auf, bei denen es sich um Hanglagen mit Nord- bis Ostexposition handelt. Während sich dort „die Buchenbestände durch eine typische Hallenstruktur“ auszeichnen, erweisen sich „Douglasienbestände bei niedriger Deckung der oberen Baumschicht deutlich unterwuchsreicher“ (Kühnel 1995).

Im nordwestdeutschen Tiefland vergleicht Budde (2006) die Zusammensetzung und Deckungsgrade der Bodenvegetation in Reinbeständen von Buche, Douglasie und Kiefer sowie der Mischbestandstypen Douglasie-Buche, Douglasie-Fichte und Kiefer-Buche. In allen Beständen sind meist die typischen Arten des *Luzulo-Fagetums* vertreten, die in den Nadelholzbeständen durch nadelbaumartspezifische Begleitarten ergänzt sind. Die Buchen-Reinbestände sind daher mit im Mittel (Median) ca. fünf krautigen Arten bei äußerst geringem Deckungsgrad verhältnismäßig artenarm. Trotz

im Vergleich zu den reinen Buchen noch geringeren Artenzahlen ist die Abundanz der wenigen Arten infolge des unter Kiefer hohen Lichtgenusses am Waldboden relativ hoch, dies führt zu einem Deckungsgrad von über 95 %. Die mittlere Artenzahl von etwa 18 in Beständen aus reiner Douglasie liegt zwischen den Werten von den Mischbeständen Douglasie-Buche (ca. 14) und Douglasie-Fichte (ungefähr 26) [Werte abgelesen in Abbildung 4 von Budde 2006, S. 27].

### 2.2.3.2 Fauna

Beobachtungen zu typischen Waldvogelarten in Douglasien-Laubholz-Mischbeständen sind bisher nicht veröffentlicht. Das Vorkommen von Vögeln im Douglasien-Reinbestand, Douglasien-Fichten-Mischbestand im Vergleich zu Fichten-Reinbeständen und Laubholzbeständen ist Gegenstand der Erhebungen von Goßner & Utschick (2001) und Utschick (2001). Im Vergleich zur Fichte ist das Nahrungsangebot auf der Douglasie in den Wintermonaten drastisch reduziert, was sich deutlich auf das jahreszeitliche Aktivitätsmuster von Vögeln auswirkt (Goßner & Utschick 2001). Dagegen stellt Utschick (2001) fest, dass die Individuendichte und Artenzahl von Vogelarten auf der Douglasie im direkten Vergleich zur Fichte insgesamt höher sind, aber die Werte der in Laubholzbeständen nachgewiesenen Arten nicht erreicht werden.

Die Einordnung von Douglasie in Bezug auf die Arthropodenfauna war lange Zeit wegen fehlender statistisch aussagekräftiger Untersuchungen nicht möglich. Untersuchungen von Goßner (2004) lassen eine erste Einschätzung der Besiedlung im Vergleich zur ebenfalls nicht standortsheimischen Fichte zu. „Nicht tot, aber sehr anders“ überschreibt Goßner seinen Beitrag, womit er zum Ausdruck bringt, dass sich vorwiegend Allerweltsarten und kaum hoch spezialisierte Totholzzersetzer oder Rote Liste-Arten auf der Douglasie einfinden. Allerdings scheinen sich die heimischen Arthropodenarten die auf der Douglasie vorhandenen Nischen erst sukzessiv zu erschließen, womit die komplette Besiedlung erst am Anfang stehen dürfte.

Während Booth (1877) nach einem Besuch von Douglasienanpflanzungen zwischen Wedel und Hamburg den Hinweis gibt: „Von dem dort zahlreich vorhandenen Wild, Kaninchen, Hasen und Rehe wird *Abies Douglasii* [= Synonym der Douglasie] nicht angenommen“, berichtet Danckelmann (1884) von massivem Wildverbiß an der jungen Douglasie. Auch heute zählt die gepflanzte Douglasie dort, wo sie im entsprechenden Alter vorkommt, zu den bevorzugt vom Wild verbissenen Nadelbaumarten (s. a. Kap. 3.2). Zudem werden sowohl die gepflanzten als auch die spontan verjüngten Jungdouglasien von den männlichen Vertretern der vorkommenden Hirscharten gern geschlagen oder gefegt, dies kann zu nicht unerheblichen Ausfällen führen.

### 2.2.4 Auswirkungen auf Begleitartenspektrum und Standort

Die Douglasie ist aus eigener Kraft in der Lage, für sie geeignete Standorte dauerhaft zu besiedeln (Knoerzer et al. 1995). Umso schwieriger abschätzbar sind die langfristigen Folgen, die mit der Einführung verbunden sind. Viele der Folgen werden erst nach Jahrzehnten sichtbar werden; andere erst in noch längeren Zeiträumen. Besonders die sich entwickelnden Interaktionen zur gebietsheimischen Flora und Fauna können neben direkten Verdrängungseffekten und Veränderungen im Konkurrenzgefüge auch kaum vorhersagbare indirekte Folgen beinhalten.

Mit dem erwarteten Klimawandel wird das Konkurrenzgefüge voraussichtlich in vielen Waldökosystemen beeinflusst werden. Die nach bisherigen Erkenntnissen klimastabile Douglasie kann

sich unter künftigen Bedingungen, solange sie nicht vorherrschend wird, als eine für die Stabilität der neuen Artengemeinschaft willkommene Beimischung erweisen. Einschneidender werden die Auswirkungen der Douglasienbeimischung in den Bereichen sein, in denen eine vollständige Verdrängung von anderen Baumarten erfolgt. Ob und in welchem Umfang die Douglasie ohne menschlichen Einfluss zu derartig dominantem Verhalten neigt, ist bisher kaum untersucht. Zudem besteht ein akuter Mangel an geeigneten Referenzbeständen für derartige Abschätzungen.

Beigemischte Douglasien werden von den verschiedenen Insektenarten einer bestehenden standortstypischen Arthropodenfauna sukzessive besiedelt (Goßner 2004). Dabei waren es zunächst Generalisten, die die freien Nischen am Douglasienstamm und in der Krone besetzten. Goßner & Ammer (2006) stellten Unterschiede der Stamm- und Kronenbesiedlung von Douglasien und Fichten in südbayerischen Waldbeständen fest. An den Douglasienstämmen war die Arthropoden-Vielfalt geringer als bei Fichte, während im Kronenraum keine deutlichen Differenzen auftraten. Lediglich in der Präsenz der unterschiedlichen Arten, nicht jedoch in der absoluten Artenzahl waren geringfügige Unterschiede vorhanden. Avifaunistische Unterschiede beschränkten sich auf Aktivitätszyklen; aufgrund eines eingeschränkten Nahrungsangebots im Winter wurden die Douglasien weniger von Vögeln besucht (Goßner 2004).

Budde (2006) untersuchte Auswirkungen des Douglasienanbaus im norddeutschen Tiefland, in dem durch großflächige Heideaufforstungen naturferne Kiefernbestände die Waldvegetation dominieren. Derzeitig findet im Zuge einer nachhaltigen naturnahen Waldwirtschaft ein sukzessiver Waldumbau statt, an dem neben den führenden Baumarten Buche und Eiche auch die Douglasie beteiligt ist. Die ökologischen Auswirkungen der Douglasienbeimischung hat Budde (2006) anhand der Zusammensetzung von Bodenvegetation, den Boden- und Lichtverhältnissen sowie der Samenbank im Boden dargestellt. Auffällig sind die vergleichsweise günstigen C/N-Verhältnisse der von Douglasien beeinflussten Standorte sowie die erhöhte Pflanzenartendiversität in den nadelholzreichen Beständen. Letzteres erklärt sich aus einem erhöhten Lichtgenuss am Waldboden unter Douglasie. Darüber hinaus sind die an derartigen Standorten typischen Buchenwälder ohnehin sehr artenarm.

Hinsichtlich der Nährstoffgehalte in einjährigen Nadeln unterscheiden sich mit Ausnahme von Stickstoff und Mangan in Deutschland und Dänemark gewachsene Douglasien nicht von solchen im ursprünglichen Verbreitungsgebiet (Baronius & Fiedler 1996). Verantwortlich für den höheren Stickstoffgehalt in den deutschen und dänischen Kollektiven sind die in Mitteleuropa hohen Stickstoffeinträge aus der Luft. Die Douglasie ist somit in der Lage, den vermehrt angebotenen Stickstoff, der in ungestörten Ökosystemen meist limitierend wirkt, physiologisch zu verwerten. Die erhöhten Mangangehalte in den Nadeln sind eine Folge der hohen Säureeinträge aus der Luft. Mit zunehmender Bodenversauerung wird proportional Mangan in die Bodenlösung freigesetzt (Baronius & Fiedler 1996).

Auch der mittlere relative Lichtgenuss ist Gegenstand der Untersuchungen von Budde (2006). Die mittlere Beleuchtungsstärke von etwa 2 % des Freilandwertes in Buchenreinbeständen stellt die untere Grenze der von Budde (2006) gemessenen Werte dar. Demgegenüber liegt der Wertebereich des relativen Lichtgenusses in Douglasienbeständen mit und ohne Beimischung anderer Baumarten zwischen 3,5 % und 9 % und erreicht in Kiefernreinbeständen mit im Mittel 25 % die Obergrenze dieser Messreihe.

Vor & Schmidt (2006) untersuchen die „Auswirkungen des Douglasienanbaus auf die Vegetation der Naturwaldreservate "Eselskopf" (Nordwesteifel) und "Grünberg" (Pfälzer Wald) auf die Arten- und

Strukturdiversität im Vergleich zu in etwa gleichaltrigen und vergleichsweise naturnahen Buchen-Mischbeständen. Die maximale Gesamtzahl vorkommender Pflanzenarten in der Baum-, Strauch-, Kraut- und Moosschicht ist in den Douglasien-dominierten Beständen am höchsten. Negativ auf die Artendiversität wirken sich die im Vergleich zur Douglasie höheren Deckungsgrade in der Baumschicht der Buchenbestände aus. Im Vergleich der beiden Naturwaldreservate (NWR) sind die Artenzahlen im NWR Eselskopf bei besserer standörtlicher Nährstoffversorgung höher als im NWR Grünberg (Vor & Schmidt 2006). Zudem sind in der Flora der untersuchten Douglasienbestände viele typische Waldgefäßpflanzenarten vertreten. Aufgrund der nur sehr sporadisch vorkommenden Douglasienverjüngung kann die Baumart in den beiden untersuchten Naturwaldreservaten nicht als invasiv bezeichnet werden. Diese Einschätzung deckt sich mit der von Knoerzer et al. (1995).

### 2.2.5 Angepasstheit an künftige Klimabedingungen (abiotische & biotische Gefahren)

Ein wichtiges Argument für einen verstärkten Douglasienanbau in Deutschland ist die vermutete höhere Anpassung von Misch- und Reinbeständen der Douglasie an den laufenden Klimawandel (z. B. Kölling 2008) mit seinen abiotischen Komponenten Trockenheit und Hitze sowie höhere Sturmhäufigkeit und –intensität (IPCC 2007, EEA 2008, Leckebusch et al. 2006). Untersuchungen zur Reaktion von Douglasienbeständen auf die extreme Trockenheit im Jahr 2003 offenbarten die wichtige Rolle hoher Spätholzanteile und hoher Spätholzdichten für das Überleben, um einem drohenden Kollaps des wasserleitenden Gewebes (Kavitation) zu entgehen (Martinez-Meier et al. 2008). Hier scheinen einzelne Douglasienherkünfte besonders gut angepasst zu sein (vgl. Bender & Spiecker 2010).

Kontrovers wird allerdings die Sturmfestigkeit der Douglasie diskutiert. Berichten zur bekannten Windwurfresistenz in ihrem Ursprungsgebiet (vgl. Larson 2010) stehen Beobachtungen und Untersuchungsergebnisse gegenüber, die in Südwest-Deutschland eine mit Fichte vergleichbare Windwurfempfindlichkeit der Douglasie zeigen (Albrecht et al. 2010). Neben Gründen der waldbaulichen Behandlung (Bestandesdichteregulierung, h/d-Verhältnisse) scheint in Mischbeständen mit Buche eine durch Wurzelkonkurrenz geringere vertikale und horizontale Ausdehnung ihrer Wurzelsysteme die Sturmfestigkeit der Douglasie zu senken (z. B. Hilbrig 2010).

Die derzeit (noch) geringe Disposition der Douglasie gegenüber biotischen Schäden liegt an ihrer relativ kurzen Anbauperiode in Europa. Einer Entomofauna von mehr als 250 Arten und Unterarten in ihrem Ursprungsgebiet stehen weniger als 100 Arten und Unterarten in Europa gegenüber. Biotische Schadefahren dürften aber in Zukunft zunehmen, da neben der erhöhten Gefahr der Nachführung von Schadorganismen aus dem Ursprungsgebiet (z. B. den Douglasienborkenkäfer, *Dendroctonus pseudotsugae*) zunehmend sich auch einheimische Schädlinge an die Douglasie anpassen wie zurzeit der Kiefernprozessionsspinner (*Thaumetopoea pityocampa*) (Roques et al. 2002, 2006). Die Klimaerwärmung und Globalisierung erleichtern die genannten Prozesse (Roques 2010).

**Zusammenfassung.** Fast zwei Jahrhunderte hat die wissenschaftliche Namensgebung der in Nordamerika beheimateten Douglasie beansprucht. Bis heute besteht zwischen amerikanischen und europäischen Taxonomen keine Einigkeit über die Anzahl von Varietäten sowie deren Verbreitung. Das Ursprungsgebiet der Douglasie zeichnet erhebliche klimatische und standörtliche Unterschiede aus. Auffällig in vielen Regionen ist eine mehrmonatige Sommertrockenheit. Diese Umweltbedingungen haben u. a. zu einer genetischen Differenzierung der Douglasienvorkommen geführt, die teilweise durch die entlang von Gebirgshöhenlinien ausgewiesenen Saatguterntezonen berücksichtigt werden.

Standorte in Küstennähe der nordwestlichen Douglasienverbreitung weisen Ähnlichkeiten zu europäischen Verhältnissen auf. In diesem Bereich stocken Douglasienbestände, deren Abkömmlinge in Europa auf vorwiegend besser nährstoffversorgten Standorten deutlich herausragende Wachstumsleistungen zeigen. Die Douglasie leistet etwa ein Drittel mehr als die zuwachskräftige Fichte auf gleichem Standort und gedeiht unter vielfältigsten Standortbedingungen. Der Anbau in Deutschland erfolgt im Misch- und Reinbestand und umfasst knapp 2 % der Waldfläche. Die Auswirkungen des Douglasienanbaus auf die sich einstellenden Begleitarten sind erst in Ansätzen untersucht. In diesem Zusammenhang zeichnen sich bereits probiotische Effekte für Bodenorganismen ab und lassen sich erste Tendenzen zur Koevolution mit den heimischen Arten erahnen. Ausgestattet mit Anpassungskapazitäten gegenüber Sommertrockenheit, leisten Douglasien bewährter Provenienz auch den sich im Zuge des Klimawandels verstärkenden niederschlagsarmen Perioden Widerstand. Die aus ihrem Ursprungsgebiet bekannte hohe Sturmfestigkeit scheint sich in Deutschland nicht uneingeschränkt zu bestätigen. Die biotische Gefährdung der Douglasie wird durch den globalen Wandel zunehmen.

### 3 Waldbau, Herkunftssicherheit und Anbaurisiken

Die Auswahl geeigneter Provenienzen aus dem natürlichen Verbreitungsgebiet für eine Anbauregion ist die Voraussetzung für eine erfolgreiche Etablierung und somit für den Waldbau mit eingeführten Baumarten. Die Frage zur regionalen Abstammung des verwendeten Saatguts stellt sich zwangsläufig mit dem Erfolg bzw. Misserfolg der Anpflanzung. Die Identifikation nicht geeigneter Provenienzen und damit der Ausschluss bestimmter Saatguternteregionen ist aus Sicht der künftigen Verwender wesentlich, auch wenn sich ursprüngliche Anbauversuche eher desaströs darstellen.

Mit Betrachtungen zum Ursprung der verwendeten Douglassiensamen beginnt daher das Kapitel und dokumentiert nachfolgend die verschiedenen Arten von Anbauversuchen. Der Abschnitt „Etablierung und Regeneration“ widmet sich den Untersuchungen zur natürlichen Verjüngung der Douglasie im Anbaubereich aus jüngerer Zeit. Mit der Verwendung angepassten Saatguts verbindet sich die Frage nach der Herkunftssicherheit und den Möglichkeiten zur Überprüfung der regionalen Abstammung. Abschließend werden Anbaurisiken behandelt.

#### 3.1 Anbauversuche

Planmäßige forstliche Anbauversuche von Douglasie setzten in Deutschland in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts ein (u. a. Schwappach 1901). Nach einer Erhebung im Jahr 1900 existierten in den preußischen Staatsforsten neben den betrieblich initiierten Anpflanzungen „bereits 146 ha Versuchskulturen“ (Schwappach 1907).

##### 3.1.1 Ursprung des zum Anbau verwendeten Douglassiensaatguts

Für die ersten Versuchsanbauten von Douglasie bezogen Danckelmann (ab 1881) und Schwappach (ab 1886) Samen von John (Cornelius) Booth (Inhaber der Baumschule Booth & Söhne in Flottbek bei Hamburg). Über den Ursprung der Booth'schen Douglassiensamen existieren in der forstlichen Literatur keine genauen Angaben. Schenck (1939, S. 500) weist darauf hin, dass „John (Cornelius) Booth das Material aus den Beständen in Schottland bezog, die mit von David Douglas bei der Klimastation Vancouver ... geernteten Samen begründet wurden“. John Cornelius Booth hat sich hierzu nie schriftlich geäußert, obwohl er die Samenqualität frühreifer und durch Umpflanzen blühstimulierter Individuen anzweifelt, deren „Nachkommenschaften ... für zukünftigen Bestand vieles zu wünschen übrig lässt“ (Booth 1877).

Andererseits zog sein Vater John Richmond Booth in der Baumschule aus den Samen der ersten Anlandung in Europa eine Douglasie, welche später blühte, Zapfen bildete und beerntet wurde (Ansorge 1920). Dies bestätigt auch Möring (1949, S. 135f.) in ihrer Dissertation über die Hamburgische Familie Booth ebenso wie deren geschäftliche Beziehungen in das Oregon- und Vancouver-Gebiet, die über den schottischen Verwandten Veitch in Chelsea dorthin bestanden haben. Für den Import von Douglassiensaatgut und dessen Auslieferung an Forstbetriebe in Norddeutschland, besonders im ehemaligen Preußen, nahm die Baumschule Booth & Söhne zeitweise eine zentrale Rolle ein (Schwappach 1901), bedingt auch durch Verbindungen der Familie Booth zum Fürsten von Bismarck.

Weiter berichtet Möring (1949) über eine Samenzuchtanlage in Sülldorf, welche im Jahr „1872 aus dem Samen von dem Original-Exemplar (1828) zu Flottbek“ (Booth 1903) erzogen wurde. Nach Möring (1949, S. 135) „richtete John Cornelius Booth das Gelände in Sülldorf ganz zur wissenschaftlichen Versuchsstation ein. Allein 10 Morgen [entspricht vermutlich 2,5 ha; umgerechnet nach Hamburger Flächenmaß um 1869] dienten dem Anbau der verschiedenen Douglasiensorten. Diese Kulturen lieferten die Forstsamen für größere Pflanzungen“, so auch für die „Aufforstungen Bismarcks in Friedrichsruh“ (Sachsenwald).

Auch die badischen Betriebe bezogen ihr Douglasiensaatgut in der Zeit bis 1886 über die Baumschule Booth & Söhne, bevor sie ihr Saatgut von anderen Firmen bzw. von der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft erhielten (vgl. Wimmer 1909). Nach der Übersicht von Wimmer (1909, Tabelle, S. 21) wurden von 1883 bis 1899 53 kg Douglasiensamen erworben und zum Anbau auf die Forstämter verteilt. Nach Grundner (1921) und Puchert (1964) kaufte die Herzöglich Braunschweigische Versuchsanstalt 1880 ihr Saatgut für Versuchsanbauten im Weserbergland und Harz bei den Firmen Appel, Nungesser und Trumpff, von 1881 bis 1886 und 1888 lieferte die Baumschule Booth & Söhne den Douglasiensamen, ab 1894 bezog die Braunschweigische Versuchsanstalt Samen von verschiedensten Anbietern. Bei Grundner (1921) und Puchert (1964) finden sich gelegentlich Hinweise zu Mengenangaben und den vermuteten Herkunftsregionen, meist fehlen diese jedoch vollständig.

Die von Schwappach von 1891 bis 1895 bezogenen Samen stammten gesichert aus Hochgebirgslagen der südlichen Rocky Mountains und repräsentierten Vorkommen der Blauen Douglasie, welche „sich als weit langsamwüchsiger und wenig befriedigend erwies“ (Schober 1954).

Puchert (1964) hat aus verschiedenen Veröffentlichungen (Danckelmann 1884, Grundner 1921, Puchert 1954, Wimmer 1909) lokal bewährte Douglasienbestände zusammengestellt, die nachweislich aus der ersten Anbauwelle von 1880 bis etwa 1899 des von der Baumschule Booth & Söhne, Flottbek, gelieferten Saatguts stammen und nach den in 1964 geltenden Gesichtspunkten als Sonderherkünfte ausgeschieden worden sind (s. a. Puchert 1967). Zu letzteren gehören auch die heute für Versuchs- anbauten definierten Standardbestände Homburg, Daun und Südbaden.

