

RheinlandPfalz



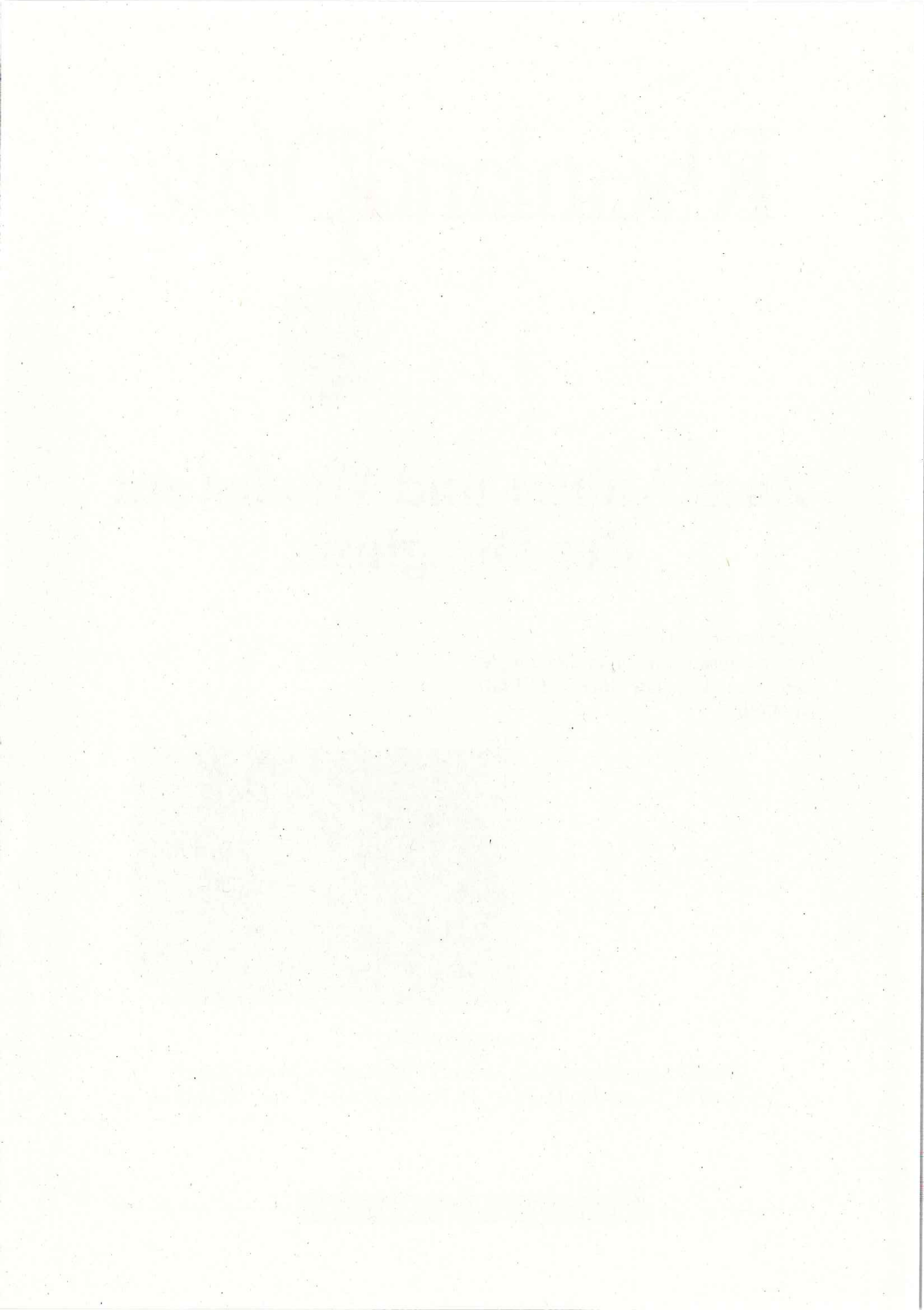
Zum Anbau und Wachstum der Douglasie

Mitteilungen aus der
Forschungsanstalt für Waldökologie
und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz
Nr. 55/05



Autorenkollektiv:

**Phan Hoang Dong (Hrsg.), Henryk Chylarecki, Walter Eder,
Richard K. Hermann, Raphael Th. Klumpp und Werner D. Maurer**





Douglasie im Forstamt Kaiserslautern

Zum Anbau und Wachstum der Douglasie

Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd
Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft
Rheinland-Pfalz, Trippstadt 2005

ISSN 0931-9662 Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und
Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, Nr. 55/05

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der
Übersetzung vorbehalten

Herausgeber: Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd
Forschungsanstalt für Waldökologie und
Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz

Verantwortlich: Der Leiter der Forschungsanstalt für Waldökologie und
Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz

Dokumentation: Mitteilung FAWF, Trippstadt
Nr. 55/05, 224 Seiten

zu beziehen über die Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-
Pfalz, Schloss, D-67705 Trippstadt, Tel.: 0049-6306-911-0, Telefax: 0049-6306-911-200
e-mail: ZDF.FAWF@wald-rlp.de

Inhaltsverzeichnis / Contents

	Seite Page
EDER, W. Vorwort <i>Preface</i>	7
DONG, P. H. und EDER, W. Wachstum der Douglasie in Rheinland-Pfalz <i>Growth of Douglas-fir in Rhineland-Palatinate</i>	9
CHYLARECKI, H. Douglasie in polnischen Wäldern <i>Douglas-fir in polish forests</i>	37
HERMANN, R. K. Wurzelstudien an Douglasie <i>Studies on the root system of Douglas-fir</i>	135
MAURER, W. D. Ergebnisse genetischer Untersuchungen an Vorkommen der Douglasie in Rheinland-Pfalz <i>Results of genetic studies on Douglas-fir populations in Rhineland-Palatinate</i>	165
KLUMPP, R. TH. Die Douglasie in Österreich <i>Douglas-fir in Austria</i>	197

Vorwort	7
----------------------	----------

Wachstum der Douglasie in Rheinland-Pfalz

1 Einleitung	9
2 Standort und Versuchsanlage	10
3 Ergebnisse	12
3.1 Herkunftsversuch von MÜNCH	12
3.2 Die Weiserflächen (Douglasien-Reinbestände)	16
3.3 Die Mischbestandsweiserflächen (Douglasie und Fichte)	19
3.4 Versuchsflächen zur Jungbestandspflege in Douglasienbeständen	21
4 Schlussfolgerungen	31
5 Zusammenfassung	34
6 Literatur	35

Douglasie in polnischen Wäldern

0 Vorwort	37
1 Vorannahmen-Systematik, Verbreitungsareal und Variabilität der Art	40
2 Versuchsmaterial und -methodik	48
3 Versuchsergebnisse	57
3.1 Wachstum, Leistung und Qualität der Douglasienbestände in Polen	57
3.2 Klimabedingungen und ihr Einfluss auf das Wachstum und den Samenertrag	77
3.3 Bodenverhältnisse und ihr Einfluss auf das Wachstum der Douglasie	87
3.4 Forstpflanzengesellschaften und ihre Bedeutung für die Ergebnisse des Douglasienanbaus in Polen	94
3.5 Vergleich biologischer Eigenschaften der Douglasie in verschiedenen Anbaumilieus	97
3.6 Auf den Versuchsflächen auftretende Schädlinge der Douglasie	106
4 Diskussion der Ergebnisse	108
5 Schlussfolgerungen	124
6 Zusammenfassung	126
7 Literatur	129

Wurzelstudien an Douglasie

1	Einleitung	135
2	Morphologie und Morphogenese	135
3	Wachstumsablauf	137
3.1	Wachstumsraten	137
3.2	Jahrringe in Wurzeln	137
3.3	Vertikale und horizontale Ausdehnung des Wurzelsystems	139
3.4	Wurzelkontakt	141
3.5	Wurzelverwachsungen	142
4	Umwelteinflüsse	144
4.1	Temperatur	144
4.2	Bodenfeuchte	145
5	Biomasse	145
6	Die Feinwurzelkomponente	149
7	Zusammenfassung	162
8	Literatur	162

Ergebnisse genetischer Untersuchungen an Vorkommen der Douglasie in Rheinland-Pfalz

1	Einleitung.....	165
1.1	Die Douglasie in Rheinland-Pfalz, ein Neophyt als willkommene Gastbaumart	165
1.2	Die Douglasie im Ursprungsgebiet und ihre natürliche, genetisch nachweisbare Differenzierung in Rassen	166
1.3	Anlass der genetischen Untersuchungen an rheinland-pfälzischen Douglasienvorkommen	168
2	Material und Methoden	169
2.1	Douglasienpopulationen und genetisches Untersuchungsmaterial	169
2.2	Isoenzymanalyse und Datenauswertung	170

3	Ergebnisse und Diskussion	174
3.1	Douglasien-Bestandespaare Schadbestand / vitaler Bestand sowie Douglasienbestände mit Teilschädigung	174
3.2	Douglasien-Samenplantagen	175
3.3	Douglasien-Saatguterntebestände	179
3.4	Potenzielle Douglasien-Generhaltungsbestände	182
3.5	Douglasien-Provenienzversuch Sobernheim	185
4	Zusammenfassung	185
5	Literaturverzeichnis	187
6	Anhang	191

Die Douglasie in Österreich

1	Einleitung	197
2	Material und Methode	198
3	Die Geschichte des Douglasienanbaues in Österreich	199
4	Aktueller Stand des Douglasienanbaues	202
5	Forstgenetische Arbeiten und Herkunftsempfehlungen	205
6	Waldbauliche Erfahrungen und Konsequenzen	209
7	Schlussbetrachtungen und Ausblick	215
8	Zusammenfassung	215
9	Literatur	217

Vorwort

Rheinland-Pfalz ist das Land mit rund 7% der Waldfläche anteilig höchstem Douglasienvorkommen aller Länder der Bundesrepublik Deutschland.

Der Gastbaumart Douglasie, über deren Wuchsverhalten vor rund 125 Jahren im Gastland ebenso wenig bekannt war, wie über eventuelle Gefährdungen durch Pilze oder Insekten, galt daher von Beginn ihres Anbaues im Land die besondere Aufmerksamkeit der Forstleute.

Die in den letzten 20 Jahren erarbeiteten Ergebnisse von Untersuchungen der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz (FAWF) zur Douglasie, das Wissen, dass HENRYK CHYLARECKI in Polen ein ganzes wissenschaftliches Leben der Douglasie und ihrem Wachstum in seinem Land gewidmet hat, seine Ergebnisse aber noch nicht veröffentlichen konnte, die Möglichkeit den wohl profundesten Kenner der Douglasie – nicht nur in den USA- RICHARD K. HERMANN zu einer zusammenfassenden Literaturobwertung über Wurzelstudien bei der Douglasie gewinnen zu können und nicht zuletzt die Kenntnis der Arbeiten über die Douglasie in Österreich von RAPHAEL KLUMPP haben bereits im Jahr 2002 zu dem Entschluss geführt, wichtige Teile dieser Arbeiten in einer Mitteilungsbroschüre zusammenzustellen.

Um dieses Vorhaben umzusetzen waren einige Schwierigkeiten zu überwinden.

Der Herausgeber und die Autoren freuen sich deshalb, dass es jetzt doch noch gelungen ist, die vorliegende Mitteilung aus der FAWF einem größeren Kreis Interessierter vorzustellen. Dies um so mehr, als es immer noch Versuche gibt, diese Baumart mit ihrem herausragenden Wuchspotential und ihrer so vielfältig einsetzbaren Produktion zu diskriminieren.

Auch aus diesem Grund, soll hier noch einmal an die vor Jahren von H. J. OTTO – seinerzeit Waldbaureferent des Landes Niedersachsen – formulierten Kriterien zur ökologischen Zuträglichkeit von Baumarten als Voraussetzung für ihren Anbau erinnert werden, weil die Douglasie sie alle erfüllt. Sie lauten:

- Die Baumart muss standortgemäß sein, d.h. an Boden und Klima angepasst.
- Die Baumart muss optimale Stoffkreisläufe gewährleisten, d.h. sie muss den Boden langfristig verbessern.
- Die Baumart darf keine Krankheiten verbreiten oder zu sonstigen Destabilisierungen des Waldökosystems beitragen.
- Die Baumart darf selbst nicht über ein Normalmaß hinaus durch biotische und abiotische Risiken gefährdet sein.
- Die Baumart muss mischbar sein, d.h. sich mit einheimischen Faunen- und Florenelementen ökologisch verbinden lassen.
- Die Baumart muss sich selbst durch natürliche Verjüngung erneuern lassen.
- Es muss möglich sein, die Baumart waldbaulich in optimalen, vertikal gestaffelten Waldstrukturen zu führen.

Der Unterzeichnete und die anderen Autoren wünschen sich, dass die nachstehenden Arbeiten mit dazu beitragen können, das Wissen um die Douglasie zu erweitern und mit zu helfen, der Douglasie den Platz zukommen zu lassen, der ihr gebührt.

Walter Eder

Wachstum der Douglasie in Rheinland-Pfalz

von Phan Hoang Dong¹ und Walter Eder²

¹ Abteilung Waldwachstum

Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz

² Ministerium für Umwelt und Forsten des Landes Rheinland-Pfalz

Abstract

Title of the paper: Growth of Douglas-fir in Rhineland-Palatinate

The performance of the tree species Douglas-fir is demonstrated on the different Rhineland-Palatinate sites in indicator and experimental plots.

Results from a provenance test clearly demonstrate the significant superiority of the "green" Douglas-firs concerning both growth and adaptability to the cultivation site when compared to the "blue" and the "grey" Douglas-firs. This superiority is confirmed by numerous other tests.

With more than 50 years of observing time, the indicator plot of the former Forest Management Planning Office (Forsteinrichtungsamt) Koblenz within the former Regional Forest Administration (Forstdirektion) Trier reveals impressively the excellent growth yield of the tree species Douglas-fir.

In the year 1989 tests for young growth tending and thinning were established by the Research Institute for Forest Ecology and Forestry. After a 15-year-period of monitoring, valuable knowledge was gained that is important for Douglas-fir management in forest practice.

