

forstarchiv 88, 3-16
(2017)

DOI 10.4432/0300-4112-88-3

© DLV GmbH

ISSN 0300-4112

Korrespondenzadresse:
Andreas.Weller@
nw-fva.de

Eingegangen:
08.09.2016

Angenommen:
29.11.2016

Internationale Douglasien-Provenienzversuchsserie von 1961: Vergleich ausgewählter Herkünfte auf Basis von Oberhöhenleistung und Rangveränderungen bis Alter 58 Jahre

The international Douglas-fir provenance test series of 1961: comparison of selected sources based on top height and ranking order variation up to the age of fifty-eight years

ANDREAS WELLER¹ und MATHIS JANSEN²

¹ Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Grätzelstraße 2, 37079 Göttingen, Deutschland

² Landesforst Mecklenburg-Vorpommern, Betriebsteil Forstplanung, Versuchswesen und Informationssysteme, Zeppelinstraße 3, 19061 Schwerin, Deutschland

Kurzfassung

Die vorliegende Auswertung fokussiert auf einen Leistungsvergleich ausgewählter Herkünfte der Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) bis Alter 58 Jahre und stützt sich auf empirische Daten aus 6 nordost- und nordwestdeutschen Einzelversuchen der Internationalen Douglasien-Provenienzversuchsserie von 1961 mit weiter standörtlich-klimatischer Amplitude. Prüfmerkmal ist die Bestandesoberhöhe (h_{100}). Darüberhinaus wird die Entwicklung der untersuchten Provenienzen durch die Volumen-Gesamtwuchsleistung (Vorratsfestmeter Derbholz je Hektar) charakterisiert. Phänotypische Provenienzenunterschiede werden auf breiter Datenbasis anhand der Stammzahlanteile geradschaftiger Z-Bäume herausgearbeitet. Folgende Fragestellungen stehen im Mittelpunkt: (1) Wie unterscheiden sich die Provenienzen bezüglich der Oberhöhe und ist über die vergangenen 20 Jahre hinweg eine Variation der provenienzspezifischen Oberhöhenleistung zu beobachten? (2) Welche Unterschiede bestehen zwischen den Herkünften hinsichtlich der Massenleistung und sind Abweichungen im Ertragsniveau zwischen den Versuchsstandorten zu diagnostizieren? (3) Welche Provenienzen können in Bezug auf ihre Schaftform überzeugen?

Untersucht werden 25 nordamerikanische Herkünfte und eine deutsche Bestandesabsaat, die Provenienz Kiekindemark. Die Ergebnisse zur herkunftsabhängigen Oberhöhenleistung sind mindestens einfach signifikant. Die provenienzspezifischen Qualitätsunterschiede sind ebenfalls statistisch gesichert. Basierend auf standardisierten Oberhöhenwerten stellt sich Humptulips von der Olympic-Halbinsel im Nordwesten des Bundesstaates Washington standortübergreifend als leistungsfähigste Provenienz heraus. Die kanadischen Herkünfte sowohl aus der Küstenregion („fog-belt“) als auch aus dem südlichen Binnenland („interior wet-belt“) verhalten sich unterdurchschnittlich, ebenso wie Provenienzen aus Oregon und Washington aus Höhenlagen über 600 m ü. NN. Im 20-jährigen Bezugszeitraum sind nur noch in geringem Umfang Veränderungen der Oberhöhenleistungsränge zu beobachten.

Mineral, Silver Lake und Humptulips haben über die Standorte hinweg die höchste Volumen-Gesamtwuchsleistung. Im Versuchsmittel sind die kanadischen Provenienzen wiederum mattwüchsig. Zwischen den Anbauorten sind deutliche Unterschiede im Ertragsniveau erkennbar.

Bezüglich der Schaftqualität rangieren Gold Hill, Mineral und Ashford auf den vordersten Plätzen, die Salmon-Arm-Herkünfte von Larch Hill und Mount Ida dagegen am Schluss.

Die „heimische“ Bestandesabsaat Kiekindemark überzeugt mit sehr gutem Leistungsverhalten, ist jedoch nur für den Anbauort Parchim 6223a prüfbar. Der geringe, nur auf einer Messparzelle beruhende Stichprobenumfang lässt zudem keinen Vergleich hinsichtlich der Schaftform mit den übrigen Herkünften zu.

Auf die Bedeutung bewährter Provenienzen und auf die Problematik der Saatgutversorgung bei Douglasie vor dem Hintergrund der derzeitigen nationalen und europäischen Gesetzes- und Verordnungslage wird ebenfalls eingegangen.

Schlüsselwörter: *Pseudotsuga menziesii*, Herkunftsprüfung, Bestandesoberhöhe, Höhenvariation, Volumen-Gesamtwuchsleistung, Ertragsniveau, Schaftform

Abstract

The present evaluation focuses on a benchmarking of selected Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) provenances up to the age of fifty-eight years, drawing upon empirical data from six northeast and northwest German individual trials within the *International Douglas-fir Provenance Test Series of 1961* with a wide site-climatic range. The investigated feature is mean height of predominant (H100). Furthermore, the development of the assessed provenances is characterized by total volume production (cubic metres solid volume per hectare). With the aid of a wide data base, phenotypical source differences are elaborated on the basis of the number of straight stemmed future crop trees. The following questions are asked: (1) How do the provenances differ in relation to top height and is it possible to observe a variation of provenance-specific increase in height during the previous twenty years? (2) What are the differences between the provenances regarding total volume production and can a yield-level divergence be diagnosed among the trial plot locations? (3) Which origins recommend themselves for their stem quality?

Twenty-five North American provenances and one German stand, Kiekindemark, grown from North American seeds, were evaluated. The results regarding provenance dependent height increment are at least singly significant. The provenance-specific differences in quality are also statistically assured. Based on standardized top height values, Humptulips on the Olympic peninsula in the northwest of the federal state of Washington is the most effective of all the provenances. The Canadian ecotypes from the coastal 'fog-belt' as well as from the southern interior 'wet-belt' show less than average performance, just like the sources from Oregon and Washington that lie higher than 600 metres above sea-level. Over the last twenty years the

tested origins have shown little ranking order variation relating to top height increase.

Of all the sites, Mineral, Silver Lake and Humptulips have the greatest amount of total volume increment. In the evaluation mean however, the Canadian stand strains show the weakest growth. There are clear differences in the yield-levels of the trial sites.

Gold Hill, Mineral and Ashford have the best stem quality, the Salmon Arm provenances Larch Hill and Mt. Ida range at the bottom of the scale.

The domestic ecotype Kiekindemark has a positive yield performance, which, however, can only be ascertained for the growth site Parchim 6223a. Furthermore, the restricted amount of random samples, only obtained from one measurement plot, does not permit comparison with stem shapes of the remaining sources.

The significance of well-proven origins and the problem of Douglas-fir seed supply in the light of existing national and European rules and regulations are also considered.

Key words: *Pseudotsuga menziesii*, provenance improvement, mean height of predominant, variation in height increase, total volume production, yield-level, stem form

Einleitung

Das natürliche Verbreitungsgebiet der Douglasie im pazifischen Raum Nordamerikas reicht über 4.000 km vom mittleren Britisch Kolumbien bis in die Sierra Nevada. Die West-Ost-Ausdehnung erstreckt sich über 1.500 km von der Pazifikküste bis in die Rocky Mountains (Abbildung 1). Noch in Mexiko sind disjunkte, räumlich eng begrenzte Vorkommen zu beobachten (Little 1971, Hermann 1981, Kleinschmit und Bastián 1992, Lavender und Hermann 2014). Höhenzonal reichen die Vorkommen hinauf bis 750 m ü. NN in den nördlichen und bis 1.700 m ü. NN in den südlichen Küstengebirgen. Im südöstlichen Kaskadengebirge steigt die Douglasie bis 3.300 m ü. NN auf (Hermann 1981, Li und Adams 1989).

Kennzeichnend für das natürliche Areal sind die unterschiedlichen Standorte mit verschiedensten Bodenarten und -typen mit wechselnder Gründigkeit, Nährstoff- und Wasserversorgung über unterschiedlichen geologischen Formationen. Die klimatischen Bedingungen reichen von ozeanischer (humider) bis zu stark kontinentaler (semiarider) Klimatönung. Die geografischen, topografischen, edaphischen und klimatischen Verhältnisse führten zur Ausbildung einer großen Zahl genetisch differenzierter Provenienzen (synonym Herkünfte).

Geografisch ist die nordamerikanische Douglasien-Zone zweigeteilt. Dieser Einteilung folgt das Auftreten der Varietäten *menziesii* und *glauca*. Die „grüne“ Küstendouglasie (*Pseudotsuga menziesii* var. *menziesii*) kommt westlich des Kaskadenkamms vom südwestlichen Britisch Kolumbien bis ins nördliche Kalifornien vor, die „blaue“ Inlandsdouglasie (*Pseudotsuga menziesii* var. *glauca*) ist vom mittleren Britisch Kolumbien bis nach Mexiko heimisch. In Britisch Kolumbien und im nordwestlichen Washington besitzen beide Varietäten eine Introgressionszone (Halliday und Brown 1943), in der von europäischen Wissenschaftlern eine Übergangsform (*Pseudotsuga menziesii* var. *caesia*; „graue“ Douglasie) ausgewiesen wird (Flöhr 1958, Konner 2009). Die *caesia*- und *glauca*-Formen sind frosthärter und trockenoleranter, aber anfällig gegenüber der Rostigen Douglasienschütte (*Rhodocone pseudotsugae* H. Sydow) (Schober 1980, Stephan 1981, Schober et al. 1983). Das genetische Potenzial der Douglasie ist maßgebend für ihre klimatische Anpassungsfähigkeit und Anpassbarkeit sowie für die Wuchs- und Wertleistung (Weller 2011, 2012). Die Herkunftswahl beeinflusst den Ertrag stärker als die waldbauliche Behandlung der Bestände (Kleinschmit 2002, Spellmann 2004).

Die Douglasie ist bodenvag. Die beste Entwicklung lässt sie auf carbonatfreien, gut wasserversorgten Braunerden, Parabraunerden, Semipodsolen und Podsolen erkennen (z. B. Riehl 2000, Stähr und Kohlstock 2002, Englisch 2008, Kölling 2008). Im norddeutschen

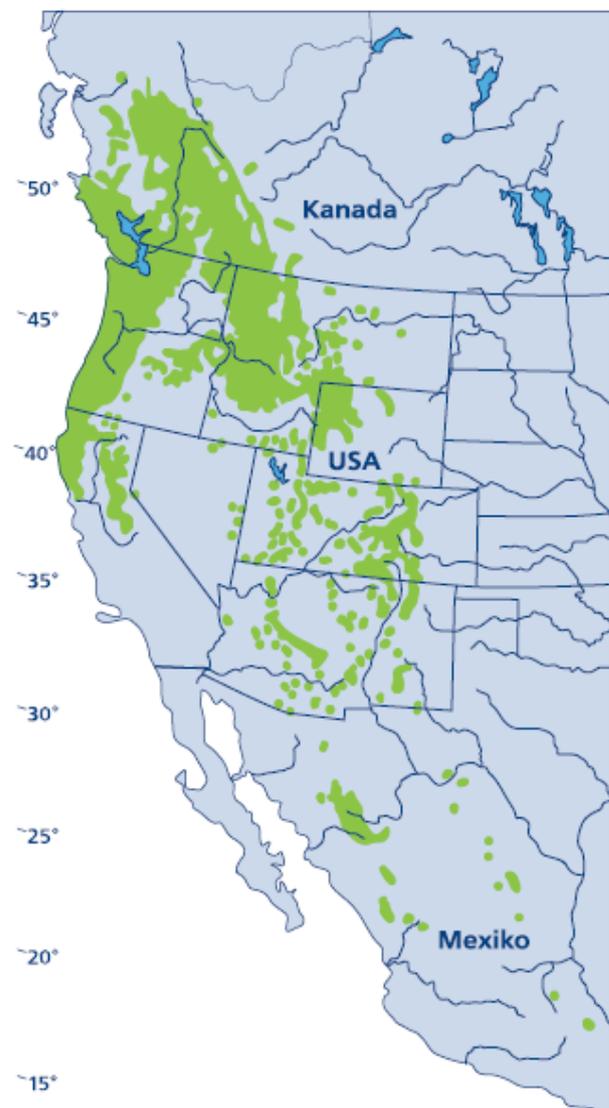


Abb. 1. Karte der natürlichen Verbreitung der Douglasie im pazifischen Raum Nordamerikas (nach Hermann 1999).

Map showing the natural distribution of Douglas-fir in the Pacific-region of North America (according to Hermann 1999).