Für das Hoheitsgebiet der ehemaligen DDR ist der Import von Douglasiensaatgut zentral nach den Samenzonen im Ursprungsgebiet dokumentiert worden. Für den Zeitraum von 1965 bis 1990 hat Schneck (2009) die importierten Samenmengen zusammengestellt und nach den vorliegenden Herkunftsempfehlungen bewertet. Der überwiegende Teil der eingeführten Samen entspricht den Empfehlungen und ist „aus heutiger Sicht für den Anbau in Ostdeutschland geeignet“ (Schneck 2009). Ob sich unter den Saatgutpartien auch Douglasiensamen befanden, die ausschließlich für Versuchs- anbauten vorgesehen waren, ist der Übersicht nicht zu entnehmen.

### 3.1.2 Herkunftsversuche

Schon frühzeitig stellte sich heraus (Schwappach 1907), dass der Bezug zum Ursprungsort und den dort vorherrschenden Umweltbedingungen für das Wachstum der Douglasie in Deutschland bedeutsam ist. Ähnlich äußert sich Mayr (1906) zur Anpassung an die klimatischen Verhältnisse am zugewiesenen Anbauort. „Zur Klärung der Herkunftsfrage für diese Holzart begründeten Schwappach 1910 und Münch 1912 die ersten Parallel-Herkunftsversuche in den (seinerzeitigen) Forstämtern Chorin und Kaiserslautern-Ost“ (Schober 1954).

Herkunfts-, oder präziser Provenienzversuche setzen eine Versuchskonzeption systematisch um, mit der die Anbaueignung von Nachkommen geographisch unterschiedlichen Ursprungs (= Herkunftsort) in unterschiedlichen (wenigstens drei) Umwelten zeitlich parallel geprüft wird. Mit der zeitlich synchronen Prüfung sollen Störeffekte, die sich aus der Verschiebung jahreszeitlich wechselnder Witterung bei unterschiedlichem Pflanzzeitpunkt ergeben könnten, minimiert werden. Diese Prüfung geschieht in Abhängigkeit von der Anzahl zu prüfender Provenienzen sowie Individuen pro Provenienz auf Klein- und Kleinstparzellen in mehrfacher Wiederholung innerhalb einer Versuchsfläche. Um den Einfluss des Standorts und mögliche Standortsunterschiede innerhalb einer Versuchsfläche gering zu halten, werden nach heutigem Standard statt einer zufälligen Verteilung aller Parzellen über die gesamte Fläche Parzellenblöcke gebildet, in denen die Testanbauten nach dem eben genannten Zufallsprinzip angeordnet sind. Auch der Mitbau von sogenannten Standard- oder Vergleichsprovenienzen ist in diesem Zusammenhang ein Mittel, die Vergleichbarkeit zwischen unterschiedlichen Versuchsorten und Testkollektiven herzustellen. Hiervon abweichende Anordnungen oder Vorgehensweisen sind möglich, aber angesichts einer langen Tradition in der forstlichen Anbauprüfung und der angewandten Teststatistiken in der heutigen Zeit eher unüblich. Eine sehr umfassende Zusammenstellung zur Methodik und Auswertung von Provenienzversuchen findet sich bei König (2005, S. 306ff.)

Ungeachtet der Kenntnis derart moderner Methoden wurden die ersten Testanbauten der Douglasie nach dem einfachen Prinzip „Versuch und Irrtum“ bei Einzel- sowie Vergleichsanbauten (meist ohne Wiederholung) angelegt. Daher finden sich vorwiegend in der älteren Literatur (s. a. Schober 1954) gelegentlich Hinweise auf misslungene Anbauversuche und die Besprechung möglicher, meist offenkundiger Ursachen. Eine Vielzahl von erfolglosen Testanbauten ist möglicherweise noch in den archivierten Unterlagen von Forstbetrieben dokumentiert, aber bestenfalls nach gründlicher Recherche in Einzelfällen erreichbar. Daher beschränkt sich diese Literaturstudie auf allgemein zugängliche Dokumente und Veröffentlichungen.

Die von Schwappach 1910 und Münch 1912 begründeten, ersten Parallel-Provenienzversuche in den Forstämtern Chorin und Kaiserslautern testen Provenienzen aus den Hochgebirgslagen der Kaskaden und des Küstengebirges (Kalifornien), der nördlichen (Idaho, Montana) und südlichen Rocky Mountains (Colorado, New Mexiko) sowie der Ost- und Westhänge der Kaskaden (Washington). Eine genaue Auflistung und geographische Zuordnung der verwendeten Provenienzen findet sich bei Schwappach (1914), von dem Münch (1923) wiederum die Versuchspflanzen übernommen hat. Zugleich dokumentiert Münch (1923) die klimatischen Unterschiede der Wuchsregionen, aus denen die 10 angebauten Provenienzen stammten, welche er von Schwappach (1914) erhalten hatte. Rohmeder (1956) beschreibt und bewertet die Entwicklung der Provenienzen bis zum Jahr 1954. Stimm & Dong (2001) betrachten insgesamt neun Jahrzehnte aufgezeichnete Bestandesentwicklung, was nahezu der forstlichen Umtriebszeit von Douglasie entspricht. Sie werten die ertragskundlichen Inventurdaten von vier noch vorhandenen Provenienzen unterschiedlicher Varietät aus. Neben der Darstellung von Stammzahl-, Durchmesser- und Höhenentwicklungen leiten sie die Grundfläche und den Vorrat im Vergleich zu Ertragstafelwerten der Weißtanne, Sitka- und Gemeiner Fichte ab. Insgesamt herausragend ist die Küstenprovenienz, die mehr als das Doppelte der besten Inlandsprovenienz leistet und damit in ihrer Wuchsleistung noch deutlich vor der ebenfalls angebauten Fichte rangiert.

Für den in den Jahren 1932/33 begründeten Douglasienprovenienzversuch wurde das Saatgut von 17 amerikanischen Provenienzen durch die Fa. Pein von der LongBell Lumbers Sales Corp, Longview, Wash. bezogen (Schober 1954). Die Aussaat erfolgte durch die Fa. Pein im Jahr 1930. Auch Puchert (1967) erwähnt die Long-Bell-Waldgesellschaft in Longview mit Lieferungen von 50 kg



Douglasiensamen im Jahr 1932 und weiteren 20 kg im Folgejahr an die hessische Staatsdarre Gammelsbach. Vermittelt hat diese Lieferungen Dr. C. A. Schenck, seinerzeit Professor der Forstschule Biltmore (North Carolina, USA) und späterer hessischer Oberlandforstmeister (Puchert 1967) sowie Autor des dreibändigen Werks „Fremdländische Wald- und Parkbäume“.

In Hessischen Forstamt Gahrenberg legten Oelkers und Geyr von Schweppenburg nach dem ersten Weltkrieg einen Douglasienprovenienzversuch mit „13 Herkünften aus dem natürlichen Verbreitungsgebiet in Colorado, Oregon, Washington und British Columbia; ausgesät 1930 (mit 2 Versuchsorten“ an (Weisgerber 1983, S. 12). In den ersten drei Jahrzehnten entwickelten sich die Höhen und Durchmesser von Provenienzen aus den westlichen Kaskaden Washingtons (40-700 m ü. NN) deutlich überlegen gegenüber denen aus den kontinentalen Klimabereichen und höheren Lagen British Columbias und Colorados. Die Douglasien aus Colorado erwiesen sich unter den Anbaubedingungen zudem anfälliger gegenüber dem Erreger der Rostigen Douglasienschütte als die übrigen Provenienzen. Nach schweren Sturmschäden existieren heute von dem Versuch nur noch einige Randbäume (Weisgerber 1983, S. 14).

Eine Versuchsserie mit 30 Herkünften aus dem Ursprungsgebiet der Douglasie sowie 6 deutschen Bestandesabsaaten wurde 1961/62 mit 15 Versuchsorten in Hessen angelegt (Weisgerber 1983, S. 15) und mit wechselnder Zuständigkeit zwischen Ertragskunde und Forstpflanzenzüchtung von der Hessischen Forstlichen Versuchsanstalt betreut. Dieser Versuch ist Bestandteil eines ersten internationalen Provenienzversuchs, von dem noch heute intakte Parallelfelder in ganz Deutschland existieren, über welche bereits mehrfach berichtet worden ist (Schober et al. 1983, 1984; Kenk & Thren 1984a+b; Dittmar et al. 1985; Rau 1986; Dittmar & Knapp 1987a+b; Mehl 2001; Kenk & Ehring 2004). Erst mit zunehmendem Alter der Versuchsfelder kristallisierten sich abhängig vom Anbauort wüchsige Küstenvorkommen der Douglasie heraus, wobei die vereinzelt angebauten Absaaten heimischer Bestände lokal Spitzenpositionen im Wachstum besetzen (Kenk & Ehring 2004).

Als IUFRO-Versuch, an dem sich Institutionen aus 36 Staaten beteiligten, wurde 1970 ein zweiter internationaler Douglasienprovenienzversuch begründet, für den insgesamt 182 Provenienzen im Ursprungsgebiet eingesammelt wurden (König 2005, für mehr Details: Kleinschmit & Bastien 1992). Der Versuch sieht zwei zeitlich gestaffelte Anbauphasen vor, von denen die erste eine breit angelegte Prüfung der Anbaueignung einer umfangreichen Anzahl von Provenienzen einschließlich von Absaaten sogenannter Sonderherkünfte und Plusbaumbestände in Europa umfasst. Die zweite Phase dagegen ist auf die differentielle Entwicklung der Spitzenherkünfte aus der ersten Phase gerichtet (Weisgerber 1983, S. 15f.). Diese Versuche befinden sich in der Zuständigkeit der forstlichen Länderversuchsanstalten und werden in abgestimmten Zeiträumen aufgemessen. Erste orientierende Ergebnisse aus der Anzuchtphase in Deutschland haben Kleinschmit et al. (1974) vorgelegt. Eine bundesländerübergreifende Auswertung der Inventurdaten haben Kleinschmit et al. (1991) in Bezug auf das Überleben, die Höhen-, Durchmesser- und Volumenwuchsleistung durchgeführt. Bewährt haben sich eine Handvoll Küstenprovenienzen aus dem Bundesstaat Washington (Westhänge der Kaskaden) und einige nördliche Inlandsvorkommen aus der Provinz British Columbia. Daneben erreichen auch die vier im Test befindlichen deutschen Bestandesabsaaten überdurchschnittliche Ränge, insbesondere bei der Höhenwuchsleistung im Alter 20.

In den Niederlanden wurden seit 1923 mit Abkömmlingen von insgesamt 35 bekannten Douglasienbeständen aus British Kolumbien (Kanada), Washington und Oregon (letztere USA) Provenienzversuche angelegt (Kranenborg & de Vries 1995). Im Rahmen der IUFRO-Serie 1970

werden an zwei Versuchsstandorten 52 der insgesamt 182 Provenienzen geprüft. Für die im Test befindlichen Provenienzen teilen Kranenborg & de Vries (1995) neben der geographischen Lage auch die Anzahl der beernteten Samenbäume mit, welche mindestens 15 Douglasien und nur ausnahmsweise 19 umfasst hat.

Viele der jüngeren Provenienzversuche haben die Hälfte der forstlichen Umtriebszeit von Douglasie noch nicht erreicht. Für eine abschließende Beurteilung sind diese Versuche noch zu jung. Dennoch lassen sich aus den laufenden Inventuren bereits erste Trends für den Anbau erkennen und für die forstliche Praxis zeitnah umsetzen. Aus waldökologischer und naturschutzfachlicher Sicht sind die Douglasienprovenienzversuche weniger aufgrund der nachgewiesenen Standortseignung interessant, umso mehr allerdings wegen möglicher Unterschiede zwischen Provenienzen bei den sich einstellenden Wechselwirkungen zu heimischen Begleitarten.

### 3.1.3 Durchforstungs- und Standraumversuche

Um generelle oder gebietsbezogene Ertragstafeln für eine Baumart aufstellen zu können, ist eine Vielzahl von Beständen erforderlich, die den spezifischen Wachstumsgang über alle Alter und ggf. bei verschiedenen waldbaulichen Behandlungen repräsentieren (vgl. Bergel 1969, 1985). Daneben dienen Durchforstungsversuche der zielgerichteten Optimierung von Massen- und Qualitätseigenschaften unter waldwachstumskundlicher Beobachtung. Diese Dokumentation beginnt meist mit den ersten Durchforstungseingriffen und dauert über mehrere Jahrzehnte an (für Douglasie: Pretzsch & Spellmann 1994; Stimm & Dong 2001).

Pretzsch & Spellmann (1994) beschreiben die Bestandesentwicklung dreier Durchforstungsvarianten in einem der ältesten Douglasienanbauversuche im Forstamt Lonau/Harz. Neben den beträchtlichen Gesamtwuchsleistungen auf einem eher mäßig nährstoffversorgten Standort fällt die soziologische Differenzierung der Kronen- und Stammdimensionen auf, welche sich umso stärker zeigte, desto geringer der Durchforstungsgrad war.

Aus den langjährigen Beobachtungen relativ kleinflächiger Douglasienanbauten lassen sich nur in begrenztem Maße Empfehlungen für den Anbau in Mischung ableiten. Mit Blick auf eine horst- und gruppenweise Mischung, in welcher der nächste Nachbar einer Douglasie auch eine Douglasie sein kann, lassen sich Reinbestandverhältnisse auf kleinstem Raum unterstellen und die Standraumverhältnisse für bestimmte Formen der Beimischung optimieren.

Divergierende Meinungen um die Begründung und Pflege von Douglasienbeständen war der Auslöser für die Anlage von Standraumversuchen in Baden-Württemberg (Kenk & Weise 1983, Weise et al. 2001, Kohnle & Ehring 2008), Bayern (Utschig & Moshhammer 1996), Hessen, Rheinland-Pfalz (Spellmann & Nagel 1989) und Niedersachsen (Brünig & Schneider 1975). Auf allen Versuchsflächen werden einheitlich 500, 1000, 2000 bzw. 4000 Douglasien der Provenienz „Südbaden“ in unterschiedlichen Pflanzverbänden getestet. Die Höhenwuchsleistung der Douglasie ist übereinstimmend auf allen Versuchsflächen unabhängig von den Ausgangspflanzanzahlen. Der Durchmesserzuwachs ist bezogen auf die gewählten Pflanzverbände deutlich differenziert. Dies hat entsprechenden Einfluss auf die erzeugte Holzqualität. Während Kohnle & Ehring (2006) diese für alle Varianten im Normbereich ansiedeln, wird nach Utschig & Moshhammer (1996) die angestrebte Furnierqualität bei den stammzahlärmeren Parzellen nicht erreicht. Ungeklärt ist weiterhin, ob und wie

sich die Ausgangspflanzenzahlen und realisierten Pflanzverbände auf zentrale Holzeigenschaften, wie z. B. Festigkeit und Dauerhaftigkeit auswirken.

Entsprechende Untersuchungen könnten weiterhin Aufschluss darüber geben, in welcher Form die Douglasie bei bestimmten Mindestanforderungen an die Holzqualität in einen Laubholzgrundbestand beigemischt werden sollte.

#### 3.1.4 Mischbestandsanbauten und -versuche

Ausgehend von der einzelbaumweisen Anpflanzung der Douglasie in Parks und botanischen Gärten hat man diese seinerzeit kostspielige Baumart an markanten Stellen im Wald zunächst als Solitär oder solitäre Gruppe begründet. Erst als die Pflanzen deutlich preiswerter wurden, hat man begonnen, sie in Kulturen flächig beizumischen oder aber größere Fehlstellen in Kulturen mit Douglasien zu ergänzen. Dabei sind forstliche Problemstandorte mit Staunässe oder Wasser- und Nährstoffmangel gemieden worden.

Schon Jahn (1954, S. 82) äußert sich zur Beimischung von einzelnen Douglasien in Beständen von Laubhölzern, Kiefer und Lärche: „Gegen ihre Einzelmischung in Beständen dieser Holzarten sprechen ihre starke Astbildung und die Tatsache, dass sie in der Jugend auf bestimmten Standorten in Gefahr kommt, überwachsen zu werden, während sie später selbst eine Gefahr für ihre Mischbaumarten bildet.“ Dagegen „hat die Einzelmischung mit Fichte im Untersuchungsgebiet (hier: Nordwestdeutschland) z. T. schöne Bestandesbilder ergeben“ (Jahn 1954, S. 82). Auch wenn die Douglasie zunächst den anderen Baumarten beigemischt und nach 1950 auch großflächig im Reinbestand angepflanzt wurde, erfolgte die Anlage der ersten systematischen Mischbestandsversuche erst gegen Ende der 60er/Anfang der 70er Jahre des 20. Jahrhunderts. Flöhr (1958, S. 145 ff.) berichtet über ertragskundliche Untersuchungen in Mischbeständen in Ostdeutschland (seinerzeit Hoheitsgebiet der Deutschen Demokratischen Republik) und stellt generell fest, dass die Volumenleistung der einmalig aufgenommenen Mischbestände intermediär bezogen auf die Massenleistung von Beständen der reinen Arten rangieren. Die Zunahme der Durchmesser bei den Douglasien ist meist höher als im gleichaltrigen Reinbestand, was auf Kosten der unterdrückten Mischbaumart geschieht (Flöhr 1958).

In Ermangelung von Langzeitbeobachtungen an Douglasien-Buchen-Mischungen wurden unechte Wuchsrainen aus unterschiedlichen Mischbeständen verschiedener Wuchsregionen gebildet (vgl. Dreher 1994, Wall 1995, Baade 1996). Die Erstinventur lässt allerdings noch keinerlei Rückschlüsse auf die vergangene Bestandesdynamik zu. Erst Folgeinventuren können verlässliche Daten zur Entwicklung von Beständen dieser Art liefern (vgl. Hilbrig 2005).

Zum „Verhalten der Douglasie in Mischung mit anderen Nadel- und Laubbaumarten“ führt Oeschger (1975) an, dass „zu dieser Frage kein allgemeines Urteil abgegeben werden kann, weil die Wuchsrelation (der) Douglasie zu den anderen Baumarten weitgehend von den vorliegenden Standortbedingungen beeinflusst wird“. In den Anfängen des Douglasienanbaus wurde die Douglasie weitständig als Einzelbaum bzw. in Reihen auf der Kulturfläche gepflanzt, was sich nach Ansicht Oeschgers (1975) nicht bewährt hat. Dagegen erscheint das um die Jahrhundertwende praktizierte „Anpflanzen der Douglasie längs Wegen und Linien gar nicht so unzweckmäßig“ (Oeschger 1975). Dies wirkt sich allerdings sehr nachteilig in Bezug auf eine starke Astbildung aus, aber birgt Vorzüge beim Hiebsanfall von starkem Douglasienstammholz.

#### 3.1.4.1 Douglasie und Waldkiefer

In der Oberrheinebene liegen gesicherte Erfahrungen zum Anbau der Douglasie in Freikultur in der Form einzel- bis kleingruppenweiser Beimischung zu großflächig angelegten wüchsigen Kiefernkulturen vor (Oescher 1975). Spätfröste und Frosttrocknis beeinträchtigten die Douglasien auf den Freiflächen, die so von den Kiefern überwachsen wurden. Ein vorhandener Seitenschutz angrenzender hoher Bestände hingegen wirkte sich positiv auf das Überleben der beigemischten Douglasie aus. Gleichaltrige, reihenweise Mischungen von Douglasie und Kiefer haben sich in Ostdeutschland nicht bewährt, während sich gruppen- und horstweise Mischungen besser entwickeln konnten (Flöhr 1958).

Mit der ersten Folgeaufnahme permanenter Stichproben in den Gräflich von Bernstorff'schen Waldungen um Gartow untersuchen Ueckermann & Ebeling (2009) die waldbaulichen und ökonomischen Auswirkungen von Kiefern-Douglasien-Mischbeständen. Schon frühzeitig sind die Fehlstellen in den zweischichtig erwachsenen Gartower Kiefernforsten systematisch mit Douglasien und anderen Nadelbaumarten ergänzt worden (Ueckermann & Ebeling 2009), von denen sich lediglich die Douglasie fast auf allen Standorten durchsetzen konnte. Die gepflanzte Douglasie in der zweiten Bestandsschicht besitzt deutliche Konkurrenzvorteile gegenüber der naturverjüngten, etwa gleichaltrigen Kiefer. Häufig haben geastete Kiefer-Ausleseebäume des Oberstands umgesetzt oder wurden zugunsten der Douglasie entnommen. Ob die beschirmenden Altkiefern einen Einfluss auf die Wertentwicklung der Douglasie besitzen, ließ sich nicht eindeutig belegen. Sicher ist jedoch, dass die Douglasie zu einer erheblichen Steigerung der Wertleistung in den Waldungen auch im Hinblick auf kürzere Umtriebszeiten und folglich gestiegener Bodenbruttorente geführt hat.