The early treatments obviously bring about the formation of large crowns and diameter increment. According to the results of these studies, the annual average diameter increment of the future trees was found to be 1, 2 cm for the past 15 years. The increment in diameter will decrease with increasing age, but it will maintain on a high level by the formation of larger crowns. Thus it appears to be realistic to achieve the target size of 80 cm in 80-100 years.

Early promotion leads to higher stability of the increment and value trees. Despite their young age, their h/d-values lie significantly below the limits generally referred to for the individual tree stability of 80. If promotion is kept on continuously, the h/d-values will still decrease to a lower level.

1 Einleitung

Vor mehr als 120 Jahren bestimmte die Preußische Forstverwaltung die damalige Oberförsterei Daun / Eifel zum Versuchsrevier für ausländische Nadelhölzer. Wenig später wurden Versuchsflächen im Eifel-Forstamt Manderscheid angelegt. Die Douglasien (*Pseudotsuga menziesii* (MIRB.) FRANCO) in den Forstämtern Daun, Manderscheid und weiterhin Prüm, Neuerburg, Irrel u. a. des Bereichs der damaligen Forstdirektion Trier zählen deshalb auch zu den ältesten Vorkommen in Rheinland-Pfalz (PETRI, 1986).

Es darf als glücklicher Zufall bezeichnet werden, dass es sich bei dem damals importierten Saatgut der nordamerikanischen Provenienzen der *grünen* Douglasie, wie wir heute

wissen, hauptsächlich um Küstenherkünfte handelte. Die in den Jahren 1880 bis 1900 in Eifel und Hunsrück angebauten Douglasien zeichnen sich deshalb wohl auch durch eine eindrucksvolle Anpassungsfähigkeit aus und überzeugen bis heute durch gute Gesundheit und herausragendes Wachstum. Die vielseitige Bedeutung der Douglasie wurde frühzeitig vor allem von GROTH, dem früheren Waldbau- und Forsteinrichtungsreferenten der damaligen Forstdirektion Trier, erkannt, der dann auch ihren gezielten Anbau in die Wege leitete (PETRI, 1986).

Der hohe Anbauwert der Douglasie, dies zeigt sich auch in Rheinland-Pfalz, ist bedingt durch ihre überragende Leistung bei relativ geringen Ansprüchen an das Nährstoff- und Wasserangebot des Standorts. Sie ist die Baumart, die noch hohe Leistungen auf Standorten vollbringt, auf denen die einheimischen Laub- und Nadelarten keinen hinreichen Ertrag mehr zu bringen vermögen.

Heute gehört die Douglasie unter den in Rheinland-Pfalz angebauten Gastbaumarten zu den wertvollsten Baumarten, die von ihrer Einpassung in die ökologischen Verhältnisse, von ihren waldbaulichen Möglichkeiten, von ihrem Wuchspotential und nicht zuletzt auch von der Holzverwertung her eine Bereicherung der Waldwirtschaft darstellt.

Da die Douglasien-Weiserflächen in Rheinland-Pfalz schon sehr früh angelegt und in den letzten Jahrzehnten durch weitere Versuchsflächen in Jungbeständen ergänzt wurden, verfügt Rheinland-Pfalz über ein breites Datenmaterial zum Anbau und Wachstum der Douglasie.

Holz-Produktionsziel für diese Versuchsflächen ist die Erzeugung von Douglasien-Wert- und Starkholz mit etwa 2/3 astfreiem Holzmantel in einem Produktionszeitraum von 80-100 Jahren (Zielstärke: 80 cm BHD).

Über die Ergebnisse der Versuchs- und Weiserflächen soll hier berichtet werden,

2 Standort und Versuchsanlage

Tab. 1 und 2 enthalten Angaben über Lage, Klima, Boden und Versuchsanlage der Douglasien- Weiser- und Versuchsflächen.

Tab. 1: Standort der Douglasien-Weiser- und Versuchsflächen

Forstamt	Forstrevier	Höhe ü. NN (m)	Temperatur (°C)		Niederschlag (mm)		Natürliche Wald- gesellschaft	Geologische Ausgangs- situation	Standortstyp
			tJ	tV	Jahr	Veg.			
Cochem	Sommet und Cochem	380 260	7,8	14,3	690	315	Drahtschmielen- Buchenwald	Unterdevon (Tonschiefer)	Braunerde aus Tonschiefer- verwitterung
Daun	Daun und Mehren	470 520	6,8	13,4	800	325	artenarmer Hainsimsen- Buchenwald	dilluvialer Decklehm über Tonschiefer und Quarziten	ziemlich frische bis frische Braunerde der submon. Höhenstufe
Neuenburg	Machtemes- mühle	380	7,5	14,0	790	332		Grauwacken- sandstein mit Quarzite und hartem Schiefer	ziemlich frische Braunerde
Kaisers- lautern	Axeltal	375					Drahtschmielen- Buchenwald	Decklehm über Haupt- Buntsandstein	sehr frische Sande der Karlstal- bzw. Rehberg- schichten
	Bremerhof	330	8,6	15,8	820	360			
	Enters- weilerhof	360							

Tab. 2: Versuchsanlage der Douglasien-Weiser- und Versuchsflächen

Forstamt	angelegt im Jahr	durch	Parz.- Nr.	Variante	Alter bei der Anlage	Anzahl der Aufnahmen
Cochem	1985	FAWF	108-03	Nullfläche	26	4
			108-04	prax. ü. Df.	26	4
			108-05	prax. ü. Df.	74	4
			108-06	prax. ü. Df.	51	3
Daun	1962	Forsteinrichtungs- amt Koblenz	203-02	prax. ü. Df.	32	8
	1962		203-04	prax. ü. Df.	32	7
			203-05	prax. ü. Df.	32	7
Neuerburg	1962	Forsteinrichtungs- amt Koblenz	215-01	prax. ü. Df.	61	8
Kaiserslautern	1912	MÜNCH	321-104	Herkunfts- versuch	25	8
			321-106		25	8
			321-107		25	8
			321-115		25	8
			321-120		26	8
			321-121		26	8
			321-122		26	8
			321-123		26	8
Kaiserslautern	1989	FAWF	321-01	Auslese-Df.	17	4
			321-02	Auslese-Df.	17	4
			321-03	Auslese-Df.	17	4
			321-04	Nullfläche	25	2
Kaiserslautern	1999	FAWF	321-30	Auslese-Df.	21	2
			321-31	Nullfläche	21	2
			321-32	Auslese-25	21	2

3 Ergebnisse

3.1 Herkunftsversuch von MÜNCH

SCHWAPPACH hatte zur Klärung der Anbaueignung verschiedener Herkünfte der Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* (MIRB.) FRANCO) im Jahre 1910 erste Provenienzversuche vorbereitet und begründet (Oberförsterei Chorin, 1915). Die Versuchsflächen im Forstamt Kaiserslautern (früher Kaiserslautern-Ost) wurde 1912 durch MÜNCH in Zusammenarbeit mit SCHWAPPACH angelegt und umfassten ursprünglich 10 Douglasienherkünfte sowie die Vergleichsbaumarten Fichte (*Picea abies* (L.) KARST.), Sitka-Fichte (*Picea sitchensis* (BONG.) CARR.), Weißtanne (*Abies alba* MILL.) und Strobe (*Pinus strobus* L.). Aus den Versuchsflächenergebnissen sollen hier nur Wuchsleistungen von verschiedenen Douglasien-Provenienzen gegenübergestellt werden. Ein Leistungsvergleich der Douglasienherkünfte mit den Vergleichsbaumarten ist bei ROMEDER (1956), STIMM (1995) und STIMM und DONG (2001) zu erfahren.

Die Versuchsanlage Kaiserslautern wurde von Beginn an vom Lehrstuhl für Forstpflanzenzüchtung und Immissionsforschung der Universität München und später vom Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung, Freising-Weihenstephan, als langfristige Dauerversuchsfläche betreut. Seit 1998 steht die Versuchsanlage Kaiserslautern unter der Betreuung der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz in Trippstadt (FAWF).

Nach der Einteilung von SCHENCK (1939) werden die zu Versuchsbeginn ursprünglich vertretenen 10 Douglasienherkünfte nach drei Varietäten der Douglasie unterschieden, nämlich var. *viridis* („grüne“ Küstendouglasie), var. *caesia* („graue“ Douglasie) und var. *glauca* („blaue“ Douglasie). Die von MÜNCH verwendeten Herkünfte sind mit Ausnahme der Herkunft 15 (Snoqualmie, NW Washington) den Formenkreisen „Glauca“ und „Caesia“ zuzuordnen (siehe ROHMEDER, 1956). Folgt man der von HERMANN (1981) aufgrund chemotaxonomischer Merkmale dargestellten Einteilung, so sind alle im Versuch verwendeten „Glauca“-Herkünfte einer Südlichen Inlandsform, die „Caesia“-Herkünfte einer Nördlichen Inlandsform und die einzige „Viridis“-Herkunft der Küstenform zuzurechnen. Die Herkunft 13 (Calville, NO Washington) stellt eine Übergangsform zwischen Küsten- und Nördl. Inlandsform dar.

Wie bereits von ROHMEDER (1956) dargelegt, wiesen 1951 die Sorten 2 („Glauca“-Herkunft Sopris, Centr. Colorado), 5 („Caesia“-Herkunft Madison, SW Montana) und 8 („Caesia“-Herkunft Salmon, O. Idaho) nur noch wenige, kümmernde oder absterbende,

schwer pilzbefallene Individuen auf, so dass diese Flächen aus dem Versuch ausscheiden mussten. Aus gleichem Grund wurden 1954 die Sorten 1 („Glauca“-Herkunft Pike, Centr. Colorado) und 13 (Übergangsform-Herkunft Calville, NO Washington) sowie 1967 die Sorte 3 („Glauca“-Herkunft San Isabel, S. Colorado) aufgelassen. Die genannten Sorten konnten aufgrund einer unzureichenden Datenbasis nur begrenzt in den aktualisierten Leistungsvergleich einbezogen werden.

Die nachstehenden Ergebnisse beziehen sich auf die Douglasiensorten 4 („Glauca“-Herkunft Pecos, N. New Mexico), 6 („Caesia“-Herkunft Bitterroot, W. Montana), 7 („Caesia“-Herkunft Lolo, W. Montana) und 15 („Viridis“-Herkunft Snoqualmie, NW Washington).

3.1.1 Höhen- und Durchmesserentwicklung

Bei allen Aufnahmen der Douglasiensorten steht die Sorte 15 (Snoqualmie, *P. viridis*) an der Spitze, bis 1976, im Alter 67, gefolgt von Sorte 4 (Pecos, *P. glauca*) und Sorte 6 (Bitterroot, *P. caesia*) an dritter Stelle. Ab 1976 übernahm Sorte 6 den zweiten Platz, Sorte 4 sank auf den dritten Platz zurück. Sorte 7 (Lolo, *P. caesia*) bleibt in der Höhenentwicklung in diesem Vergleich seit der Versuchsanlage an der vierten Stelle (Tab. 3).

Tab. 3: Hg und Dg der verbleibenden Bestände (Douglasiensorten)

Jahr	Alter	Douglasiensorten Hg (m)				Douglasiensorten Dg (cm)			
		15	4	6	7	15	4	6	7
1934	25	15,3	10,7	9,9	7,4	16,0	11,0	10,7	10,2
1942	33	20,9	14,5	14,7	12,1	20,3	14,5	14,0	12,7
1951	42	26,0	19,4	18,9	16,5	26,1	21,0	18,9	19,1
1954	44	27,3	20,7	19,8	17,3	28,9	23,2	20,4	20,9
1962	53	30,9	24,1	22,7	20,7	34,0	28,4	24,9	25,2
1976	67	33,3	25,9	27,5	24,2	41,4	34,5	34,3	34,1
1989	80	36,1	28,5	32,7	27,6	49,5	43,6	43,2	40,1
1991	90	38,4	31,9	32,9	30,6	55,9	44,8	46,4	44,1
Bonität	90	I,5	II,8	II,6	III,1				

Die Durchmesserentwicklung der Grundflächenmittelstämme und die entsprechenden Ertragstafelwerte sind in Tab. 4a und 4b dargestellt. Die Douglasiensorte 15 Snoqualmie ist auch hier in ihrer gesamten Entwicklung den übrigen Douglasienherkünften und den Vergleichsbaumarten weit überlegen (Tab. 3). Ihre Durchmesserwerte stimmen in etwa mit den Tafelwerten I,5 Bonität, oberes Ertragsniveau, mäßige Durchforstung (BERGEL,

1985) überein. Die Entwicklung der Durchmesser der Douglasiensorten 4, 6 und 7 folgen in etwa der III. Bonität, oberes Ertragsniveau, mäßige Durchforstung (BERGEL, 1985).

3.1.2 Grundfläche und Vorrat

Bei der Grundfläche deutlich an der Spitze liegt auch hier wieder die Herkunft Snoqualmie, wie aus Tab. 4 zu ersehen ist, die die Entwicklung der Bestandesgrundflächen darstellt. Sie übertrifft die Ertragstafelwerte der I. Bonität, oberes Ertragsniveau, mäßige Durchforstung (BERGEL, 1985).

Nach einem sprunghaften Anstieg der Grundfläche von 1934 bis 1942 nimmt sie bis 1951 zwar immer noch stark zu, aber nicht mehr im anfänglichen Ausmaß. Nach 1951 bis 1954 vermindert sie sich sogar, die relativ starken Pflegeeingriffe von 1951 und 1954 widerspiegelnd. Die weitere Entwicklung zeigt eine stetige starke Zunahme der Grundfläche, deren Zunahmeraten weit über denjenigen der Tafelwerte liegt.

Die Grundflächen der Douglasiensorten 4, 6 und 7 erreichen weniger als die Hälfte bis ein Viertel der Werte, die von der Sorte 15 Snoqualmie an Grundfläche geleistet werden (Tab. 4). Sie bleiben ab 1951 weit hinter den Tafelwerten, III. Bonität, oberes Ertragsniveau, mäßige Durchforstung (BERGEL, 1985) zurück.