Pleistozän zeigt sie selbst noch auf anlehmigen Sanden mit mäßigem Bodenwasserhaushalt beachtliche Wuchsleistungen (Otto 1987, Röhe 1997).

Aufgrund ihrer Verjüngungsbiologie und -ökologie und wegen der Kontrollierbarkeit ihrer Ausbreitung durch entsprechende waldbaulich-technische Maßnahmen ist die Douglasie nicht invasiv (Spellmann et al. 2015). Dieser Bewertung schloss sich die Europäische Kommission an (European Commission for Environment, Fisheries and Maritime Affairs 2016).

Langjährige wissenschaftliche Versuche (Schwappach 1901, 1911, Münch 1923, Penschuk 1935, 1937, Kanzow 1937) belegen die grundsätzliche Anbauwürdigkeit der Baumart hierzulande. Erste Provenienzversuche wurden 1910 in Chorin und 1912 in Kaiserslautern angelegt, denen ab den 1930er-Jahren durch Prof. Wiedemann und Prof. Geyr von Schweppenburg weitere folgten. Den vorläufigen Abschluss in den nordost- und nordwestdeutschen Ländern bilden die Langfristversuche der Internationalen Douglasien-Provenienzversuchsserie von 1961, die auf die Initiative von Prof. Schober und die Beschlüsse der Sektion Ertragskunde im Deutschen Verband Forstlicher Forschungsanstalten (DVFFA) zurückgehen, mit einer Beschränkung auf Herkünfte der Regionen westlich des Kaskadenkamms (Schober et al. 1983), um die es sich im Folgenden handelt. Eine Einsammlung im gesamten Ursprungsgebiet erfolgte im Rahmen des IUFRO-Douglasien-Herkunftsversuches von 1970, der jedoch aufgrund seines Designs a priori nicht als Langfristversuch angelegt wurde (Kleinschmit und Bastián 1992).

Material und Methoden

Die Darstellung der Ergebnisse umfasst 6 Versuchsorte mit annähernd gleicher Herkunftskombination und weitem klimatischen Gradienten: Das Klima reicht von einem kühl-feuchten Bergland-

klima im nördlichen hessischen Schiefergebirge und in der nördlichen germanischen Trias bis zu einer ausgesprochen sommertrockenen Klimatönung im kontinentalen Bereich des nordostdeutschen Pleistozäns. Der Bodenwasserhaushalt ist überwiegend mäßig frisch klassifiziert, während die Nährstoffausstattung der Standorte von armer bis zu kräftiger Ausprägung reicht. Die Versuchsorte sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Mit Ausnahme der Versuchsfläche Parchim 6223a wurden die dreijährig verschulten Douglasien im Frühjahr 1961 zur Minimierung von Frost- und Trockenschäden unter dem lichten Schirm des Vorbestands gepflanzt, der spätestens 6 Jahre nach der Kultur geräumt wurde. Der Regelverband war $1,5 \times 1,5$ m (4.440 Douglasien ha⁻¹). Die Durchforstungen setzten auf den nordwestdeutschen Flächen im Alter 21 Jahre und in den nordostdeutschen Versuchen ein Jahr später ein und wurden in freier Form als kombinierte Auslese- und starke Niederdurchforstung geführt, einerseits zur Förderung der Z-Bäume und andererseits aus versuchstechnischen Überlegungen zur Angleichung der Baumzahlen in den Versuchsfeldern. Aufgrund semantisch-kategorischer Vorgaben ist die Behandlungsform aller Flächen als gleich anzusehen. Ab dem Alter 32 Jahre erfolgten die Durchforstungen als Positivauslese (Wiedemann 1935, Abetz 1974) mit mäßiger Intensität (Entnahme von 1–2 Bedrängern je Z-Baum). Im Zuge der periodischen ertragskundlichen Aufnahmen wurden die Brusthöhendurchmesser voll gekluppt und 30–40 Baumhöhen je Parzelle zur Berechnung der Bestandeshöhenkurven durchmesserrepräsentativ gemessen.

Untersucht wurden 25 nordamerikanische Provenienzen mit insgesamt 226 Versuchsfeldern. Die nicht-autochthone Herkunft Kiekindemark ist mit nur einer Parzelle in Parchim vorhanden und kann daher nur für diesen Anbauort als wichtiger Vergleichsmaßstab dienen. Tabelle 2 enthält die Versuchsglieder. Der Herkunftsvergleich konzentriert sich auf das Höhenwachstum und auf Rangveränderungen in der Höhenwuchsleistung. Prüfmerkmal ist die Bestandesoberhöhe (h_{100} ; m). Aber auch die Massenleistung wird behandelt. Qua-

Tab. 1. Geografisch-standörtlich-klimatische Kennwerte der zugrunde liegenden Versuchsorte. Geographical, site-specific and climatical characteristics of the underlying trial sites.

Versuchsbezeichnung	Land	Wuchsgebiet	Wuchsbezirk	Höhenlage [m ü. NN]	Klima- feuchte- Index ¹	Geologie	Boden- art ²	Boden- wasser- haushalt	Trophie
SHLF Hasselbusch 1225 ³	Schleswig-Holstein	Schleswig-Holstein-Südwest	Holsteiner Geest	32	12,4	Diluvium (Sander)	Su3	mäßig frisch	mesotroph (–)
Nedlitz 520 ⁴	Sachsen-Anhalt	Hoher Fläming	Nedlitzer Fläming-Randplatte	100	12,0	Diluvium (Sander)	Su3	mäßig frisch	mesotroph
Parchim 6223a ⁵	Mecklenburg-Vorpommern	Südholsteinisch-südwestmecklenburger Altmoränenland	Ruhner Höhenmoräne (Ruhner Berge)	120	11,9	Diluvium (Sand), warthestadiale Endmoräne	Sl2 tlw. Slu über Ls4	mäßig frisch	mesotroph (+)
Trier 137c	Rheinland-Pfalz	Osteifel	Moseleifel	380	14,8	Trias (sm)	Sl2	mäßig trocken	oligotroph
Frankenberg 1310A/1308A	Hessen	Nördliches Hess. Schiefergebirge	Östliche Rothaargebirgsausläufer	490	17,0	Devon (Tonschiefer)	Lu	mäßig trocken	mesotroph (–)
Neuhaus 2157	Niedersachsen	Südnieders. Bergland	Hoher Solling	495	16,5	Trias (sm mit Lössauflage)	Su4 über Ls2	frisch	mesotroph

¹ Klimafeuchte-Index = 14,0: Übergang von kontinentaler (< 14,0) zu atlantischer Klimatönung (≥ 14,0). Die Index-Werte wurden auf der Grundlage der mittleren Niederschläge und der mittleren Temperaturen in der Vegetationszeit (Mai–September) der Klimanormalperiode 1961–1990 berechnet: Regionalisierte Klimawerte (NW-FVA 2016a).

$$\text{Klimafeuchte-Index} = \frac{mmVZ}{tVZ [^{\circ}C] + 10} \quad (\text{FEA 1991})$$

² Arbeitskreis Standortkartierung (2003, S. 55). ³ SHLF Hasselbusch = Schleswig-Holsteinische Landesforsten, Revierförsterei Hasselbusch

⁴ Waldbesitzer: Fürst zu Hohenlohe-Öhringen. ⁵ Waldbesitzer: Stadt Parchim

Tab. 2. Untersuchte Douglasienherkünfte, wobei die physiografischen Einheiten des natürlichen Areals von Nord nach Süd und von West nach Ost geordnet sind. Innerhalb einer Saatgutzone sind die Herkünfte nach der Höhenlage des Erntebestands aufsteigend sortiert. Kodierung der Provenienzen durch Prüfnummern der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt (NW-FVA).

Evaluated Douglas-fir provenances, whereat the physiographical units of the natural area are presented from west to east. Within a seed-zone the origins are sorted according to height above sea-level of the reproductive material harvest areas. The sources are coded by test numbers of the Northwest German Forest Research Institute.

Physiografisches Gebiet	Saatgutzone	Prüf-Nr.	Varietät	Herkunft, Staat	Höhenlage [m ü. NN]	Geografische Lage	
Ostküste Vancouver-Island	1020 ¹	D62	<i>menziesii</i>	South Wellington, BC	60	49°07' N	123°55' W
		D61	<i>menziesii</i>	Coombs, BC	80	49°20' N	124°25' W
		D45	<i>menziesii</i>	Cameron Lake, BC	210	49°15' N	124°40' W
		D40/60	<i>menziesii</i>	Duncan Paldi, BC	260	48°45' N	123°50' W
Olympic-Halbinsel	221 ¹	D64	<i>menziesii</i>	Joyce, WA	85	47°10' N	123°35' W
		030 ¹	D68	<i>menziesii</i>	Humtulpis, WA	55	47°12' N
Küstengebirge	052 ¹	D41/59	<i>menziesii</i>	Timber, OR	270	45°48' N	123°23' W
Puget Sound-Gebiet	430 ¹	D72	<i>menziesii</i>	Vader, WA	110	43°25' N	123°00' W
		D70	<i>menziesii</i>	Seaquest, WA	140	46°20' N	122°45' W
		D71	<i>menziesii</i>	Baker, WA	300	46°20' N	122°35' W
		D73	<i>menziesii</i>	Silver Lake, WA	350	46°20' N	122°48' W
		421 ¹	D69	<i>menziesii</i>	Orting, WA	130	47°05' N
Willamette-Tal	261 ¹	D74	<i>menziesii</i>	Molalla, OR	260	45°15' N	122°25' W
Darrington am Kaskadenwesthang in Nord-Washington	403 ¹	D83	<i>menziesii</i>	Gold Hill, WA	150	48°20' N	121°30' W
		D43	<i>menziesii</i>	Conrad Creek, WA	280	48°15' N	121°30' W
		D47	<i>menziesii</i>	Tenas Creek, WA	485	48°20' N	121°30' W
		D85	<i>menziesii</i>	Monte Cristo Lake, WA	610	48°00' N	121°30' W
Kaskadenwesthang in Mittel-Washington	422 ¹	D65	<i>menziesii</i>	Alder, WA	350	46°48' N	122°15' W
		D67	<i>menziesii</i>	Ashford, WA	460	46°48' N	122°00' W
		D66	<i>menziesii</i>	Mineral, WA	470	46°42' N	122°11' W
Kaskadenwesthang in Mittel-Oregon	462 ¹	D76	<i>menziesii</i>	Detroit, OR	530	44°40' N	122°10' W
		D75	<i>menziesii</i>	Breightonbush, OR	740	44°45' N	122°05' W
		D42/58	<i>menziesii</i>	Santiam River, OR	600–1.000	44°40' N	121°58' W
Südliches Binnenland (Shuswap Lake-Gebiet)	2040 ¹	D63	<i>caesia</i>	Salmon Arm (Mt. Ida), BC	580	50°39' N	119°13' W
		D46	<i>caesia</i>	Salmon Arm (Larch Hill), BC	650	50°50' N	119°10' W
Nordostdt. Tiefland	02 ²	1*	-	Kiekindemark, DE	120	53°23' N	11°46' O

* Prüfnummer der damaligen Landesanstalt für Forstwirtschaft Eberswalde (LFE)

Quellen:

¹ Douglas-fir seed-zones in the pacific-region of northwestern America (Hernandez et al. 1993)

² Forstvermehrungsgut-Herkunftsgebietsverordnung (FoVHGv) (1994)

litative Unterschiede zwischen den Herkünften wurden anhand der Formigkeit der Z-Bäume geprüft, auf einem Stichprobenumfang von 3.004 Stämmen basierend. Die Analyse der aus den nominalskalierten Daten abgeleiteten Häufigkeiten auf gesicherte Unterschiede in den Stichprobengruppen (Herkünfte) erfolgte mittels Kontingenztafel des Typs $r \times c$, mit der Prüfgröße :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \left[n_{ij} - \frac{(n_i \cdot n_j)^2}{n} \right] = n \left[\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \frac{n_{ij}^2}{n_i \cdot n_j} - 1 \right] \quad (\text{Sachs 1978})$$

wobei:

n = Stichprobenumfang (Anzahl der bonitierten Stämme),
 n_{ij} = Besetzungszahl (Häufigkeit) des Feldes in der i -ten Zeile und j -ten Spalte,

n_i = Zeilensumme der i -ten Zeile,
 n_j = Spaltensumme der j -ten Spalte,
 $n_i \cdot n_j$ = Produkt der Randsummen.