#### 3.1.4.2 Douglasie und Fichte

Die anfänglich hohen Kosten für das Saatgut und letztlich die erzeugte Douglasienpflanze haben bereits frühzeitig zu Mischungen aus Douglasie und Fichte geführt. Diese besitzen in Baden-Württemberg eine hohe waldbauliche Relevanz und wurden über eine Vielzahl von Standorten in fast allen Wuchsregionen begünstigt (Oeschger 1975). Trotzdem hat man diese bisher nicht systematisch erfasst. Bis heute fehlen präzise Angaben zur Mischungsform, Pflanzabständen und die daraus ableitbaren Mischungsanteile der damals begründeten Bestände, wie sie im Ansatz bei Flöhr (1958, S. 86ff.) zu finden sind. Ursprünglich war die Fichte als eine zeitlich begrenzte Beimischung zur stark vorwüchsigen Douglasie gedacht. Auf den frischen Standorten stellte sich dies jedoch bereits in der Jugendentwicklung zuweilen anders dar und die Douglasie blieb im Wachstum zurück. Ähnliches beobachtet Flöhr (1958) in Fällen, in denen die Douglasie durch Schüttepilze geschwächt wurde. Oeschger (1975) empfiehlt daher, die Konkurrenzverhältnisse der in Baden-Württemberg vorkommenden Mischungstypen sowie Zeitmischungen von Douglasien-Fichtenbeständen im Schwarzwald eingehender zu untersuchen. In Nordwestdeutschland hat sich die Einzelmischung von Douglasie in Fichte bewährt und nach Jahn (1954) zu teilweise ausgesprochen „schönen Bestandesbildern“ entwickelt.

#### 3.1.4.3 Douglasie und Laubholz

Oeschger (1975) berichtet von der erfolgreichen Beimischung von Douglasie in großflächigen Laubholz-Stockausschlagwäldungen, wobei er die besondere Problematik der Douglasie auf kalkbeeinflussten Standorten bewusst ausklammert. Ohne weitere Kommentierung zitiert Oeschger (1975) „wegen ihrer allgemeinen Gültigkeit“ (Nüsslein 1968; S. 47) zum Douglasienanbau im Spessart: „Während eine Baumart, wie die Fichte, von der bekannt ist, daß sie auf den meisten Standorten

(Anmerkung: außerhalb ihrer an den Lebensraum angepassten Verbreitung) Gefährdungen ausgesetzt ist (Schnee, Sturm, Dürre, Borkenkäfer, Rotwild und Rotfäule) ... und die ihren eigenen Standort in seiner Güte nicht zu erhalten vermag, bedenkenlos rein angebaut ... wird, wird der Douglasie ohne stichhaltigem Grund misstraut. Ein oft gehörtes Argument ist das Gespenst der Douglasieschütte, die aber im Spessart niemals eine ernste Gefahr war, zum anderen wird die Sturmgefährdung ins Feld geführt als Begründung für Beimischungen; manchmal ist es die Hoffnung auf bessere Astreinigung, derentwegen relativ billige Pflanzen zwischen die Douglasie gesetzt werden sollen, kurzum, es ist in der Regel eine Rückversicherung gegen nicht vorherzusagende Misserfolge mit einer Baumart, die sich aber bei genauer und unvoreingenommener Prüfung bisher als vital und weniger gefährdet als etwa die Fichte, Kiefer, Strobe oder Lärche erwies. Gleichwohl ist zuzugeben, dass ein großflächiger Reinanbau einer Baumart neue Aspekte für ihre Beurteilung bringen kann, die nicht immer positiv sein müssen“.

#### 3.1.4.4 Douglasie und Buche

Diversen waldbaulichen und waldwachstumskundlichen Aspekten der Mischung von Buche und Douglasie wurde an der Forstlichen Fakultät der Georg-August-Universität Göttingen nachgegangen, besonders im Hinblick auf das Konkurrenz- und Wuchsverhalten der beiden Baumarten. Das Gros dieser Untersuchungen beschränkt sich jeweils auf einen Teil einer ohnehin begrenzten Anzahl von Versuchsflächen in Nordwestdeutschland.

Mit den Fragen zu Konkurrenzverhältnissen in einem gleichaltrigen Douglasien-Buchen-Mischbestand befasst sich die waldbaulich orientierte Arbeit von Schratzer (1994): Mischbestände gewinnen eine zunehmend größere Bedeutung, was in den Waldprogrammen und Waldbaugrundsätzen der Bundesländer dokumentiert ist. Allerdings scheint die Umsetzung geeigneter waldbaulicher Konzepte zur Standraum- und Mischungsregulierung – und hier insbesondere die Steuerung des Konkurrenzgefüges bei Mischungen von Baumarten unterschiedlicher Leistungsfähigkeit – ein immanentes Problem bei der Bewirtschaftung von Mischbeständen zu sein. Anhand verschiedener Strukturelemente wie Altersunterschiede, räumliche Verteilung oder vertikaler Aufbau der Bestände, kann das Konkurrenzverhalten analysiert und mögliche Konkurrenzeffekte abgeleitet werden.

Im Forstamt Nienburg untersuchte Schratzer (1994) in zwei Douglasien-dominierten Beständen gleichaltrige Mischungen von Buche und Douglasie auf ihr Konkurrenzverhalten. Zu diesem Zweck charakterisierte er die räumlich nächsten Konkurrenten jedes Baumes mit Hilfe von Baumhöhe, Brusthöhendurchmesser, Rohholzgüteklasse (nach der Handelsklassensortierung für Rohholz, kurz HKS) und Kraftsche Baumklasse. In zwei Abstandsklassen (0-3 m; 3-6 m) des älteren Bestandes ging er der Konkurrenzfrage nach. Wachstum und Qualitätseigenschaften der Buche verschlechtern sich mit abnehmendem Abstand zur Douglasie. Dabei ist zu beobachten, dass die wuchskräftigere Douglasie die Buche auf gleichem Standort in den Zwischen- und Unterstand drängt.

Dreher (1994) erfasste und analysierte die Baumdaten von sechs ungleichaltrigen Buchen-Douglasien-Mischbeständen unterschiedlicher Mischungsformen auf lehmbeeinflussten Sandstandorten im Forstamt Hasbruch. Anhand von Altershöhenkurven und Verteilungen nach Höhenstufen konnte für die Höhenwuchsrelation zwischen Buchen und Douglasien in der Verjüngungsphase eine Abhängigkeit von der Überschirmung aufgezeigt werden. In relativ dunklen Partien wird die Konkurrenzkraft der übershirmten Verjüngungsbuchen gestärkt. Das zunehmende Lichtbedürfnis der Douglasie in der Verjüngung und die Überschirmung durch Buchen fördern die Selbstdifferenzierung bei dieser Baumart. Ab der Stangenholzphase zeigt sich die Douglasie in den unterschiedlichen Mischungsformen den

Buchen im Höhenwachstum deutlich überlegen. Im Altbestand holt die Buche wieder auf, da die aus dem Kronendach herausragenden Douglasien von der ständigen Windeinwirkung im Höhenwachstum gebremst werden. Bei im Wuchs überlegener Douglasie ist die horstweise Einmischung von Buche zu ihrem Erhalt in der Mischung erforderlich. Bei vorherrschender Buche sollte auch die Douglasie gruppen- bis horstweise ausgepflanzt werden, um den Pflegeaufwand zu senken.

De Wall (1995) untersuchte Struktur, Wuchsrelationen und -leistung von Buche und Douglasie in unterschiedlichen Altersphasen von fünf ungleichaltrigen Buchen-Douglasien-Mischbestandsversuchsfeldern im Wuchsbezirk „Unterer Solling“. Darüber hinaus wird eine Datenbasis für künftige Anwendungen in positionsabhängigen Einzelbaummodellen geschaffen. Anhand von Stammzahl-Durchmesser-Verteilungen ergaben sich für die Douglasie höhere Durchmesserstufen als für die gleichaltrige Buche. Auch Bestandeshöhenkurven bestätigten das rasche Wachstum der Douglasie. Ab der Stangenholzphase war die Douglasie der Buche im Höhenwachstum überlegen. Beide Baumarten differenzierten sich im Laufe des Bestandeswachstums nach Durchmesser und Höhe. Dadurch wird eine kontinuierliche Zielstärkennutzung ermöglicht. Die Wuchsüberlegenheit der Douglasie erfordert eine horstweise Einbringung der Buche zum Erhalt der Laubholzbeimischung. Auch die Douglasie sollte im Kollektiv artgleicher Nachbarindividuen erzogen werden. Die nachgewiesene unterschiedliche Wuchsdynamik ungleichaltriger Buchen-Douglasien-Mischbestände bietet eine interessante waldbauliche Herausforderung mit dem Ziel stabiler, strukturreicher und wertvoller Bestandeseinheiten.

Baade (1996) untersuchte vier Douglasien-Buchen-Bestände im Wuchsbezirk „Geest- Mitte“, die eine Wuchsreihe von einer wenige Jahre alten Kultur bis zum Altbestand repräsentieren. Neben Einzelbaumdimensionen werden Strukturparameter wie Durchmischung und Durchmesser-differenzierung positionsbezogen bestimmt und der Einfluss beider im Hinblick auf verschiedene Mischungsformen beschrieben. Auch in dieser Untersuchung treten entsprechende Durchmesser-differenzierungen von Buche und Douglasie wie bei Dreher (1994) und de Wall (1995) auf. Entsprechendes gilt für die Bestandeshöhenkurven der beiden Baumarten. Eine wesentliche Neuerung gegenüber den bisher zitierten Wuchsreihenuntersuchungen ist die Analyse der Durchmischung. Obwohl die Baumartenanteile von Buche und Douglasie nicht gleich häufig sind, besitzt der Durchmischungstyp, der durch einen artgleichen und zwei nächste Nachbarn der komplementären Art charakterisiert ist und somit punktuell Gleichhäufigkeit impliziert, eine sichtlich höhere Frequenz. Wurden die Mischungsanteile über die Grundfläche einer jeden Art bestimmt, kommt eine zahlenmäßig gering vertretene Art mit hohem Grundflächenzuwachs faktisch häufiger vor als eine weniger zuwachskräftige. Bedeutsam ist dies für die Beschreibung von Konkurrenzbeziehungen zwischen den Arten, die allein über eine anteilmäßige Beurteilung von Mischungen nicht identifizierbar sind. Wie groß der Häufigkeitsunterschied der Durchmischungstypen im Vergleich zu zufälligen Verteilungen wäre, wird allerdings nicht mitgeteilt.

Auch die Untersuchung von Hilbrig (2005) bestätigt die im Vergleich zur Buche hohe Leistungsfähigkeit der Douglasie. Die Messreihe verdeutlicht aber auch die gute Wuchskraft von zwischen- und unterständigen Buchen auf mäßig nährstoffversorgten Standorten des niedersächsischen Flachlands (s. a. Dreher 1994). Bei dieser Arbeit handelt es sich um eine Folgeinventur an einer Wuchsreihe von Buchen-Douglasien-Mischbeständen (Ersterhebung: Baade 1996), die die früheren Ergebnisse bestätigt. Durch Zustandsvergleiche ließen sich Entwicklungen der horizontalen-räumlichen Bestandesstruktur ermitteln. Weiter wurde der Frage nachgegangen, wie sich Mischungsformen und individuelle Wuchskonstellationen unter Konkurrenz darstellen. Eine zentrale Aufgabenstellung war es, mit Hilfe

bekannter Indizes die Konkurrenzverhältnisse zu quantifizieren und zu beurteilen. Die Auswertungen beschränken sich auf zwei Bestände. Neben den standardmäßigen Aufnahmeparametern wurden die Durchmischung und die individuellen Konkurrenzindizes analysiert. Einen breiten Raum nehmen Analysen der Kronenlänge und Kronenschirmfläche ein. Anhand von Konkurrenzindizes konnte die Konkurrenzsituation der Baumarten erklärt werden. Demnach unterliegen die Douglasien des Mischbestands durchgängig einem geringeren Konkurrenzdruck als die Buchen. Die verwendeten Konkurrenzindizes eignen sich ferner zur Schätzung des Grundflächenzuwachses. Eine differenzierte Analyse der Konkurrenzverhältnisse getrennt nach unterschiedlichen Bestandesschichten zeigt aber, dass im Mittel- und Unterstand die Buchen gegenüber den Douglasien dominieren und die Douglasie nur durch ihre Vorwüchsigkeit dem Konkurrenzdruck der Buchen entgeht. Unterirdisch zeigt sich zudem eine deutlich stärkere Dominanz der Buche, welche die Ausbreitung der Wurzelsysteme der Douglasie erheblich einschränkt (Hilbrig 2010).

### 3.2 Etablierung und Regeneration

Bei der künstlichen Begründung mit Douglasien beschreibt Oeschger (1975) einen deutlichen, ökonomisch begründbaren Wandel von der ursprünglich spärlichen, reihen- oder einzelbaumweisen Pflanzung in vorhandene Bestockungen zur nahezu flächendeckenden Neuanlage von Beständen in Baden-Württemberg. Oeschger (1975) hält die natürliche Verjüngung der Douglasie „bei Vorliegen entsprechender Voraussetzungen“ für möglich und weist auf entsprechende Beobachtungen „in den Forstbezirken Freiburg-Stadt, Kandern, Staufen II und Sulzburg“ hin. Nach Oeschger (1975) etabliert sich die Douglasie, wie viele heimische Baumarten, an frischen Böschungsanschnitten des Waldwegebaus, wo mit gutem Erfolg bei entsprechender Qualität der Ausgangsbestände zur Weiterverschulung gewonnen werden kann. Da sich diese Störstellen meist im Bereich des Wegekörpers befinden, ist nach Knoerzer et al. (1995) eine dauerhafte Weiterentwicklung für die angeflogene Douglasie kaum möglich.

Aber auch die Verjüngung in angrenzenden Waldbeständen beobachten Knoerzer et al. (1995). Trockene, mit Nadelbaumarten wie Kiefer und Lärche licht bestockte Blockhalden sind für eine Douglasienverjüngung günstig, wobei sie an diesen Standorten gelegentlich von erhöhtem Wildverbiss der standortsheimischen Baum- und Straucharten profitiert. Im Hinblick auf die Beeinträchtigung durch selektiven Verbiss scheint daher ein Unterschied zwischen gepflanzter und sich natürlich regenerierender Douglasie zu bestehen (vgl. Kap. 2.2.3.2). Auch in Tannen- und Fichtenbeständen etabliert sich die Douglasie, „vorzugsweise wenn Humusformen von F-Mull bis mullartiger Moder vorliegen“ (Knoerzer et al. 1995). Selten wurde ein vitaler Douglasienjungwuchs in aufgelichteten Laubbaumbeständen beobachtet. Geschlossene Bestände mit dichtem Unter- und Zwischenstand sind der Douglasie zu dunkel für eine Etablierung (Knoerzer et al. 1995). Wagenknecht (1958) berichtet von der Schwierigkeit, die Douglasie unter Schirm zu verjüngen. Zugleich weist er auf die erfolgreiche Seitenbesamung hin, wo sich in nach der „Methode der gleitenden Schlagfläche“ aufgelichteten Streifen und in direkter Nachbarschaft zu Horsten von Douglasiensamenbäumen Douglasienverjüngung dauerhaft eingestellt hat.

Knoerzer et al. (1995) berichtet weiterhin von verschiedensten Einflüssen einer dichten Krautschicht auf die Baumverjüngung, insbesondere von der zunehmenden Behinderung der Keimlingsetablierung der Douglasie mit zunehmender Konkurrenz (Dichte) der Bodenvegetation. Nach einer erfolgreichen Keimlingsetablierung allerdings „sinkt der Einfluß der Konkurrenz der Bodenvegetation“ (Knoerzer et al. 1995). Dies gilt für die feuchten und grusig-lehmigen Standorte im Freiburger Stadtwald. Im Bereich armer, mäßig trockener Standorte (*Betulo-Quercetum*, *Luzulo-Fagetum*) hingegen ist der

Deckungsgrad der Bodenvegetation geringer, so dass „sich die Douglasie gut ansamen und höhere Stetigkeiten erreichen kann“ (Knoerzer et al. 1995).

Zu einer rechtzeitigen Auflockerung der oft sehr dicht aufkommenden Douglasienverjüngung rät Oeschger (1975), was im Hinblick auf reale Beeinträchtigungen biotischer Art (u. a. Wollschildlaus, Schütte) bei dieser Baumart in einem frühen Stadium selbstverständlich sein sollte.

Die junge Douglasie ist sehr lichtbedürftig und gedeiht am besten bei vollem Licht (Übersichtsartikel von Ferguson & Carlson 1991). Solche Bedingungen sind explizit auf geräumten Freiflächen gegeben, die einer eigenständigen Wiederbewaldung überlassen wurden. Ferguson & Carlson (1991) untersuchten im natürlichen Verbreitungsgebiet der Inlandsdouglasie die Anteile, mit denen Douglasien an der Wiederbewaldung von 20 Jahren genutzter Bestände mit unterschiedlichster Baumartenzusammensetzung beteiligt sind. Nur selten sind Douglasien mit mehr als 30 Prozent aller vorgefundenen Baumarten am Gesamtbestand beteiligt; am meisten noch in von Tannen oder Douglasien dominierten Ausgangsbeständen. Wegen der gezielten Auswahl der Bestände repräsentieren diese Untersuchungen nicht die in Douglasienwirtschaftswäldern geübte Verjüngungspraxis.

Die natürliche Verjüngung der Douglasie in Wirtschaftswäldern ihres nordamerikanischen Ursprungsgebiets ist nahezu unbedeutend (Annen 1998). Dort, wo man mittels systematischer Auflichtung versucht hat, die Douglasie zu etablieren, setzen sich schattentolerante Arten durch und verändern langfristig die Baumartenzusammensetzung. Um die wirtschaftlich bedeutendere Douglasie jedoch in der nächsten Waldgeneration zu halten, wird sie vorwiegend auf der Freifläche gepflanzt. Nach Waldbränden kann sie sich auch auf den Freiflächen ansamen, wo sie wegen fehlender Konkurrenzvegetation bei ausreichender Wasser- und Nährstoffversorgung gute Startbedingungen vorfindet. Allerdings existiert eine Reihe von Samen- und Pflanzenschädlingen, welche die Naturverjüngung der Douglasie potentiell bedrohen, insbesondere bei hohen Samen- und Pflanzendichten. Auch stellt sich die jugendliche Douglasie als nur „mäßig wuchsfreudig“ dar, wenngleich Individuen der Baumart in höherem Alter hohe Wuchsleistungen aufweisen (s. Annen 1998, S. 8).

Nach Annen (1998) mehren sich die Berichte von spontanen natürlichen Verjüngungen der Douglasie in Deutschland, wo die Baumart bis in die Gegenwart ebenfalls vornehmlich über Pflanzung etabliert wurde. Bislang fehlen großräumig systematische Erhebungen zum Verjüngungsverhalten der Douglasie. Auch die Bundeswaldinventur (Schmitz et al. 2004) liefert hierzu nur einen Anhalt. Forstleute scheinen jedoch in zunehmendem Maße bereit zu sein, die sich natürlich verjüngende Douglasie in ihre waldbaulichen Überlegungen einzubeziehen. Mit seiner Inventurstudie leistet Annen (1998) einen Beitrag zum besseren Verständnis, unter welchen Bedingungen sich die Douglasie in Südwestdeutschland verjüngt. Seine summarische Mittelwertbetrachtung über 221 Probekreise in 65 rheinland-pfälzischen Beständen vermittelt den Eindruck, dass sich Douglasie bevorzugt auf nährstoffärmeren Standorten mit zudem geringer Konkurrenzflora erfolgreich ansamt. In diesen Bedingungen sieht Annen (1998) auch die Chance, vor allem bei lockerem Kronenschluss die Douglasie auf mäßig trockenen bis mäßig frischen Standorten nachhaltig zu verjüngen.

### 3.2.1 Ausbreitungspotential der Douglasie (Invasivität)

Das Erreichen der Mannbarkeit (= Bildung von Blüten und Fruchständen) ist die Voraussetzung für die nachfolgend erfolgreiche Samenausbreitung. Für die Douglasie gibt Essl (2005) eine Altersspanne von 15 bis 35 Jahren für die erstmalige Bildung von Blüten und Zapfen an, wobei eine freie Krone förderlich



ist. Bei der jungen Douglasie ist die Samenproduktion jedoch zunächst gering und unregelmäßig. Beobachtungen aus dem Ursprungsgebiet zeigen, dass sie das Maximum erst nach etwa 200 bis 300 Jahren erreicht. Die Douglasie ist für ihre unregelmäßige Fruktifikationsneigung und -intensität bekannt. Im Schnitt treten Vollmastjahre alle 14 Jahre auf. Nach seiner Ausbreitung ist der Douglasiensamen nur begrenzt keimfähig und findet sich daher auch nicht in der überdauernden Bodensamenbank (Burschel & Huss 1997, Stimm 2004).

Knoerzer (2005) berichtet, dass nach amerikanischen Erfahrungen die meisten der windverbreiteten Samen im Umkreis von 100-240 m niedergehen und Fernausbreitungen von maximal 1.100 m nachgewiesen wurden. Nach eigenen Berechnungen von Knoerzer (2005) schlagen in zwei Douglasienbeständen des Nordschwarzwaldes 90 Prozent aller Samen innerhalb von 60 m auf. Im Schwarzwald fand sich allerdings auch Douglasien-Verjüngung in Birken-Traubeneichenwäldern, die bis zu 300 m entfernt vom nächsten Douglasienforst wuchsen (Knoerzer 1999). Douglasien keimen auch im Schatten, d. h. selbst unter dem eigenen Schirm oder dem anderer Arten, aber die allgemeine Fähigkeit der Sämlinge, Schatten zu ertragen, ist begrenzt (Kühnel 1995). Aus dieser Sämlingsbank kann jedoch nach Auflichtungen spontan die nächste Generation heranwachsen (Essl 2005).