Tab. 4 enthält die Vorräte des verbleibenden Bestandes (V/ha). Sie lässt erkennen, dass die Herkunft Snoqualmie (Herkunft 15) die weitaus höchsten Vorratswerte erbrachte.

Tab. 4: Grundfläche und Vorrat der verbleibenden Bestände (Douglasiensorte)

Jahr	Alter	Douglasiensorten G/ha (m ²)				Douglasiensorten V/ha (m ³)			
		15	4	6	7	15	4	6	7
1934	25	29,0	19,5	16,9	-	262	103	82	-
1942	33	44,6	26,6	26,5	28,5	424	190	192	170
1951	42	49,9	17,5	20,3	21,3	594	167	189	173
1954	44	44,2	14,3	16,4	17,7	537	146	160	151
1962	53	52,6	14,8	20,4	20,0	726	155	204	196
1976	67	69,2	18,4	28,2	30,4	991	213	342	326
1989	80	78,4	23,2	29,5	27,8	1181	280	414	328
1999	90	84,1	20,1	31,7	29,0	1334	289	467	397

3.1.3 Gesamtwuchsleistung (GWL) und Zuwachs (dGZ bzw. LZ)

Mit einer GWL von über 1900 m³ m.R. und einem dGZ im Alter von 90 Jahren von 22 m³ m. R. liegt die Herkunft Snoqualmie (Herkunft 15) noch über den Ertragstafelwerten von BERGEL I. Bonität, oberes Ertragsniveau, mäßige Durchforstung. Die Douglasiensorten 4, 6 und 7 erreichen die Vergleichswerte der Ertragstafel von BERGEL III. Bonität nicht und produzierten während der gesamten Bestandesentwicklung kaum je die Hälfte dessen, was Sorte 15 an Volumen leistete (Tab. 5).

Tab. 5: Gesamtwuchsleistung (GWL/ha) in m³ m. R.

Jahr	Alter	Douglasiensorten				GWL Ertragstafel BERGEL, mäßige Durchforstung, oberes Ertragsniveau *)		
		15	4	6	7			
		GWL	GWL	GWL	GWL	I	II	III
1934	25	299	144	132	-	299	186	103
1942	33	470	233	206	189	521	357	230
1951	42	732	398	356	390	770	556	389
1954	44	793	420	365	405	824	601	424
1962	53	1024	457	429	472	1056	790	578
1976	67	1382	553	614	629	1378	1053	790
1989	80	1695	645	745	710	1639	1260	950
1999	90	1958	729	847	826	1817	1398	1052
*) interpolierte Werte								

Der laufende jährliche Zuwachs (LZ) der Herkunft Snoqualmie (Herkunft 15) betrug in der 65 jährigen Beobachtungszeit Werte zwischen 20 und 30 m³ m. R./ha/Jahr bei dem genannten dGZ von etwa 22 m³ m. R. im Alter 90. Diese Zuwächse zeigen eindrucksvoll die herausragende Wuchsleistung der „grünen“ Douglasie. Die Douglasiensorten 4, 6 und 7 („ceasia“ und „glauca“-Herkünfte) hatten ebenfalls im Alter 90 einen dGZ nur von etwa 8 bis 9 m³ m. R. (Tab. 6)

Tab. 6: Laufender Zuwachs und dGZ

Jahr	Alter	Douglasensorten							
		15		4		6		7	
		LZ (m ³ /ha/J.)	dGZ (m ³ /ha/J.)	LZ (m ³ /ha/J.)	dGZ (m ³ /ha/J.)	LZ (m ³ /ha/J.)	dGZ (m ³ /ha/J.)	LZ (m ³ /ha/J.)	dGZ (m ³ /ha/J.)
1934	25	-	12,0	-	5,8	-	5,3	-	-
1942	33	21,4	14,2	11,1	7,1	9,3	6,2	-	5,7
1951	42	29,1	17,4	18,3	9,5	16,7	8,5	22,3	9,3
1962	53	26,5	19,3	5,4	8,6	6,6	8,1	7,5	8,9
1976	67	25,6	20,6	6,9	8,3	13,2	9,2	11,2	9,4
1989	80	24,1	21,2	7,1	8,1	10,1	9,3	6,2	8,9
1999	90	26,3	21,8	8,4	8,1	10,2	9,4	11,6	9,2

3.1.4 Gesundheitszustand

Die Douglasien wurden ab etwa 1930 durch den Schüttepilz *Rhabdocline pseudotsugae*, ab etwa 1939 durch den Schüttepilz *Phaeocryptopus gäumanni* befallen. Die glauca- und caesia-Herkünfte sind so stark von beiden Pilzen infiziert worden, dass infolge Nadelverlustes viele Bäume im Laufe der Jahre eingingen und 6 Flächen gänzlich ausfielen. Die einzige viridis-Herkunft Snoqualmie ist zwar nicht völlig von den Pilzen verschont geblieben aber doch, im wirtschaftlichen Sinne, als ausreichend resistent zu bezeichnen. Jüngere Douglasien-Herkunftsversuche bestätigen eindrucksvoll die Überlegenheit der viridis-Form. Diese Erkenntnisse haben zu Import-Richtlinien geführt, die den Import von Douglasiensaatgut aus USA und Kanada im wesentlichen auf viridis-Herkünfte beschränken (RUETZ 1989).

3.2 Die Weiserflächen (Douglasien-Reinbestände)

3.2.1 Höhen- und Durchmesserwachstum

Die Weiserflächen befinden sich in dem Bonitätsbereich von 0 bis II. Bonität (Tab. 7 und Abb. 1). Die Höhenentwicklung der Weiserflächen folgt in etwa den Ertragstafelwerten von BERGEL, oberes Ertragsniveau, mäßige Durchforstung. Im Alter 80 erreichen die Douglasienbestände auf gut wasserversorgten Standorten mit mittlerer bis guter Nährstoffausstattung eine Mittelhöhe von etwa 42 m (Oberhöhe 44 m). Diese Höhe liegt etwas höher als die Höhenrahmen, die HAMILTON und CHRISTIE (1971) in Forest Management Tables, Yield Class 24 angeben (Oberhöhe 41,2 m im Alter 80). Auf

schlechteren Standorten erreichen die Weiserflächen eine Mittelhöhe von etwa 32 m (Oberhöhe 34 m). PETRI (1986) hat in einer Arbeit zum Douglasienanbau in Rheinland-Pfalz für einen damals 106jährigen Douglasienbestand im Forstamt Daun in der Eifel eine Höhe des Zentralstammes (Hz) mit 46,1 m und die Oberhöhe (Hdom) mit 47,8 m und die Spitzenhöhe (Hmax) mit 51,0 m angegeben. Auf sehr gut Wasser- und Nährstoffversorgten Standorten des Forstamtes Schönau (heute Forstamt Wasgau), erreichen einzelne Douglasien im Alter von 110 Jahren eine Höhe von fast 60 m. Im Vergleich zum Höhenwachstum der Douglasie in Polen (Mittelhöhe von 29 m bis 39 m im Alter 88, CHYLARECKI, 2004) liegt das Höhenwachstum aller rheinland-pfälzischen Weiserflächen deutlich höher.

Im Gegensatz zum Höhenwachstum der Weiserflächen liegt im Vergleich mit den Tafelwerten von HAMILTON und CHRISTIE (1971) bei einer etwas höheren Mittelhöhe das Durchmesserwachstum deutlich unter diesen Werten. Während die Weiserflächen im Alter von 80 Jahren auf guten Standorten einen mittleren Durchmesser von etwa 50-55 cm erreichen, liegt der mittlere Durchmesser der englischen Tafel HAMILTON und CHRISTIE bei 75 cm. Diese Unterschiede sind auf die günstigen Wuchsbedingungen der Douglasie im ozeanischen Klima der Britischen Inseln zurückzuführen. Vergleicht man das Durchmesserwachstum der Douglasie in Polen mit den hiesigen Weiserflächen, so liegt das Durchmesserwachstum der Weiserflächen etwas höher.

Tab. 7: Waldwachstumskundliche Daten der Weiserflächen (Douglasien-Reinbestände)

Forst- amt	Parz. Nr.	Variante	verbleibender Bestand							aussch. Bestand		GWL *)	Zuwachs	
			Alter (J.)	Ekl.	N/ha (St.)	Hg (m)	Dg (cm)	G/ha (m ²)	V/ha (m ³)	G/ha (m ²)	V/ha (m ³)		LZ (m ³ / ha/J.)	dGz (m ³ / ha/J.)
Cochem	03	Nullfläche	26	-0,1	1200	18,4	20,0	37,8	353	-	-	457	-	17,6
			31	0,1	876	21,5	23,3	37,3	412	8,3	86	602	29,0	19,4
			36	0,2	836	24,6	25,5	42,7	529	0,9	10	729	25,4	20,2
			43	0,2	764	29,0	29,5	52,2	750	1,0	11	961	33,1	22,3
	04	prax.ü. Df.	26	-0,2	1120	18,5	20,9	38,3	364	-	-	469	-	18,0
			31	0,2	344	21,4	26,2	18,5	199	28,9	302	606	27,4	19,5
			36	0,2	332	24,9	29,6	22,9	282	0,8	9	698	18,4	19,4
			43	-0,2	316	30,9	34,5	29,6	439	1,7	25	880	26,0	20,5
	05	prax.ü. Df.	74	II,5	448	30,6	36,5	46,8	685	-	-	1025	-	13,9
			79	II,5	336	31,7	39,2	40,5	602	11,4	170	1112	17,4	14,1
			86	II,2	336	34,2	42,2	47,0	738	-	-	1248	19,4	14,5
			91	II,0	284	35,6	43,3	41,8	683	11,0	176	1369	24,2	15,0
	06	prax.ü. Df.	51	I,6	624	26,9	29,2	41,7	564	-	-	851	-	16,7
			56	I,9	520	27,4	30,9	39,1	533	6,9	94	914	12,6	16,3
			63	II,1	400	28,8	34,1	36,6	516	7,6	105	1002	12,6	15,9
Daun	02	prax.ü. Df.	32	I,7	488	16,4	23,0	20,3	167	-	-	382	-	11,9
			37	I,7	356	19,6	28,9	23,3	222	4,8	44	481	19,8	13,0
			42	I,3	356	23,9	34,1	32,6	374	-	-	633	30,4	15,1
			47	I,4	336	26,2	37,7	37,5	463	1,0	12	734	20,2	15,6
			53	I,4	332	28,5	40,7	43,2	573	0,2	3	847	18,8	16,0
			56	I,2	296	30,7	42,5	41,9	591	4,8	68	933	28,7	16,7
			61	I,2	208	32,6	48,0	37,6	543	11,2	162	1047	22,8	17,2
			68	I,2	208	35,2	53,0	45,9	687	-	-	1191	20,6	17,5
Neuen- burg	01	prax.ü. Df.	61	0,7	372	34,9	39,9	46,5	754	-	-	1336	-	21,9
			65	0,7	336	36,6	42,5	47,8	789	2,9	47	1418	20,5	21,8
			70	0,6	260	38,6	46,8	44,6	752	9,1	156	1537	23,8	22,0
			75	0,5	260	40,5	49,3	49,6	855	-	-	1640	20,6	21,9
			80	0,4	236	42,3	52,5	51,0	894	2,2	40	1719	15,8	21,5
			85	0,4	200	43,9	55,1	47,7	843	7,6	137	1805	17,2	21,2
			90	0,3	180	45,1	58,2	47,9	849	3,8	70	1881	15,2	20,9
			97	0,0	180	47,7	61,2	53,0	965	-	-	1997	16,6	20,6

*) GWL bei der Versuchsanlage wurde von den Tafelwerten (BERGEL, mäßige Durchforstung, oberes Ertragsniveau) entnommen.

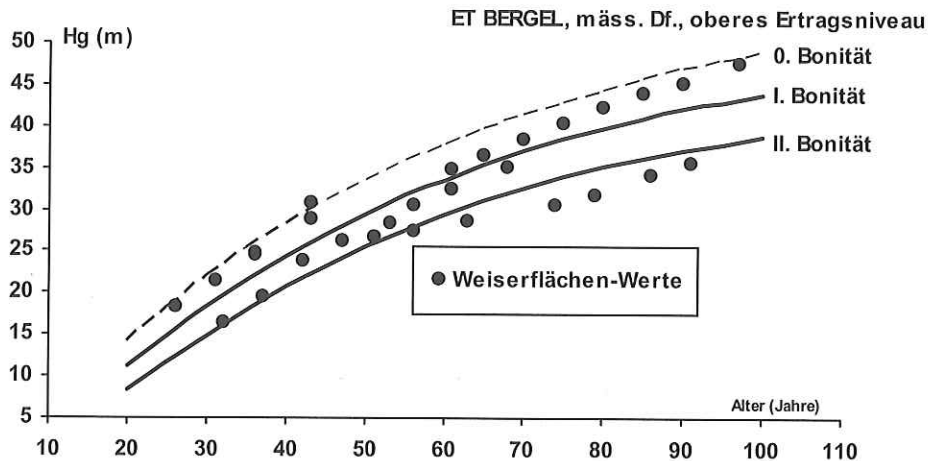


Abb. 1: Höhenentwicklung der Weiserflächen (Douglasien-Reinbestände)

3.2.2 Gesamtwuchsleistung und Zuwachs

Die Entwicklung der Gesamtwuchsleistung (GWL) folgt in etwa den Ertragstafelwerten von BERGEL, mäßige Durchforstung, oberes Ertragsniveau. Bei im Mittel geringerer Stammzahl, höherem Durchmesser und niedrigerer Grundfläche stimmen Wachstum und Leistung der Weiserflächen mit denen der Ertragstafel BERGEL recht gut überein (Tab. 7). Allerdings wurden die Weiserflächen überwiegend einer stärkeren Durchforstungsstrategie unterzogen. Entsprechend sind der laufende jährliche Zuwachs (LZ) und der durchschnittliche Gesamtwuchs (dGz) auf ähnlichen Niveau wie die BERGEL'schen Tafelwerte.