In der Versuchsfläche Parchim 6223a fand zwischen 2000 und 2015 keine ertragskundliche Aufnahme statt. Die Rohdaten der beiden Aufnahmen wurden zur Vereinheitlichung der Ergebnisse mit dem Standardauswertungsprogramm VIS¹ der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt (NW-FVA) in einer lokalen Datenbank verrechnet. Die VIS-basierte Auswertung erfolgte nach DESER-Norm (Johann 1993). Für Bäume, die im Aufnahmezeitraum 2000

¹ VIS – Versuchsflächeninformationen und Standardauswertung (NW-FVA 2016b)

Tab. 3. Synoptische Übersicht über die angewendeten statistischen Verfahren.
Synopsis of the employed statistical tests.

Statistisches Verfahren ¹	Zielsetzung	Anzahl der Stichproben- gruppen (N)	Abhängige Variable	Faktor	Voraussetzungen für die Anwendbarkeit des Verfahrens
Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest	Prüfung der empirischen Baumhöhenwerte auf Normalverteilung	227	-	-	Stetige Verteilung der intervallskalierten Werte
Levene's Test	Prüfung der empirischen Baumhöhenwerte auf Vorliegen von Varianzhomogenität	227	-	-	Stetige Verteilung der intervallskalierten Werte
Multivariater Signifikanztest (Manova) (F; p < 0,05; α = 5 %)	Prüfung der Standorthomogenität (Innerblockvarianz) in Einzelversuchen ²	24	h ₁₀₀	A = Block B = Herkunft	Intervallskalenniveau, Normalverteilung, Varianzhomogenität

¹ Die Prozeduren wurden mit dem Statistik-Programmpaket „STATISTICA“ (Statsoft 1995) gerechnet.

² Der Versuch Frankenberg 1310A/1308A enthält ausschließlich nicht-wiederholte Herkünfte. Eine mathematisch-statistische Überprüfung der Standorthomogenität mittels des gewählten statistischen Verfahrens war nicht möglich.

bis 2015 entnommen, aber nicht gekloppt wurden, wurden deren Durchmesser über den mittleren Durchmesserzuwachs aller Bäume der Vorperiode geschätzt (Nr. K1.3 der DESER-Norm). Die Bestandeswerte der Versuchsfläche Parchim als Ergebnis der Aufnahme im Herbst 1995 wurden durch die damalige Landesforstanstalt Eberswalde (LFE) wie folgt berechnet und dankenswerterweise mitgeteilt: Der Ausgleich der Durchmesser-Höhen-Beziehung erfolgte grafisch in 5 cm-Klassen. Für die Volumenberechnung wurde die Formzahlfunktion für Derbholz (mit Rinde) (Bergel 1974) verwendet (Derbholzgrenze = 7,0 cm).

Die interferenzstatistischen Methoden zur Prüfung der intervallskalierten Höhenmesswerte und daraus nach dem klassischen ertragskundlichen Verfahren abgeleiteter Bestandesoberhöhen sind in Tabelle 3 synoptisch zusammengestellt. Zwischen hessischer und sachsen-anhaltinischer Fläche einerseits und den übrigen Versuchen andererseits besteht eine Differenz im Aufnahmealter von einem Jahr. Der Einfluss der Standorte, aber auch des Alters, führte zu unterschiedlichen versuchsanlagenspezifischen Oberhöhenmittelwer-

ten und zu unterschiedlicher Streuung der Herkunftswerte innerhalb von Einzelversuchen. Zur Erhaltung der Authentizität wurden die empirisch basierten Oberhöhenwerte jedoch nicht auf ein gemeinsames Alter interpoliert. Standortübergreifend ist eine direkte Beurteilung der Provenienzleistung über die absoluten h₁₀₀-Werte daher nicht sinnvoll. In Anlehnung an das von Kenk und Thren (1984) beschriebene Verfahren, dessen Anwendbarkeit die signifikante Unterschiedlichkeit der Herkünfte bezüglich des betrachteten Leistungsmerkmals voraussetzt, wurden die Urwerte standardisiert: Ausgehend vom jeweiligen Anlagenmittelwert, wurden relative Rangklassen mit der Stufenbreite $\frac{3}{4} \times$ Standardabweichung (s) gebildet:

$$s = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (\text{Sachs 1978})$$

wobei:

x_i = beobachteter Wert,

\bar{x} = Mittelwert der Messreihe,

n = Stichprobenumfang (Anzahl der Beobachtungen innerhalb der Messreihe).

Tab. 4. Ergebnisse der Signifikanzprüfung: Abhängige Variable = Oberhöhe (h₁₀₀), Faktor (Gruppierungsvariable) = Herkunft. Der differenzierende Effekt der Herkunft auf die Oberhöhe zu den jeweiligen Aufnahmezeitpunkten (Baumalter) ist statistisch bedeutsam für p < 0,05.

Results of the significance check: dependent variable = top height (H100), factor (grouping variable) = provenance. The genotype's differentiating effect on top height at the time of the individual evaluations ('age of trees') is of statistical value for p < 0.05.

Versuchsbezeichnung	Baumalter [Jahre]	Abhängige Variable	Prüfgröße	Prüfwert
SHLF Hasselbusch 1225	38	h ₁₀₀	F (1,1164)	p (0,0484) *
	58	h ₁₀₀	F (4,1082)	p (0,0433) *
Parchim 6223a	38	h ₁₀₀	F (1,7583)	p (0,0448) *
	58	h ₁₀₀	F (1,1701)	p (0,0360) *
Nedlitz 520	37	h ₁₀₀	F (1,5835)	p (0,0010) **
	57	h ₁₀₀	F (3,0553)	p (0,0008) **
Neuhaus 2157	38	h ₁₀₀	F (1,7645)	p (0,0180) *
	58	h ₁₀₀	F (4,1010)	p (0,0136) *
Frankenberg 1310A/1308A ¹	37	h ₁₀₀	t (93,5193)	p (0,0000) ***
	57	h ₁₀₀	t (86,3883)	p (0,0000) ***
Trier 137c	38	h ₁₀₀	F (1,1396)	p (0,0420) *
	58	h ₁₀₀	F (4,5784)	p (0,0210) *

¹ Versuchsordnung ohne Wiederholung der Herkünfte

Tab. 5. Herkunftsmittelwerte bezüglich Oberhöhe (h_{100}) und Volumen-Gesamtwuchslleistung (GWL) getrennt nach Versuchsorten. Angegeben sind Hektarwerte (Derbholzbestand). Kodierung der Herkünfte durch Prüfnummern der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt im Anhalt an Tabelle 2. Provenance-specific mean values regarding top height (H100) and total volume production separated according to trial plots. Given are values per hectare (stand of compact wood). The provenances are coded by test numbers of the Northwest German Forest Research Institute, attached to Table 2.

Herkunft (Prüf.-Nr.)	Alter 57 Jahre			Alter 58 Jahre			Neuhaus 2157 (h_{100}) [m] (GWL) [$m^3 ha^{-1}$]					
	Nedlitz 520 (h_{100}) [m] (GWL) [$m^3 ha^{-1}$]	Frankenberg 1310A/1308A (h_{100}) [m] (GWL) [$m^3 ha^{-1}$]	SHILF Hasselb. 1225 (h_{100}) [m] (GWL) [$m^3 ha^{-1}$]	Parchim 6223a (h_{100}) [m] (GWL) [$m^3 ha^{-1}$]	Trier 137c (h_{100}) [m] (GWL) [$m^3 ha^{-1}$]							
D40/60	35,9	861	33,2	854	30,6	715	38,7	1.048	31,5	768	33,1	915
D41/59	36,1	911	34,9	812	-	-	38,3	1.077	33,4	860	34,1	1.137
D42/58	34,3	760	33,2	742	31,9	757	36,8	999	33,1	788	32,3	883
D43	36,0	878	31,0	837	33,7	924	38,3	1.053	33,6	825	33,4	1.073
D45	35,3	848	30,6	897	33,8	858	38,3	1.085	30,7	758	32,7	975
D46	33,8	842	28,9	749	30,5	671	34,0	870	31,5	736	31,0	871
D47	36,8	931	30,3	890	34,3	960	38,0	1.149	34,5	938	33,3	1.024
D61	36,7	836	32,4	919	32,5	802	38,6	1.110	-	-	-	-
D62	34,4	762	34,4	804	33,7	611	37,0	1.076	32,7	698	32,6	1.036
D63	34,0	838	-	-	30,4	533	36,5	1.094	-	-	31,3	1.064
D64	36,1	775	34,6	864	33,0	741	38,7	1.057	32,9	811	-	-
D65	36,5	853	34,6	787	35,9	890	39,0	1.164	33,4	975	-	-
D66	37,1	893	33,8	973	-	-	38,6	1.244	34,8	985	-	-
D67	36,3	874	29,7	834	34,3	1.041	39,2	1.041	35,3	1.087	33,5	970
D68	37,7	920	33,5	893	36,8	1.098	41,0	1.265	34,5	833	35,1	1.212
D69	36,6	900	30,1	660	34,8	983	37,7	1.134	32,1	820	-	-
D70	36,9	899	34,3	1.009	33,7	870	38,9	1.130	35,1	969	-	-
D71	36,6	833	31,6	825	33,9	821	39,0	1.217	34,3	891	34,1	1.182
D72	36,9	925	34,9	831	35,4	879	38,6	1.144	35,2	990	34,5	914
D73	36,9	938	31,6	924	-	-	37,1	1.188	36,1	1.014	35,0	1.074
D74	36,2	873	32,8	1.013	33,1	823	38,1	1.120	34,5	1.033	33,9	1.056
D75	34,1	787	30,6	1.034	33,2	798	36,6	949	-	-	34,7	1.021
D76	34,5	781	31,8	629	33,0	842	37,2	998	33,0	879	33,6	1.100
D83	35,8	919	34,5	953	34,2	876	38,3	1.067	34,1	872	34,2	998
D85	35,9	907	33,0	904	33,1	867	37,3	1.142	33,4	896	34,8	996
1*	-	-	-	-	-	-	39,4	1.279	-	-	-	-
Mittelwert	35,9	862	32,5	860	33,4	835	38,0	1.104	33,6	883	33,5	1.026

* Prüfnummer der damaligen Landesanstalt für Forstwirtschaft Eberswalde (LFE)
 Versuchsauswertung nach DESER-Norm (Johann 1993): $D1.1, D2.1, H1.1, H2.1, H3.2, K1.3, K2.1, K2.2, DHA2$
 Ausgleich der Durchmesser-Höhen-Beziehung über die Korff-Funktion (überarbeitet von Lappi 1991, 1997): $\ln(h) = a - b \cdot (d + \lambda) - c \cdot h$ mit $\lambda = 7$ und $c = 1,225$.
 Volumenberechnung in Vorratsfestmetern Derbholz (mit Rinde) nach Bergel (1987): $v = 3,1415927 \cdot h \cdot (d/200)^2 \cdot (-200,31914 \cdot (h \cdot d) + 0,8734 \cdot (d - 0,0052 \cdot \ln(d)) \cdot \ln(d) + 7,3594 \cdot (h \cdot d) + 0,46155)$. Derbholzgrenze = 7,0 cm

Für die nordamerikanischen Herkünfte wurden mittlere Gesamtträge auf der Grundlage der relativen Rangklassen berechnet, die letztlich zur Beurteilung der Herkunftsleistung dienen (siehe Tabelle 6).

Mittels linearer Regression wurde die Abhängigkeit eines herkunftsspezifischen Gesamttrags in Bezug auf die aktuelle Oberhöhe vom mittleren Gesamttrag im Alter 38 (37) Jahre untersucht, um die mögliche Aussagekraft einer um 20 Jahre früheren Leistungsprüfung beurteilen zu können.

Ergebnisse

Aus den Primärdaten der vorerst letzten Aufnahme wurden ertragskundliche Zustandsgrößen berechnet, die in Tabelle 5 getrennt nach Versuchsorten angegeben sind und die den Einfluss von Standort und Herkunft auf die Bestandeswerte veranschaulichen. Die nordamerikanischen Herkünfte zählen mit Ausnahme der beiden Provenienzen aus dem kanadischen Shuswap-Lake-Gebiet zum Formenkreis der Küstendouglasie (*Pseudotsuga menziesii* var. *menziesii*).

Oberhöhenleistung und Veränderungen der Oberhöhenleistungsränge

Die Bestandesoberhöhe (h_{100}) nach Assmann (1961) ist behandlungsunabhängig und gilt allgemein als Maßstab der Standortleistung (z. B. Kramer 1959, Zingg 1999). Liegt innerhalb von Einzelversuchen Standorthomogenität vor, dann können statistisch gesicherte Unterschiede in der Oberhöhenleistung kausal dem Herkunftseinfluss zugeordnet werden.