In Frankreich, den Niederlanden, Belgien, Österreich, der Schweiz, Dänemark und Großbritannien breitet sich die Douglasie, ausgehend von ihren Anbauflächen, in die umliegenden Areale aus (<http://www.floraweb.de/neoflora/handbuch/pseudotsugamenziesii.html>, vgl. auch Essl 2005). Auch für Deutschland liegen entsprechende Beobachtungen vor (u. a. Knoerzer 1999, 2005, Kühnel 1995, Lennartz & Röss 2006). In Österreich gilt sie sogar als potentiell invasiv (Essl 2005).

Die naturnahe Waldbewirtschaftung setzt auf die Prozesse der natürlichen Verjüngung aller wirtschaftlich relevanten Baumarten gleichermaßen und unter Bevorzugung der lokal am besten angepassten Individuen. Die Blickrichtung ändert sich allerdings, wenn Waldgebiete mit einem Schutzstatus belegt werden, der zwar einen Prozessschutz propagiert, allerdings ohne Beteiligung gebietsfremder Arten. Der Status „gebietsfremd“ schließt jede Art von Ausbreitung einer solchen Art aus, die nunmehr als „invasiv“ bezeichnet wird. Damit hat der Begriff der Invasivität bereits einen bewertenden Charakter, der die jeweilige Situation berücksichtigt (Klingenstein & Böhmer 2008).

Als problematisch wird in der Literatur das Eindringen der Douglasie auf Sonderstandorten angesehen (Knoerzer et al. 1995, Knoerzer 2005, BfN 2007, Walentowski 2008). Untersuchungen zum Ausbreitungsverhalten der Douglasie (Knoerzer et al. 1995, Knoerzer 2005) legen nahe, dass deren Naturverjüngung allenfalls in Sonderfällen invasiv ist und dort für die vorherrschende Bodenvegetation verdrängend wirken kann. Dies kann auf flachgründigen, nährstoffarmen Felsrücken oder in Blockmeeren, wie sie im Buntsandstein von Schwarzwald und Odenwald vorkommen, der Fall sein. Auch für Birken-Eichenwald und Traubeneichenwälder trocken-saurer Silikatstandorte liegen entsprechende Einschätzungen vor (Lennartz & Röss 2006). Dort, wo das Ankommen von Douglasie unerwünscht ist, sollte die Waldbewirtschaftung Rücksicht auf die Belange schützenswerter Landschaftsbestandteile nehmen. Dies ist für den öffentlichen Wald ohnehin verbindlich geregelt.

Infolge von Klimastress lösen sich seit etwa zwei Jahrzehnten Fichtenbestände des Pfälzer Waldes auf. Eine dort aufkommende, großflächige Verjüngung der Douglasie ist ebenfalls unerwünscht. Bär (2009) wendet lokale Klimaszenarien in Verbindung mit räumlichen Flächeninformationen zu Douglasien- und Fichtenbeständen an, um das aktuelle und das künftig zu erwartende Verjüngungspotential der Douglasie in unmittelbar benachbarten Fichtenbeständen einzuschätzen. Auf den so erzeugten

„Risikokarten“ ist das „invasive Potential der Douglasie“ identifiziert und zugleich räumlich eingegrenzt (Bär 2009).

Trotz der erheblichen ökonomischen Bedeutung der Douglasie ist vergleichsweise wenig über die mit ihrer Etablierung verbundenen ökosystemaren Folgen bekannt. Dies ist bedauerlich, da wegen des geringen Alters der meisten großflächigen Bestände die Phase der Massenausbreitung in vielen Gebieten erst einsetzt (vgl. auch Altersklassenstruktur Abbildung 2.3 in Kap. 2.2). Dies bedeutet, dass die bereits bekannten Folgen ihrer künftig vermutlich verstärkten Ausbreitung unter Umständen erst die Spitze des Eisberges markieren. Allerdings machen die oben zitierten Untersuchungen deutlich, dass die Douglasie zwar durchaus auch unter schattigen Bedingungen auflaufen kann, aber nur bei einem relativ hohen Lichtgenuss zur Dominanz kommt.

Gerade weil nach wissenschaftlichem Standpunkt das Ausbreitungsverhalten einer Art und somit mögliche Auswirkungen auf Ökosysteme kaum vorhersagbar sind, gilt es im Vorfeld einer Ausbreitung vorsorglich Maßnahmen zu treffen, welche eine anthropogen induzierte Invasion verhindern bzw. zu einem frühen Zeitpunkt unterbinden. Bei Invasionen handelt es sich folglich nicht um ein Naturphänomen, sondern um eine vielfach unbeabsichtigte Einbringung von Organismen in ein weitgehend „stabiles“ Ökosystem. Ob sich gebietsfremde Arten in bestehende Systeme integrieren lassen, ohne heimische Arten zu gefährden, ist kaum einschätzbar und würde ein Langzeitmonitoring solcher Systeme erfordern.

Davon ist auch die Beurteilung der Douglasie im Hinblick auf ihre Invasivität betroffen. Da dies bisher kaum repräsentativ und systematisch untersucht zu sein scheint, stützen sich die Aussagen zu diesem Themenkreis vornehmlich auf eine Vielzahl zufälliger und damit wenig vergleichbarer Einzelbeobachtungen (Knoerzer et al. 1995, Vor & Schmidt 2006, Budde 2006, u. v. a. m.). Die Untersuchungen von Annen (1998) liefern erste flächenrepräsentative Hinweise zur Verjüngung der Douglasie. Diese teilweise auf sehr spezifischen Bedingungen fußenden Beobachtungen lassen sich allerdings nicht verallgemeinern. Daher besteht insbesondere zu dem Themenkomplex „Invasivität der Douglasie“ erheblicher Forschungsbedarf (s. a. Kap. 6).

### 3.3 Herkunftssicherheit von Douglasiensaatgut

#### 3.3.1 Genetische Differenzierung als Voraussetzung für Herkunftssicherheit

Am Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung der Universität Göttingen sind mehrere Dissertationen entstanden, die sich mit der genetischen Variation der Douglasie im Ursprungsgebiet sowie in den Anbauten in Deutschland befassen. Im Folgenden wird auf mögliche Veränderungen in den genetischen Strukturen eingegangen, die sich durch den Anbau in Europa ergeben haben.

Hoffmann (1994) untersucht die genetischen Strukturen von in Deutschland angebauten Douglasien im Vergleich zu ihren potentiell autochthonen Ausgangsbeständen. Nach Hoffmann (1994) haben die sexuelle Reproduktion in Amerika und die Selektionsbedingungen am deutschen Anbauort „einen erkennbaren Einfluss auf die genetische Struktur der Populationen in Deutschland“. Eindeutige Zusammenhänge zwischen den Bestandespaaren in Nordamerika („Ausgangsbestand“) und Deutschland („Folgebestand“) waren nicht erkennbar. Dies zeigt sich auch in der Gruppierungsanalyse der Ausgangs- und Folgebestände auf der Basis von fünf untersuchten Isoenzymgenorten, aus denen sich die Abstammung der deutschen Douglasienpopulationen ableiten lässt (Hoffmann 1994). Den 15 beernteten Samenbäumen in den Ausgangs- und Folgebeständen bescheinigt Hoffmann (1994) eine

ähnlich hohe Diversität. Er führt dies auf erheblichen Genfluss in den Kollektiven zurück. Der Befund bedeutet eine „nur sehr geringe Verminderung der genetischen Vielfalt für die Folgegeneration in Deutschland“.

Die Regionalspezifität genetischer Strukturen von in Deutschland angebauten Douglasien gesicherter Herkunft nutzt Leinemann (1998) für die nachträgliche Zuordnung von Beständen mit unterschiedlichen Wuchsauf- und Krankheitsanfälligkeiten zu ihrem potentiellen Ursprung. Das Verfahren beruht auf ursprünglich vorhandenen Häufigkeitsunterschieden genetischer Varianten in den beiden Douglasien-varietäten. Leinemann (1998) untersucht hierfür die Individuen der Referenz- und Studienkollektive an 10 Isoenzym-Gensysteme mit insgesamt 15 polymorphen Genorten. Die Mehrzahl der 13 untersuchten Bestände unbekanntem Ursprungs lassen sich nach den Befunden der Küstendouglasie zuordnen; nur drei Bestände, die ausschließlich besonders krankheitsanfällig sind, gehören mutmaßlich zur Inlandsform. Auch Klumpp (1999) wendet die regionalspezifische Häufigkeit von genetischer Variation an, um den Ursprung der von ihm untersuchten badischen Anbauversuche auf die Küstendouglasie zurückzuführen. Mit den Befunden bestätigt er zugleich seine knospenmorphologische Hypothese zum vermuteten Ursprung.

Obwohl sich Inlandsdouglasien in Anbauversuchen kaum bewährt haben und folglich nicht für den Nachbau empfohlen werden, kann davon ausgegangen werden, dass Douglasienbestände in Deutschland ein sehr heterogenes Gemisch unterschiedlichen Ursprungs darstellen. Besonders kritisch für die Zuordnung hält Leinemann (1998) eine Abstammung von nordamerikanischen Beständen aus den Übergangszonen der Varietäten, in welchen aufgrund der Durchmischung intermediäre genetische Strukturen existieren.

Interessanterweise fällt die Wuchsleistung der Inlandsdouglasie, insbesondere aus dem südlichen Teilvorkommen, in Anbauversuchen deutlich gegenüber der Küstenform ab. Dennoch scheint es Mischungen aus den verschiedenen Erscheinungsformen zu geben. Dies gilt auch für Bayern, wo zwar der überwiegende Teil der zur Ernte zugelassenen Douglasienbestände aus „Grüner Douglasie“ besteht; es gibt aber auch Bestände der „Grauen Douglasie“ sowie Mischbestände der beiden Varietäten, die beerntet werden dürfen (Konnert et al. 2008). Ein möglicher wirtschaftlicher Schaden ist absehbar. Nach dem Forstlichen Vermehrungsgut-Gesetz (FoVG) ist eine Trennung der Varietäten bei Douglasie nicht vorgesehen. Ungelöst aus der Sicht der forstlichen Praxis ist bisher das Problem, ob sich die zuletzt genannten Bestände natürlich verjüngen dürfen und ob dort Saatgut geerntet werden darf. Zudem ist die Frage der Mindestgröße für Douglasiensaatgutbestände und maximaler Abstände in der räumlichen Verteilung von Samenbäumen (Populationsdichte) für die Erzeugung von qualitativ hochwertigem Saatgut bisher kaum untersucht.

### 3.3.2 Überprüfung der deklarierten Herkunft von Douglasiensaatgut

Der dokumentierte Erfolg und ebenso Misserfolg lokaler Anbauversuche mit gebietsfremden Baumarten wäre die ideale Grundlage, um heute geeignete Provenienzen zum Anbau empfehlen zu können. Ganz besonders wichtig in diesem Zusammenhang ist der Rückschluss auf die Gebiete, aus denen das Saatgut der erfolgreichen Anbauten stammt. Leider sind die dringlich benötigten Angaben zur Provenienz häufig nicht auffindbar, kaum zu rekonstruieren, unbekannt oder fehlerhaft. Häufig sind die Regionen, in denen Saatgut gewonnen wurde, bekannt. Über die Verteilung des Saatguts auf die einzelnen Forstbetriebe verlieren sich diese Informationen. Auch liegen zu den originären Herkunftsregionen deutscher Douglasienbestände keine Erhebungen vor. Einen ungefähren Eindruck,

wie detailliert Aufzeichnungen zu den verwendeten Provenienzen sind, ließe sich beispielsweise für die über 2.000 zugelassenen Saatguterntebestände ermitteln.

Mit der Herkunftssicherheit hat sich Schmidt (1970) näher befasst. Er stellte fest, dass die lockere Handhabung von Ernte und Ernteaufsicht eine Aussage über die exakte Herkunft fraglich macht. Dies wurde ihm durch Hermann (Mitteilung an Schmidt 1970) brieflich bestätigt. B. Strehlike (1959) zeichnet ein gutes Bild von den Rahmenbedingungen, unter denen die Zapfen in den Beständen gesammelt wurden. Nach Hermann (briefl. Mitteilung an Schmidt 1970) und B. Strehlike (1959) wurden die Ernte bzw. das Auflesen der Zapfen vorwiegend von forstlich nicht ausgebildeten Personen im Nebenerwerb durchgeführt und sehr unsystematisch von staatlichen Stellen überprüft. Bei relativ grober Kennzeichnung der Sammelbehälter war über die Sammelstelle, den Weitertransport und die Klengung bis zur fertigen Saatgutpartie noch eine Reihe von möglichen Fehlerquellen vorhanden, die letztlich zu einer Fehletikettierung von Teilen einer oder der ganzen Partie führten. Dies lässt sich allerdings auch bei zuverlässigster Arbeitsweise nicht immer ganz ausschließen.

In Bezug auf Herkunftssicherheit lässt sich einzig die Frage nach dem Klimatyp einer Saatgutpartie (Höhenlage bzw. nördliches Vorkommen) vor der Anzucht mittels Katalase-Fermenttest labortechnisch überprüfen (Schmidt 1970). Mit Hilfe molekularbiologischer Verfahren sind nach dem heutigen Stand der Technik Herkunftsüberprüfungen zu Referenzproben mit hohen Ausschlusswahrscheinlichkeiten möglich. In Deutschland sind zwei Zertifizierungseinrichtungen [Zertifizierungsring für überprüfbare Forstliche Herkunft Süddeutschland e. V. (ZüF) seit 2002; Forum für forstliches Vermehrungsgut e. V. (FfV) seit 2006] etabliert, die eine solche Überprüfung im Bedarfsfall durchführen. Die verwendeten Ausschlussverfahren werden laufend optimiert und überprüft, damit sie auch vor ordentlichen Gerichten im Klagefall Bestand haben.

Für die damaligen Saatgutlieferungen ist einzig sicher, dass sich gegen Ende des 19. Jahrhunderts mit zunehmender Nachfrage nach nordamerikanischen Douglassamen der Kreis der Anbieter im Zwischenhandel ebenfalls vergrößerte. Weniger bekannt ist, aus welchen Erntekontingenten im Ursprungsland der Zwischenhandel Saatgut erhalten hat. Den eigentlichen Engpass für die Saatgutaufbereitung vor Ort bildete die Zahl der Samenklengen bzw. -darren im Ernteggebiet. Somit war es durchaus möglich, dass von verschiedenen Anbietern des Zwischenhandels Samen der gleichen Ernteregion (Saatgutpartie) bezogen werden konnte. Folglich erhöhte sich mit der Zahl unterschiedlicher Anbieter nicht zwangsläufig auch die „genetische“ Vielfalt der im Handel befindlichen Saatgutpartien.

Schwappach (1909) hat nach eigenen Angaben „Samenproben der Douglasie von 10 weit auseinander liegenden Gebieten“ vom US Forest Service, der staatlichen Forstverwaltung, erhalten, die „aus Staatswäldern von Neu-Mexiko bis Canada und bis zu 2.300 m Höhe“ stammen und für „interessante Versuche zum Einfluss der Herkunft des Samens“ verfügbar sind. Schwappach (1911) gab an, dass er „etwa 25 Sorten Douglasfichten aus allen möglichen Teilen des Verbreitungsgebiets“ aussäen konnte. 19 hiervon sind bei Schwappach (1914) nach ihrer geographischen Lage gelistet und entsprechend dieser Lage der Küsten-, der Gebirgs- bzw. der Zwischenform zugeordnet. Aus diesen Samen gezogene Pflanzen wurden an zwei Versuchsstandorten nach Ursprungsregionen getrennt angebaut und repräsentieren den Beginn systematischer, länderübergreifender Anbauvergleiche von Douglasienprovenienzen in Europa.

Unterschiedliche Verfasser, darunter auch Schwappach (1911), berichten in den Mitteilungen der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft aus den Jahren 1909 bis 1911 von sehr unterschiedlichen

Saatguternteaussichten und -erfolgen im Ursprungsland. Ferner beginnen um 1910 die Douglasien aus der ersten Anbauwelle in Deutschland Samen zu tragen (u. a. Busse 1913, 1914). Diese sind trotz weitgehend ungesicherten Ursprungs (s. E. G. Strehlke 1959, S. 292) potentiell beerntungsfähig und erzeugen Saatgut mit teilweise mäßigem Vollkornanteil und geringer Parasitierung (s. a. Busse 1913, 1914).

Die bisherige Literaturrecherche zum Ursprung heutiger Douglasienbestände hat ergeben, dass überwiegend vage Angaben existieren, denen meist auch nur mündliche Mitteilungen zugrunde liegen. Selbst die Einsicht in die damaligen Geschäftsunterlagen der Samenlieferanten dürfte wenig Erhellendes zu Tage fördern, soweit diese überhaupt noch verfügbar sind. Angesichts der bereits beschriebenen Saatguterntepraxis lassen sich lediglich Angaben über kontrolliert durchgeführte Samenwerbung für systematisch geplante Versuchsanbauten (z. B. der IUFRO) als verlässlich einstufen.

Die Herkunftsfrage des Saatguts ist nicht unbedeutend. So stellt E. G. Strehlke (1959) zur allgemeinen Beunruhigung fest, dass „im letzten Jahr fast 50 % des importierten Douglasiensaatgutes“ aus nur drei isolierten Vorkommen der sogenannten „Grauen Douglasie“ stammt. Vorzugweise sollte jedoch das Douglasiensaatgut aus dem Küstenstreifen der Westküste Nordamerikas („Grüne Douglasie“) stammen, der klimatisch ausgeglichener ist und der als Ursprung vieler der ältesten Douglasienvorkommen in Deutschland gilt. Aber auch von den Westhängen des Kaskadengebirges an der Westküste Nordamerikas in Höhenlagen zwischen 100 und 1.000 m über NN stammt bereits in Europa bewährtes Vermehrungsgut, wie die namhaften Herkünfte „Snoqualmie, Granite Falls, Darrington“, „wobei in allen Fällen die Höhenlage des engeren Erntegebiets dringend zu beachten ist“ (E. G. Strehlke 1959). Auch unterstreicht E. G. Strehlke (1959), dass eine regionale Einteilung des Verbreitungsgebiets mit Untergebieten und Höhenzonen nach der Vorstellung amerikanischer Fachleute für den amerikanischen Samenhandel „von großem Vorteil“ wäre. „Am wertvollsten ist ohne Zweifel die Beerntung ausgewählter, in ihren Eigenschaften genau beschriebener Bestände, die örtlich genau festgelegt sind“ schreibt E. G. Strehlke (1959) weiter.

Im Auftrag der Sektion Ertragskunde im Deutschen Verband forstlicher Forschungsanstalten (DVFFA) hat E. G. Strehlke 1955 im Douglasiensverbreitungsgebiet der USA und Kanadas für Anbauversuche in Europa potentiell geeignete Bestände mit großer Sorgfalt ausgewählt, dokumentiert sowie deren kontrollierte Beerntung sichergestellt (vgl. E. G. Strehlke 1959). Einzelheiten u. a. zum Auswahlverfahren sind vermutlich ausführlicher in Strehlkes internem Bericht an die Sektion Ertragskunde des DVFFA dargelegt, wie die Angaben und Abbildungen zum Bestand Nr. 26 „Darrington, 3, Conrad Creek“ zeigen (Hinweis auf den Bericht und Darstellung bei E. G. Strehlke 1959).

### 3.3.3 Zugelassene Saatguterntebestände von Douglasie in Deutschland

Vor dem Hintergrund, genetisch hochwertiges, identitätsgesichertes forstliches Vermehrungsgut bedarfsgerecht bereitzustellen, findet die Zulassung und Beerntung von ausgewählten Saatguterntebeständen statt. Allgemeine Mindestanforderungen für eine Zulassung sind in Rechtsvorschriften festgelegt und in Ausführungsbestimmungen spezifiziert. Zu diesen Mindestanforderungen gehören auch die Kriterien Mindestalter und –fläche sowie vorhandene Mindestbaumzahl, bezogen auf den tatsächlichen Bestand sowie die zu beerntenden Samenbäume. Für die Douglasie sehen die

Anforderungen ein Mindestalter von 40 Jahren und eine Mindestfläche von 0,25 ha, auf der mindestens 40 Bäume vorhanden sein müssen und von denen wenigstens die Hälfte in einen Samenjahr beerntet werden muss.

In Deutschland existieren 2.293 zugelassene Douglasiensaatguterntebestände mit einer Gesamtfläche von über 3.270 ha (BLE 2008). Die Bestände verteilen sich mit unterschiedlichen Flächenanteilen auf fünf Herkunftsgebiete, von denen ein Gebiet abweichend zwei Höhenstufen berücksichtigt. Auf den aktuellen Datenbestand, der in Regie der Länder ständig gepflegt wird, bestand kein Zugriff, so dass Auswertungen im Hinblick auf durchschnittliche Flächengrößen der Zulassungseinheiten (Teilbestände) und räumliche Verteilung im Bundesgebiet nicht möglich waren. Mit der Frage nach einer durchschnittlichen Flächengröße von Beständen und der Verteilung von Individuen einer Baumart sind unmittelbar Fragen zur effektiven Reproduktion und den tatsächlichen Erntemöglichkeiten verbunden, insbesondere im Hinblick des gesellschaftlichen Auftrags zur Erzeugung nachhaltig angepassten Vermehrungsguts.