3.3 Die Mischbestandsweiserflächen (Mischbestände aus Douglasie und Fichte)

3.3.1 Höhen- und Durchmesserwachstum

Die Weiserflächen der Douglasien – Fichten- Mischbestände, die im Forstamt Daun/Eifel angelegt wurden, befinden sich in dem Bonitätsbereich von I bis II. Bonität (Tab. 8 und Abb. 2). Die Höhenentwicklung der Weiserflächen folgt in etwa den Ertragstafelwerten von BERGEL, oberes Ertragsniveau, mäßige Durchforstung. Während bei der Versuchsanlage im Alter zwischen 32 und 34 Jahren der Höhenunterschied zwischen Douglasie und Fichte etwa 2 m betrug, ist dieser im Alter von 71 Jahren schon auf 6 bzw. 9 m angewachsen. Der Durchmesserunterschied zwischen Douglasie und Fichte betrug bei der Versuchsanlage etwa 3 bzw. 6 cm und steigt im Alter von 71 Jahren auf 10 bzw. 16 cm an. Die Unterschiede im Höhen- und Dickenwachstum zwischen Douglasie und Fichte werden mit zunehmendem Alters noch weiter ansteigen. Diese Tatsache belegt eindeutig die Überlegenheit der Douglasie gegenüber der Fichte in Mischbeständen aus Douglasie und Fichte.

Tab. 8 : Weiserflächen (Mischbestände aus Douglasie und Fichte)

Forst- amt	Parz- Nr.	Baumart	Alter	Ekl.	N/ha	Hg	Dg	G/ha	V/ha	G/ha	V/ha	GWL (m³)	LZ (m³/ ha/J.)	dGz (m³/ ha/J.)		
			(J.)		(St.)	(m)	(cm)	(m²)	(m³)	(m²)	(m³)					
Daun	04	Douglasie	34	I,2	690	19,4	20,7	23,3	235	-	-	301	-	8,9		
		Fichte	34	0,1	685	17,7	17,6	16,7	153	-	-	153	-	4,5		
		Gesamt			1375			40,0	388			454		13,4		
		Douglasie	39	I,2	645	22,5	23,7	28,6	330	0,5	4	400	19,9	10,3		
		Fichte	39	0,1	575	20,0	19,6	17,4	182	1,5	13	195	8,4	5,0		
		Gesamt			1220			46,0	512	2,0	17	595	28,3	15,3		
		Douglasie	44	I,1	645	25,8	25,8	33,7	440	-	-	510	22,0	11,6		
		Fichte	44	0,1	575	21,9	20,6	19,2	223	-	-	236	8,1	5,4		
		Gesamt			1220			52,9	663			746	30,1	17,0		
		Douglasie	49	I,2	550	27,5	28,4	34,7	479	2,2	26	575	12,9	11,7		
		Fichte	49	0,1	380	24,5	23,4	16,3	206	4,1	47	266	6,1	5,4		
		Gesamt			930			51,0	685	6,3	73	841	19,0	17,1		
		Douglasie	54	I,3	510	29,3	30,4	37,1	536	1,2	16	648	14,7	12,0		
		Fichte	54	0,1	320	26,4	24,9	15,6	210	1,8	22	292	5,1	5,4		
		Gesamt			830			52,7	746	3,0	38	940	19,8	17,4		
		Douglasie	61	I,5	330	31,3	34,3	30,5	458	12,2	181	751	14,6	12,3		
		Fichte	61	0,4	95	26,9	26,6	5,3	72	11,1	150	304	1,8	5,0		
		Gesamt			425			35,8	530	23,3	331	1055	16,4	17,3		
		Douglasie	71	I,5	255	33,9	39,6	31,5	496	6,8	107	896	14,5	12,6		
		Fichte	71	0,9	65	27,6	29,0	4,3	59	1,5	20	311	0,7	4,4		
		Gesamt			320			35,8	555	8,3	127	1207	15,2	17,0		
			05	Douglasie	32	I,2	830	18,4	20,6	27,7	262	-	-	376	-	11,7
		Fichte			0,2	350	16,1	15,0	6,2	50	-	-	50	-	1,6	
		Gesamt				1180			33,9	312			426		13,3	
Douglasie	39	I,2		635	22,4	26,3	34,5	395	4,0	41	550	24,8	14,1			
Fichte		0,1		125	20,4	20,0	3,9	42	3,3	30	72	3,0	1,8			
Gesamt				760			38,4	437	7,3	71	622	27,8	15,9			
Douglasie	44	I,1		630	25,3	29,1	41,9	532	0,1	1	688	27,7	15,6			
Fichte		0,0		125	22,7	21,4	4,5	53	-	-	83	2,3	1,9			
Gesamt				755			46,4	585	0,1	1	771	30,0	17,5			
Douglasie	49	I,0		455	28,2	32,5	37,8	523	7,9	106	785	19,4	16,0			
Fichte		0,2		75	23,9	23,1	3,1	39	1,6	19	88	0,9	1,8			
Gesamt				530			40,9	562	9,5	125	873	20,3	17,8			
Douglasie	54	I,2	425	30,0	35,1	41,1	592	1,3	17	871	17,3	16,1				
Fichte		0,3	75	25,2	24,1	3,4	45	-	-	94	1,3	1,8				
Gesamt			500			44,5	637	1,3	17	965	18,6	17,9				
Douglasie	61	I,1	295	32,9	41,7	40,2	608	9,7	145	1032	22,9	16,9				
Fichte		0,3	25	27,5	30,8	1,9	25	1,9	25	99	0,7	1,6				
Gesamt			320			42,1	633	11,6	170	1131	23,6	18,5				
Douglasie	71	I,0	235	37,0	49,2	44,8	716	7,5	122	1262	23,0	17,8				
Fichte		0,8	25	28,2	33,3	2,2	30	-	-	104	0,5	1,4				
Gesamt			260			47,0	746	7,5	122	1366	23,5	19,2				

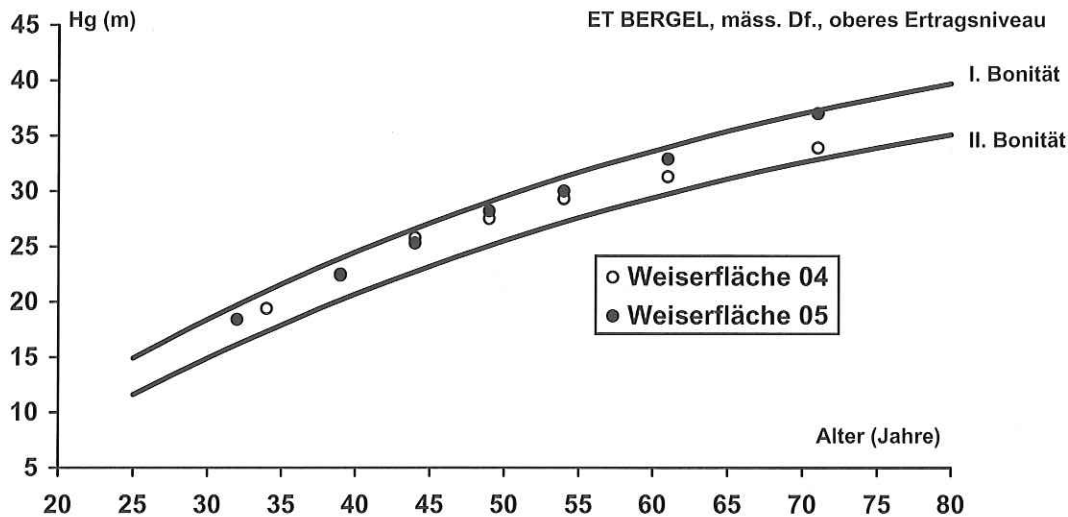


Abb. 2: Höhenentwicklung der Douglasie in den Mischbestandsweiserflächen

3.3.2 Gesamtwuchsleistung und Zuwachs

Die Gesamtwuchsleistung (GWL) der Mischbestände aus Douglasie und Fichte vergleichbarer Bonität liegt mit 93% des Wertes niedriger als die Ertragstafelwerte von BERGEL, mäßige Durchforstung, oberes Ertragsniveau. Auch hier sind die Mischbestände aus Douglasie und Fichte im Vergleich mit der Bezugstafel meistens stärker durchforstet worden. Entsprechend liegen der laufende jährliche Zuwachs (LZ) und der durchschnittliche Gesamtwuchs (dGz) etwas niedriger als die BERGEL'schen Tafelwerte.

3.4 Versuchsflächen zur Jungbestandspflege in Douglasienbeständen

Während die Weiserflächen in Rheinland-Pfalz nach örtlich üblicher Durchforstung behandelt werden, ist Ziel der Behandlung der neu angelegten Douglasien-Versuchsflächen der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz (FAWF) die Z-Baumorientierte Auslesedurchforstung.

Auf Grund der unterschiedlichen waldbaulichen Zielsetzungen reichen daher auch die Methoden der Jungbestandspflege bei der Baumart Douglasie von einer frühen Läuterung durch Stammzahlreduzierung auf 1000 Stück/ha bei Oberhöhen zwischen 4 m und 7 m (KRAMER, 1996) über Baumzahlreduktion auf 500-800 Stück/ha bei Oberhöhe von ca. 5 m (LANDESFORSTVERWALTUNG BADEN-WÜRTTEMBERG, 1997) bis hin zu Eingriffen erst nach der Phase der Qualifizierung im Alter 25 bis 30 Jahre (WILHELM, LETTER, EDER, 1999).

Um die Auswirkungen einer unterschiedlichen Jungbestandspflege und Erstdurchforstung der Douglasie langfristig klären zu können, wurde 1989 im Forstamt Kaiserslautern Douglasien-Versuchsflächen angelegt. Holzproduktionsziel dieser Versuchsflächen ist ebenfalls die Erzeugung von Douglasien-Wert- und Starkholz mit etwa 2/3 astfreiem Holzmantel in einem Produktionszeitraum von 80-100 Jahren (Zielstärke: 80 cm BHD).

3.4.1 Standort, Versuchsanlage und bisherige Maßnahmen

3.4.1.1 Standort

Forstamt Kaiserslautern, Forstrevier Bremerhof, Waldort: VI 5a¹

Höhe über NN: 330 m; Exposition: SO; Neigung: 39°

Temperatur (Jahr): 8,6° C; Temperatur (Vegetationszeit): 15,8°

Niederschlag (Jahr): 820 mm; Niederschlag (Vegetationszeit): 360 mm

Natürliche Waldgesellschaft: Deschampsio-Fagetum (Drahtschmieden-Buchenwald)

Geologische Ausgangssituation: Decklehm über Hauptbuntsandstein

Standortstyp: sehr frische Sande der Karlstalschichten

3.4.1.2 Versuchsanlage

Der Versuch wurde im Jahr 1989 in einem 17jährigen Douglasien- Pflanzbestand (Pflanzverband 2 x 1,5 m mit 3333 Pflanzen/ha) mit gruppenweise beigemischter 27jähriger Buche aus Naturverjüngung angelegt. Drei Versuchspartzellen mit der Parzellengrößen von 0,25 ha sind durch die Flächenanteile der Baumarten Douglasie und Buche wie folgt charakterisiert:

Parzelle 01: 100% Douglasie

Parzelle 02: 60% Douglasie und 40% Buche

Parzelle 03: 80% Douglasie und 20% Buche

3.4.1.3 Bisherige Maßnahmen

- Im Jahr 1989 (Alter 17, Oberhöhe 10-11 m) wurden in allen drei Parzellen etwa 200 „Z-Baumanwärter“/ha (und entsprechend des Buchenanteils reduziert) ausgewählt und Bedränger (2-3 je Z-Baumanwärter) entnommen. Entnommen wurden ebenfalls kranke, krumme und zwieselige herrschende und mitherrschende Douglasien. Die Z-Baumanwärter wurden auf 3 m mit der Handsäge geastet.
- Im Jahr 1994 (Alter 22, Oberhöhe 15 m) wurden aus dem Z-Baumanwärter-Kollektiv etwa 100 Z-Bäume (und entsprechend des Buchenanteils reduziert) ausgewählt und erneut 2-3 Bedränger der jetzt zu Z- Bäumen herangewachsenen Z- Baumanwärter entnommen.

Die Z-Bäume wurden auf 6 m mit der Stangensäge geastet.

- Im Jahr 1999 (Alter 27, Oberhöhe 20 m) wurden die Z-Bäume erneut freigestellt (1-2 Bedränger) und auf 12 m mit dem „Distel“ Leitersystem geastet.
- Eine erneute Freistellung der Z- Bäume erfolgte im Alter 32 bei einer von Oberhöhe 24m mit einer Entnahme von 1-2 Bedränger im Jahr 2004.

3.4.2 Ergebnisse

3.4.2.1 Ausgangssituation bei Versuchsanlage

Waldwachstumskundliche Daten der Douglasien im FA Kaiserslautern bei Versuchsanlage im Jahr 1989 sind aus der Tab. 9 ersichtlich. 1997 wurde zusätzlich die Parzelle 04 (Nullfläche) eingerichtet.

Tabelle 9: Waldwachstumskundliche Daten der Versuchspartellen

Parz.-Nr.	Flächenanteil (%)	Alter (Jahr)	Ekl.	N/ha (St.)	Hg (m)	Dg (cm)	H ₁₀₀ (m)	D ₁₀₀ (cm)	G/ha (m ²)	V/ha (m ³)	GWL (m ³)	dGZ (m ³ /ha/Jahr)
01	Dou: 100 Bu: 0	17	1,2	2520	8,5	10,2	10,7	17,0	20,4	74	74	4,4
02	Dou: 60 Bu: 40	17	1,4	1784	8,0	9,8	9,9	16,1	13,5	42	42	2,5
03	Dou: 80 Bu: 20	17	1,4	2040	8,0	9,4	9,9	16,0	14,2	45	45	2,7
04	Dou: 100 Bu: 0	25	0,0	2120	16,7	15,9	20,0	28,1	42,3	363	363	14,5

Alle Versuchspartellen befanden sich bei Versuchsanlage im Jahr 1989 im Bereich der I. Ertragsklasse (BERGEL, 1985, oberes Ertragsniveau, mäßige Df.). Die Ertragstafel von BERGEL für oberes Ertragsniveau wird als Vergleichsmaßstab für die Bonitierung deshalb gewählt, weil frühere Untersuchungen in Jungbeständen des rheinland-pfälzischen Forstamtes Manderscheid (KRAMER, 1985) und Ergebnisse aus Douglasien-Weiserflächen in Rheinland-Pfalz auf dieses Ertragsniveau hinweisen. Bei einer Stammzahl von 2520 Stück je ha in dem Douglasien-Reinbestand (Parzelle 01) und bei ähnlichen Verhältnissen in den gruppenweise mit Buchen beigemischten Partellen 02 und 03 standen die Douglasien gedrängt und zeigten erste Mortalität. Abb. 3 zeigt die Durchmesserverteilung in der Parzelle 01 mit 100% Douglasien ohne beigemischte Buche.