Abbildung 2 gestattet einen grafischen Überblick über die herkunftsspezifischen Absolutwerte zum Zeitpunkt der letzten Aufnahme. Die Oberhöhe der nordamerikanischen Herkünfte beträgt im Durchschnitt über alle Versuchsfelder 35,1 m, und die primär

standort-, aber auch altersbedingte Streuung der Oberhöhen reicht von 28,9 m bis 41,0 m. Die h_{100} -Werte liegen damit zwischen einer II,3. und einer extrapolierten -0,6. Ertragsklasse der Tafel von Bergel (1985: mäßige Durchforstung, mittleres Ertragsniveau). Der Standort- und - sekundär - der Alterseinfluss führten zu unterschiedlicher Varianz der Herkunftswerte, die bei den von der Ostküste Vancouver-Inlands stammenden Provenienzen South Wellington (D62) und Duncan Paldi (D40/60) sowie bei Tenas Creek (D47, Darrington-Gebiet im nördlichen Washington) und Ashford (D67, Kaskadenwesthang im mittleren Washington) mit Spannweiten von 7,6 m bis 10,0 m besonders ausgeprägt ist. Mit Blick auf Tabelle 5 ist die Herkunft Kiekindemark (LFE-Prüf-Nr. 1) hervorzuheben, deren Oberhöhenleistung von 39,4 m sich in Pärchim 6223a im Bereich des besten Drittels der Provenienzen befindet. Geplante genetische Untersuchungen sollen die Abstammung dieser Provenienz klären. Möglicherweise stammt das verwendete Saatgut aus einem nur wenige hundert Meter entfernt standort- und klimanah stockenden Douglasienaltbestand, dessen Ursprung auf eine Küstenform (var. *menziesii*) zurückgeht (Hackert 1985). Eine dendrologische und waldwachstumskundliche Beschreibung dieses Douglasienaltholzes von beeindruckender Wuchsleistung ist Hartig und Wollmerstädt (1995) zu entnehmen.

Die Oberhöhenleistungsunterschiede der Herkünfte innerhalb von Einzelversuchen sind geringer (Abbildung 3). Die Spannweite der Oberhöhenwerte beträgt 4,5 m in Neuhaus bis 7,0 m in Pärchim. Die Angabe der mittleren absoluten Oberhöhenbonität im Alter 100 Jahre (OHBON 100), als vertikale Leistungsdimension des Standorts, dient der Beurteilung der Standortleistungsfähigkeit. Die besten Bonitäten werden in der mecklenburgischen Versuchsfelder erreicht. Der zugehörige Standort wird durch einen mäßig frischen Bodenwasserhaushalt charakterisiert. Der Boden ist physiologisch tiefgründig. Die Bodengese hat auf überwiegender Fläche zu einer Lindauer Tieflehmfahlerde geführt, mit Einsprengungen einer Nedditzer Sandbraunerde sowie einer Dobritzer Bändersandbraunerde, lehmunterlagert: anlehmiger Bv-Horizont. Bis 160 cm Tiefe kommen 10 % lehmiger Sand oder Lehm als Bänder oder Nester vor. Bis

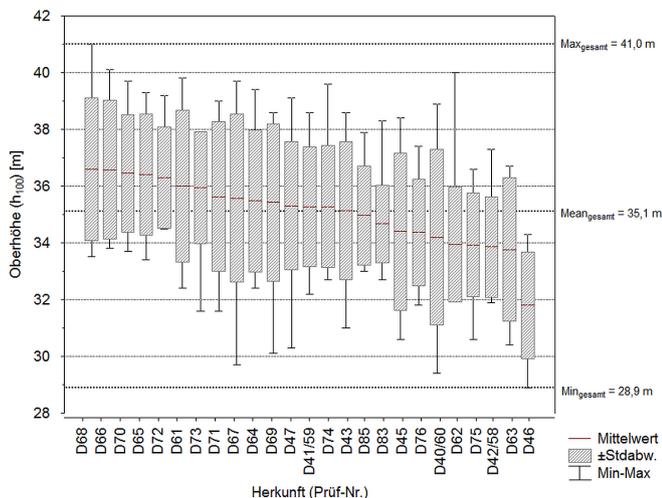


Abb. 2. Oberhöhe (h_{100}) im Alter 58 (57) Jahre getrennt nach Herkünften. Dargestellt sind Herkunftsmittelwerte, einfache Standardabweichung der Messreihen sowie Minimum- und Maximumwerte. Kodierung der Herkünfte durch Prüfnummern der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt im Anhalt an Tabelle 2.

Top height (H_{100}) at the age of fifty-eight (resp. fifty-seven) years according to provenances. Shown are provenance-specific mean values, simple standard deviation of the test series as well as minimum and maximum values. The sources are coded by test numbers of the North-west German Forest Research Institute, attached to Table 2.

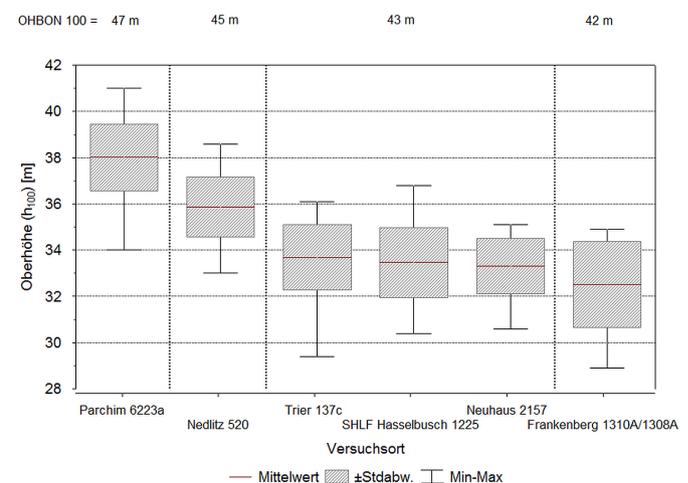


Abb. 3. Oberhöhe (h_{100}) im Alter 58 (57) Jahre getrennt nach Versuchsorten. Dargestellt sind Anlagenmittelwerte, einfache Standardabweichung sowie Minimum- und Maximumwerte. Die Angabe der absoluten Oberhöhenbonität im Alter 100 Jahre (OHBON 100) dient der Beurteilung der Standortleistungsfähigkeit.

Top height (H_{100}) at the age of fifty-eight (resp. fifty-seven) years separated according to trial sites. Shown are average values, simple standard deviation as well as minimum and maximum values. The declaration of absolute stand top height site class at the age of 100 years serves to assess site productivity.

300 cm-Tiefe ist der Boden kalkfrei. Zwischen 80 und 160 cm-Tiefe setzt kompakter Lehm ein. Die Standortsformengruppe wird mit K2 (tlw. M2) angegeben (Schulze 1996, Landesforstanstalt Mecklenburg-Vorpommern 2016). Sehr gute Wachstumsbedingungen findet die Douglasie auch in Nedlitz 520 durch eine gegenüber den nordwestdeutschen Vergleichsversuchen längere Vegetationsperiode vor. Je leistungsschwächer die Standorte, desto geringer sind die herkunftsspezifischen Unterschiede in der Oberhöhenleistung. Die Versuchsfläche Neuhaus 2157 bleibt aufgrund von im Winter 1978/79 eingetretenen Schnee- und Eisbruchschäden bezüglich ihrer empirisch belegten Bestandeshöhenentwicklung hinter dem standörtlich Möglichen zurück.

Tabelle 6 gibt die Rangfolge der Herkünfte zum Zeitpunkt der letzten Aufnahme auf der Grundlage aufsteigend sortierter mittlerer Gesamttränge wieder. Die Anbauorte sind gesichert, d. h., die Unterschiede der herkunftsspezifischen Oberhöhenwerte sind zu den jeweiligen Aufnahmezeitpunkten für $p < 0,05$ (Signifikanzniveau $\alpha = 5\%$) statistisch bedeutsam. Zu den verwendeten Tests und deren Output siehe Tabelle 4. Die kanadischen Provenienzen sowie die Herkünfte aus Oregon und Washington aus Höhenlagen über 600 m ü. NN belegen im Gesamtversuch einen unterdurch-

schnittlichen Gesamttrang. Innerhalb British Kolumbiens sind die Herkünfte von der Ostküste Vancouver-Inlands (D40/60, D45, D61, D62) leistungsstärker. South Wellington (D62) kann im kühlfeuchten Berglandklima von Neuhaus sogar durch eine gute relative Rangklasse überzeugen. Standortübergreifend sind die beiden Provenienzen aus dem Shuswap-Lake-Gebiet, Salmon Arm/Mount Ida (D63) und Salmon Arm/Larch Hill (D46), deutlich abgeschlagen. Über alle Standorte hinweg hat Humptulips (D68) aus dem Küstengebirge im nordwestlichen Washington am besten abgeschnitten. Einen guten Gesamttrang besetzen auch Vader (D72) und Sequest (D70) aus dem Puget-Sound-Gebiet sowie Alder (D65) vom Kasakadenwesthang im mittleren Washington. Weitere Provenienzen der Puget-Sound-Region, Silver Lake (D73) und Baker (D71), runden die insgesamt gute Leistung der Saatgutzone 430 ab. In der Fraktion der Provenienzen mittlerer Leistung sind die Saatgutzone 403 und 422 mit Höhenlagen bis 500 m ü. NN stark vertreten.

Für die deutsche Bestandesabsaat Kiekindemark wurde in Parchim aufgrund ihrer Oberhöhe eine zweite relative Rangklasse berechnet, die dort nur noch durch eine erste Rangklasse von Humptulips übertroffen wird (vgl. Tabelle 6).

Tab. 6. Herkunftsspezifische relative Rangklassen bezüglich der Oberhöhe (h_{100}) in den zugrunde liegenden Einzelversuchen, mittlere Gesamttränge und Rangveränderungen hinsichtlich der Gesamttränge zwischen Alter 38 (37) Jahre und 58 (57) Jahre. Alphanumerisch aufsteigende Sortierung der Herkünfte (Prüfnummern) nach mittleren Gesamtträngen im Alter 58 (57) Jahre.

Provenance-specific relative ranking classes relating to top height (H100) in the underlying individual tests, median total ranking and ranking variation between the ages of thirty-eight (resp. thirty-seven) and fifty-eight (resp. fifty-seven) years. Rising alphanumerical sort sequence of the sources (test numbers) according to median total ranking at the age of fifty-eight (resp. fifty-seven) years.

Herkunft	Prüf-Nr.	Gesamt-rang im Alter 38 (37) J.	Relative Rangklasse im Alter 58 (57) Jahre						Gesamt-rang im Alter 58 (57) J.	Rang-veränderungen
			SHLF Hassel-busch 1225	Nedlitz 520	Parchim 6223a	Trier 137c	Frankenberg 1310A/1308A	Neuhaus 2157		
Humptulips	D68	1,7	1	2	1	3	3	2	2,0	konstant
Vader	D72	2,2	2	2	3	2	2	2	2,2	konstant
Alder	D65	3,0	1	3	2	4	2	-	2,4	+1
Sequest	D70	2,4	3	2	3	2	2	-	2,4	konstant
Mineral	D66	2,8	-	2	3	2	3	-	2,5	konstant
Silver Lake	D73	2,6	-	2	4	1	4	2	2,6	konstant
Gold Hill	D83	2,3	3	4	3	3	2	2	2,8	-1
Timber	D41/59	3,2	-	3	3	4	2	3	3,0	konstant
Ashford	D67	3,2	3	3	2	2	5	3	3,0	konstant
Baker	D71	3,0	3	3	2	3	4	3	3,0	konstant
Tenas Creek	D47	3,5	3	2	3	3	5	3	3,2	-1
Molalla	D74	3,3	4	3	3	3	3	3	3,2	konstant
Joyce	D64	3,2	4	3	3	4	2	-	3,2	konstant
Monte Cristo Lake	D85	3,2	4	3	4	4	3	2	3,3	konstant
Conrad Creek	D43	3,3	3	3	3	4	5	3	3,5	-1
Coombs	D61	3,3	4	3	3	-	4	-	3,5	-1
Orting	D69	3,8	2	3	4	4	5	-	3,6	konstant
South Wellington	D62	4,8	3	5	5	4	2	4	3,8	+1
Detroit	D76	4,0	4	4	4	4	4	3	3,8	konstant
Duncan Paldi	D40/60	4,3	6	3	3	6	3	4	4,2	konstant
Cameron Lake	D45	4,0	3	4	3	6	5	4	4,2	konstant
Breightenbush	D75	4,4	4	5	5	-	5	2	4,2	konstant
Santiam River	D42/58	4,0	5	5	5	4	3	5	4,5	-1
Salmon Arm (MI)	D63	4,5	6	5	5	-	-	6	5,5	-1
Salmon Arm (LH)	D46	4,8	6	6	6	6	6	6	6,0	-1
Kiekindemark ¹	1*	-	-	-	(2)	-	-	-	-	-

* Prüfnummer der damaligen Landesanstalt für Forstwirtschaft Eberswalde (LFE)

¹ Herkunft Kiekindemark ohne Wiederholung im Gesamtversuch und nur für den Einzelversuch Parchim 6223a prüfbar

Neun Herkünfte haben im zugrunde liegenden, 20-jährigen Zeitraum ihre Gesamtrangklasse verändert: 2 Herkünfte haben sich um einen Rang verbessert, und 7 Provenienzen sind um einen Rang abgestiegen, darunter Gold Hill (D83) mit einer damals dritten Rangklasse (siehe Tabelle 6). Insgesamt sind im Bezugszeitraum in der Gruppe der leistungsfähigen Herkünfte nur in geringem Umfang Rangänderungen zu beobachten. Die hauptsächlich negativen Veränderungen betreffen überwiegend leistungsschwächere Provenienzen. Unter den damals gering zu bewertenden Herkünften konnte sich nur South Wellington (D62, Ostküste Vancouver-Inlands) verbessern. 64 % der untersuchten Provenienzen verhielten sich rangkonstant.