### 3.4 Anbaurisiken

Sowohl im nordamerikanischen Ursprungs- als auch im europäischen Anbaugebiet der Douglasie sind verschiedene abiotische und biotische Faktoren bekannt, die den großflächigen Anbau der Douglasie unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten beeinträchtigen. Dazu zählen vorwiegend in Nordamerika auftretende unkontrollierte Großwaldbrände und saisonaler Wassermangel sowie Pilze und Insekten. Besonders gefährdet ist die Douglasie in der Kulturphase. Eine vorwiegend im europäischen Anbaugebiet nachgewiesene Auffälligkeit ist im Jugendstadium das Auftreten von Frostrocknis, die vornehmlich bei Kultur auf Freiflächen auftritt (Larsen 1978a, 1978b). Demgegenüber sind Anbauten unter dem Schirm von Altbäumen und vorwüchsigen Laubholzkulturen unempfindlicher. Zudem treten herkunftsbedingt Unterschiede in der Frostresistenz auf (Larsen 1978a, 1978b).

Als Pilzkrankheiten treten bei der Douglasie - mit unterschiedlich regionaler Heftigkeit - zwei Nadel-schütten auf, die das Baumwachstum beeinträchtigen. Sie sind jedoch vorwiegend in Kulturen zur Gewinnung von Schmuckreisig und in Weihnachtsbaumkulturen zu beobachten. Von den über 60 Insektenarten, die im Ursprungsgebiet an Douglasie nachgewiesen wurden, verursachen nur wenige ernsthafte Schäden (Hermann 2004). Wegen seines Befalls stehender Bestände und in Amerika gefürchtet ist der Douglasienborkenkäfer (*Dendroctonus pseudotsugae*), der mit dem in Europa heimischen Riesenborkenkäfer (*D. micans*) verwandt ist und trotz eines globalen Douglasienholzhandels seinen Weg nach Europa bisher nicht gefunden hat (Blaschke et al. 2008). Andere dieser potentiellen Schädlinge sind bereits nach Europa gelangt. Darunter befinden sich die Douglasienschlupfwespe (*Megastigmus spermophorus* WACHTL.), die in Amerika wie in Europa eine komplette Samenernte vernichten kann (Hermann 2004), und die Douglasienwolllaus (*Gilletteella cooleyi* GILL.), die bei Massenbefall das Wachstum der jugendlichen Douglasie beeinträchtigt.

Der Große Braune Rüsselkäfer - bereits von Danckelmann (1884) erwähnt - und der Kahlnahtige Graurüssler verursachen regelmäßig Schäden in Douglasienanpflanzungen. Auch finden sich verschiedenste Borkenkäferarten, die an in Europa heimische Baumarten angepasst sind, auf der Douglasie ein (Blaschke et al. 2008). Die Raupen des Schwammspinners und der Nonne können sich ebenfalls auf der Douglasie entwickeln und einen Kahlfraß der Nadeln verursachen, wie Untersuchungen von Gruppe & Goßner (2006) für die Nahrungspräferenz im Vergleich zur Fichte der Nonne zeigen.

**Zusammenfassung.** Die erfolgreiche Etablierung der Douglasie ist mehreren günstigen Umständen zu verdanken. Zum einen gelangte das erste Saatgut aus einer klimatisch geeigneten Region nach Europa. Zum anderen bewährte sich die Douglasie unabhängig von den unterschiedlichen Ursprungsorten, an denen Saatgut geerntet wurde. Zum dritten bestand ein Verlangen nach Antworten auf die Frage nach der am besten geeigneten Provenienz, nach der waldbaulichen Behandlung von Douglasienbeständen und der Begründung von Mischbeständen mit Douglasie. Ab 1880 wurden Douglasien systematisch unter dem Herkunftsaspekt angepflanzt, welcher eine wichtige Rolle für den Anbauerfolg potentiell geeigneter Provenienzen in der forstlichen Praxis spielt. Durch die Anbauversuche konnten Unterschiede zwischen Regionen identifiziert werden, aus denen geeignetes Saatgut bezogen wurde. Durch internationale Provenienzversuche verdichtete sich das Informationsnetz zu potentiell geeigneten Ausgangsbeständen sowie zum Vermehrungsgut aus gesicherter Herkunft. Die Saatgutgewinnung im Ursprungsgebiet der Douglasie und der Samenhandel erwiesen sich im Hinblick auf eine lückenlose Dokumentation der Samenherkunft als verbesserungsbedürftig. Nach mehr als einem Jahrhundert in Deutschland verjüngen sich Douglasienvorkommen spontan natürlich, wenn auch zunächst in sehr begrenztem Maße. Dies geschieht bevorzugt auf nährstoffärmeren Standorten, wenn die Bedingungen hierfür günstig sind. Als problematisch wird das Eindringen der Douglasie auf kleinräumig schützenswerten Sonderstandorten angesehen. Durch douglasienfreie Pufferzonen sollte bei der Waldbewirtschaftung Rücksicht auf die höherrangigen Naturschutzziele genommen werden, was ohnehin für den öffentlichen Wald verbindlich geregelt ist. Darüber hinaus gehende Aussagen zu einem kontrollierten Ausbreiten der Douglasie stützen sich auf zufällige Einzelbeobachtungen, die nicht flächenrepräsentativ sind und somit kein abschließendes Urteil über die Invasivität der Art zulassen. Das Thema Herkunftssicherheit beschäftigt die forstliche Praxis schon lange. Erst in jüngerer Zeit sind Methoden und Verfahren entwickelt worden, mit denen es möglich ist, die vermutete Herkunft einer Provenienz zu überprüfen. Dies setzt eine genaue Kenntnis von Referenzstrukturen von Saatguternteregionen voraus. Mit modernen Referenzverfahren (ZüF, FfV) kann die unterstellte Herkunft überprüft werden, was dem Waldbesitzer mehr Anbausicherheit verspricht. Mit modernen Referenzverfahren (ZüF, FfV) kann die unterstellte Herkunft überprüft werden, was dem Waldbesitzer mehr Anbausicherheit verspricht. Mehr als 2000 zugelassene Saatguterntebestände stammen aus bewährten Anbauten und sichern genetisches Anpassungsvermögen für künftige Anbauten. Eine Reihe von Schadorganismen hat zeitgleich mit der Douglasie den Weg nach Europa gefunden. Die bedeutendsten Schädlinge im Verbreitungsgebiet der Douglasie sind bisher nicht eingetroffen. Dagegen haben heimische Schadorganismen sich an die Douglasie angepasst und beeinträchtigen sie lokal.

## 4 Holzbiologie

Zwei zentrale Themenbereiche aus holzbiologischer Sicht lassen sich im Rahmen eines naturverträglichen Douglasienanbaus identifizieren. Zum einen interessieren die durch den Anbau sich verändernden Holzeigenschaften und zum anderen erwarten die Holzverarbeiter bzw. -verwender spezifische Holzqualitäten aus dem Anbaugesbiet.

### 4.1 Holzqualitäten im Vergleich von Ursprungs- und Anbaugesbiet

In Bezug auf langjährige Jahresmittelwerte erscheinen die klimatischen Wuchsbedingungen im Nordwesten Nordamerikas und in Europa einander ähnlich. In der Niederschlagsverteilung unterscheiden sie sich jedoch erheblich, was etwas in geringerem Umfang auch für den Verlauf der Jahrestemperatur zutrifft. Aufgrund der unterschiedlichen petrographischen Verhältnisse in Nordamerika und Europa gilt dies auch für die Nährstoffversorgung. Daraus resultieren Unterschiede in den Holzeigenschaften, die im Wesentlichen durch die Jahrringbreite und den Anteil an Spätholz verursacht sind. Knigge (1962) untersuchte an Stämmen aus dem gesamten Verbreitungsgebiet der Küstendouglasie die Auswirkungen unterschiedlicher Wuchsbedingungen auf die Rohdichte und konnte deutliche Zusammenhänge zwischen Bestandesertragsleistung, Jahrringbreite sowie Baumalter und dem mittleren Holzgewicht feststellen. Insbesondere die zum Ursprungsgebiet deutlich verringerten Spätholzanteile wirken sich auf die Festigkeits- und Dauerhaftigkeitseigenschaften des in Deutschland gewachsenen Douglasienholzes aus. Allerdings berichtet Trendelenburg (1939; zitiert nach Göhre 1958) auch über „verhältnismäßig große Schwankungen“ der Raumdichtezahl von Stammproben des Küstengebiets sowie günstiger und ungünstiger Lagen des Felsengebirges (Inlandsdouglasie) im Ursprungsgebiet. Sauter (1992) fasst den derzeitigen Kenntnisstand zur Technologie des Douglasienholzes mit Bezug zu Wuchsbedingungen im natürlichen Verbreitungsgebiet sowie in den Hauptanbaugesbieten recht gut zusammen.

Umfassende Untersuchungen zu den Holzeigenschaften von Douglasien aus dem linksrheinischen Anbaugesbiet haben Pechmann & Courtois (1970) durchgeführt. Dabei wurden die teilweise sehr unterschiedliche Geschichte und die waldbauliche Behandlung der einzelnen Bestände berücksichtigt. Bei einer Jahrringbreite zwischen 1,7 mm und 2,5 mm erreicht Douglasienholz seine größte Holzdicke und Festigkeit. Mit zunehmender Jahrringbreite vermindert sich die Raumdichte. Jahrringbreiten bis 8 mm bilden sich in der Jugend bis Alter 20 und teilweise auch noch später aus. Nur in sehr engen Pflanzverbänden verläuft das Jugendwachstum auf vergleichbaren Standorten sichtlich gebremster. Der Spätholzanteil eines Jahrrings beträgt im Mittel etwas über 50 % mit einer mittleren Abweichung von  $\pm 10\%$ , unabhängig davon, ob die untersuchte Douglasie von Individuen der eigenen Art (Reinbestand) oder anderer Arten (Solitär im Mischbestand) umgeben ist. Die Ergebnisse bestätigen Zusammenhänge zwischen Jahrringbreite und Rohdichte sowie Altersabhängigkeiten von Jahrringbreiten in den untersuchten Douglasienbeständen. Ergänzt wurden die Untersuchungen durch orientierende Studien an wenigen Probestämmen zu Festigkeit und Elastizität.

Eine Reihe von Arbeiten (Hapla 1980; Hapla & Knigge 1985; Sauter 1992; Wobst 1995; Hapla 1999) befasst sich mit dem Einfluss der Begründung und waldbaulichen Behandlung von Douglasienbeständen auf ausgewählte Holzeigenschaften. Hapla (1980) untersucht mittlere Jahrringbreiten und Spätholzanteile von Douglasien in Jungbeständen mit unterschiedlichen Pflanzverbandweiten in den Forstämtern Cochem und Wittlich-Ost. Mit der Zunahme des Standraums nehmen die mittlere



Jahrringbreite und der mittlere Spätholzanteil zu, während sich mit dem Baumalter die mittlere Jahrringbreite in allen Beständen systematisch verringert (Hapla 1980). Auch die Arbeiten von Hapla & Knigge (1985) und Hapla (1999) beziehen sich auf juveniles Douglasienholz. Wie sich der Pflanzverband oder das Wachsen im Mischbestand auf die Holzeigenschaften der Douglasie auswirken, ist bisher nicht systematisch angegangen worden. Sauter (1992) hingegen untersucht verschiedene technologische Holzmerkmale an Douglasienaltbäumen, die an unterschiedlichen Standorten („Wachstumsbedingungen“) gewachsen sind. Dabei zeigt sich „eine größere Variabilität der Holzstrukturmerkmale (u. a. Jahrringbreite, Ästigkeit, Rohdichte) als dies für andere wirtschaftlich bedeutsame einheimische Nadelholzarten zu beobachten ist (Sauter 1992)“. Zwar beeinflusst ein ansteigender Anteil juvenilen Holzes die mechanischen Holzeigenschaften negativ, ohne jedoch die Verwendung als Konstruktionsholz wesentlich einzuschränken (Sauter 1992). Auch Fischer (1994) berichtet von einem ungezügelt Jugendwachstum bei den von ihm untersuchten Douglasien aus Rheinland-Pfalz, ohne dass eine erhebliche Minderung der Holzqualität zu beobachten ist. Damit bestätigen sich die Beobachtungen von Göhre (1958) und Pechmann & Courtois (1970) zum Jugendwachstum auch in anderen Regionen Deutschlands. Dieses Jugendwachstum ließe sich waldbaulich durch eine gezielte Regulation von Standraum und Überschirmung dämpfen (Fischer 1994).

In der Zeit von 1992 bis 1998 ist am Institut für Holzbiologie und Holztechnologie der Universität Göttingen eine Reihe von Diplomarbeiten zu Holzeigenschaften von Douglasien mit unterschiedlicher Soziologie bzw. Standortsgüte entstanden, die im Wesentlichen die früheren Untersuchungsergebnisse bestätigen bzw. vom Umfang her erweitern. Zu Holzeigenschaften beigemischter Douglasien finden sich hier jedoch keine Hinweise.

Für künftige Auswertungen in diese Richtung bietet sich der koordinierte Standraumversuch an, der an verschiedenen Standorten Baden-Württembergs (s. Kenk & Weise 1983; Kohnle & Ehring 2008) und Bayerns sowie im Forstgut Auermühle (s. Brünig & Schneider 1975) angelegt wurde.

#### 4.2 Anforderungen der Holzverwendung

Der anatomische Aufbau des Douglasienholzes bestimmt die Bearbeitungseigenschaften. Holz mit enger Jahrringbreite ist härter und hat eine höhere Rohdichte als Holz mit breiten Jahrringen. Darüber hinaus ist dessen Gesamtstruktur homogener und es ist allgemein gut zu bearbeiten. Holz mit einem groben Jahrringaufbau hingegen ist bei geringerer Rohdichte weicher. Insbesondere wegen seiner abrupten Übergänge zwischen weiten Frühholzzonen und dem Spätholz lässt sich dieses Holz schlechter bearbeiten. Der Bearbeitungswiderstand bei Douglasie steigt im Allgemeinen mit Zunahme der Rohdichte, der Ästigkeit und des Austrocknungsgrads. Dies verursacht beim Einschnitt im Vergleich zu Fichte und Kiefer einen höheren Energiebedarf und eine stärkere Abnutzung der Werkzeuge. Gleichzeitig verringert sich mit zunehmender Jahrringbreite die natürliche Dauerhaftigkeit des Holzes; bei Konstruktionshölzern muss die geringere Haltbarkeit durch technischen Holzschutz ausgeglichen werden.

Ästigkeit und Aststärke beeinflussen ebenfalls die Festigkeitseigenschaften von Douglasienholz. Daher ist aus Sicht der Holzverwendung ebenso wie aus waldbaulicher Sicht von Interesse, wie sich inter- und intraspezifische Konkurrenz auf die Astbildung und das Astwachstum auswirken. Inwiefern hierbei auch die Provenienz der Douglasie eine Rolle spielt, muss durch Untersuchungen an entsprechenden Kollektiven geklärt werden.

## 5 Zusammenfassung

### Naturschutzanforderungen an den Fremdländeranbau (Douglasie)

#### *Wissen und Erkenntniserweiterung (Defizite und Bedarf)*

Das Faktenwissen zum Fremdländeranbau, insbesondere zur wirtschaftlich bedeutsamen Douglasie, ist bruchstückhaft und kaum vernetzt, wenn es darum geht, die Wechselbeziehungen zwischen den Naturschutzanforderungen, ihrer praktischen Umsetzung und den Auswirkungen auf die nachhaltige Bereitstellung von Qualitätsholz objektiv zu analysieren. Die vorliegende Kurzfassung dient der Vorklärung, welche Fragen zum Fremdländeranbau noch offen sind und welche Studien geeignet erscheinen, diese Wissenslücken bei einer vernetzten Vorgehensweise zu schließen. Im nachstehenden Text wird auf mögliche Wechselbeziehungen zwischen den absatzweise behandelten Teildisziplinen durch in Klammern stehende Pfeile ► hingewiesen.

#### **Ökologie der Douglasie**

Die ökologischen Verhältnisse in mitteleuropäischen Wäldern unterscheiden sich sichtlich von denjenigen, die im Ursprungsgebiet der Douglasie beobachtet werden. Die Douglasie stammt von der Westküste Nordamerikas und ist dort eine vorherrschende, an die im Gebiet vorkommende Feuerökologie angepasste Pionier- und Übergangsbaumart, die teilweise ein Bestandteil von Klimaxwaldgesellschaften ist. Ihr Verbreitungsgebiet erstreckt sich über Gebirgsregionen von Kanada bis Mexiko und schließt Küsten- und Inlandsvorkommen ein. Das Klima ist durch eine mehrmonatige Sommer-trockenheit bei regional recht unterschiedlichen Winterniederschlagsmengen gekennzeichnet. Niederschlag und Topographie bestimmen arealspezifisch das Wachstum der Douglasie. Innerhalb von Niederschlagsregionen geben Standortsunterschiede eine feinere Gebietseinteilung z. B. für Zwecke der Saatgutgewinnung in „Saatgutzonen (engl.: seed zones)“ vor.

Individuenreichtum und hoher Dichtstand in Douglasiennaturwäldern haben zu feinringig erwachsenen Hölzern in Zeiträumen von über 200 Jahren geführt (► Holzeigenschaft). Mit Ausnahme von streng geschützten Reliktbeständen haben sekundäre Douglasienwälder die ursprünglichen Vorkommen nahezu vollständig ersetzt. Ältere Sekundärwälder sind vorwiegend lokaler Provenienz; die jüngeren dagegen stellen meist Nachzuchten von Ausleseebäumen in Samenplantagen dar (► Genetische Vielfalt). Außerdem haben sich Pflanzendichten und Produktionszeiträume gegenüber den Naturwäldern deutlich verringert. Dies trifft auch auf Anpflanzungen im europäischen Anbaubereich zu (► Waldbau).

Ob sich Douglasien in standortsheimische deutsche Wälder naturverträglich integrieren lassen, berührt zentrale Fragen einer sich einstellenden Koevolution mit den gebietsheimischen floristischen und faunistischen Arten sowie das ober- und unterirdische Konkurrenzgefüge zwischen den Baumarten, auch im Hinblick auf deren potentielle Mischbarkeit, Mischungsanteile und Mischungsformen (► Waldbau). In diesem Zusammenhang am besten untersucht sind Douglasien-dominierte Bestände und Douglasienreinbestände. In älteren Douglasienbeständen finden sich nachweislich zahlreiche gebietsheimische Begleitarten ein, teilweise zahlreicher als in gleichaltrigen Buchen-Beständen. Weitgehend unbekannt ist indes, wie vielschichtig sich geringe Douglasienbeimischungen in Beständen standortsheimischer Baumarten auswirken (► Waldbau, ► Genetische Vielfalt, ► Akzeptanz).

## Waldbau

Bei den ersten Etablierungsversuchen der Douglasie in mitteleuropäischen Wäldern standen der Anbauerfolg und die Aussicht auf einen höheren Holzertrag im Vordergrund des forstlichen Interesses. Mit Blick auf den Preis der einzelnen Douglasienpflanzen erfolgte ein gezielter Anbau in Deutschland zunächst in Einzel- oder Gruppenmischung auf besser wasser- und nährstoffversorgten Standorten. Später wurden auch übernutzte oder schlecht wüchsige Bestände heimischer Baumarten mit Douglasie ergänzt. Erst mit sinkenden Saatgut- und Pflanzenpreisen wurden großflächigere Douglasienreinbestände – mit Schwerpunkt nach 1950 – angelegt und auf andere Standortbereiche ausgedehnt. Diese Nachkriegsaufforstungen bilden das Gros der heutigen Douglasienvorkommen in Deutschland (► Genetische Vielfalt).

Welche Risiken mit dem Anbau der Douglasie verbunden sind, zeigte sich bald nach ihrer Etablierung. Ob in Rein- oder in Mischkultur, die junge Douglasie ist von diversen abiotischen und biotischen Schadfaktoren potentiell bedroht. Besonders schwer wiegen darunter ihre Frostempfindlichkeit und Schütteanfälligkeit ebenso wie ihre Disposition gegenüber Fraßschäden unterschiedlicher tierischer Organismen (Insekten, Säugetiere). Hohe Mangankonzentrationen in versauerten Böden sind dem Douglasienanbau ebenfalls wenig zuträglich. Das Wissen um die vorhandenen Risiken ermöglicht es, die Standorte zu identifizieren, auf welchen Douglasien naturverträglich nachgezogen werden können.

Der konzeptionelle Wandel von einer beigemischten zur bestandesprägenden Douglasie beruhte im Wesentlichen auf ihrer deutlichen Wuchsüberlegenheit gegenüber den heimischen Baumarten einschließlich der Fichte. Alle ertragskundlich-waldbaulichen Untersuchungen berücksichtigen daher in erster Linie die Gesamtwuchsleistung und weniger die potentielle Anfälligkeit in der Kulturphase. Unehnte Wuchsreihen zu Douglasien-dominierten Buchen-Beständen lassen erste Aussagen zum Konkurrenzgefüge zwischen Buche und Douglasie zu. Die Douglasie überzeugt mit ihrer Wuchsleistung in der Mischung. Im Höhenwachstum holt die Buche gegenüber in der Jugend vorwüchsige Douglasie mit zunehmendem Alter auf. Ein zunehmender Buchenanteil verringert die Gesamtwuchsleistung des Bestandes. Dennoch ist kaum abschätzbar, wie sich geringfügige Douglasienbeimischungen auf die Wuchsleistung und die Holzqualität der einzelnen Baumarten auswirken (► Holzeigenschaften).