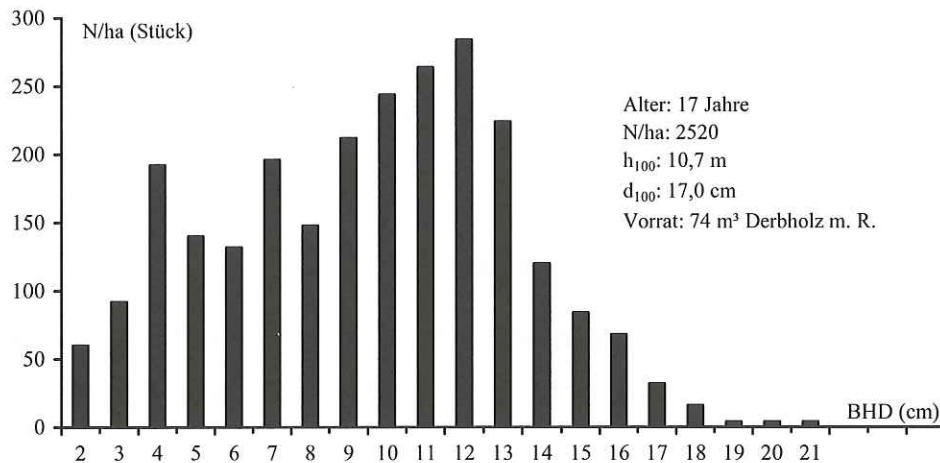


Abb. 3: Durchmesserverteilung in der Versuchsparzelle 01 vor dem Eingriff

Die Versuchsparzelle 01 zeigte bei Versuchsanlage die für junge Douglasienbestände typische große Heterogenität. Der Variationskoeffizient oder die relative Standardabweichung der Brusthöhendurchmesser ($V\%$ oder $s_d\%$) als Maß für die Homogenität der Jungbestände lag bei 40%. Der mittlere h/d -Wert der 100 stärksten Douglasien je ha von 63 und eine Spreitung der BHD-Werte zwischen 2 und 21 cm zeigten, dass die Douglasien sich trotz hoher Stammzahl/ha bereits deutlich differenziert haben.

3.4.2.2 Verbleibender Bestand

Die Stammzahl/ha 15 Jahre nach Versuchsanlage sinkt im Alter 32 durch natürliche Mortalität, Jungbestandspflege und drei Durchforstungen auf 33-37 % der Ausgangsstammzahl/ha. In diesem Zeitraum verbesserten sich die drei Versuchsparzellen durch das gut anhaltende Höhenwachstum etwa um 1 Bonitätsstufe. Weitere wichtige Kenndaten des verbleibenden Bestandes der Parzellen sind in der Tab. 10 enthalten.

Tab. 10: Waldwachstumskundliche Daten des verbleibenden Bestandes (1989-2004)

Parz.-Nr.	Flächenanteil (%)	Alter (J.)	Ekl.	N/ha (St.)	Hg (m)	Dg (cm)	H ₁₀₀ (m)	D ₁₀₀ (cm)	G/ha (m ²)	V/ha (m ³)	N _{ZB} /ha (St.)	H _{ZB} (m)	D _{ZB} (cm)
01	Dou: 100 Bu: 0	17	1,2	1900	8,5	10,0	10,6	16,5	14,9	54	192	10,2	15,0
		22	0,7	1716	13,6	14,4	15,0	22,9	28,0	186	96	14,8	21,3
		27	0,7	1192	17,2	17,8	19,9	28,2	29,8	265	96	19,6	26,8
		32	0,3	836	20,9	21,4	24,8	33,8	30,1	332	96	24,5	32,4
02	Dou: 60 Bu: 40	17	1,5	1588	7,8	9,4	9,7	15,3	11,1	33	116	9,7	15,2
		22	0,9	1272	13,0	14,0	15,5	22,9	19,6	127	60	15,2	21,7
		27	0,7	992	17,3	17,3	19,6	28,5	23,3	206	60	19,4	27,5
		32	0,4	656	20,8	21,2	23,1	32,9	23,2	247	60	23,1	32,8
03	Dou: 80 Bu: 20	17	1,4	1672	7,9	9,1	9,8	15,6	10,9	34	160	9,7	15,1
		22	0,9	1388	13,1	14,4	14,8	23,4	22,6	146	80	14,6	21,7
		27	0,7	984	17,2	18,2	19,8	29,8	25,6	227	80	19,3	26,8
		32	0,3	672	21,0	22,1	23,3	34,3	25,8	277	80	22,9	31,7
04 Nullfl.	Dou: 100 Bu: 0	25	0,0	2120	16,7	15,9	20,0	28,1	42,3	363	100	19,0	23,5
		32	0,1	1580	21,5	20,8	25,8	34,7	53,8	612	100	24,3	28,4

Die Douglasie hatte in der durchlaufenen Altersphase ein sehr gutes Höhenwachstum. In den 15 Jahren zwischen 1989 und 2004 betrug der jährliche Höhenzuwachs im Durchschnitt 85 cm. Eine Spreitung der BHD-Werte zwischen 7 und 41 cm in dem Douglasien-Reinbestand im Alter 32 (Parzelle 01, Abb. 4) mit einem Dg von 21,4 cm (Tab. 10) und einem Variationskoeffizient von 37 % zeigt, dass keine wesentliche Strukturänderung seit der Versuchsanlage eingetreten ist. Der jährliche Durchmesserzuwachs für den Gesamtbestand ist mit 0,8 cm im Durchschnitt ebenfalls als sehr gut zu bezeichnen.

Die Grundfläche/ha des verbleibenden Bestandes stieg, trotz vier Eingriffen, von 14,9 m² im Alter 17 auf 30,1 m² im Alter 32 im Douglasien-Reinbestand (Parzelle 01). Unter Berücksichtigung des Buchenanteils von 40 bzw. 20% verhielten sich die anderen Parzellen 02 und 03 entsprechend.

Der Vorrat/ha des verbleibenden Bestandes im Alter 32 im Douglasien-Reinbestand und auch in den anderen Parzellen entsprechen unter Berücksichtigung des Buchenanteils den Ertragstafel-Werten von BERGEL, I. Ertragsklasse, mäßige Df., oberes Ertragsniveau.

Das Z-Baumkollektiv (200 „Z-Baumanwärter“/ha im Alter 17 und 100 Z-Bäume/ha ab Alter 22) hatte einen durchschnittlichen jährlichen Höhenzuwachs von 70 cm in dem Gesamtzeitraum von 32 Jahren und 90-95 cm seit Versuchsanlage im Jahr 1989 bis 2004. Der durchschnittliche jährliche Durchmesserzuwachs des Z-Baumkollektivs betrug für den

Gesamtzeitraum 1,0 cm und 1,2 cm in dem Behandlungszeitraum zwischen 1989 und 2004.

Bis 6 m (erste und zweite Ästung in den Jahren 1989 und 1994) sind die Z-Bäume vollständig überwallt. Von 6 bis 12 m (dritte Ästung im Jahr 1999) brauchen die Z-Bäume für die Überwallung noch etwa 2-3 Jahre. Damit wird das Ziel der Erzeugung von Douglasien Wertholz mit etwa 2/3 astfreiem Holzmantel im angesetzten Produktionszeitraum von 80 bis 100 Jahren bei einem derzeitigen mittleren BHD von 32 cm im Alter 32 mit großer Wahrscheinlichkeit erreicht.

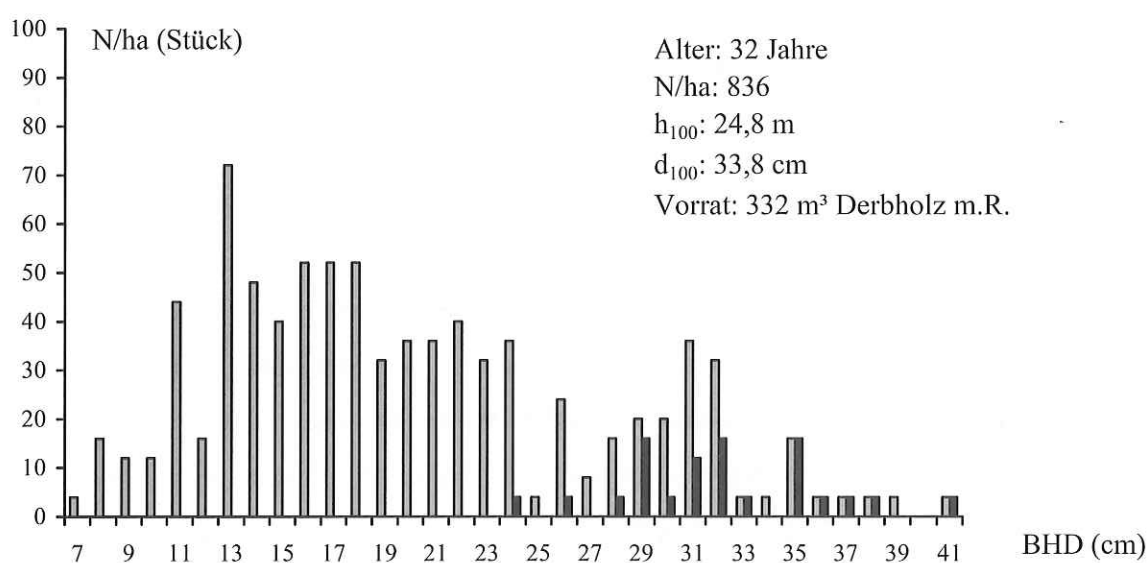


Abb. 4: Durchmesserverteilung des verbleibenden Bestandes der Parzelle 01 im Alter 32 (grau: Gesamtbestand; schwarz: Z-Baumkollektiv)



Abb. 5a: Douglasien-Z-Baum
*H: 20,5 m BHD: 33cm
 freigestellt u. auf 12 m geastet*

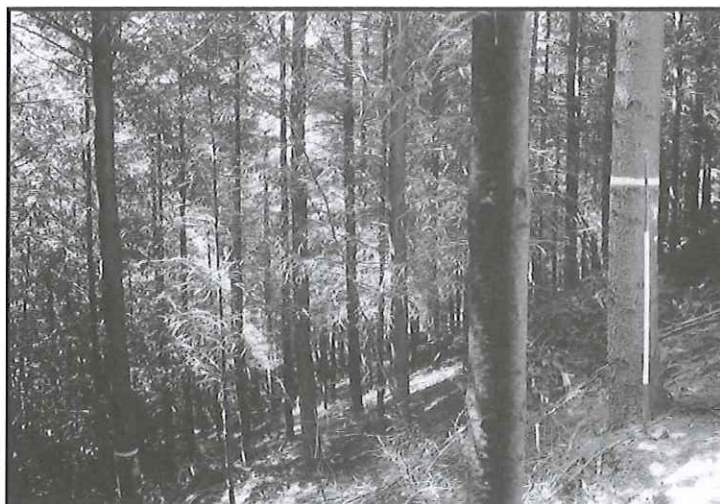


Abb.5b: Douglasien-Reinbestand (Parzelle 01)
*Alter 27 (1999)
 nach Jungbestandspflege und 2x Durchforstung*

3.4.2.3 Ausscheidender Bestand

Sowohl bei der Jungbestandspflege im Alter 17 als auch bei den Durchforstungen im Alter 22, 27 und 32 wurden die Eingriffe hauptsächlich auf die Förderung der „Z-Baumanwärter“ bzw. Z-Bäume ausgerichtet. Tab. 3 zeigt die wichtigsten Kenndaten der ausscheidenden Bestände in den drei Douglasien-Versuchspartzellen.

Tab. 11: Waldwachstumskundliche Daten des ausscheidenden Bestandes der Douglasien-Versuchspartzellen (nur Douglasie) vom Alter 17 bis Alter 32 (1989-2004)

Parz.-Nr.	Flächenanteil (%)	Alter (Jahr)	N/ha (Stück)	Hg (m)	Dg (cm)	BHD <17 cm (%)	BHD ≥17 cm (%)	G/ha (m ²)	V/ha (m ³)	ΣV/ha (m ³)
01	Dou: 100 Bu: 0	17	620	8,7	10,6	96	4	5,5	20	20
		22	144	14,6	19,7	28	72	4,4	33	53
		27	200	18,6	22,4	10	90	7,9	75	128
		32	220	21,1	21,9	13	87	8,3	92	220
02	Dou: 60 Bu: 40	17	196	9,0	12,5	90	10	2,4	9	9
		22	88	14,2	17,5	45	55	2,1	15	24
		27	108	18,5	22,1	0	100	4,2	39	63
		32	164	21,0	22,0	22	78	6,2	67	130
03	Dou: 80 Bu: 20	17	368	8,5	10,7	97	3	3,3	12	12
		22	96	14,1	18,5	33	67	2,6	18	30
		27	156	18,2	21,7	18	82	5,7	54	84
		32	168	20,9	21,5	21	79	6,1	65	149

Bei der Jungbestandspflege im Alter 17 betrug der Anteil der Durchmesser >17 cm nur 3-10% und das entnommene Material war unverwertbar. Bei der ersten Durchforstung im Alter 22 war der Anteil der Durchmesser 17 bis 29 cm bereits zwischen 55 und 72% und bei der zweiten und dritten Durchforstung im Alter 27 und 32 betrug der Anteil der Durchmesser 17 bis 33 cm zwischen 78 und 100% (Tab. 10). Bereits zum Zeitpunkt der ersten Durchforstung war das entnommene Material gut verwertbar (Dg des ausscheidenden Bestandes betrug zwischen 17,5 und 19,7 cm) und deckte weitgehend die Werbungskosten. Mit einem Dg des ausscheidenden Bestandes von 21,5 bis 22,4 cm bei der zweiten und dritten Durchforstung hat das entnommene Material bereits Reinerlös erzielt.