Für die Korrelation der mittleren Gesamträge im Alter 58 (57) Jahre und 38 (37) Jahre ergab sich ein gesicherter Zusammenhang ($p = 0,0000$; Signifikanzniveau $\alpha = 0,01$ %) bei einem Korrelationskoeffizienten Pearsons $r = 0,8859$. Beurteilt über das Bestimmtheitsmaß R^2 , beträgt der erklärte Anteil der in der Variablen h_{100} bei der letzten Aufnahme auftretenden herkunftsabhängigen Variation für den geprüften Zusammenhang 79 % (Tabelle 7). Das bedeutet, dass die Beurteilung der Herkunftleistung über die Oberhöhe in einem Baumalter von 38 (37) Jahren im Vergleich zum Informationsgehalt der empirischen Daten der aktuellen, 20 Jahre später erfolgten Aufnahme bereits relativ sicher war.

Gesamtwuchsleistung an Vorratsfestmetern Derbholz

Das Versuchsmittel der Volumen-Gesamtwuchsleistung beträgt $931 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Minimum und Maximum der Versuchsreihe werden mit $533 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ bzw. $1.279 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ durch die Provenienz Salmon Arm/Mount Ida (D63) in der schleswig-holsteinischen Versuchsfäche bzw. durch die Herkunft Kiekindemark (LFE-Prüf-Nr. 1) in Parchim 6223a erreicht. Die Streuung nach Standorten bedeutet im Extremfall einen Unterschied von ca. $830 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ im schleswig-holsteinischen Versuch zu rd. $1.100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ in Parchim (siehe Tabelle 5). Innerhalb der Einzelversuche liegen die Differenzen zwischen bester und vergleichsweise mattwüchsigster Herkunft zwischen 305 und $425 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, im schleswig-holsteinischen Versuch bei $565 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.

Mit Blick auf die Einzelherkünfte ist in der zugrunde liegenden Serie kein gleichgerichteter Trend in Bezug auf die Korrelation zwischen Höhenlage des Ursprungsortes und der Massenleistung einer Provenienz an den deutschen Anbauorten erkennbar. Nur Santiam River (D42/58), aus einer Höhe bis 1.000 m ü. NN stammend, bestätigt den bereits aus früheren Herkunftsuntersuchungen bekannten negativen Zusammenhang zwischen zunehmender Meereshöhe des Erntebestands und nachlassender Wuchsleistung der Tochterbestände (z. B. Schober 1954, 1973, Stimm und Dong 2001). Abbildung 4 stellt die provenienzspezifische Gesamtwuchsleistung vergleichend dar, wobei die Massenleistung unter Berücksichtigung des ertragsgeschichtlichen Zuwachses auf ein einheitliches Alter 58 Jahre bezogen wurde. Im Gegensatz zu den wuchskräftigen Herkünften ist eine durchgehende Zuordnung der mattwüchsigeren Provenienzen zu Herkunftsgebieten und Saatgutzone möglich: Eine unterdurchschnittliche Leistung zeigen die kanadischen Herkünfte von der Ostküste Vancouver-Inlands (Saatgutzone 1020) und aus dem südlichen

Binnenland (Saatgutzone 2040). Ausgesprochen mattwüchsig ist auch Joyce (D64) von der Olympic-Halbinsel im nordwestlichen Washington (Saatgutzone 221). Die wuchskräftigsten Provenienzen sind Mineral (D66), Silver Lake (D73) und Humptulips (D68); Mineral und Humptulips befanden sich bereits bezüglich der Oberhöhenleistungsränge in der Spitzengruppe. In der Varianz der Herkunftswerte kommt die standortbedingt differenzierte Standraumökonomie der Provenienzen zum Ausdruck: Cameron Lake (D45) und Baker (D71) finden an den kühl-feuchteren Mittelgebirgsstandorten deutlich bessere Bedingungen vor als an den pleistozänen Anbauorten mit kontinental getötem Klima. Tenas Creek (D47) und Salmon Arm/Larch Hill (D46) zeigen gleichmäßig über alle Standorte hinweg eine schlechte Leistung, erkennbar durch eine vergleichsweise geringe Variation der Herkunftswerte.

Die Bestandesabsaat Kiekindemark hat in Parchim 6223a die höchste Gesamtwuchsleistung und übertrifft dort sogar Mineral, Silver Lake und Humptulips, die ihre herausragende Wüchsigkeit standortübergreifend bewiesen haben. Dieses Leistungsverhalten untermauert die Aussage von Kenk und Thren (1984), dass sich Douglassien-Provenienzen unter „heimischen“ Wachstumsbedingungen als leistungsfähig und anderen bewährten Herkünften als überlegen erweisen.

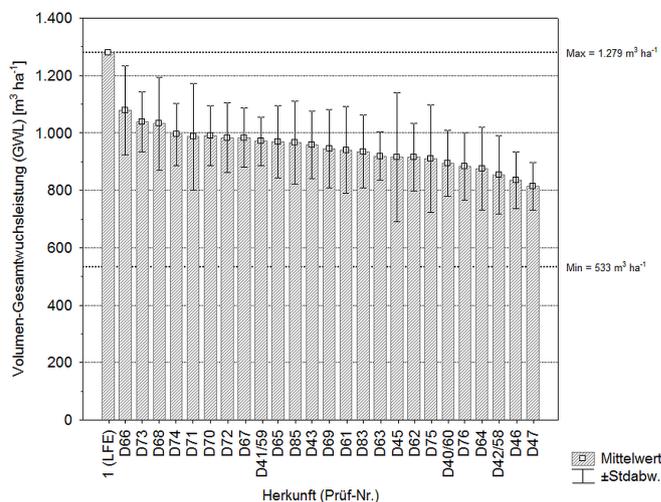


Abb. 4. Volumen-Gesamtwuchsleistung (GWL) getrennt nach Herkünften, wobei die Volumina mittels des jährlichen Zuwachses auf ein einheitliches Alter 58 Jahre bezogen wurden. Dargestellt sind Herkunftsmittelwerte und einfache Standardabweichung. Weiterhin sind Minimum und Maximum der Versuchsreihe angegeben. Kodierung der Herkünfte durch Prüfnummern der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt im Anhalt an Tabelle 2.

Total volume production according to provenances, whereat volume was estimated to a homogenous age of fifty-eight years by means of annual increment. Shown are provenance-specific mean values and simple standard deviation. Furthermore, minimum and maximum values of the test series are given. The sources are coded by test numbers of the Northwest German Forest Research Institute, attached to Table 2.

Tab. 7. Parameterschätzung des linearen Regressionsmodells zwischen den mittleren Gesamträgen bezüglich der Oberhöhe (h_{100}) im Alter 58 (57) Jahre und 38 (37) Jahre. Parameter estimation of the linear regression model between the median total ranking relating to top height (H_{100}) at the age of fifty-eight (resp. fifty-seven) and thirty-eight (resp. thirty-seven) years.

R^2	F	Sign. F	Koeffizient	beta-Koeffizient	T	Sign. T
0,7847	83,8541	p (0,0000)	$c = -0,0637$ $b_1 = 1,0282$	0,8860	9,1572	p (0,0000)

Das Wachstum gleichaltriger Reinbestände auf definierten Standorteinheiten ist durch eine enge Korrelation zwischen Massenleistung und Höhe eines Bestandes gekennzeichnet (Kramer 1988). Assmann (1961) charakterisiert das Ertragsniveau eines Bestandes durch den Gesamtvolumenzuwachs je Flächeneinheit nach Vorratsfestmetern, der bei einer gegebenen Bestandesmittel- oder -oberhöhe erreicht wird. Dabei definiert er das allgemeine Ertragsniveau als eine Standorteigenschaft, die unabhängig vom Baumalter dazu führt, dass Bestände mit gleicher Behandlung unterschiedliche Volumen-Gesamtwuchsleistungen erbringen. Ausgehend von dieser Definition kann das Ertragsniveau als die horizontale Leistungsdimension des Standorts interpretiert werden. In Abbildung 5 ist für Neuhaus 2157, Trier 137c, SHLF Hasselbusch 1225, Parchim 6223a und Nedlitz 520 die Volumen-Gesamtwuchsleistung der 15 Herkünfte, die an allen Anbauorten wiederholt sind, über der Oberhöhe aufgetragen und linear ausgeglichen. Die Versuchsfläche Frankenberg 1310A/1308A wurde in diese Darstellung nicht einbezogen, da dort der Zusammenhang zwischen Gesamtwuchsleistung und Oberhöhe nicht gesichert ist ($p < 0,4870$; Signifikanzniveau $\alpha = 5\%$), bei einem Korrelationskoeffizienten Pearsons $r = 0,2027$. Innerhalb der zugrunde liegenden Serie werden Versuchsorte mit unterschiedlichem Ertragsniveau demnach anhand von Lage und Steigung der Ausgleichsgeraden identifiziert (siehe Abbildung 5), während durch die Streuung der Herkunftswerte um die Trendlinien ein unterschiedliches Standardraumausnutzungsvermögen der Provenienzen innerhalb von Anbauorten diagnostiziert wird.

Lage und Steigung der Ausgleichsgeraden lassen bedeutende Unterschiede im Ertragsniveau zwischen den Versuchsstandorten erkennen. Die Korrelationen sind statistisch signifikant. Bei gleicher Oberhöhe haben die Untersuchungsbestände in Neuhaus ein deutlich höheres Ertragsniveau als rheinland-pfälzische, schleswig-holsteinische und mecklenburgische Versuchsflächen, die sich auf einem vergleichbaren Niveau befinden, und als der Versuchsort Nedlitz.

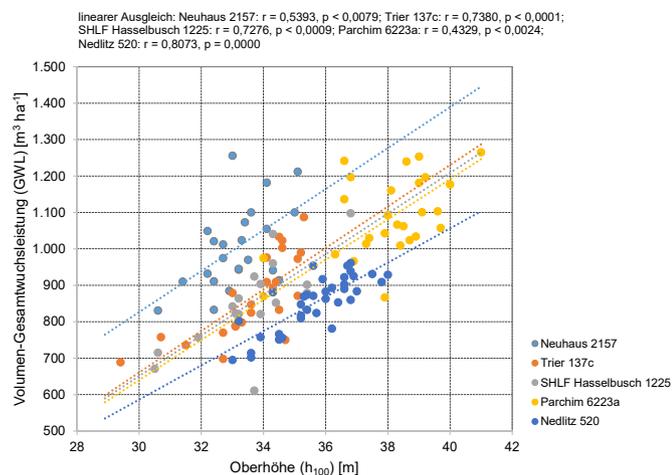


Abb. 5. Beziehung zwischen Oberhöhe (h_{100}) und Volumen-Gesamtwuchsleistung (GWL). Beschränkung auf 5 Versuchsorte und 15 Herkünfte, die an allen Versuchsorten wiederholt sind. Linearer Ausgleich (gestrichelte Linien) der Wertepaare „Oberhöhe/Volumen-Gesamtwuchsleistung“ (Datengrundlage: Tabelle 5).

The relationship between top height (H100) and total volume production. Limited to five individual tests and fifteen provenances, which are repeated at all trial sites. Linear fit of the joint values top height versus total volume production (dashed lines) (data basis is Table 5).