## Genetische Vielfalt

Die nach Europa eingeführte Douglasie stellt eine genetische Ressource im Sinne der Konvention zur Biologischen Vielfalt dar. Dies gilt insbesondere für Vermehrungsgut, welches mit konkretem Herkunftsbezug aus dem Ursprungsgebiet eingeführt wird. Zur Identität des nach Deutschland eingeführten Saatguts liegen Informationen in unterschiedlicher Qualität vor.

Die seit ungefähr 1880 in Deutschland systematisch im Wald angepflanzte Douglasie stammt aus verschiedensten Samenquellen von Küsten- und Inlandsvorkommen, deren Ursprungsorte heute kaum bekannt oder nur schwer nachträglich zu ergründen sind. Trotz dieser Herkunftsunsicherheiten haben sich viele dieser Bestände bewährt und sind für die Saatguternte zugelassen worden. Ab 1910 systematisch angelegte Anbauversuche mit herkunftsgesicherten Pflanzen lassen die wüchsigeren und weniger anfälligen Küstenprovenienzen für künftige Anbauten geeigneter erscheinen als Inlands-

douglasien (► Waldbau). Dies wird (bundes)länderspezifisch in Herkunftsempfehlungen zur Douglasie berücksichtigt.

Bei dem nach Europa eingeführten Genbestand der Douglasie handelt es sich daher um eine - weitgehend nach Beständen getrennte - Mischung von Küsten- und Inlandsvorkommen, welche sich genetisch unterscheiden. Die Ausgangsbestände im Ursprungsgebiet sind zudem ausreichend differenziert, so dass mit Hilfe ausgesuchter (selektiv neutraler) genetischer Markersysteme eine nachträgliche Zuordnung zu den Ursprungsorten möglich wäre. Nach Klumpp (1999) ließen sich gegenwärtig maximal 10 „Ökotypen“ der Douglasie im nordamerikanischen Ursprungsgebiet genetisch unterscheiden. Ob dies für die Empfehlung und Anbausicherheit von Provenienzen ausreicht, ist noch zu überprüfen. Die Entwicklung anwendbarer Grundlagen zu (anderen) adaptiv relevanten Genorten steht noch aus, um Aufschluss darüber zu erhalten, inwieweit sich genetische Strukturen durch Transfer und Anbaubedingungen verändert haben. Darüber hinaus ließe sich dann aus dem Genbestand abschätzen, welches adaptive Potential die Douglasie im Rahmen klimatischer Veränderungen besitzt.

Viele der Douglasiensaatguterntebestände zeichnen sich durch eine geringe Flächengröße und zudem isolierte Lage aus. Gelegentlich handelt es sich dabei um eine beigemischte Douglasie (► Akzeptanz). Wie sich diese Faktoren auf die Reproduktionsverhältnisse in den Beständen und somit die genetischen Eigenschaften des erzeugten Vermehrungsgutes auswirken, kann entscheidend für die künftige Zulassung von Erntebeständen sein. Dabei gilt es zu prüfen, in welchem Umfang die genetische Qualität des Saatguts durch die Anteil und Form der Beimischung bestimmt wird.

### **Akzeptanz**

Mit einem geschätzten Waldanteil von etwa 1,9 %, was faktisch einer Reinbestandesfläche von ungefähr 241.000 ha entspricht, kommt die Douglasie in deutschen Wäldern - meistens jedoch in beigemischter Form - vor. Mit dieser Präsenz wird die eingebürgerte Douglasie von unterschiedlichen Interessensgruppen des Natur- und Umweltschutzes in sehr unterschiedlicher Art und Weise wahrgenommen und beurteilt (► Akzeptanz).

Weitgehender Konsens besteht zum Sachverhalt der natürlichen Waldentwicklung, die durch den Mitanbau fremdländischer (nicht-standortheimischer) Baumarten nicht beeinträchtigt werden sollte. Ausnahmen von einer solchen Duldung betreffen Schutzgebiete im Wald, in welchen ein natürliches Ansamen der Douglasie dem Schutzzweck und damit einer ungestörten Entwicklung entgegensteht.

Uneinigkeit besteht in der Frage zu möglichen Obergrenzen für Mischungsanteile bei den Organisationen, die sich hierzu recht konkret äußern. Mit 20 % Douglasienbeimischung im konkreten Bestand sieht der FSC eine obere Grenze, deren Überschreitung den Nachweis unbeeinträchtigter Waldentwicklung erfordert. Dem stehen die Forderungen von maximal 10 % im einzelnen Bestand (und maximal 5 % im Gesamtbetrieb) des BUND gegenüber. Alle übrigen Organisationen halten sich mit konkreten Angaben zurück oder melden lediglich Forschungsbedarf an (► Ökologie).

Ob der Mischungsanteil oder die Mischungsform wichtige Kriterien für die naturverträgliche Integration der Douglasie in Beständen standortsheimischer Baumarten sind, sollte daher Gegenstand künftiger waldökologische Untersuchungen und deren naturschutzfachliche Bewertung sein. Insbesondere

geringe Beimischungsanteile wurden unter diesen Aspekten bisher nicht systematisch analysiert. Die Analyse sollte auf der Basis objektiver Kriterien erfolgen. Damit ließen sich die Diskussionen um mögliche Obergrenzen einer waldökologisch verträglichen Douglasienbeimischung versachlichen und Argumentationshilfen für eine naturnahe Waldbewirtschaftung entwickeln (► Ökologie).

Der Einbürgerungs- und Anbaustatus der Douglasie nach dem Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) wird unterschiedlich aufgefasst. Zum einen wird sie als eingebürgerte, gebietsfremde Art angesehen, womit deren spontane Verjüngung und Ausbreitung außerhalb ihrer eigentlichen Anbaufläche als invasiv gelten kann. Zum anderen integriert sie sich in bestehende Ökosysteme und verjüngt sich in diesen spontan, was sich als ersten Schritt zur Bildung einer generationenübergreifenden Population interpretieren ließe. Der aufgezeigte Auslegungsspielraum, den die Begriffsbestimmungen nach dem BNatSchG beinhalten, bedarf einer allgemein konsensfähigen Präzisierung der dort genannten Kriterien im Hinblick auf die Langlebigkeit von Waldbaumarten, um eine hinreichende Rechtssicherheit zu erlangen.

### **Holzeigenschaften**

Die klimatischen und petrographischen Bedingungen für das Wachstum von Douglasie im Nordwesten Nordamerikas und in Europa unterscheiden sich erheblich. Daraus resultieren Unterschiede in den Holzeigenschaften, welche sich im Wesentlichen auf die Jahrringbreite und den Anteil an Spätholz zurückführen lassen. Insbesondere die zum Ursprungsgebiet deutlich veränderten Spätholzanteile wirken sich auf die Festigkeits- und Dauerhaftigkeitseigenschaften des in Deutschland erwachsenen Douglasienholzes aus.

Aus Sicht der Forstbetriebe und der Holzverarbeitung sind Jahrringbreiten bis 8 mm tolerabel, ohne dass dem eine Überprüfung der Holzeigenschaften zu Grunde liegt. Mit zunehmender Jahrringbreite sinkt die Holzfestigkeit, was zwar zur Verlängerung von Standzeiten der Holz bearbeitenden Werkzeuge beiträgt, aber die statischen Eigenschaften des Holzes deutlich verändert. Ob die hieraus erzeugten Roh- und Fertigwaren den einst geprüften Holzqualitäten aus den Natur- und Sekundärwäldern des Ursprungsgebiets entsprechen, bedarf der laufenden Prüfung von in Deutschland erwachsenen Douglasienhölzern. Um zudem den Einfluss der ursprünglichen Pflanzabstände auf die Holzeigenschaften zu ergründen, eignen sich prinzipiell Standraumversuche, wie sie von den verschiedenen forstlichen Versuchsanstalten in abgestimmter Weise angelegt und waldbaulich behandelt wurden (► Waldbau). Ergänzend sollten auch Douglasienhölzer untersucht werden, die in unterschiedlichen Mischungsanteilen und -formen mit Buche erwachsen sind, und mit den Ergebnissen aus Standraumversuchen verglichen werden (► Ökologie, ► Akzeptanz).

Aus Sicht der Holzverwendung variieren die Qualität des Douglasienholzes und dessen Bearbeitungseigenschaften. Engringiges Holz ist härter und wegen seiner gleichmäßigen Rohdichte allgemein gut zu bearbeiten, während grobjähriges Holz dagegen entsprechend weicher und wegen Rohdichteschwankungen innerhalb der Jahrringe schwieriger bearbeitbar ist. Ursächlich hierfür ist ein relativ hoher Bearbeitungswiderstand, der allgemein mit Zunahme der Rohdichte, der Aststärke und des Austrocknungsgrads bei Douglasie steigt. Der Bearbeitungswiderstand verursacht beim Einschnitt im Vergleich zu Fichte und Kiefer einen höheren Energiebedarf und eine stärkere Abnutzung der Werkzeuge. Der Verlust der natürlichen Dauerhaftigkeit von Douglasienholz bei zunehmender Jahrringbreite muss bei Konstruktionshölzern durch technischen Holzschutz ausgeglichen werden. Astigkeit und Aststärke beeinflussen zudem die Festigkeitseigenschaften von Douglasienholz. Aus

Sicht der Holzverwendung wie auch des Waldbaus wäre es darüber hinaus interessant zu erfahren, wie die inner- und zwischenartlichen Konkurrenzbeziehungen sich auf die Astbildung und das Astwachstum auswirken (► Waldbau). Ob in dieser Frage die Provenienz der Douglasie eine tragende Rolle spielt, kann nur durch populationsökologische Untersuchungen geklärt werden (► Genetische Vielfalt).

Sicher sind in dem vorstehenden Text nicht alle Wechselbeziehungen zwischen den skizzierten Teildisziplinen (► [jeweils im Textverlauf genannt]) in ihrer Komplexität erfassbar. Manche zusätzliche Frage ergibt sich erst im Laufe der konkreten Befassung mit den skizzierten Abläufen. Neue Einblicke garantieren die direkte Auseinandersetzung mit den ebenfalls betroffenen Teildisziplinen sowie den Interessensgruppen des Natur- und Umweltschutzes.

## **6 Weiterer Informationsbedarf und Ausblick**

Die vorgelegte Literaturoberrückmeldung dokumentiert den auf einigen Gebieten durchaus umfassenden Kenntnisstand zur Ökologie, zum Waldbau, zur Genetik und zur Holztechnologie der Douglasie, die mit Abstand wichtigste eingeführte Waldbaumart in Deutschland. Allerdings offenbart sich eine Reihe von Kenntnislücken, deren Bearbeitung für eine qualifizierte Bewertung der Douglasie im Hinblick auf die Möglichkeiten und Risiken eines zunehmenden Anbaus verbunden mit steigender Holzverwendung von hoher Bedeutung ist. In diesem Zusammenhang zu nennen sind (i) die optimierte Saatgutgewinnung für den verstärkten Douglasienanbau, (ii) die optimale Auswahl von Herkünften zur Anpassung der Wälder an den Klimawandel und zur Steigerung der Holzqualität, (iii) die Möglichkeiten zur Begründung und Steuerung von Mischbeständen mit Douglasie, (iv) die Untersuchung der Verjüngung und Ausbreitung der Douglasie, einschließlich Fragen der Invasivität.

Die Erarbeitung wissenschaftlich basierter Obergrenzen für naturschutzfachlich tolerable, ökonomisch akzeptable Mischungsanteile von Douglasie in naturnahen Wäldern ist für Fragen des Boden- und Naturschutzes einerseits sowie im Hinblick auf Ertrag und Holzqualität andererseits von besonderer Bedeutung.

Die Komplexität dieser Fragestellungen machen interdisziplinäre Forschungsansätze mit Experten aus den Bereichen Forstgenetik, Waldökologie, Waldbau, Ertragskunde, Holztechnologie und Ökonomie sowie Naturschutz notwendig. Eine enge Anbindung an die Forstpraxis, die Naturschutzfachverwaltungen und die Hochschulforschung sollte dabei gewährleistet sein. Zu diesen Fragestellungen wäre eine einvernehmlich abgestimmte Zusammenarbeit der forstlichen Ressortforschungseinrichtungen vom Bund und den Länder wünschenswert.

## 7 Literaturverzeichnis

- Aas, G. 2008. Die Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*) in Nordamerika. Verbreitung, Variabilität und Ökologie. In: Schmidt, O. (verantw.). Die Douglasie - Perspektiven im Klimawandel. LWF Wissen 59. Berichte aus der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, 7-11
- Albrecht, A.; Kohnle, U.; Hanewinkel, M.; Bauhus, J. 2010. Storm damage of Douglas-fir and Norway spruce in Southwest Germany: Stability of Douglas-fir and the impact of silviculture on the vulnerability of conifers. *Berichte Freiburger Forstliche Forschung* 85, 25-27
- Annen, H. 1998. Zum Einfluß von Oberbodenzustand und Standort auf Samenkeimung und Verjüngungsdichte der Douglasie in Südwestdeutschland. Dissertation. Schriften aus dem Waldbau-Institut, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Forstwissenschaftliche Fakultät, Freiburg, 1-172
- Ansorge, C. 1920. Über die Einführung ausländischer Gehölze und die Beteiligung der Familie Booth daran. *Mitteilungen der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft* 29, 272-277
- Baade, U. 1996. Anlage und Auswertung einer Douglasien-Buchen-Wuchsreihe im Wuchsbezirk Geest-Mitte. Diplomarbeit am Institut für Forsteinrichtung und Ertragskunde der Universität Göttingen, 1-98
- Bär, L. 2009. Beurteilung des Naturverjüngungspotenzials der Douglasie. *AFZ/Der Wald* 64 (11), 578-580
- Baronius, K.; Fiedler, H. J. 1996. Ernährungszustand der Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) auf dänischen und deutschen Standorten im Vergleich zu ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 115, 10-16
- Bender, J. B.; Spiecker, H. 2010. Impact of water availability on wood density patterns in Douglas-fir tree rings. *Berichte Freiburger Forstliche Forschung* 85, 17
- Bergel, D. 1969. Ertragskundliche Untersuchungen über die Douglasie in Nordwestdeutschland. Dissertation an der Forstlichen Fakultät Hann. Münden der Universität Göttingen, 1-186
- Bergel, D. 1985. Douglasien-Ertragstafel für Nordwestdeutschland. Abteilung Waldwachstum der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, 1-72
- Blaschke, M.; Bußler, H.; Schmidt, O. 2008. Die Douglasie - (k)ein Baum für alle Fälle. In: Schmidt, O. (verantw.). Die Douglasie - Perspektiven im Klimawandel. LWF Wissen 59. Berichte aus der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, 57-61
- BLE 2008. Zugelassenes Ausgangsmaterial für forstliches Vermehrungsgut in der Bundesrepublik Deutschland, Bestände der Kategorie 'Ausgewählt' (Stand: Mai 2008).  
URL [http://www.ble.de/cln\\_099/nn\\_416674/SharedDocs/Downloads/02\\_\\_Kontrolle\\_\\_Zulassung/07\\_\\_SaatUndPflanzgut/Erntebestaende\\_\\_ausgewaehlt.html?\\_\\_nnn=true](http://www.ble.de/cln_099/nn_416674/SharedDocs/Downloads/02__Kontrolle__Zulassung/07__SaatUndPflanzgut/Erntebestaende__ausgewaehlt.html?__nnn=true)
- Böcker, R.; Gebhardt, H.; Konold, W.; Schmidt-Fischer, S. (Hrsg.) 1995. Gebietsfremde Pflanzenarten. Auswirkungen auf einheimische Arten, Lebensgemeinschaften und Biotope. Kontrollmöglichkeiten und Management. ecomed, Landsberg, 1-215
- Booth, J. C. 1877. Die Douglasfichte und einige andere Nadelhölzer, namentlich aus dem nordwestlichen Nordamerika in Bezug auf ihren forstlichen Anbau in Deutschland. Julius Springer, Berlin, 1-92
- Booth, J. C. 1882. Die Naturalisation ausländischer Waldbäume in Deutschland. Springer Verlag, Berlin, 1-168

- Booth, J. C. 1896. Die nordamerikanischen Baumarten und ihre Gegner. Springer Verlag, Berlin, 1-87
- Booth, J. C. 1903. Die Einführung ausländischer Holzarten in die Preußischen Staatsforsten unter Bismarck und Anderes. Springer Verlag, Berlin, 1-111
- Booth, J. C. 1907a-d. Die Douglasfichte seit ihrer Einführung nach Europa (1828-1906). Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 83, (a) 5-10; (b) 45-50; (c) 87-93; (d) 113-118
- Brünig, E. F.; Schneider, T. W. 1975. Forstgut Auermühle. Geschichte und Wirtschaftsgrundsätze. Eigendruck der Günther Wagner Pelikan-Werke GmbH, Hannover. 1-68
- Budde, S. 2006. Auswirkungen des Douglasienanbaus auf die Bodenvegetation im nordwestdeutschen Tiefland. Dissertation an der Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie der Universität Göttingen. Cuvillier Verlag, Göttingen, 1-111
- BUND [Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V.] 2009. 10 Forderungen des BUND zur Novellierung des Bundeswaldgesetzes.  
URL [http://www.bund.net/fileadmin/bundnet/pdfs/naturschutz/20090317\\_naturschutz\\_waldgesetz\\_novelle\\_forderungen.pdf](http://www.bund.net/fileadmin/bundnet/pdfs/naturschutz/20090317_naturschutz_waldgesetz_novelle_forderungen.pdf)
- Bundesamt für Naturschutz - BfN (Hrsg.) 2005. Gebietsfremde Arten. Positionspapier des Bundesamtes für Naturschutz. Zusammenge stellt von F. Klingenstein, P. M. Kornacker, H. Martens und U. Schippmann. BfN-Skripten 128, Bonn - Bad Godesberg, 1-30  
URL <http://www.floraweb.de/neoflora/Skript128.pdf>
- Bundesamt für Naturschutz - BfN (Hrsg.) 2007. Grundlagen für die Entwicklung einer nationalen Strategie gegen invasive gebietsfremde Arten. Abschlussbericht eines F+E-Vorhabens (FKZ 803 11 221) in den Jahren 2003 bis 2005. Zusammenge stellt von C. Hubo, E. Jumptertz, M. Krott, L. Nockemann, A. Steinmann und I. Bräuer. BfN-Skripten 213, Bonn - Bad Godesberg, 1-370  
URL <http://www.bfn.de/fileadmin/MDb/documents/service/skript213.pdf>
- Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz [kurz: BMELV] (Hrsg.) 2004. Die Bundeswaldinventur<sup>2</sup> (BWI<sup>2</sup>) - Alle Ergebnisse und Berichte. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Bonn  
URL <http://www.bundeswaldinventur.de>
- Burschel, P.; Huss, J. 1997. Grundriss des Waldbaus. Ein Leitfaden für Studium und Praxis. 2., neu bearbeitete und erweiterte Auflage. Blackwell Wissenschaftsverlag, Berlin
- Busse, J. 1913. Douglaszapfenernte 1912 in den forstfiskalischen Revieren des Regierungsbezirks Provinz Posen. Mitteilungen der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft 22, 96-104
- Busse, J. 1914. Douglaszapfenernte 1913 in der Provinz Posen. Mitteilungen der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft 23, 36-39
- CMA 1998. Informationsdienst Holz 5. Douglasie. Holzabsatzfonds (Hrsg.), Bonn
- Danckelmann B. 1884. Anbauversuche mit ausländischen Holzarten in den Preußischen Staatsforsten. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 6, 289-315; 7, 345-371
- Derenthall, C. v. 1993. Marktbedeutung und Absatz von Forsterzeugnissen der in Deutschland angebauten fremdländischen Baumarten. Diplomarbeit, Forstwissenschaftliche Fakultät, Bereich Holzmarktlehre, Universität Freiburg
- Dittmar, O.; Knapp, E. 1987a. Beiträge zu den Möglichkeiten einer Produktivitätssteigerung der Wälder durch Anbau fremdländischer Baumarten: II. Die Ergebnisse des internationalen Douglasienprovenienzversuches 1961 für die Provenienzwahl im Tiefland der DDR. Die sozialistische Forstwirtschaft 37 (5), 146-148