3.4.2.4 Gesamtwuchsleistung und Zuwachs

Die Gesamtwuchsleistung (GWL) stieg im Douglasien-Reinbestand (Parzelle 01) im Alter 17 von 74 auf 552 m³ Derbholz m. R. im Alter 32 (Tab. 11). Unter Berücksichtigung des Buchenanteils betrug die Gesamtwuchsleistung in der Parzelle 02 (60% Douglasie) 68% und in der Parzelle 03 (80% Douglasie) 77% der Gesamtwuchsleistung des Douglasien-

Reinbestandes. Im Vergleich zur Ertragstafel von BERGEL, I. Ertragsklasse (absolute Höhenbonität 45.0), mässige Df., oberes Ertragsniveau betrug die GWL des Douglasien-Reinbestandes 112% (Ertragstafelwert im Alter 32: 492 m³ Derbholz m. R.).

Tab. 11: Gesamtwuchsleistung und Zuwachs der Douglasien-Versuchspartellen (nur Douglasie) vom Alter 17 bis Alter 32 (1989-2004)

		Alter	Ek1.	V/ha	ΣDf./ha	GWL	LZ	dGZ
		(Jahre)		m ³ m.R.	m ³ m.R.	m ³ m.R.	m ³ /ha/J.	m ³ /ha/J.
01	Dou:100	17	1,2	54	20	74	-	4,4
	Bu: 0	22	0,7	186	53	239	33,0	10,9
		27	0,7	265	128	393	30,7	14,6
		32	0,3	332	220	552	31,8	17,3
02	Dou: 60	17	1,5	33	9	42	-	2,5
	Bu: 40	22	0,9	127	24	151	21,8	6,9
		27	0,7	206	63	269	23,7	10,0
		32	0,4	247	130	377	21,6	11,8
03	Dou: 80	17	1,4	34	12	46	-	2,7
	Bu: 20	22	0,9	146	30	176	26,1	8,0
		27	0,7	227	84	311	27,0	11,5
		32	0,3	277	149	426	23,0	13,3
04	Dou: 100	25	0,0	363	-	363	-	14,5
	Bu: 0 (Nullfläche)	32	0,1	612	-	612	35,6	19,1

Der laufende jährliche Zuwachs an Derbholzmasse (LZ) im Douglasien-Reinbestand betrug in dem Behandlungszeitraum (zwischen Alter 17 und 32) 31,9 m³ und der Alters-Durchschnittszuwachs der Gesamtmasse (dGZ) erreichte einen Wert von 17,3 m³/ha/Jahr im Alter 32. Sie lagen ebenfalls höher als die entsprechenden Ertragstafelwerte von BERGEL, mässige Df., oberes Ertragsniveau.

3.4.3 Ergebnisse eines Versuches zur Erstdurchforstung ohne vorhergehende Jungbestandspflege

KRAMER (1983) berichtet, dass in Kanada heute im Allgemeinen der Pflanzenabstand so weit gewählt wird, dass eine Jungbestandspflege entfallen kann und die erste waldbaulich erforderliche Durchforstung bereits kostendeckende Erträge bringt. Da in Deutschland extrem weite Ausgangsverbände mit 1000 bis 1500 Pflanzen je ha die Ausnahmen bilden, stehen solche Bestände leider nicht für Versuchsanlagen zur Verfügung. Um dennoch das Wachstum in mit weiteren Pflanzverbänden begründeten Beständen untersuchen zu können, wurde ebenfalls im Forstamt Kaiserslautern, im Herbst 1999 von der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz ein Douglasien-

Praxisversuch in einem 21jährigen Bestand (Pflanzverband 2,5 x 2,0 m mit 2000 Pflanzen) angelegt.

Variante 1 (Auslesedurchforstung, Parzelle 30)

- Bei einer Oberhöhe von etwa 14-16 m werden 120 „Z-Baumanwärter“/ha ausgewählt. Freistellung der „Z-Baumanwärter“ (3-4 Bedränger) und Ästung auf 6 m mit der Stangensäge vom Boden.
- Bei einer Oberhöhe von etwa 20-22 m werden aus dem Kollektiv der 120 „Z-Baumanwärter“ 100 Z-Bäume/ha ausgewählt und freigestellt (2 Bedränger). Die Z-Bäume werden auf 12 m mit „Distel“ Leitersystem geastet.

Variante 2 (Auslese 25, Parzelle 32)

- Den neueren waldbaulichen Strategien folgend, werden etwa 50 Z-Bäume/ha ausgewählt und freigestellt, sobald die Trockenastzone von 12 m (rd. 25% der potentiellen Endhöhe) erreicht ist. Die Freistellung wird so durchgeführt, dass ab diesem Zeitpunkt das Aststerben definitiv gestoppt wird. Die Z-Bäume werden bis zur breitesten Kronenausdehnung (etwa 10 bis 14 m) geastet.

Variante 3 (Nullfläche, Parzelle 31)

- Keine Eingriffe auf der Nullfläche. Für den Vergleichszweck wurden ebenfalls 120 „Z-Baumanwärter“/ha ausgewählt und nicht freigestellt. Bei Oberhöhe von etwa 20-22 m werden in der Nullfläche aus dem Kollektiv der 120 „Z-Baumanwärter“ ebenfalls 100 Z-Bäume/ha ausgewählt und auf 12 m geastet.

Dieser Versuch soll langfristig klären, ob der Verzicht auf eine selektive Jungbestandspflege bzw. eine systematische Stammzahlreduktion Erfolg versprechend ist. Tab. 12 zeigt die waldwachstumskundliche Daten der drei bei Versuchsanlage unberührten Versuchspartzellen im Alter 21.

Tab. 12: Waldwachstumskundliche Daten der Douglasien-Versuchspartzellen bei der Versuchsanlage

Parz. Nr.	Verbleibender Bestand										aussch. Bestand		GWL (m³)	Zuwachs	
	Alter	Ekl.	N/ha (St.)	Hg (m)	Dg (cm)	G/ha (m²)	V/ha (m³)	N _{ZB} /ha (St.)	H _{ZB} (m)	D _{ZB} (cm)	Dg (cm)	V/ha (m³)		LZ (m³/ha/J.)	dGZ (m³/ha/J.)
30	21	0,1	1244	14,5	15,1	22,3	159	100	15,6	21,3	16,7	73	232	-	11,0
31	21	0,0	1400	14,9	17,2	32,4	242	100	15,7	21,6	-	-	242	-	11,5
32	21	0,0	1500	15,0	17,3	35,1	261	-	-	-	-	-	261	-	12,4

Ergebnisse aus der Tab. 12 zeigen, dass die Ausgangsstammzahl/ha der drei Versuchspartzen von 2000 Pflanzen bei einer Oberhöhe von 15-16 m durch natürliche Mortalität bereits auf 1400 bis 1690 Pflanzen reduziert war. Vermutlich auf Grund des langen Dichtstandes hatten sich die Douglasien bis zur ersten Durchforstung im Alter 21 deutlich differenziert (Abb. 3). Bei einer Spreitung der BHD-Werte zwischen 6 und 30 cm und gleichzeitig Höhenunterschieden innerhalb des Bestandes von bis zu 6 m bei Versuchsanlage waren durch den Konkurrenzkampf wesentliche Stammzahlanteile (15 bis 30%) der Ausgangspflanzenzahl schon auf natürlichem Wege ausgeschieden. Gleichzeitig zeigt der lang auslaufende rechte Teil der Durchmesserverteilung, dass besonders gutwüchsige, von Beginn an kronengroße Bäume auch bei Dichtstand in der Lage sind, sich den benötigten Wuchsraum selbst zu schaffen. Eine ähnliche Durchmesserverteilung hat auch WEISE, 1999 in einem eng begründeten Douglasien-Bestand (Pflanzverband 1,5 x 1,5 m) im Alter 24 bei einer Oberhöhe von 17 m festgestellt.

Mit einem mittleren Durchmesser (Dg) von etwa 17 cm bringt das entnommene Material bei der ersten Durchforstung ohne vorhergehende Jungbestandspflege fast kostendeckende Erträge (Tab. 12).

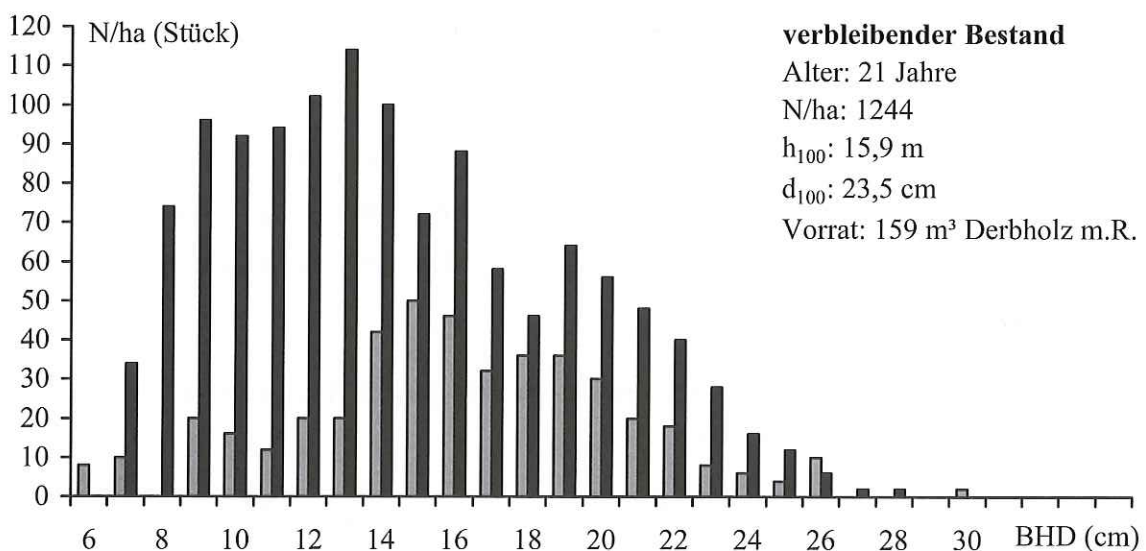


Abb. 3: Durchmesserverteilung des verbleibenden und ausscheidenden Bestandes der Parzelle 30 im Alter 21 (schwarz: verbl. Bestand; grau: aussch. Bestand)

5 Jahre nach der Versuchsanlage wurde der Versuch im Herbst 2004 zum zweiten Mal aufgenommen. Waldwachstumskundliche Daten der Douglasien-Versuchspartellen bei der ersten und zweiten Aufnahme sind in der Tab. 13 enthalten.

Tab. 13: Waldwachstumskundliche Daten der Douglasien-Versuchspartellen vom Alter 21 bis Alter 26 (1999-2004)

Parz. Nr.	Verbleibender Bestand										aussch. Bestand		Zuwachs		
	Alter	Ekl.	N/ha (St.)	Hg (m)	Dg (cm)	G/ha (m ²)	V/ha (m ³)	N _{ZB} / ha (St.)	H _{ZB} (m)	D _{ZB} (cm)	Dg (cm)	V/ha (m ³)	GWL (m ³)	LZ (m ³ / ha/J.)	dGZ (m ³ / ha/J.)
30	21	0,1	1244	14,5	15,1	22,3	159	100	15,6	21,3	16,7	73	232	-	11,0
	26	-0,3	788	18,4	18,5	21,2	204	100	21,0	27,3	19,4	97	374	28,5	14,4
31	21	0,0	1400	14,9	17,2	32,4	242	100	15,7	21,6	-	-	242	-	11,5
	26	-0,4	1384	19,1	19,5	41,3	409	100	20,6	24,9	-	-	409	33,5	15,7
32	21	0,0	1500	15,0	17,3	35,1	261	-	-	-	-	-	261	-	12,4
	26	-0,4	1024	19,0	19,2	29,6	289	48	21,3	30,1	20,3	141	430	33,8	16,5

Bei der Variante „Auslese 25“ in der Parzelle 32 (Tab. 13) wurden erst im Alter 26 bei einer Oberhöhe von 21 m 48 Z-Bäume/ha ausgewählt und freigestellt. Die Ergebnisse der beiden Varianten 1 „Auslesedurchforstung“ und Variante 2 „Auslese 25“ können erst in der nächsten Aufnahme gegenübergestellt werden. Zwischen der „Auslesedurchforstung“-Variante und der Nullfläche mit der gleichen Ausgangssituation können nach 5jähriger Beobachtungszeit deutliche Unterschiede in der Entwicklung der Z-Bäume festgestellt werden. Während bei der Auslesedurchforstung die Z-Bäume einen mittleren Durchmesserzuwachs von 1,2 cm (Jahringbreite von 6 mm) hatten, wiesen die Z-Bäume in der Nullfläche einen solchen von 0,7 cm (Jahringbreite von 3,5 mm) auf (Tab. 13). Mit einem mittleren Durchmesser von 19 cm bei der zweiten Durchforstung bringt das entnommene Material schon kostendeckende Erträge.

Die Ergebnisse des Versuches zur Erstdurchforstung ohne vorhergehende Jungbestandspflege lassen vermuten, dass je nach Differenzierungsgrad des Bestandes bei weit begründeten Douglasien-Beständen auf einen Eingriff im Jugendstadium verzichtet, und die erste Durchforstung im kostendeckenden Bereich durchgeführt werden kann.