Schaffform

Die okulare Einschätzung der Schaffform erfolgte nach der Anweisung des Vereins Deutscher Forstlicher Versuchsanstalten aus dem Jahr 1902 (Kramer und Akça 1995) in einer Entwicklungsphase, in der die Bestände durchgepflegt sind und ausreifen sollen. Angesprochen wurde das untere, verwertungstechnisch bedeutsamste Stammstück von rd. 10 m Länge. Das kategoriale Merkmal „Schaffform“ ist fünffach gestuft. Herkunftsspezifische Qualitätsunterschiede werden durch die Stammzahlanteile geradschaftiger (zweischnüriger) Z-Bäume geprüft. Dem Prinzip der Z-Baumauswahl entsprechend, die neben dem Kriterium Vitalität insbesondere auf der Qualität basiert, sind die bonitierten Anteile stark bogiger und stark säbelwüchsiger Stämme vernachlässigbar gering. Die Kategorien „schwach bogig“ und „schwach säbelwüchsig“ sind redundant. Durch die Beschränkung auf die Ausleseebenen, zum Zeitpunkt der Bonitur im Mittel der Versuchsserie 146 Stck. ha^{-1} , ist ein Durchforstungseffekt auf die Ergebnisse weitgehend auszuschließen. Da unter den latenten Standort- und Bestandesvariablen für die Ausprägung der Schaffform über den Herkunftseffekt hinaus keine biologisch plausible Proxyvariable gefunden wurde, können für diese Prüfung die empirischen Häufigkeitsverteilungen direkt abgeleitet werden. Die herkunftsspezifischen Besetzungszahlen der Schaffformkategorien sind zum Niveau $\alpha = 0,001\%$ signifikant unterschiedlich: Bei $128,061 > 84,04 = \chi^2_{48;0,001}$ ist die Nullhypothese auf Homogenität der Häufigkeiten in den Stichprobengruppen für die zugrunde liegende Mehrfelder-Kontingenztafel abzulehnen. Zur Prüfstatistik siehe Tabelle 8.

Abbildung 6 vermittelt einen Überblick über die Qualitätsstruktur in den Einzelversuchen. In Parchim wurden mit ca. 80 % außergewöhnlich hohe Stammzahlanteile zweischnüriger Z-Bäume gefunden. Die dortige Unterstichprobe ist gerichtet, da im Zeitraum 2000 bis 2015 mit aussetzender ertragskundlicher Beobachtung auch Z-Stämme durchforstet wurden, wobei mutmaßlich auf den qualitativ schlechteren Stamm gehauen wurde. Die Anteile der Bäume ohne Formigkeitsfehler variieren an den übrigen Anbauorten in einem engeren Rahmen mit einer Spannweite von 53 % in Trier bis 44 % in Neuhaus und lassen unabhängig von den Versuchsbedingungen, unter die auch die jeweilige Bestandesdichte und örtliche Umwelteinflüsse wie z. B. Wind und Schnee subsumiert sind, eine homogenere Struktur erkennen. Die Variation ist möglicherweise auch durch einen Versuchsfehler, bedingt dadurch, dass die okulare Schaffbonitur in den Einzelversuchen durch unterschiedliche Personen erfolgte, zu erklären. In der Kategorie mit Stammfehlern behafteter Bäume wurden die Anteile in geringem Maße unschnüriger und in schwacher Ausprägung einschnüriger Bäume nicht einheitlich eingeschätzt. Unschnürigkeit liegt vor, wenn eine gedachte Stammachse mehrfach geschnitten wird, während der betrachtete Stammabschnitt bei Einschnürigkeit einen „Kreisbogen“ beschreibt. Mit Blick auf die spätere Ausformung und Verwendung des Rohholzes ist Einschnürigkeit positiver zu bewerten.

Tab. 8. Ergebnis der Mehrfelder-Kontingenztafel zur Prüfung der herkunftsspezifischen Besetzungszahlen (Häufigkeiten) der Schaffformkategorien auf Homogenität (Nullhypothese).
 Result of the multi-field contingency table for gauging the homogeneity of the provenance-specific frequency data for the stem form categories (null hypothesis).

Stichprobenumfang (n)	Signifikanzniveau (α)	χ^2	ν [(r-1)*(c-1) FG ¹]	$\chi^2_{48;0,001}$
3.004	0,001 %	128,061	48	84,04 ²

¹ FG = Freiheitsgrade (Anzahl Zeilen $r = 25$, Anzahl Spalten $c = 3$)

² Tabellierte 0,001 %-Signifikanzschranke der χ^2 -Verteilung (Sachs 1978: S. 113)

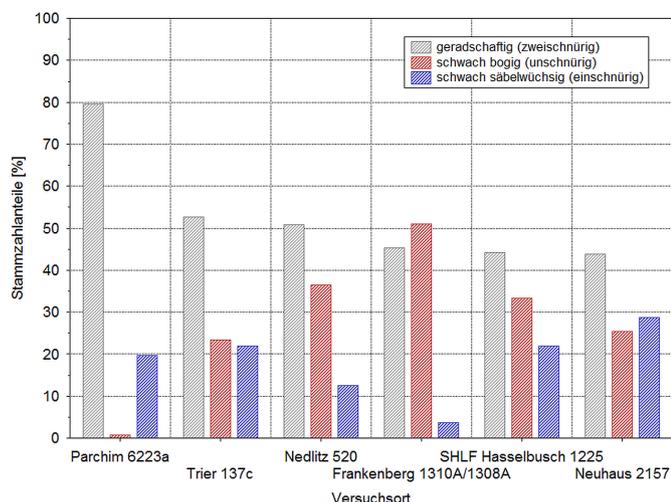


Abb. 6. Mittelwerte empirischer Anteile [%] fehlerfreier und mit Formigkeitsfehlern behafteter Z-Stämme getrennt nach Versuchsorten. Die Datengrundlage bilden die 25 nordamerikanischen Herkünfte.

Average stem number portions [per cent] of perfect and imperfect stems of future crop trees according to the plot locations. The data basis is provided by the twenty-five North American provenances.

Bei herkunftsspezifischer Betrachtung besitzen Gold Hill (D83) und Salmon Arm/Larch Hill (D46) mit 65 % und 35 % die höchsten und niedrigsten empirischen Anteile geradschaftiger Z-Bäume. Salmon Arm/Mount Ida (D63) trägt in der zugrunde liegenden Serie mit einem Stammzahlanteil von 41 % zur schlechteren Qualität der Provenienzen aus der Saatgutzone 2040 bei (siehe Abbildung 7). Die beiden Herkünfte mit den schlechtesten Oberhöhengesamträgen besitzen damit auch die geringste Qualitätserwartung. Provenienzen mit guten Gesamträgen sind qualitativ dagegen nicht unbedingt führend: Humpulips (D68) verbindet beispielsweise eine überlegene Höhenwuchsleistung mit nur durchschnittlichen Prozentanteilen geradschaftiger Z-Stämme.

Geografisch zeichnet sich eine grobe Einteilung qualitativ besserer und schlechterer Regionen ab: Herkünfte aus den Coastal Ranges in Britisch Kolumbien, Washington und Oregon besitzen tendenziell eine geringere Schaftqualität. Mit Coombs (D61) und South Wellington (D62) liegen zwei kanadische Provenienzen aus dem ozeanisch getönten „fog-belt“ am Ende der auf der Grundlage absteigend sortierter Stammzahlanteile gebildeten Herkunftsrankfolge. Provenienzen aus den vergleichsweise kontinentaleren Regionen am Kaskadenwesthang wurden dagegen mit Ausnahme von Alder (D65) überdurchschnittlich gut bonitiert.

Diskussion

Die statistisch gesicherten Ergebnisse zur (Oberhöhen-)Wuchsleistung bis Alter 58 Jahre sowie zur Schaftqualität ausgewählter Douglasien-Provenienzen an 6 nordost- und nordwestdeutschen Anbauorten belegen nachdrücklich die Bedeutung der Herkunftswahl für den wirtschaftlichen Erfolg der Baumart, wobei die zu beobachtende standortabhängige Streuung der Provenienzwerte eine standortspezifische Entscheidung erfordert.

In den Anfängen der Herkunftsforschung mit Douglasie war man bestrebt, den Untersuchungsraum auszudehnen und so die po-

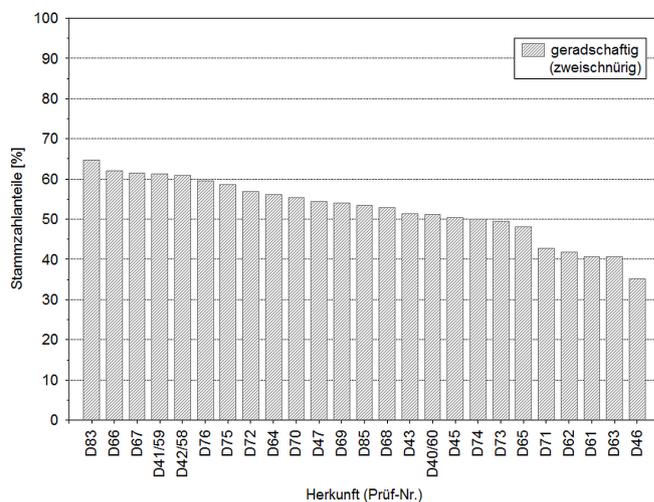


Abb. 7. Herkunftsspezifische empirische Anteile [%] geradschaftiger (zweischnüriger) Z-Stämme im Gesamtversuch. Absteigende Sortierung der 25 nordamerikanischen Herkünfte auf der Grundlage der Stammzahlanteile. Kodierung der Herkünfte durch Prüfnummern der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt im Anhalt an Tabelle 2.

Empirical stem number portions [per cent] of straight stemmed future crop trees of all trial sites, according to provenances. Descending sorting of the twenty-five North American origins on the basis of stem shares. The sources are coded by test numbers of the Northwest German Forest Research Institute, attached to Table 2.

tenzielle Variabilität der Herkünfte abzubilden. Die von Rohmeder (1956) sowie Stimm und Dong (2001) publizierten Ergebnisse aus einem der ältesten deutschen Versuche zeigen die starke wirtschaftliche Überlegenheit von Küsten- gegenüber Inlandsherkünften auf (vgl. auch Silen 1964, Irgens-Möller 1968, Rowe und Ching 1973, Konner 2009). Aber auch bei einer Begrenzung der Einsammlung auf das Vorkommen der *menziesii*- und *caesia*-Formen sowie höhenzonal auf Erntebestände bis 1.000 m ü. NN sind deutliche negative Ausreißer erkennbar. Bereits bei früheren Herkunftsprüfungen, basierend auf baden-württembergischen, hessischen und niedersächsischen Versuchsreihen mit weiter Standort- und Klimaamplitude, erwies sich Humpulips als sehr leistungsfähig, während die kanadischen Provenienzen Salmon Arm/Larch Hill und Salmon Arm/Mount Ida grundsätzlich eine geringe Leistung erbrachten (Kenk und Thren 1984, Rau 1985, 2005, Schober et al. 1983, 1984, Weller 2011). Bestätigt wird dies durch vormalige Provenienzuntersuchungen im Bereich des Pleistozäns der ehemaligen DDR in Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern. Auch hier fiel die Herkunft Humpulips durch sehr gute Wuchsleistungen auf (Dittmar et al. 1985). Übereinstimmend mit anderen europäischen Provenienzversuchen wurden das Darrington-Gebiet und der Kaskadenwesthang in Washington mit den Saatgutzone 403 und 422 überdurchschnittlich gut bewertet (Lacaze und Tomassone 1967, Christophe und Birot 1979, Nanson 1980, Schultze und Raschka 2002), während Herkünfte aus der Küstenregion in Britisch Kolumbien (Saatgutzone 1020) wenig leistungsfähig waren. Mehl (2001) schätzte die Provenienzleistung im Versuch Parchim 6223a ebenfalls über die Oberhöhe (h_{100}) und die Volumen-Gesamtwuchsleistung ein. Seine damals nach 40-jähriger Beobachtung gefundenen Resultate werden durch die aktuellen Ergebnisse bestätigt. Die „heimische“ Bestandesabsaat Kiekindemark konnte sich im Rahmen ko-evolutiver Prozesse an Standort und Klima anpassen und die guten Eigenschaften des mutmaßlichen Mutterbestandes an die Nachkommenschaft weitergeben. In der Vergangenheit untersuchten Braun et. al (1984) weitere im Stadtforst Parchim liegende Tochterbestände und bestätigten die hohe Wuchsleistung dieser Herkunft unter den gegebenen Wachs-

tumsbedingungen. Auch Schober stellte bereits die beachtliche Wüchsigkeit in einem europäischen Vergleich ausgewählter Douglasienbestände heraus (Schober 1963 zit. nach Braun et al. 1984).