- Dittmar, O.; Knapp, E. 1987b. Beiträge zu den Möglichkeiten einer Produktivitätssteigerung der Wälder durch Anbau fremdländischer Baumarten: III. Weitere waldbaulich-ertragskundliche Erkenntnisse für den Douglasienanbau im Tiefland der DDR aus dem bisherigen Versuchsverlauf des internationalen Douglasienprovenienzversuches von 1961. Die sozialistische Forstwirtschaft 37 (6), 178–181
- Dittmar, O.; Knapp, E.; Schulsen, B. 1985. Ergebnisse des internationalen Douglasienprovenienzversuchs 1961 im Pleistozän der DDR. Beiträge für die Forstwirtschaft 19 (1), 8-18
- Dreher, G. 1994. Struktur und Wuchsdynamik von Buchen-Douglasien Mischbeständen im Mittel-Westniedersächsischen Tiefland. Diplomarbeit am Institut für Forsteinrichtung und Ertragskunde der Universität Göttingen, 1-114
- EEA (European Environmental Agency) (2008): Global and European temperature (CSI 012), Assessment April 2008. Copenhagen.  
URL [http://themes.eea.europa.eu/IMS/IMS/ISpecs/ISpecification20041006175027/IAssessment1202733436537/view\\_content](http://themes.eea.europa.eu/IMS/IMS/ISpecs/ISpecification20041006175027/IAssessment1202733436537/view_content) [in der Fassung vom 2009-02-10]
- Ei-Kassaby, Y.; Ritland, K. 1996. Genetic variation in low elevation Douglas-fir of British Columbia and its relevance to gene conservation. Biodiversity and Conservation 5, 779-794
- Englisch, M. 2008. Die Douglasie – Für und Wider aus standortkundlicher Sicht. BFW Praxisinformation 16, 6-8
- Essl, F. 2005. Verbreitung, Status und Habitatbindung der subspontanen Bestände der Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*) in Österreich. Phytion, 45, 117–144
- Ferron, J. L. 2010. Douglas-fir in France: history, recent economic development, overviews for the future. Berichte Freiburger Forstliche Forschung 85, XI - XIII
- Fischer, H. W. 1994. Untersuchung der Qualitätseigenschaften, insbesondere der Festigkeit von Douglasien-Schnittholz (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco), erzeugt aus nicht-wertgeästeteten Stämmen. Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz 29 [zugleich: Dissertation des Forstlichen Fachbereichs der Universität Göttingen]. 1-200
- Flöhr, W. 1958. Kennzeichnung, Varietäten und Verbreitung der Douglasie. In: Göhre, K. (Hrsg.). Die Douglasie und ihr Holz. Akademie-Verlag, Berlin. 1-17
- Forstamt n. O. Altötting 1932-1939. Nadelkrankung der Dufffichte (Douglasie). Az: XXIII/3. In: Burger D. (Bearbeiter) 2007. Findmittel der Staatlichen Archive Bayerns.
- Staatsarchiv München. Forstamt Altötting 1804-2005. 269 Seiten + 8 Seiten Anhang  
URL [http://www.gda.bayern.de/findmittel/pdf/stam\\_frsta-aoe\\_001\\_2008.pdf](http://www.gda.bayern.de/findmittel/pdf/stam_frsta-aoe_001_2008.pdf)
- Franklin, J. F. 1979. Vegetation In : Heilman P. E.; Anderson, H. W.; Baumgartner, D. M. (eds.). Forest soils of the Douglas-Fir region. Washington State University, Cooperative Extension Service, Pullman, Washington, 93-112
- Frothingham, E. H. 1909. Die Douglasfichte, ihre Küstenform und Gebirgsform. Mitteilungen der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft 18, 69-95
- FSC - Forest Stewardship Council Arbeitsgruppe Deutschland e. V. (2008). Mischungsanreicherung mit Gastbaumarten. FSC-Newsletter: Aus den Wäldern.  
URL <http://www.fsc-deutschland.de/newsletter/185/1154/>; Informationen und Dokumente zum gegenwärtigen Revisionsprozess: URL <http://www.fsc-deutschland.de/revision/>
- Göhre, K. 1958. Das Holz der Douglasie. In: Göhre, K. (Hrsg.). Die Douglasie und ihr Holz. Akademie-Verlag, Berlin. 437-564

- Goßner, M. 2004. Nicht tot, aber sehr anders! - Arthropodenfauna auf Douglasie und Amerikanischer Roteiche. LWF aktuell 45, 10-11
- Goßner, M.; Ammer, U. 2006. Auswirkungen von Douglasien auf baumartenspezifische Arthropodengemeinschaften in Buchen-Fichten-Mischbeständen. European Journal of Forest Research 125 (3), 221-237
- Goßner, M.; Utschick, H. 2001. Douglasienbestände entziehen überwinternden Vogelarten die Nahrungsgrundlage. Waldbewohner als Weiser für die Naturnähe und Qualität der forstlichen Bewirtschaftung. In: Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (Hrsg.). Waldbewohner als Weiser für die Naturnähe und Qualität der forstlichen Bewirtschaftung. Vergleichende waldökologische Untersuchungen in Naturwaldreservaten und Wirtschaftswäldern unterschiedlicher Naturnähe in Mittelschwaben. LWF-Bericht 33, 41-44
- Grundner, F. 1921. Die Anbauversuche mit fremdländischen Holzarten in den braunschweigischen Staatsforsten. Mitteilungen der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft 31, 19-68
- Gruppe, A.; Goßner, M. 2006. Douglasiennadeln als Nahrungsressource für Larven von *Lymantria monacha* L. Ein qualitativer Vergleich mit Fichte. Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Allgemeine und Angewandte Entomologie 15, 31-34
- Haddock, P. G.; Eisele, K. 1964. Die Douglasie in Kanada. In: Eisele, K. (Hrsg.). Die Douglasie. Festschrift zum 175jährigen Firmenjubiläum. Selbstverlag Conrad Appel, Darmstadt, 17-28
- Hapla, F. 1980. Untersuchung der Auswirkung verschiedener Pflanzverbandsweiten auf die Holzeigenschaften der Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco). Dissertation, Forstliche Fakultät der Universität Göttingen, 1-182
- Hapla, F.; Knigge, W. 1985. Untersuchung über die Auswirkungen von Durchforstungsmaßnahmen auf die Holzeigenschaften der Douglasie. Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, Band 81, J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt/Main, 1-142
- Hapla, F. 1999. Verkernung und weitere verwendungsrelevante Eigenschaften von Douglasien-Schwachholz aus unterschiedlich behandelten Jungbeständen: Folgerungen für die Sortierung und die industrielle Verwendung von Douglasien-Schwachholz. Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, Band 127, J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt/Main. 1-205
- Heilman P. E.; Anderson, H. W.; Baumgartner, D. M. (eds.) 1979. Forest soils of the Douglas-Fir region. Washington State University, Cooperative Extension Service, Pullman, Washington, 1-298
- Hermann, R. K. 1969. Forstliche Saatgutenerkennung im Nordwesten der USA. AFZ 24, 304-306
- Hermann, R. K. 1978. Entwicklung und Probleme des Douglasienanbaus in den USA. AFZ 33, 26-28
- Hermann, R. K. 1981. Die Gattung *Pseudotsuga* - Ein Abriß ihrer Systematik, Geschichte und heutigen Verbreitung. Forstarchiv 52 (6), 204-212
- Hermann, R. K. 1999 [= Hermann, R. K. 2004]. *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, 1950. In: Schütt, P.; Schuck, H.-J.; Lang, U.-M.; Roloff, A. (Hrsg.): Enzyklopädie der Holzgewächse, Handbuch und Atlas der Dendrologie. 15. Ergänzungslieferung 3/99 (1. Auflage, Grundwerk 1994), Abt. III-1 *Pseudotsuga menziesii*, 1-18
- Hermann, R. K. 2004. *Pseudotsuga menziesii*. In: Schütt, P.; Weisgerber, H.; Schuck, H.-J.; Lang, U.; Stimm, B.; Roloff, A. (Hrsg.). Lexikon der Nadelbäume [Sonderausgabe aus Schütt, P.; Weisgerber, H.; Schuck, H.-J.; Lang, U.; Stimm, B.; Roloff, A. (Hrsg.): Enzyklopädie der Holzgewächse, ecomed-Verlag, Landsberg/Lech]. Nikol Verlagsgesellschaft mbH, Hamburg, 1-18

- Hermann, R. K.; Lavender, D. P. 1990. Douglas-fir. In: Burns, R. M.; Honkala, B. H. (eds.) *Silvics of North America*. (Volume 1: Conifers), Agriculture handbook 654. Forest Service U.S.D.A., Washington, D.C., 527-540  
URL [http://www.na.fs.fed.us/spfo/pubs/silvics\\_manual/volume\\_1/silvics\\_vol1.pdf](http://www.na.fs.fed.us/spfo/pubs/silvics_manual/volume_1/silvics_vol1.pdf)
- Hermann, R. K.; Lavender, D. P. 1999. Douglas-fir planted forests. *New Forests* 17, 53-70
- Hilbrig, L. 2005. Zur Wuchsleistung, Struktur und Konkurrenz in Buchen-Douglasien-Mischbeständen des Nordwestdeutschen Flachlands. Masterarbeit am Institut für Waldbau der gemäßigten Breiten der Universität Göttingen, 1-86
- Hilbrig, L. 2010. Growth, allocation of space and competition in mixed stands of Douglas-fir and European beech. *Berichte Freiburger Forstliche Forschung* 85, 31
- Holland, H. 1919. Zur forstlichen Verwendung der Douglasfichte. *Mitteilungen der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft* 28, 91-100.
- Huss, J. 1996. Die Douglasie als Mischbaum. *AFZ/Der Wald* 51(20), 1112 + 1114-1116
- IPCC [Intergovernmental Panel on Climate Change] 2007. *Climate Change 2007: The physical science basis. Summary for policymakers. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. WMO, Geneva.
- Isaac, L. A. 1964. Waldbau und Ökologie der Douglasie (nach einem Vortrag gehalten 1959 an der Forstschule der Universität des Staates Oregon in Corvallis). In: Eisele, K. (Hrsg.). *Die Douglasie*. Festschrift zum 175jährigen Firmenjubiläum. Selbstverlag Conrad Appel, Darmstadt, 7-14
- Jahn, G. 1954. Standörtliche Grundlagen für den Anbau der grünen Douglasie – unter Berücksichtigung des nordwestdeutschen Mittelgebirges. *Schriftenreihe der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und Mitteilungen der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt*. Band 11. J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt/Main, 1-112
- Janda, R. J. 1979. Geologic look at soils of the Douglas-fir region. In: Heilman P. E.; Anderson, H. W.; Baumgartner, D. M. (eds.). *Forest soils of the Douglas-Fir region*. Washington State University, Cooperative Extension Service, Pullman, Washington, 75-78
- Kenk, G.; Ehring, A. 2004. Variation in Douglasienprovenienzversuchen. Veränderungen in der Höhenwuchsleistung ( $h_{200}$ ) beim Internationalen Douglasien-Provenienzversuch 1958 in Baden-Württemberg. In: Hussendörfer, E.; Aldinger, E. (Hrsg.) *Herkunftssicherung und Zertifizierung von forstlichem Vermehrungsgut*. FORUM Genetik-Wald-Forstwirtschaft; Tagungsbericht der Arbeitstagung vom 11. - 13. Juni 2001. *Berichte Freiburger Forstliche Forschung* 54, 79-89  
verfügbar unter URL [http://www.fva-bw.de/publikationen/fff\\_bericht/fff\\_h\\_54\\_gesamt.pdf](http://www.fva-bw.de/publikationen/fff_bericht/fff_h_54_gesamt.pdf)
- Kenk, G.; Thren, M. 1984a. Ergebnisse verschiedener Douglasienprovenienzversuche in Baden-Württemberg. Teil I: Der Internationale Douglasien-Provenienzversuch 1958. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung* 155 (7-8), 165-184
- Kenk, G.; Thren, M. 1984b. Ergebnisse verschiedener Douglasienprovenienzversuche in Baden-Württemberg. Teil II: Die Versuche Kirchzarten, Aalen/Schwarzach, Steinheim und Heidelberg/Ettenheim/Kandern. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung* 155 (10-11), 221-240
- Kenk, G.; Weise, U. 1983. Erste Ergebnisse von Douglasien-Pflanzverbandsversuchen in Baden-Württemberg. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung* 154, 41-55
- Kleinschmit. J.; Racz, J.; Weisgerber, H.; Dietze, W.; Dieterich, H.; Dimpfleier, R. 1974. Ergebnisse aus dem internationalen Douglasien-Herkunftsversuch von 1970 in der Bundesrepublik Deutschland. *Silvae Genetica* 23 (6), 167-226

- Kleinschmit, J.; Svolba, J.; Weisgeber, H.; Rau, H.M.; Dimpflmeier, H.; Ruetz, W.; Franke, A. 1991. Ergebnisse des IUFRO-Douglasien-Herkunftsversuches in West-Deutschland im Alter 20. *Forst und Holz* 46 (9), 238-242
- Kleinschmit, J.; Bastien, J. C. 1992. IUFRO's role in Douglas-Fir (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) Tree Improvement. *Silvae Genetica* 41 (3), 161-17
- Klingenstein, F.; Eberhardt, D.; Kornacker, P. M. 2004. Invasive gebietsfremde Arten aus Sicht des Naturschutzes auf Bundesebene. In: Welling, M. (Red.). *Bedrohung der biologischen Vielfalt durch invasive gebietsfremde Arten. Erfassung, Monitoring und Risikoanalyse. Schriftenreihe des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft. Reihe A: Angewandte Wissenschaft, Heft 498.* Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster-Hiltrup, 24-39
- Klingenstein, F.; Böhmer, H. J. 2008. Invasive Arten. Vorwort zum Schwerpunktheft. *Natur und Landschaft* 83 (9-10), 393
- Klumpp, R. T. 1999. Untersuchungen zur Genökologie der Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco). Dissertation, Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie der Georg-August-Universität Göttingen, 1-289  
verfügbar unter URL <http://webdoc.sub.gwdg.de/diss/2000/klumpp/>
- Knigge, W. 1962. Untersuchungen über die Abhängigkeit der mittleren Rohdichte nordamerikanischer Douglasienstämme von unterschiedlichen Wuchsbedingungen. *Holz als Roh- und Werkstoff* 20 (9), 352-360
- Knoerzer, D.; Kühnel, U.; Theodoropoulos, K.; Reif, A. 1995. Zur Aus- und Verbreitung neophytischer Gehölze in Südwestdeutschland mit besonderer Berücksichtigung der Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*). In: Böcker, R.; Gebhardt, H.; Konold, W.; Schmidt-Fischer, S. (Hrsg.). *Gebietsfremde Pflanzenarten. Auswirkungen auf einheimische Arten, Lebensgemeinschaften und Biotope. Kontrollmöglichkeiten und Management.* ecomed, Landsberg. 67-81
- Knoerzer, D. 1998. Zum Status nichtheimischer (Baum-)Arten - von der Notwendigkeit begrifflicher Klärung. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung* 169 (3), 41-46
- Knoerzer, D. 1999. Zur Einbürgerungstendenz der Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* (Mirbel) Franco) im Schwarzwald. *Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz* 8, 31-39
- Knoerzer, D. 2005. Erste Ergebnisse zur Ausbreitung der Douglasie im Schwarzwald. In: Bauhus, J.; Csapek, G. (Hrsg.). *Berichte Freiburger Forstliche Forschung 60: Beiträge zur Tagung 2004 der Sektion Waldbau DVFFA. 6.-8. September 2004 in Freiburg/Staufen, 73-87*
- Kölling, C. 2007. Klimahüllen für 27 Waldbaumarten. *AFZ/Der Wald* 62 (23), 1242-1245  
verfügbar unter URL <http://www.lwf.bayern.de/waldoekologie/standort-bodenschutz/aktuell/2010/38038/index.php>
- Kölling, C. 2008. Die Douglasie im Klimawandel: Gegenwärtige und zukünftige Anbaubedingungen in Bayern. In: Schmidt, O. (verantw.). *Die Douglasie - Perspektiven im Klimawandel.* LWF Wissen 59. Berichte aus der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, 12-21
- König, A. O. 2005. Provenance research: evaluating the spatial pattern of genetic variation. In: Geburek, T.; Turok, J. (eds.). *Conservation and Management of Forest Genetic Resources in Europe.* Arbora Publisher, Zvolen, 275- 333
- Kohnle, U.; Ehring, A. 2008. Stand des koordinierten Douglasien-Standraumversuchs in Baden-Württemberg. In: Schmidt, O. (verantw.). *Die Douglasie - Perspektiven im Klimawandel.* LWF Wissen 59. Berichte aus der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, 49-56

- Konnert, M.; Ruetz, W.; Schirmer, R. 2008. Fragen zum forstlichen Vermehrungsgut bei Douglasie. LWF-Wissen 59, 22-26
- Kowarik, I. 1995. Ausbreitung nichteinheimischer Gehölzarten als Problem des Naturschutzes? In: Böcker, R.; Gebhardt, H.; Konold, W.; Schmidt-Fischer, S. (Hrsg.). Gebietsfremde Pflanzenarten. Auswirkungen auf einheimische Arten, Lebensgemeinschaften und Biotope. Kontrollmöglichkeiten und Management. ecomed, Landsberg. 33-56
- Krajina, V. J. 1959. Biogeoclimatic zones of British Columbia. Botanical Series No. 1. University of British Columbia, Vancouver, 1-47
- Kranenborg, K. G.; de Vries, S. M. G. 1995. Douglas fir provenance research in the Netherlands. 1966/67 IUFRO Series. IBN Research Report 95/1, 1-26
- Krutovsky, K.; St.Clair, J.; Saich, R.; Hipkins, V.; Neale, D. 2009. Estimation of population structure in coastal Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco var. *menziesii*) using allozyme and microsatellite markers. *Tree Genetics & Genomes* 5, 641-658
- Kühnel, U. 1995. Zum Einfluß des Douglasienanbaus auf buchendominierte Waldökosysteme. Vergleichende vegetations- und standortsökologische Untersuchungen am Südwestrand des Schwarzwaldes. Diplomarbeit an der Forstlichen Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, 1-89
- Larsen, J. B. 1978a. Untersuchungen über die winterliche Trockenresistenz von 10 Herkünften der Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*). *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 97 (1), 32-40
- Larsen, J. B. 1978b. Die Frostresistenz der Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) verschiedener Herkünfte mit unterschiedlichen Höhenlagen. *Silvae Genetica* 27 (3/4), 150-156
- Larson, B. 2010. The dynamics of Douglas-fir stands. *Berichte Freiburger Forstliche Forschung* 85, IX-X
- Leckebusch, G. C.; Koffi, B.; Ulbrich, U.; Pinto, J. G.; Spangehl, T.; Zacharias, S. 2006. Analysis of frequency and intensity of European winter storm events from a multimodel perspective, at synoptic and regional scales. *Climate Research* 31, 59-74
- Leinemann, L. 1998. Genetische Untersuchungen an Rassen der Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) am Beispiel gesunder und geschädigter Bestände. *Göttinger Forstgenetische Berichte* [Göttingen research notes in forest genetics] 23. Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung (Selbstverlag), Göttingen, 1-151
- Lennartz, G.; Rös M. 2006. Nationalpark Eifel: Wald in Entwicklung. Leitlinien - Maßnahmen. Bericht zur Fachtagung vom 4.-5. Mai 2006 in Monschau (Eifel). herausgegeben und bearbeitet vom Forschungsinstitut für Ökosystemanalyse und -bewertung e.V. (gaiac, RWTH Aachen), vom Institut für Umweltforschung (Biologie V, RWTH Aachen) & von der Nationalparkverwaltung Eifel (Gemünd), Aachen, 1-16
- Li, P. 1986. Range-wide patterns of allozyme variation in Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*). Thesis (M.S.), Oregon State University, 1-106
- Li, P.; Adams, W. T. 1989. Range-wide patterns of allozyme variation in Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*). *Canadian Journal of Forest Research* 19 (2), 149-161
- Liebecke, R.; Wagner, K.; Suda, M. 2009. Akzeptanzforschung zu Nationalparks. Ein empirisches Beispiel aus dem Nationalpark Bayerischer Wald. *Natur und Landschaft* 84 (11), 502-508
- Martinez-Meier, A.; Sanchez, L.; Pastorino, M.; Gallo, L.; Rozenberg, P. 2008. What is hot in tree rings? The wood density of surviving Douglas-firs to the 2003 drought and heat wave. *Forest Ecology and Management* 256, 837-843