4 Schlussfolgerungen

Der **Herkunftsversuch** Kaiserslautern ist neben dem Versuch Chorin einer der ersten Herkunftsversuche mit Douglasie in Europa. Er ist ein vorbildliches und lehrreiches Beispiel für die Pionierzeit der Herkunftsforschung und liefert, vor allem begründet in der

Kontinuität der Versuchsführung, über neun Jahrzehnte hinweg wichtige Ergebnisse für dieses Forschungsgebiet.

Der Versuch ist ein trefflicher Beleg für die Bedeutung der richtigen Herkunftswahl (und Baumartenwahl) bei der Bestandesbegründung. Das wesentliche Resultat dieses Versuchs, die Überlegenheit der viridis-Douglasie (hier repräsentiert durch die Herkunft Snoqualmie), wird durch zahlreiche spätere Versuche eindrucksvoll bestätigt (Übersicht in KLEINSCHMIT und BASTIEN, 1992) und hat sich in konkreten Herkunftsempfehlungen für verschiedene Regionen Deutschlands niedergeschlagen (RUETZ 1989).

Der Herkunftsversuch Kaiserslautern gibt, vor allem im Kontext mit den Befunden langjähriger, unter kontinuierlicher Beobachtung stehender **Verbands- und Durchforstungsversuche** (z.B. KENK und EHRING 1991, PRETZSCH und SPELLMANN 1994), grundlegende und interessante Hinweise auf das Wuchsverhalten und Leistungspotenzial von Douglasienbeständen. Die Ergebnisse dieser Versuche bieten darüber hinaus wichtige Vergleichsdaten für die Entwicklung waldbaulicher Behandlungsstrategien.

Das Holzproduktionsziel der Landesforsten Rheinland- Pfalz für die Douglasie ist die Erzeugung von Wert- und Starkholz. Für die Versuchsflächenkonzepte wurde dazu ein relativ kurzer Produktionszeitraum gewählt. Die Ergebnisse der Versuchsflächen werden wichtige waldwachstumskundliche Grundlagen liefern und zeigen, in wieweit der Produktionszeitraum gerade bei der Douglasie auch noch ausgeweitet werden kann, um damit noch stärkeres Wertholz zu erzeugen und die waldbaulichen Möglichkeiten einer zielstärkenorientierten Einzelbaumnutzung mit langfristigen Verjüngungszeiträumen nutzen zu können.

Um das definierte Versuchsziel (Produktionszeitraum 80 bis 100 Jahre) zu erreichen, war die Jungbestandspflege darauf gerichtet, außer den Bedrängern der „Z-Baumanwärter“ noch grobwüchsige, kranke, krumme und zwieselige herrschende und mitherrschende Douglasien zu entnehmen. Außerdem sollte die Jungbestandspflege so durchgeführt werden, dass bei der ersten Durchforstung das Material des ausscheidenden Bestandes möglichst Werbungskosten deckende Erlöse bringt.

Im Gegensatz zu den anderen Läuterungsmaßnahmen (KRAMER, 1988), bei denen bei einer Ausgangsstammzahl von 2000 bis 3500 Pflanzen Stammzahlreduktionen schon bei der Bestandeshöhen zwischen 2,5 und 4,5 m auf 1000 bis 1500 empfohlen werden, werden bei der Jungbestandspflege in den Versuchsflächen der FAWF keine Stammzahl-

reduktionen durchgeführt. Die Maßnahmen konzentrieren sich hauptsächlich auf die Entnahme der Bedränger der „Z-Baumanwärter“ und darüber hinaus der grobwüchsigen und schlechtförmigen Bäume. Grund für die im Versuchsdesign festgelegten Maßnahmen der Jungbestandspflege ist einerseits das Ziel, den Anfall unverwertbaren Materials möglichst zu verringern, andererseits die natürliche Heterogenität der Douglasien-Bestände wenig zu beeinflussen und damit die Bestandesstruktur weitgehend zu erhalten (Variationskoeffizient der BHD im Alter 17: 40% und im Alter 32: 37%). Der Gedanke, die naturgegebene Durchmesser- und Höhendifferenzierung weitgehend zu erhalten, wurde bereits von SPELLMANN, 1994 hervorgehoben. Der Unterschied zu der Empfehlung von SPELLMANN ist im vorgestellten Jungbestandspflege-Versuch Kaiserslautern die Durchführung der Pflegeeingriffe erst bei der Oberhöhe von etwa 10 m (Landesforstverwaltung Rheinland-Pfalz, 1996) anstatt bei einer Oberhöhe von 5 bis 6 m. Auch mit dieser Pflegestrategie und der Förderung der Z-Bäume betrug bei der ersten Durchforstung im Alter 22 der mittlere Durchmesser (D_g) des ausscheidenden Bestandes bereits zwischen 18 und 20 cm (Tab. 3) und brachte kostendeckende Erträge.

Inwieweit auf Pflegeeingriffe vor der ersten Durchforstung verzichtet werden kann, können die Ergebnisse des zweiten Douglasien-Jungbestandspflege-Versuchs im Forstamt Kaiserslautern (im unbehandelten 26jährigen Douglasienbestand) nach 5 Jahren noch keine endgültige Auskünfte geben. Für die relativ weit begründeten Douglasienbestände (Ausgangsstammzahl mit weniger als 2000 Pflanzen/ha) zeigt dennoch die Alternative „ohne Eingriffe“ vor der ersten Durchforstung sehr zufrieden stellende Ergebnisse. Diese Alternative hat den Vorteil, dass einerseits kein unverwertbares Material entnommen werden muss und andererseits mit einer geringeren Anzahl von potentiellen Z-Bäumen gearbeitet werden kann. Außerdem kann die erste Ästung auf Reichhöhe entfallen.

Als Voraussetzung für die Anwendung dieser Waldbaustrategie sehen wir, dass sich zum einen die in Frage kommenden Douglasien-Bestände zum Zeitpunkt der ersten Durchforstung gut differenziert haben, und zum anderen der ausscheidende Bestand bereits zumindest die Werbungskosten deckt.

Um die Zusammenhänge zwischen Standort und waldbauliche Behandlung einerseits und Holzqualität sowie Verwendungsmöglichkeit andererseits aufzuzeigen, zielt die hier vorgestellte Versuchskonzeption gleichzeitig auf die Erzeugung vom Douglasienstammholz als Bau- und Konstruktionsholz in Koppelproduktion mit der Erzeugung vom hochwertigem Douglasien-Schneide- und Furnierholz.

Der Grund dafür ist, dass die Zwischenfelder abgesehen von der Raumnutzung durch die Förderung der potentiellen Z-Bäume unberührt bleiben. Das Material des bei den Eingriffen ausscheidenden Bestandes kann je nach Standort sägefähige Dimensionen bereits ab der zweiten (BECKER und MAHLER, 1988) oder spätestens der dritten Durchforstung liefern. Durch relativ enge Jahrringbreiten (im Durchschnitt unserer Flächen etwa 3 mm) und relativ schwache Aststärken der Douglasien im Zwischenfeld wird für Bau- und Konstruktionsholzzwecke geeignetes Holz erzeugt. Die konsequent geförderten und auf 12 m geasteten Z-Bäume mit relativ breiten Jahrringen (im Durchschnitt etwa 5-6 mm) liefern dazu hochwertiges Schneideholz für den Innenausbau und für Furnierzwecke. Hierbei kommt es vor allem auf das gleichmäßige Erscheinungsbild und die innere Fehlerfreiheit an (BECKER und MAHLER, 1988).

5 Zusammenfassung

Auf den verschiedenen rheinland-pfälzischen Standorten wurde die Leistung der Baumart Douglasie in den Weiser- und Versuchsflächen aufgezeigt.

Ergebnisse des Herkunftsversuches zeigen eindeutig, dass die „grünen“ Douglasien sowohl im Wachstum als auch in der Anpassungsfähigkeit zum Anbaustandort den anderen „blauen“ und „grauen“ Douglasien stark überlegen sind. Diese Überlegenheit wird durch zahlreiche andere Versuche bestätigt.

Die Weiserflächen des ehemaligen Forsteinrichtungsamt Koblenz im Bereich der früheren Forstdirektion Trier mit mehr als 50 Jahren Beobachtungszeit zeigen eindrucksvoll die hervorragende Wuchsleistung der Baumart Douglasie.

Von der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz wurden im Jahr 1989 Versuche zur Jungbestandspflege und Durchforstung angelegt. Nach 15jähriger Beobachtungszeit wurden Erkenntnisse gewonnen, die bei der Douglasien-Bewirtschaftung für die forstliche Praxis von Bedeutung sind.

Die frühzeitigen Eingriffe führen ersichtlich zur Bildung von großen Kronen und zu höherem Durchmesserzuwachs. Nach den Untersuchungsergebnissen liegt der durchschnittliche Durchmesserzuwachs der Z-Bäume in den letzten 15 Jahren bei 1,2 cm. Der Durchmesserzuwachs wird mit Zunahme des Alters abnehmen, bleibt aber durch Bildung von großen Kronen auf dem hohen Niveau. Damit erscheint es realistisch, die Zielstärke von 80 cm in 80-100 Jahren zu erreichen.

Frühe Förderung führt zu höheren Stabilität der Zuwachs- und Wertträger. Ihre h/d- Werte liegen trotz des jungen Alters deutlich unter den üblicherweise genannten Grenzwerten für

die Einzelbaumstabilität von 80. Bei weiterer kontinuierlicher Förderung werden die h/d-Werte noch weiter absinken.

6 Literatur

- BECKER, G. und MAHLER, G. (1988): „4. Freiburger Douglasientag“ Folgerungen für Holzqualität, Holzverwendung und Holzverwertung. AFZ/DerWald, 34-35.
- BERGEL, D. (1985): Douglasien-Ertragstafel für Nordwestdeutschland. Aus der Nds. Forstlichen Versuchsanstalt, Abt. Waldwachstum.
- BOISELLE, R., 1953/54: Die Snoqualmie-Douglasie, die Douglasie der Zukunft. AFJZ 125, S. 61-69
- CHYLARECKI, H., 2005: Douglasie in polnischen Wäldern. Mitteilung aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft, im vorliegenden Band
- FLÖHR, W., 1954: Die bisherigen Ergebnisse der Douglasien-Provenienzversuche in den Lehrrevieren der Forstwirtschaftlichen Fakultät Eberswalde, Teil I: Die Entwicklung des Douglasienprovenienz-versuches aus dem Jahr 1910 in Chorin, Abt. 90 e. Archiv für Forstwesen 3, S. 385-398
- HAMILTON, G. J., CHRISTIE, J. M., 1971: Forest Management Tables (Metric). Forestry Commission Booklet No. 34 London, Her Majesty's Stationery Office
- HAUSSER, K., 1956: Weißtanne-Ertragstafel. In: SCHÖBER, R., 1995: Ertragstafeln wichtiger Baumarten. 4. Aufl., Sauerländers Verlag, Frankfurt a. Main
- HAUN, D., 1962: Anbauversuch mit Douglasien verschiedener Herkunft und anderen Nadelbaumarten im Forstamt Kaiserslautern-Ost. Seminararbeit, Institut für Forstsamenkunde der Universität München, 1962
- HERMANN, R. K., 1981: Die Gattung *Pseudotsuga* – Ein Abriss ihrer Systematik, Geschichte und heutigen Verbreitung. Forstarchiv 52, S. 204-212
- KANZOW, H., 1936: Auswertung einiger Provenienzversuche mit der Douglasie. Mitt. Deutsch. Dendrol. Ges. 48, S. 235-254
- KANZOW, H., 1937: Die Douglasie. Zeitschr. Forst- und Jagdwesen 69, S. 65-93, 113-139, 241-271
- KENK, G. und EHRING, A., 1991: Ein Douglasien-Altbestand aus weitem Verband. Allgem. Forstzeitschrift 21, S. 1060-1063
- KLEINSCHMIT, J. und BASTIEN, J.CH., 1992: IUFRO's Role in Douglas-Fir (*Pseudotsuga Menziesii* (Mirb.)) Franco Tree Improvement. Silvae Genetica 41, S. 161-173
- KRAMER, H. (1983): Wachstum und Behandlung der Douglasie im pazifischen Nordwesten von Amerika. Schriftenreihe Forstliche Fakultät der Uni. Göttingen, Bd. 75.
- KRAMER, H. (1988): Waldwachstumslehre. Paul Parey, 374 S.
- KRAMER, H. (1996): Zur Läuterung bei Douglasie. Forst und Holz, 51, 595-602.
- LANDESFORSTVERWALTUNG BADEN-WÜRTTEMBERG (1997): Richtlinien zur Jungbestandspflege. Ministerium Ländlicher Raum Baden-Württemberg, Stuttgart.