Im Zusammenhang mit Veränderungen der Oberhöhenleistungsränge steht die Frage, mit welcher Zuverlässigkeit bereits in einem früheren Stadium auf die weitere Entwicklung der Provenienzen geschlossen werden kann. Die periodischen Aufnahmen amerikanischer Douglasien-Herkunftsversuche über eine 65-jährige Beobachtungsdauer haben gezeigt, dass mehrere Jahrzehnte notwendig sind, um ein gültiges Urteil über ihr Wuchsverhalten fällen zu können. Noch bis zum Alter 50 Jahre zeigten sich erhebliche Leistungsveränderungen (Hermann 1980). Kenk und Ehring (2004) interpretierten die bedeutenden Rangveränderungen in der Höhenwuchsleistung ($-h_{200}$) während der 40-jährigen Beobachtungsdauer in baden-württembergischen Douglasien-Provenienzversuchen dahingehend, dass erst eine längere Untersuchung gesicherte und damit praxisrelevante Ergebnisse erwarten lässt. Weller (2011) konnte in der niedersächsischen Versuchsserie aus dem Jahr 1961 bis zum Alter 38 Jahre vielfach Rangveränderungen bezüglich der Oberhöhe (h_{100}) nachweisen: In mehreren Fällen hatten die untersuchten Provenienzen ihren Leistungsrang sogar um mehr als eine Stufe sowohl auf- als auch absteigend gewechselt. Die vorliegende Studie legt nahe, Douglasien-Herkunftsversuche mindestens 5 Jahrzehnte ertragskundlich zu beobachten, da Rangveränderungen dann nur noch in geringem Umfang auftreten. Eine Grundvoraussetzung dafür sind ausreichende Messflächengrößen (siehe Edwards 1956, Schober 1961, Pretzsch 2002).

Untersuchungen zur Eignung von Douglasien-Herkünften basieren überwiegend auf quantitativen Leistungsmerkmalen. Im Gegensatz zu den einheimischen Nadelhölzern Rotfichte (*Picea abies* [L.] Karst.) und Weißtanne (*Abies alba* Mill.) sind aufgrund der ökologischen Besonderheiten der Douglasie innerhalb eines Bestands oft räumlich konzentriert qualitativ gute und schlechtere Individuen mit unterschiedlichen Stammzahlanteilen zu beobachten. Für die von 1973 bis 1993 begründeten Douglasien-Herkunftsversuche der damaligen Österreichischen Forstlichen Bundesversuchsanstalt (FBVA) sind Ergebnisse einer Ansprache der Formigkeit nach einem dreistufigen Muster bekannt, die jedoch nur auf 3 von insgesamt 36 Versuchsflächen stattfanden. Die Ergebnisse, die sich daher nicht absichern ließen, stimmen insofern mit den hier gefundenen Resultaten überein, als dass Herkünfte aus der Saatgutzone 2040 generell schlechte Stammformen besaßen (Schultze und Raschka 2002). Auch in hessischen und sächsischen Flächen, die im Jahr 1961 begründet wurden, liegen Schaftbonituren vor. In Hessen offenbarten die Formboniturergebnisse keine signifikanten Herkunftsunterschiede. Die Stammanalyse nach dreistufiger Grundform umfasste sämtliche Bäume und eine zusätzliche Aufnahme extremer Tiefwiesel mit Ansatzhöhe ≤ 1 m. Zwischen Formeigenschaft und Wuchsleistung bestand ein negativer Zusammenhang: Die Herkunft Humptulips war zum Beispiel sehr wüchsig, konnte aber auch in der hessischen Versuchsanordnung bezüglich der Formigkeit der Stämme nicht überzeugen (Rau 1985). Auf den sächsischen Flächen war bei der Schaftform eine starke Variation der fünffach gestuften Merkmale zwischen und auch innerhalb von Herkunftsgebieten zu beobachten (Wolf et al. 2007). Zur Zusammensetzung des untersuchten Baumkollektivs geben die Autoren keine Informationen. Überdurchschnittlich gute Schaftformen besaßen die Provenienzen aus dem Puget-Sound-Gebiet sowie einzelne Herkünfte vom Kaskadenwesthang und aus dem Willamette-Tal.

Angesichts des projizierten Klimawandels und der nachgewiesenen Trockentoleranz der Douglasie (Ammer 2009) ist ein zunehmender Anbau auf geeigneten Standorten in Nordost- und Nordwestdeutschland gerechtfertigt. Eine Deckung des Bedarfs an qualitativ hochwertigem Vermehrungsgut ist daher eine vordringliche Aufgabe. Probleme wirft in dieser Hinsicht die Richtlinie 1999/105/EG

über den Verkehr mit forstlichem Vermehrungsgut auf, welche die Saatguteinfuhr aus Drittländern zu gewerblichen Zwecken stark einschränkt (Rat der Europäischen Union 1999). Die Forstvermehrungsgut-Durchführungsverordnung (FoVDV) setzt diese Richtlinie in Deutschland um (Bundesministerium für Ernährung, Verbraucherschutz und Landwirtschaft 2002). Ein Import bewährter Herkünfte aus dem Bundesstaat Washington ist zwischenzeitlich wieder möglich, da dort das OECD-Schema Anwendung findet (Rat der Europäischen Union 2008, Konnerth und Ruetz 2011). Die gesicherten Ergebnisse aus Langfristversuchen zur Anbauwürdigkeit von Originalherkünften sind daher wissenschaftlich und praktisch auch künftig für die Verbesserung der Saatgutversorgungslage von Bedeutung: Das Thünen-Institut für Forstgenetik hat im Frühjahr 2016 mit vegetativem Vermehrungsgut der wuchskräftigsten Exemplare von Eliteherkünften aus nordwestdeutschen Flächen der Internationalen Douglasien-Provenienzversuchsserie von 1961 eine Samenplantage begründet. Auch am Versuchsort Parchim 6223a wurde im Jahr 2016 Reisermaterial der leistungsstärksten Einzelbäume der besten Provenienzen erworben. Dieses Material soll im Rahmen des länderübergreifenden Projekts „FitForClim“ in Klonarchiven gesichert und zur Etablierung von Samenplantagen genutzt werden.

Aufgrund der Anfälligkeit der Inlandsformen gegenüber der Rosigen Douglasienschütte und wegen ihrer unbefriedigenden Wuchseigenschaften haben einzelne Bundesländer ihre Saatgutbestände mithilfe genetischer Analysen (Leinemann 1998, Maurer 2005, Konnerth und Fussi 2012) oder durch Untersuchungen phänotypischer Merkmale (Rau 2002) dahingehend überprüft, *glauca*-Bestände zu identifizieren, um ihnen die Erntezulassung zu entziehen.

Danksagung

Die Autoren danken Frau Dr. Susanne Sprauer, wissenschaftliche Mitarbeiterin im Sachgebiet Wachstumsmodellierung/Informatik an der NW-FVA, für die auf den externen Messdaten der Versuchsfläche Parchim 6223a basierende Berechnung der Standardergebnisse mittels VIS-Programm. Weiterhin gilt unser Dank den Mitarbeitern der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz für die tatkräftige Unterstützung bei der Aufnahme der Versuchsfläche Trier 137c sowie Herrn Dr. Peter Röhe, Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern, der Ideen zu dieser Publikation beigesteuert hat.

Literatur

- Abetz P. 1974. Zur Standraumregulierung in Mischbeständen und Auswahl von Zukunftsbäumen. Allg. Forstz. 29, 871–873
- Ammer C. 2009. Welche Baumarten trotzen dem Klimawandel? Der kritische Agrarbericht 2009. ABL, Hamm, 199–203
- Arbeitskreis Standortskartierung 2003. Forstliche Standortsaufnahme. Begriffe, Definitionen, Einteilungen, Kennzeichnungen, Erläuterungen. 6. Aufl. IHW-Verlag, Eching
- Assmann E. 1961. Waldertragskunde. BLV, München
- Bergel D. 1974. Formzahlfunktion Douglasie Derbholz. In: Nagel J. 1997. BWIN – Programm zur Bestandesanalyse und Prognose. Handbuch zur Version 3.0. Göttingen, 45 (unveröff.)
- Bergel D. 1985. Douglasien-Ertragstafel für Nordwestdeutschland. Allg. Forst- u. Jagd-Ztg. 157, 49–59
- Bergel D. 1987. Volumenfunktion Douglasie Derbholz. In: Hansen J., Nagel J. 2014. Waldwachstumskundliche Softwaresysteme auf Basis von Tree-GrOSS – Anwendung und theoretische Grundlagen. Beiträge aus der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt, Band 11, Universitätsverlag Göttingen
- Braun H., Schmiedel H., Bolland G. 1984. Die Kiekindemark-Douglasie – eine im praktischen Anbau bewährte Herkunftssorte. Beitr. Forstwirtschaft. 18, 115–130
- Bundesministerium für Ernährung, Verbraucherschutz und Landwirtschaft 2002. Forstvermehrungsgut-Durchführungsverordnung (FoVDV) vom 20. Dezember 2002 (BGBl. I S. 4711; 2003 BGBl. I S. 61)