- Mayr, H. 1906. Fremdländische Wald- und Parkbäume für Europa, Verlagsbuchhandlung Paul Parey, Berlin
- Mehl, M. 2001. Ergebnisse des internationalen Douglasien-Provenienzversuches von 1961 in Mecklenburg-Vorpommern. Mitteilungen aus dem Forstlichen Versuchswesen Mecklenburg-Vorpommern 3, 9-17
- Möring, G. M. 1949. Die Hamburgische Familie Booth und ihre Bedeutung. Dissertation, Philosophische Fakultät der Universität Hamburg, 1-165 + Quellenverzeichnisband 141 S.
- Münch, E. 1923. Anbauversuch mit Douglasfichten verschiedener Herkunft und anderen Nadelholzarten. Mitteilungen der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft 33, 61-79
- NABU [Naturschutzbund Deutschland e. V.] 2008. Waldwirtschaft 2020. Perspektiven und Anforderungen aus Sicht des Naturschutzes – Strategiepapier [in der Version vom 9. September 2009]. Naturschutzbund Deutschland e. V., Berlin  
URL <http://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/wald/4.pdf>
- Naturland e. V. (1998). Richtlinien zur ökologischen Waldnutzung. 5. Fassung 11/1998. [in der Version vom 24. März 2010 ]  
URL [http://www.naturland.de/richtlinien\\_waldholz.html](http://www.naturland.de/richtlinien_waldholz.html)
- Oeschger, H. J. 1975. Douglasienanbau in Baden-Württemberg mit besonderer Berücksichtigung der geschichtlichen Entwicklung. Schriftenreihe d. Landesforstverwaltung (LFV) Baden-Württemberg, Band 45. Selbstverlag LFV, Stuttgart, 1-208
- Otto, H. J. 1984. Standortkundliche Aufnahmen und Gliederungen in wichtigen Herkunftsgebieten der Douglasie des westlichen Washington und Oregon sowie in Südwest-Britisch-Kolumbien. Versuch eines Vergleichs mit den Anbaubedingungen in Nordwest-Deutschland. Aus dem Walde 38. Schaper, Hannover, 1-274
- Pechmann, H. von; Courtois, H. 1970. Untersuchungen über die Holzeigenschaften von Douglasien aus linksrheinischen Anbaugebieten. Forstwissenschaftliches Centralblatt 89 (1), 88-122
- PEFC Deutschland e.V. 2009. PEFC-Standards für Deutschland. Leitlinie für nachhaltige Waldbewirtschaftung zur Einbindung des Waldbesitzers in den regionalen Rahmen. PEFC D 1002:2009 [in der Version vom 24. März 2010].  
URL <http://www.pefc.de/waldwirtschaft/standards.html>
- Polley, H.; Hennig, P.; Kroiher, F. 2009a. Eine Kohlenstoffinventur auf Bundeswaldinventur-Basis: Baumarten, Altersstruktur und Totholz in Deutschland. AFZ-Der Wald 64 (20), 1074-1075
- Polley, H.; Hennig, P.; Schwitzgebel, F. 2009b. Eine Kohlenstoffinventur auf Bundeswaldinventur-Basis: Holzvorrat, Holzzuwachs, Holznutzung in Deutschland. AFZ-Der Wald 64 (20), 1076-1078
- Pretzsch, H.; Spellmann, H. 1994. Leistung und Struktur des Douglasien-Durchforstungsversuchs Lonau 135. Waldwachstumskundliche Ergebnisse nach fast 90jähriger Beobachtung. Forst und Holz 49 (3), 64-69
- Puchert, H. 1964. Die ersten deutschen Douglasienanbauten im 19. Jahrhundert und ihre Bedeutung für die Saatgutgewinnung. In: Eisele, K. (Hrsg.). Die Douglasie. Festschrift zum 175jährigen Firmenjubiläum. Selbstverlag Conrad Appel, Darmstadt, 29-35
- Puchert, H. (Hrsg.) 1967. Wertvolle Herkünfte forstlicher Baumarten in der Bundesrepublik Deutschland. BLV, München, 1-268
- Rau, H.-M. 1986. Der Douglasien-Provenienzversuch von 1958 in Hessen. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 156 (4), 72-79

- Röhe, P.; Mehl, M.; Gehlhar, U.; Schulz, U. 1997. Die forstlich wichtigsten nichtheimischen Baumarten in Mecklenburg-Vorpommern. Mitteilungen aus dem Forstlichen Versuchswesen Mecklenburg-Vorpommern 1, 5-61
- Rohmeder, E. 1956. Professor Münchs Anbauversuch mit Douglasien verschiedener Herkunft und anderen Nadelbaumarten im Forstamt Kaiserslautern-Ost 1912-1954. Zeitschrift für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung 5, 142-156
- Roques, A. 2010. Review of present and potential insect pests affecting Douglas-fir in Europe in a context of global change. Berichte Freiburger Forstliche Forschung 85, 20
- Roques, A.; Boivin, S.; Auger-Rozenberg M.-A. 2002. Douglas-fir vs. Lodgepole pine in Europe: colonization of exotic conifer species by native phytophagous insects depends on taxonomic isolation. Pacific Temperature Conifers International Symposium, IUFRO Working Parties S2.02.05 and S2.01.06, Orléans, France, May 27-30 2002
- Roques, A.; Auger-Rozenberg M.-A.; Boivin, S. 2006. A lack of native congeners may limit colonization of introduced conifers by indigenous insects in Europe. Canadian Journal of Forest Research 36, 299-313
- Sauter, U. 1992. Technologische Holzeigenschaften der Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) als Ausprägung unterschiedlicher Wachstumsbedingungen. Dissertation der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität Freiburg (Breisgau), 1-221
- Sauter, U. 2010. Douglasie – eine Holzart mit Potenzial. FVA-einblick 14 (3), 13-14
- Schenck, C. A. 1939. Fremdländische Wald- und Parkbäume. Zweiter Band: Die Nadelhölzer. Verlag von Paul Parey, Berlin
- Schmidt, W. 1970. Verbesserte Herkunftssicherung für Douglas-Saatgut. Forstpflanzen-Forst Samen 10(1), 4-7
- Schmidt, P. 2010: Einheimisch/nicht einheimisch, gebietsheimisch/gebietsfremd – Gehölzartenwahl nach spezifischen Anforderungen und auf fachlicher Grundlage. Jahrbuch der Baumpflege 2010, 72-84
- Schmitz, F.; Polley, H.; Hennig, P.; Schwitzgebel, F.; Kriebitzsch, W.-U. 2004. Die zweite Bundeswaldinventur – BWI<sup>2</sup>: Das Wichtigste in Kürze. Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMELV, Hrsg.), Bonn
- Schneck, D. 2009. Douglasienbestände in Ostdeutschland - woher stammen sie? AFZ/Der Wald 64 (16), 848-850
- Schober, R. 1954: Douglasien-Provenienzversuche I. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 125, 160-179
- Schober, R. 1983. Ertragstabellen wichtiger Baumarten bei verschiedener Durchforstung. 3., neubearbeitete und erweiterte Auflage. J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt/M. 1-166
- Schober, R.; Kleinschmit, J.; Svolba, J. 1983. Ergebnisse des Douglasienprovenienzversuches von 1958 in Nordwestdeutschland. I. Teil. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 154 (12), 209-236.
- Schober, R.; Kleinschmit, J.; Svolba, J. 1984: Ergebnisse des Douglasienprovenienzversuches von 1958 in Nordwestdeutschland. II. Teil. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 155 (2-3), 53-80.
- SDW [Schutzgemeinschaft Deutscher Wald e. V.] 2008. Wald und Klimawandel. Positionspapier der Schutzgemeinschaft Deutscher Landesverband Bayern Wald e. V. [in der Version vom 3. November 2009].  
URL [http://www.sdw.de/pdf/pospap\\_sdw\\_by\\_wald\\_klimawandel.pdf](http://www.sdw.de/pdf/pospap_sdw_by_wald_klimawandel.pdf)

- Schwappach, A. 1901. Die Ergebnisse der in den Jahren 1881–1890 in den preußischen Staatsforsten ausgeführten Anbauversuche mit fremdländischen Holzarten. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 33, 137-169; 33, 195-225; 33, 261-292
- Schwappach, A. 1907. Über den Wert der verschiedenen Formen der Douglas-Fichte. Mitteilungen der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft 16, 122-125
- Schwappach, A. 1911. Die weitere Entwicklung der Versuche mit fremdländischen Holzarten in Preußen. Mitteilungen der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft 20, 3-37 [autorisierter Abdruck des gleichlautenden Beitrags aus: Zeitschrift für Forst und Jagdwesen 43, 757-782]
- Schwappach, A. 1914. Einfluß der Herkunft des Samens von *Pseudotsuga Douglasii* auf das Wachstum der Pflanzen. Mitteilungen der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft 23, 35-36
- Schwerin, F. Graf von 1907. *Pseudotsuga Douglasii caesia*. Mitteilungen der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft 16, 257
- Schwerin, F. Graf von 1922. Die Douglasfichte. Mitteilungen der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft 32, 53-67
- Späth, V. 2010. Aus der Sicht eines Naturschutzverbandes: Anforderungen an die naturnahe Waldwirtschaft. AFZ/Der Wald 65 (21), 26-27
- Spellmann, H.; Nagel, J. 1989. Zum Einfluß von Ausgangspflanzenzahl und Pflanzverband und die Jugendentwicklung von Douglasienbeständen. Forst und Holz 44 (17), 455-459
- Stimm, B. 2004. Gastbaumarten in Bayerns Wäldern: Altlast oder Bereicherung? LWF aktuell 45, 4-6
- Sukopp, H. 1995. Neophytie und Neophytismus. In: Böcker, R.; Gebhardt, H.; Konold, W.; Schmidt-Fischer, S. (Hrsg.). Gebietsfremde Pflanzenarten. Auswirkungen auf einheimische Arten, Lebensgemeinschaften und Biotope. Kontrollmöglichkeiten und Management. ecomed, Landsberg. 3-32
- Strehlke, B. 1959. Die Ernte von Douglasiensamen in USA und Kanada. Folgerungen für die Deutsche Forstwirtschaft. Der Forst- und Holzwirt 14 (14), 295-300
- Strehlke, E. G. 1959. Auf die Herkunft kommt es an! Zum Anbau der Douglasie in Deutschland. Der Forst- und Holzwirt 14 (14), 289-295
- Stimm, B.; Dong, P. H. 2001. Der Douglasien-Herkunftsversuch Kaiserslautern nach neun Jahrzehnten Beobachtung. Forstw. Cbl. 120, 173-186
- Trendelenburg, R. 1939. Das Holz als Rohstoff. Seine Entstehung, stoffliche Beschaffenheit und chemische Verwertung. J. F. Lehmann Verlag, München & Berlin
- Ueckermann, P.; Ebeling, W. 2009. Untersuchungen zur waldbaulichen und ökonomischen Entwicklung von Kiefer-Douglasien-Mischbeständen am Beispiel des Gräflich von Bernstorff'schen Forstbetriebes. Masterarbeit am Institut für Waldbau der gemäßigten Breiten und am Institut für Forstökonomie der Universität Göttingen, 1-120
- USDA [United States Department of Agriculture] 1999. USDA Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. Agriculture Handbook No. 436, 2<sup>nd</sup> ed. [download version of 2010-03-08]. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service (ed.), Washington (DC), USA  
URL [ftp://ftp-fc.sc.egov.usda.gov/NSSC/Soil\\_Taxonomy/tax.pdf](ftp://ftp-fc.sc.egov.usda.gov/NSSC/Soil_Taxonomy/tax.pdf)



- Utschig, H.; Moshhammer, R. 1996. Der Koordinierte Douglasien-Standraumversuch, Auswertung der bayerischen Flächen. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten, Sektion Ertragskunde. Jahrestagung 1996 in Neresheim. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Freiburg i. Br. 102-127
- Utschick, H. 2001. Vögel, Schnecken, Pilze – Ergebnisse für Naturschutz-Lobbyisten. In: Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (Hrsg.). Waldbewohner als Weiser für die Naturnähe und Qualität der forstlichen Bewirtschaftung. Vergleichende waldökologische Untersuchungen in Naturwaldreservaten und Wirtschaftswäldern unterschiedlicher Naturnähe in Mittelschwaben. LWF-Bericht 33, 45-49
- Viard, F.; El-Kassaby, Y. A.; Ritland, K. 2001. Diversity and genetic structure in populations of *Pseudotsuga menziesii* (Pinaceae) at chloroplast microsatellite loci. *Genome* 44 (3), 336-344.
- Wagenknecht, E. 1958. Waldbauliche Eigenschaften und Behandlung der Douglasie. In: Göhre, K. (Hrsg.). Die Douglasie und ihr Holz. Akademie-Verlag, Berlin. 241-306
- Walentowski, H. 2008. Die Douglasie aus naturschutzfachlicher Sicht. In: Die Douglasie - Perspektiven im Klimawandel. LWF Wissen 59. Berichte aus der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, 67-69
- Wall, K.de 1995. Struktur und Leistung von Buchen-Douglasien-Mischbeständen im Wuchsbezirk "Unterer Solling". Diplomarbeit am Institut für Forsteinrichtung und Ertragskunde der Universität Göttingen, 1-123
- Wangenheim, F. A. J. von 1787. Beytrag zur teutschen holzgerechten Forstwissenschaft, die Anpflanzung Nordamericanischer Holzarten, mit Anwendung auf teutsche Forst, betreffend. Johann Christian Dieterich, Göttingen, 1-124
- Weise, W. 1882. Das Vorkommen gewisser fremdländischer Holzarten in Deutschland, nach amtlichen Erhebungen mitgetheilt. *Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen* 14 (2), 81-103
- Weise, U.; Flöß, M.; Kenk, G. 2001. Behandlung und Wertleistung der Douglasie in Baden-Württemberg. *AFZ/Der Wald* 56, 803-806
- Weisgerber, H. 1983. Forstpflanzenzüchtung: Aufgaben, Ergebnisse und Ziele von Züchtungsarbeiten mit Waldbäumen in Hessen. *Mitteilungen der Hessischen Landesforstverwaltung* 19. Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main
- Wimmer, E. 1909. Anbauversuche mit fremdländischen Holzarten in den Waldungen des Großherzogtums Baden. Verlagsbuchhandlung Paul Parey, Berlin, 1-86
- Wobst, J. 1995. Auswirkungen von Standortwahl und Durchforstungsstrategie auf verwertungsrelevante Holzeigenschaften der Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco). Dissertation am forstlichen Fachbereich der Universität Göttingen, 1-210
- Zavarin, E.; Snajberk, K. 1973: Geographic variability of monoterpenes from cortex of *Pseudotsuga menziesii*. *Pure and Applied Chemistry* 34, 411-434.
- Zavarin, E.; Snajberk, K. 1975: *Pseudotsuga menziesii* chemical races of California and Oregon. *Biochemical Systematics and Ecology* 2, 121-129.



**Lieferbare Sonderhefte / Special issues available**

313	Wilfried Brade und Gerhard Flachowsky (Hrsg.) (2007) <b>Rinderzucht und Rindfleischerzeugung – Empfehlungen für die Praxis</b>	10,00 €
314	Gerold Rahmann (Hrsg.) (2007) <b>Ressortforschung für den Ökologischen Landbau, Schwerpunkt: Pflanze</b>	12,00 €
315	Andreas Tietz (Hrsg.) (2007) <b>Ländliche Entwicklungsprogramme 2007 bis 2013 in Deutschland im Vergleich – Finanzen, Schwerpunkte, Maßnahmen</b>	12,00 €
316	Michaela Schaller und Hans-Joachim Weigel (2007) <b>Analyse des Sachstands zu Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die deutsche Landwirtschaft und Maßnahmen zur Anpassung</b>	16,00 €
317	Jan-Gerd Krentler (2008) <b>Vermeidung von Boden- und Grundwasserbelastungen beim Bau von Güllelagern Prevention of soil and groundwater contamination from animal waste storage facilities</b>	12,00 €
318	Yelto Zimmer, Stefan Berenz, Helmut Döhler, Folkhard Isermeyer, Ludwig Leible, Norbert Schmitz, Jörg Schweinle, Thore Toews, Ulrich Tuch, Armin Vetter, Thomas de Witte (2008) <b>Klima- und energiepolitische Analyse ausgewählter Bioenergie-Linien</b>	14,00 €
319	Ludger Grünhage and Hans-Dieter Haenel (2008) <b>Detailed documentation of the PLATIN (PLant-ATmosphere Interaction) model</b>	10,00 €
320	Gerold Rahmann und Ulrich Schumacher (Hrsg.) (2008) <b>Praxis trifft Forschung — Neues aus der Ökologischen Tierhaltung 2008</b>	14,00 €
321	Bernd Degen (Editor) (2008) <b>Proceedings of the international workshop “Fingerprinting methods for the identification of timber origins”, Bonn, October 8-9 2007</b>	18,00 €
322	Wilfried Brade, Gerhard Flachowsky, Lars Schrader (Hrsg) (2008) <b>Legehuhnzucht und Eiererzeugung - Empfehlungen für die Praxis</b>	12,00 €
323	Christian Dominik Ebmeyer (2008) <b>Crop portfolio composition under shifting output price relations – Analyzed for selected locations in Canada and Germany –</b>	14,00 €
324	Ulrich Dämmgen (Hrsg.) (2009) <b>Calculations of Emissions from German Agriculture – National Emission Inventory Report (NIR) 2009 for 2007</b> <b>Berechnungen der Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft – Nationaler Emissionsbericht (NIR) 2009 für 2007</b>	8,00 €
324A	<b>Tables</b> <b>Tabellen</b>	8,00 €
325	Frank Offermann, Martina Brockmeier, Horst Gömann, Werner Kleinhanß, Peter Kreins, Oliver von Ledebur, Bernhard Osterburg, Janine Pelikan, Petra Salamon (2009) <b>vTI-Baseline 2008</b>	8,00 €
326	Gerold Rahmann (Hrsg.) (2009) <b>Ressortforschung für den Ökologischen Landbau 2008</b>	8,00 €
327	Björn Seintsch, Matthias Dieter (Hrsg.) (2009) <b>Waldstrategie 2020</b> Tagungsband zum Symposium des BMELV, 10.-11. Dez. 2008, Berlin	18,00 €
328	Walter Dirksmeyer, Heinz Sourell (Hrsg.) (2009) <b>Wasser im Gartenbau –</b> Tagungsband zum Statusseminar am 9. und 10. Februar 2009 im Forum des vTI in Braunschweig. Organisiert im Auftrag des BMELV	8,00 €

329	Janine Pelikan, Martina Brockmeier, Werner Kleinhanß, Andreas Tietz, Peter Weingarten (2009) <b>Auswirkungen eines EU-Beitritts der Türkei</b>	8,00 €
330	Walter Dirksmeyer (Hrsg.) (2009) <b>Status quo und Perspektiven des deutschen Produktionsgartenbaus</b>	14,00 €
331	Frieder Jörg Schwarz, Ulrich Meyer (2009) <b>Optimierung des Futterwertes von Mais und Maisprodukten</b>	12,00 €
332	Gerold Rahmann und Ulrich Schumacher (Hrsg.) (2009) <b>Praxis trifft Forschung — Neues aus der Ökologischen Tierhaltung 2009</b>	8,00 €
333	Frank Offermann, Horst Gömann, Werner Kleinhanß, Peter Kreins, Oliver von Ledebur, Bernhard Osterburg, Janine Pelikan, Petra Salamon, Jörn Sanders (2010) <b>vTI-Baseline 2009 – 2019: Agrarökonomische Projektionen für Deutschland</b>	10,00 €
334	Hans-Dieter Haenel (Hrsg.) (2010) <b>Calculations of Emissions from German Agriculture - National Emission Inventory Report (NIR) 2010 for 2008</b> <b>Berechnung der Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft - Nationaler Emissionsbericht (NIR) 2010 für 2008</b>	12,00 €
335	Gerold Rahmann (Hrsg.) (2010) <b>Ressortforschung für den Ökologischen Landbau 2009</b>	8,00 €
336	Peter Kreins, Horst Behrendt, Horst Gömann, Claudia Heidecke, Ulrike Hirt, Ralf Kunkel, Kirsten Seidel, Björn Tetzlaff, Frank Wendland (2010) <b>Analyse von Agrar- und Umweltmaßnahmen im Bereich des landwirtschaftlichen Gewässerschutzes vor dem Hintergrund der EG-Wasserrahmenrichtlinie in der Flussgebietseinheit Weser</b>	22,00 €
337	Ulrich Dämmgen, Lotti Thöni, Ralf Lump, Kerstin Gilke, Eva Seitler und Marion Bullinger (2010) <b>Feldexperiment zum Methodenvergleich von Ammoniak- und Ammonium-Konzentrationsmessungen in der Umgebungsluft, 2005 bis 2008 in Braunschweig</b>	8,00 €
338	Janine Pelikan, Folkhard Isermeyer, Frank Offermann, Jörn Sanders und Yelto Zimmer (2010) <b>Auswirkungen einer Handelsliberalisierung auf die deutsche und europäische Landwirtschaft</b>	10,00 €
339	Gerald Schwarz, Hiltrud Nieberg und Jörn Sanders (2010) <b>Organic Farming Support Payments in the EU</b>	14,00 €
340	Shrini K. Upadhyaya, D. K. Giles, Silvia Haneklaus, and Ewald Schnug (Editors) (2010) <b>Advanced Engineering Systems for Specialty Crops: A Review of Precision Agriculture for Water, Chemical, and Nutrient - Application, and Yield Monitoring</b>	8,00 €
341	Gerold Rahmann und Ulrich Schumacher (Hrsg.) (2010) <b>Praxis trifft Forschung — Neues aus der Ökologischen Tierhaltung 2010</b>	8,00 €
342	Claus Rösemann, Hans-Dieter Haenel, Eike Poddey, Ulrich Dämmgen, Helmut Döhler, Brigitte Eurich-Menden, Petra Laubach, Maria Dieterle, Bernhard Osterburg (2011) <b>Calculation of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 - 2009</b> <b>Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 - 2009</b>	12,00 €
343	Katja Oehmichen, Burkhard Demant, Karsten Dunger, Erik Grüneberg, Petra Hennig, Franz Kroiher, Mirko Neubauer, Heino Polley, Thomas Riedel, Joachim Rock, Frank Schwitzgebel, Wolfgang Stümer, Nicole Wellbrock, Daniel Ziche, Andreas Bolte (2011) <b>Inventurstudie 2008 und Treibhausgasinventar Wald</b>	16,00 €
344	Dierk Kownatzki, Wolf-Ulrich Kriebitzsch, Andreas Bolte, Heike Liesebach, Uwe Schmitt, Peter Elsasser (2011) <b>Zum Douglasienanbau in Deutschland – Ökologische, waldbauliche, genetische und holzbiologische Gesichtspunkte des Douglasienanbaus in Deutschland und den angrenzenden Staaten aus naturwissenschaftlicher und gesellschaftspolitischer Sicht</b>	10,00 €





**vTI**  
Johann Heinrich  
von Thünen-Institut

**Landbauforschung**  
*vTI Agriculture and  
Forestry Research*

**Sonderheft 344**  
*Special Issue*

**Preis / Price 10 €**

ISBN 978-3-86576-070-8