- Christophe C., Birot Y. 1979. Genetic variation within and between populations of Douglas-fir. *Silvae Genetica* 28, 197–206
- Dittmar O., Knapp E., Schulsen B. 1985. Ergebnisse des internationalen Douglasienprovenienzversuchs 1961 im Pleistozän der DDR. *Beitr. Forstwirtschaft* 19, 8–18
- Edwards M.V. 1956. The design, layout and control of provenance experiments. *Silvae Genetica* 6, 169
- Englisch M. 2008. Die Douglasie – Für und Wider aus standortkundlicher Sicht. Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft, Wien. BFW Praxisinformation 16, 6–8
- European Commission for Environment, Fisheries and Maritime Affairs 2016. Invasive alien species. http://www.ec.europa.eu/environment/nature/invasivealien/index_en.htm (abgerufen am 21.7.2016)
- FEA (Hessische Forsteinrichtungsanstalt) (Hrsg.) 1991. Hilfstafeln für die Waldaufnahme. Gießen
- Flöhr W. 1958. Kennzeichnung, Varietäten und Verbreitung der Douglasie. In: Göhre K., Wagenknecht E. (Hrsg.) *Die Douglasie und ihr Holz*. Akademieverlag, Berlin, 4–10
- Forstvermehrungsgut-Herkunftsgebietsverordnung (FoVHGv) vom 7. Oktober 1994 (BGBl. I, S. 3578) geändert durch die Verordnung vom 15. Januar 2003 (BGBl. I, S. 238)
- Hackert F. 1985. Zur Einführung ausländischer Holzarten im Revier Kiekindemark. 4 S. http://www.kdfeige.de/Gastbeitraege/Hackert-Zur_Einfuehrung_auslaendischer_Holzarten_im_Revier_Kiekindemark-Putt.pdf (abgerufen am 22.6.2016)
- Halliday W.E.C., Brown A.W.A. 1943. The distribution of some important forest trees in Canada. *Ecology* 24, 353–373
- Hartig M., Wollmerstädt J. 1995. Hundertjährige Kiekindemark-Douglasien. *Beitr. z. Gehölkunde*. Hansmann-Verlag, Hemmingen
- Hermann R.K. 1980. Die Douglasie einst und heute. *Allg. Forstz.* 35, 215–219
- Hermann R.K. 1981. Die Gattung *Pseudotsuga* – Ein Abriss ihrer Systematik, Geschichte und heutigen Verbreitung. *Forstarchiv* 52, 204–212
- Hermann R.K. 1999. *Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco. In: Schütt P., Weisgerber H., Schuck H.J., Lang U.M., Stimm B., Roloff A. (Hrsg.) *Enzyklopädie der Holzgewächse*. Losebl.-Ausg., 3. Erg.-Lfg. 3/99, 1–18
- Hernandez G.T., Alonso G.V., Puerto Arribas G., Jenkinson G. 1993. Screening Douglas-fir for rapid early growth in common-garden tests in Spain. USDA For. Serv., Pacific Southwest Research Station, Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-146
- Irgens-Möller H. 1968. Geographical variation in growth patterns of Douglas-fir. *Silvae Genetica* 17, 106–110
- Johann K. 1993. DESER-Norm 1993. Normen der Sektion Ertragskunde im Deutschen Verband Forstlicher Forschungsanstalten zur Aufbereitung von waldwachstumskundlichen Dauerversuchen. DVFFA – Sektion Ertragskunde – in Unterreichenbach-Kapfenhardt. Tagungsbericht, 96–104
- Kanzow H. 1937. Die Douglasie. *Zeitschr. Forst- u. Jagdwes.* 69, 65–93, 113–139, 242–271
- Kenk G., Ehring A. 2004. Variation in Herkunftsversuchen. Veränderungen in der Höhenwuchsleistung (h_{200}) beim Internationalen Douglasien-Provenienzversuch 1958 in Baden-Württemberg. *Berichte Freiburger Forstliche Forschung* 54, 79–89
- Kenk G., Thren M. 1984. Ergebnisse verschiedener Douglasienprovenienzversuche in Baden-Württemberg. Teil I: Der Internationale Douglasien-Provenienzversuch von 1958. *Allg. Forst- u. Jagd-Ztg.* 155, 165–183
- Kleinschmit J., Bastián J.C. 1992. IUFRO's role in Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) tree improvement. *Silvae Genetica* 41, 161–173
- Kleinschmit W. 2002. Herkunftsfrage aus Sicht der Betriebswirtschaft. Nordwestdeutscher Forstverein in Hann. Münden. Tagungsbericht, 28–33
- Konnert M. 2009. Genetische Aspekte und Herkunftsfragen bei der Douglasie. *Eberswalder Forstliche Schriftenreihe* 43, 28–32
- Konnert M., Fussi B. 2012. Natürliche und künstliche Verjüngung der Douglasie in Bayern aus genetischer Sicht. *Schweiz. Z. Forstw.* 163, 79–87
- Konnert M., Ruetz W. 2011. Besuch von Erntebeständen im Ursprungsland der Douglasie. *AFZ/Der Wald* 66, 9–11
- Kölling C. 2008. Die Douglasie im Klimawandel: Gegenwärtige und zukünftige Anbaubedingungen in Bayern. *LWF Wissen* 59, 12–21
- Kramer H. 1959. Die Oberhöhe als Bestandesmerkmal. *Allg. Forst- u. Jagd-Ztg.* 130, 241–255
- Kramer H. 1988. *Waldwachstumslehre*. Verlag Paul Parey, Hamburg u. Berlin
- Kramer H., Akça A. 1995. *Leitfaden zur Waldmeßlehre*. J.D. Sauerländer's, Frankfurt a. M.
- Lacaze J.F., Tomassone R. 1967. Contribution a l'étude de la variabilité du Douglas (*Pseudotsuga menziesii* Mirb.). *Annales de Sciences Forestières* 24, 85–106
- Landesforstanstalt Mecklenburg-Vorpommern 2016. Auszug aus der Forstlichen Standortskarte für das Revier Kiekindemark (Stadtforst Parchim). Schwerin (unveröff.)
- Lappi J. 1991. Calibration of height and volume equations with random parameters. *For. Sci.* 37, 781–801
- Lappi J. 1997. A longitudinal analysis of height/diameter-curves. *For. Sci.* 43, 555–570
- Lavender D.P., Hermann R.K. 2014. *Douglas-fir. The Genus Pseudotsuga*. Oregon State University Press, Corvallis
- Leinemann L. 1998. Genetische Untersuchungen an Rassen der Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) am Beispiel gesunder und geschädigter Bestände. *Göttinger Forstgenetische Berichte* Nr. 23
- Li P., Adams W. 1989. Range-wide patterns of allozym variation in Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*). *Can. J. For. Res.* 19, 149–161
- Little E.L. 1971. *Atlas of United States trees, Volume 1, conifers and important hardwood*. USDA Miscellaneous Publication No. 1146
- Maurer W. 2005. Ergebnisse genetischer Untersuchungen an Vorkommen der Douglasie in Rheinland-Pfalz. *Mitteilung FAWF, Trippstadt*, 55/05, 165–190
- Mehl M. 2001. Ergebnisse des internationalen Douglasien-Provenienzversuches von 1961 in Mecklenburg-Vorpommern. *Mitteilungen aus dem Forstlichen Versuchswesen Mecklenburg-Vorpommern* 3, 9–17
- Münch E. 1923. Anbauversuch mit Douglasfichten verschiedener Herkunft und anderen Holzarten. *Mitt. Dt. Dendrolog. Gesellschaft* 35, 61
- Nanson A. 1980. Comment accroître la production, la qualité et la santé de nos forêts par la génétique forestière. *Bulletin de la Société Royal Forestière de Belgique* 88, 49–66
- NW-FVA (Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt) 2016a. Regionalisierte Klimawerte auf der Grundlage von Messdaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD), 1 km-Raster, Mittelwerte für die Klimanormalperiode 1961–1990. Göttingen (unveröff.)
- NW-FVA (Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt) 2016b. VIS – Versuchsflächeninformationen und Standardauswertung Vers. 5.15 vom 21.4.2016. Göttingen (unveröff.)
- Otto H.J. 1987. Skizze eines optimalen Douglasienwaldbaus in Nordwestdeutschland. *Forst und Holz* 42, 515–522
- Penschuk H. 1935. Die Anbauversuche mit ausländischen Holzarten unter Berücksichtigung ihrer Ertragsleistung. *Zeitschr. Forst- u. Jagdwes.* 67, 113–137
- Penschuk H. 1937. Die Anbauversuche mit ausländischen Holzarten unter Berücksichtigung ihrer Ertragsleistung. *Zeitschr. Forst- u. Jagdwes.* 69, 525–555
- Pretzsch H. 2002. *Grundlagen der Waldwachstumsforschung*. Verlag Paul Parey, Hamburg u. Berlin
- Rat der Europäischen Union 1999. Richtlinie 1999/105/EG des Rates vom 21. Dezember 1999 über den Verkehr mit forstlichem Vermehrungsgut (ABl. L 11 v. 15.1.2000, S. 17). http://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/02_Kontrolle/07_SaatUndPflanzgut/Richtlinie1999_105_EG.html (abgerufen am 14.11.2016)
- Rat der Europäischen Union 2008. Entscheidung des Rates vom 16. Dezember 2008 über die Gleichstellung von in Drittländern erzeugtem forstlichem Vermehrungsgut 2008/971/EG (ABl. L 345 DE, S. 83–87)
- Rau H.-M. 1985. Der Douglasien-Provenienzversuch von 1958 in Hessen. *Allg. Forst- u. Jagd-Ztg.* 156, 72–79
- Rau H.-M. 2002. Merkmale problematischer Douglasien-Herkünfte. *AFZ/Der Wald* 57, 1276–1277
- Rau H.-M. 2005. Der Internationale Douglasien-Provenienzversuch in Hessen. Ergebnisse bis zum Alter 27. *Forst und Holz* 60, 291–294
- Riehl G. 2000. Zum Waldbau der Douglasie in Nordwestdeutschland – Erfahrungen eines Praktikers. *Forst und Holz* 55, 716–718
- Röhe P. 1997. Die forstlich wichtigsten nichtheimischen Baumarten in Mecklenburg-Vorpommern. *Mitt. Forstl. Versuchswesen Mecklenburg-Vorpommern*, Heft 1
- Rohmeder E. 1956. Professor Münchs Anbauversuch mit Douglasien verschiedener Herkunft und anderen Nadelbaumarten im Forstamt Kaiserslautern-Ost 1912 bis 1954. *Zeitschr. Forstgenetik*, 5. Band, 142–156

- Rowe K.E., Ching K.K. 1973. Provenance Study of Douglas-fir in the Pacific Northwest Region. *Silvae Genetica* 22, 115–119
- Sachs L. 1978. *Angewandte Statistik*. 4. Aufl. Springer, Berlin
- Schober R. 1954. Douglasien-Provenienzversuche, Teil I. *Allg. Forst- u. Jagd-Ztg.* 125, 160–178
- Schober R. 1961. Zweckbestimmung, Methodik und Vorbereitung von Provenienzversuchen. *Allg. Forst- u. Jagd-Ztg.* 132, 29–38
- Schober R. 1963. Experiences with the Douglas-fir in Europe – World consultation on forest genetics and tree improvement. Stockholm, 23.8.–30.8.1963. FAO/FORGEN, 63–416 (zit. nach Braun et al. 1984)
- Schober R. 1973. Ergebnisse von Douglasien-Provenienzversuchen in Deutschland. *Int. Union For. Res. Organizations (IUFRO): S 2.02-05 Working Party on Douglas-fir Provenances*, 1–10
- Schober R. 1980. Erb- und Umwelteinflüsse auf Provenienzen der Waldbäume. Institut für Forsteinrichtung und Ertragskunde Univ. Göttingen, Auszug aus der Vorlesung, Sommersemester 1980, 29 S. (unveröff.)
- Schober R., Kleinschmit J., Svolba J. 1983. Ergebnisse des Douglasien-Provenienzversuches von 1958 in Nordwestdeutschland, Teil I. *Allg. Forst- u. Jagd-Ztg.* 154, 209–236
- Schober R., Kleinschmit J., Svolba J. 1984. Ergebnisse des Douglasien-Provenienzversuches von 1958 in Nordwestdeutschland, Teil II. *Allg. Forst- u. Jagd-Ztg.* 155, 53–80
- Schultze U., Raschka H.D. 2002. Douglasienherkünfte für den „Sommerwarmen Osten“ Österreichs. Ergebnisse aus Douglasien-Herkunftsversuchen des Institutes für Forstgenetik FBVA-Wien. *FBVA-Berichte* 126
- Schulze G. 1996. *Anleitung für die forstliche Standortserkundung im nordostdeutschen Tiefland (SEA 95)*. 2. Aufl. Schwerin
- Schwappach A. 1901. Die Ergebnisse der in den Preußischen Staatsforsten ausgeführten Anbauversuche mit fremdländischen Holzarten. *Zeitschr. Forst- u. Jagdwes.* 33, 137–169, 195–225, 261–292
- Schwappach A. 1911. Die weitere Entwicklung der Versuche mit fremdländischen Holzarten in Preußen. *Mitt. Dt. Dendrolog. Gesellschaft* 20, 3–37
- Silen R.R. 1964. Genetics of Douglas-fir. USDA Research Paper WO-35
- Spellmann H. 2004. Ursachen-Wirkungs-Beziehungen am Beispiel der Douglasie, waldwachstumskundliche Entscheidungshilfen für Waldbewirtschaftung und Forstplanung. *Allg. Forst- u. Jagd-Ztg.* 175, 142–150
- Spellmann H., Weller A., Brang P., Michiels H.-G., Bolte A. 2015. Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco). In: Vor T., Spellmann H., Bolte A., Ammer C. (Hrsg.) *Potenziale und Risiken eingeführter Baumarten*. Göttinger Forstwissenschaften, Band 7, Universitätsverlag Göttingen, 187–217. http://www.univerlag.uni-goettingen.de/bitstream/handle/3/isbn-978-3-86395-240-2/GoeForst7_baumarten.pdf?sequence=4 (abgerufen am 8.6.2016)
- Stähr F., Kohlstock N. 2002. Standortsansprüche und Verjüngung der Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco). In: *Ausländische Baumarten in Brandenburgs Wäldern*. Landesforstanstalt Eberswalde, 102–116
- Statsoft 1995. *STATISTICA for Windows* (Vol. 1). General Conventions and Statistics I. 2. Aufl. Tulsa OK
- Stephan B.R. 1981. Douglasienschütte. *Merkmale der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg* Nr. 2
- Stimm B., Dong P.H. 2001. Der Douglasien-Herkunftsversuch Kaiserslautern nach neun Jahrzehnten Beobachtung. *Forstw. Cbl.* 120, 173–186
- Weller A. 2011. Prüfung der Anbaueignung von 38 autochthonen bzw. nichtautochthonen Douglasienherkünften (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) in Bezug auf ihre Wuchsleistung und qualitative Entwicklung. Dissertation Fakultät Forstwissenschaften und Waldökologie Univ. Göttingen. Cuvillier, Göttingen
- Weller A. 2012. Ergebnisse des Douglasien-Provenienzversuchs von 1961 in Nordwestdeutschland bis Alter 38. *Schweiz. Z. Forstw.* 163, 105–114
- Wiedemann E. 1935. Zur Klärung der Durchforstungsbegriffe. *Zeitschr. Forst- u. Jagdw.* 67, 56–64
- Wolf H., Gerold D., Bach C. 2007. Ergebnisse älterer Douglasien-Provenienzversuche in Sachsen. *Kolloquium Staatsbetrieb Sachsenforst* am 13. März 2007, Autoren-Manuskript (unveröff.)
- Zingg A. 1999. Genauigkeit und Interpretierbarkeit von Oberhöhen. *Cbl. ges. Forstw.* 116, 25–34