- LANDESFORSTVERWALTUNG RHEINLAND-PFALZ (1996): Richtlinien zur Jungbestandspflege in Douglasienbeständen. Ministerium für Umwelt und Forsten, Mainz.
- MÜNCH, E., 1923: Anbauversuch mit Douglasfichten verschiedener Herkunft und anderen Nadelholzarten. Mitt. Deutsch. Dendrol. Ges. 33, S. 61-79
- MÜNCH, E., 1928: Klimarassen der Douglasie. Centralbl. gesamte Forstwesen 54, S. 254-260
- PRETZSCH, H. und SPELLMANN, H., 1994: Leistung und Struktur des Douglasien-Durchforstungsversuchs Lonau 135. Forst und Holz 49, S. 64-69
- ROHMEDER, E., 1956: Professor Münchs Anbauversuch mit Douglasien verschiedener Herkunft und anderen Nadelbaumarten im Forstamt Kaiserslautern-Ost 1912-1954. Zeitschr. Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung 5, S. 142-156
- RUETZ, W. F., 1989: Provenienzforschung bei der Douglasie. Allgem. Forstzeitschrift 22-23, S. 563-565
- SCHENCK, C. A.: Fremdländische Wald- und Parkbäume. II. Band. Verlag von Paul Parey in Berlin, 1939
- SCHOBBER, R.: Sitka-Fichte-Ertragstafel. In: SCHOBBER, R., 1995: Ertragstafeln wichtiger Baumarten. 4. Aufl., Sauerländers Verlag, Frankfurt a. Main, 1955
- SCHWAPPACH, A., 1891: Denkschrift betreffend die Ergebnisse der in den Jahren 1881 bis 1890 in den Preußischen Staatsforsten ausgeführten Anbauversuche mit fremdländischen Holzarten. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 23, S. 18-34, 81-102, 148-164
- SPELLMANN, H. (1994): Auswirkungen von Läuterungseingriffen auf die Schwachholzproduktion. Forst und Holz, 49, S. 288-300.
- STIMM, B., 1995: Experimental plantations of Douglas fir provenances and other conifers at Kaiserslautern established in 1912: Results after eight decades of observation. In: Joint Meeting of the IUFRO Working Parties S2.02.05, 06, 12 and 14 (Douglas-fir, Pinus contorta, Sitka spruce and Abies): Evolution of Breeding Strategies for Conifers from the Pacific North West. Limoges (France), August 1-4, 1995, Contribution A.9. Vienna, 8p.
- STIMM, B. und DONG, P. H., 2001: Der Douglasien-Herkunftsversuch Kaiserslautern nach neun Jahrzehnten Beobachtung. Forstw. Cbl. 120, S. 173-186
- WEISE, U. (1999): Frühe, kräftige Pflege oder natürliche Differenzierung und Baumzahlreduktion in Nadelbaumbeständen – wie hilfreich sind Bestandeszustandsdaten bei der Entscheidungsfindung? Tagungsbericht der Sektion Waldbau in Trippstadt, 1-9.
- WIEDEMANN, E., 1936/42: Die Fichte. In: SCHOBBER, R., 1995: Ertragstafeln wichtiger Baumarten. 4. Aufl. Sauerländers Verlag, Frankfurt a. Main, 1936/42
- WILHELM, G.J., LETTER, H.-A., EDER, W. (1999): Konzeption einer natürlichen Erzeugung von starkem Wertholz. Zielsetzung und waldbauliche Prinzipien. Die Phase der Qualifizierung. Die Phase der Dimensionierung. Die Phase der Reife. AFZ/DerWald, 232-240.

Douglasie in polnischen Wäldern

Produktionspotential, ökologische Forderungen, Biologie

von Henryk Chylarecki, Polen

Abstract

Title of the paper: Douglas-fir in polish forests

An extensive survey on the present situation of Douglas-fir in Poland is presented. In the forests in the different regions of differing climatic conditions partially high quality stands are growing. Results of phenotypic and phenological studies on these Douglas-fir populations as well as the site conditions required by this tree species are discussed in view of successful cultivation. The problem of cultivating Douglas-fir regarding improvement of vitality and increasing the best adapted populations is elucidated as well as the question of race affiliation, *i.e.* populations descending either from coastal or interior origin. Moreover the damaging influence particularly of roe and deer on the young growth of Douglas-fir is stressed. Under silvicultural aspects, it appears to be useful to include the foreign tree species Douglas-fir in mixed stands together with the indigenous conifers spruce, pine or larch or the deciduous species sycamore maple and hornbeam.

0 Vorwort

Meine Veröffentlichung über die grüne Douglasie in polnischen Wäldern wurde auf der Grundlage langjähriger Untersuchungen von Versuchsbeständen erarbeitet, die bei uns schon seit einhundert Jahren angelegt sind. Sie soll die Kenntnis der außergewöhnlichen Vorteile dieser Baumart erweitern. Sie sollen die Forstleute auch die ökologische Ansprüche sowie die mit der Biologie und Variabilität der Douglasie verbundenen Eigenschaften erkennen lassen, von denen ihr großes Produktionspotential abhängt.

Die konkreten Untersuchungsergebnisse, die Inhalt der einzelnen Kapitel der Veröffentlichung sind, beweisen die sehr guten Ergebnisse der Einführung der Douglasie in Polen und das Vorhandensein von einer wertvollen und umfangreichen Basis von Mutterbeständen, also die positiven Perspektiven eines weiteren Anbaus der Douglasie in unserem Land. Es muss jedoch deutlich betont werden, dass diese schnellwachsende Baumart im neuen Modell des Forstbetriebes in erster Linie auf Anbauflächen verwendet werden soll, deren Ziel die Produktionsintensivierung und -spezifikation ist. In unseren natürlichen Forstgesellschaften erfolgt dagegen der Anbau der grünen Douglasie mit dem Grundsatz, die ursprünglichen Pflanzen-Assoziationen unberührt zu lassen. Der Verzicht auf diesen Grundsatz scheint in manchen Regionen des Landes richtig zu sein, z.B. auf Ziemia Lubuska, wo die natürlichen Phytozönosen weit fortgeschrittene Veränderungen aufweisen und die Kiefernmonokulturen eine Degradierung der Standorte verursacht

haben. Gerade hier wird der Anbau der grünen Douglasie zur Steigerung der Produktivität und zur Verbesserung der edaphischen Bodeneigenschaften beitragen. Die grüne Douglasie kann auch auf manchen Standorten in Westpommern eingebracht werden, wo die Fichte in der II. und III. Altersklasse infolge des Befalls vom Wurzelschwamm massenhaft abstirbt. Er kann in den Bergmilieus notwendig sein, wo die Douglasie gegen eine Infektion durch den Hallimasch und den Befall durch den Buchdrucker weniger anfällig ist und durch ihr Senkerwurzelsystem besser als das Wurzelsystem der Fichte mit dem felsigen Untergrund verbunden ist.

Der Anbau der grünen Douglasie erweckt jetzt großes Interesse in vielen Ländern – es gibt unter den Holzpflanzen keine zweite solche Art, deren Anbau auf entfernten Kontinenten in verschiedenen geographischen Weltregionen so verbreitet wäre. Akutell ist sie in 43 Ländern vertreten, wobei sie auf dem Gebiet der Europäischen Union 620 000 ha besetzt.

Ich bin davon überzeugt, und meine Publikation soll die Forstleute davon überzeugen, dass die ungewöhnlich weite Verbreitung der Douglasie mit ihren außergewöhnlichen biologischen Eigenschaften im Zusammenhang steht. Es sind:

1. das dynamische Wachstum - in dieser Hinsicht übertrifft unter den Nadelbäumen nur die Sequoia die Douglasie.
2. die sehr große genetische Variabilität – auf jedem Standort, und mindestens in jeder Klimaregion des Verbreitungsareals treten alle Variabilitätsarten zwischen dem Küstentyp und dem Kontinentaltyp auf (PEACE 1948);
3. die sehr hohe Anpassungsfähigkeit – außerhalb ihrer Heimat tritt sie auf dem Gebiet von Alaska in Nordamerika, über alle Länder Europas bis nach Australien und Neuseeland sowie in Chile und Argentinien in Südamerika auf (HERMANN 1993);
4. die große Resistenz gegen Pilzinfektionen und Insekten – sie wird zu den gesündesten Bäumen der Welt gezählt (SCHENCK 1939) und ist wurzelschwamm-, hallimasch- und buchdruckerresistent;
5. die sehr große Vitalität – diese drückt sich in der Resistenz junger Bäume (MIRADZ), gegen Schälwunden, in der Regeneration frostgeschädigter Bestände (GOŁUCHÓW) und durch den physiologischen Mechanismus der Verbindung der Wurzelsysteme (Überwallung der Stöcke gefällter Bäume) aus (GIERTYCH 1976);
6. die große Vitalität verschiedener Populationen außerhalb deren Ausbreitungsareals – unter optimalen Standortsbedingungen in Neuseeland ist eine höhere Massenleistung als in der Heimat (NAUMANN 1993) festzustellen und kommt derjenigen in der Ukraine (BRODOWICZ 1969), Frankreich und Niedersachsen (SCHOBER 1963) nah.

Es scheint, dass man in diesen Fällen von einer Vitalität sprechen kann, die an ein biologisches Phänomen grenzt.

Durch die oben angegebenen biologischen Eigenschaften und die ökonomische Bedeutung, die auf einer wesentlichen Erhöhung des Produktionspotentials forstlicher Standorte

beruht, wird die grüne Douglasie als eine Zukunftsbaumart in europäischen Wäldern betrachtet,

Die vorgelegte Veröffentlichung umfasst die Diagramme, die eine Synthese der Untersuchungen und konkret des Einflusses des Klimas, des Bodens und der Pflanzengesellschaft auf die Steigerung der Douglasienpopulationen in Polen sind. Eigentlich genügt ein Blick, mit dem sich der Förster im Gelände orientieren kann, welche Umweltfaktorenkomplexe den Anbau dieser Baumart begünstigen oder nicht (Studium der Anbauergebnisse der Spezies).

Es scheint angebracht, an dieser Stelle die Forstleute auch auf die visuelle Dokumentation der Untersuchungsergebnisse, d.h. auf die beigefügten Photos und insbesondere auf das erste Photo – auf der Titelseite - aufmerksam zu machen. Es stellt den Bestand der grünen Douglasie in der Oberförsterei Sławno (Abt. 85c – LM) in der Küstenzone dar, der im Alter von 79 Jahren 38,2 m Mittelhöhe, 40,0 m Oberhöhe erreicht und 843,52 m³/ha erzeugt hat. Meiner Meinung nach ist dieses Photo auch eine Synthese meines Beitrags, das am suggestivsten über die Zweckmäßigkeit der Introdution der Douglasie, von Untersuchungen über sie und über die Verbreitung dieser Baumart auf den Anbauflächen spricht.

Ich fühle mich verpflichtet, an dieser Stelle deutlich Herrn Ministerialrat, Dr. WALTER EDER aus dem Ministerium für Umwelt und Forsten – Rheinland Pfalz für seine freundliche Stellungnahme zur Veröffentlichung der Ergebnisse meiner Untersuchungen über den Douglasienanbau in den Wäldern Polens und für die Organisierung der Finanzhilfe zur Deckung der Kosten der Übersetzung der Publikations in die deutsche Sprache herzlich zu danken.

Außerdem bin ich Herrn Prof. Dr. Dr. h.c. RICHARD K. HERMANN von der Universität Corvallis, Oregon, für sein geäußertes Interesse an der Veröffentlichung dieser Arbeit und für seine konkrete Hilfe hierzu sehr dankbar.

1 Vorannahmen – Systematik, Verbreitungsareal und Variabilität der Art

Die Erarbeitung der Ergebnisse der Einführung (Introduktion) der Douglasie in Polen unter den vorherrschenden forstlichen Standortbedingungen ist die Fortsetzung der Untersuchungen, die seit 1880 im westlichen und südlichen Teil Polens das deutsche (Eberswalde) und österreichische forstliche Versuchswesen (Mariabrunn) durchgeführt haben. Nach dem ersten Weltkrieg beschäftigten sich mit diesem Problem auch die Fakultät für Landwirtschaft und Forstwesen der Universität zu Poznań und die Forstfakultät der Hochschule für Forstwirtschaft in Warszawa. Das Interesse am Anbau der Douglasie unter vielen Forstleuten hat auf dem Gebiet Polens zur Entstehung einer großen Anzahl von Versuchsanbauten beigetragen, die jetzt ein sehr wertvolles Material für akklimatisations-ökologische Studien darstellen. Dies gilt vor allem für die biologischen Eigenschaften der Douglasienpopulationen, die sich durch einen hohen Grad genotypischer Variabilität (LARSEN 1937) sowie hohe Adaptationsfähigkeit (HERMANN 1993) und dynamisches Wachstum (SCHOBER 1963) auszeichnen. Diese Merkmale begründen die ökonomische Bedeutung der grünen Douglasie, die zu den wichtigsten Baumarten in der Weltforstwirtschaft gezählt wird (FOWELLS 1965). Der Wert von Versuchsflächen und Anbauflächen in Polen beruht auch darauf, dass sie jetzt Bestände bilden, die an das Standortmilieu angepasst sind und dass wir dadurch die Möglichkeit haben, die Ertragsleistung dieses Baums in unserem Lande kennen zu lernen. Im sehr unterschiedlichen Klima Polens herrschten innerhalb von 60 – 80 Lebensjahren der Douglasien- Population Verhältnisse, die eine Selektion der für uns wertvollen Genotypen begünstigten. Das Ziel der Aufnahme von breiter angelegten Untersuchungen über den Douglasienanbau in Polen war das Erkennen der Ertragsleistung, der ökologischen Anforderungen, der Möglichkeiten der Reproduktion und der wirtschaftlichen Brauchbarkeit dieser Baumart, je nach Mikroklima und Standort. Im Gegensatz zum örtlichen oder regionalen Charakter bisheriger Arbeiten über den Anbau der Douglasie wurden diesmal die Untersuchungsergebnisse auf Grund vom Material erarbeitet, das in fast allen Regionen Polens gesammelt wurde. Eine solche Betrachtung des Themas scheint gerechtfertigt, weil es notwendig war, die Waldstandorte (Milieus) festzulegen, in den der Douglasienanbau aus wirtschaftlichen Gründen erwünscht sein könnte.

Die Ansichten über die systematische Stellung der Douglasie haben sich mehrfach geändert. Gerechnet zur Familie *Pinaceae*, Unterfamilie *Abietoideae*, war sie anfangs als Art beschrieben, die der Reihe nach zu folgenden Gattungen gehört: *Pinus*, *Abies*, *Picea* und *Tsuga*. CARRIÈRE klassifizierte sie zur Gattung *Pseudotsuga*. Den jetzigen

Artnamen *P. menziesii* hat MIRBACH eingeführt, um die Entdeckung der Douglasie vom Archibald MENZIES auf der Insel Vancouver im Jahre 1971 unvergesslich zu machen.

Auf dem nordamerikanischen Kontinent wächst die Douglasie auf einem sehr großen Verbreitungsgebiet vom 55° nördlicher Breite im Britisch Kolumbien (GARMAN 1970), dem ganzen Massiv des Felsengebirges (Rocky Mountains) entlang bis nach Mexiko, wo isolierte Bestände noch in der Nähe des 19° nördlicher Breite, auf größeren Höhen gefunden wurden. Außerdem besetzt sie, in der Breitenkreisrichtung, das Gebiet von den Inseln im Stillen Ozean bis zu den östlichen Abhängen des Felsengebirges (FOWELLS 1965). Derselbe Verfasser unterscheidet im ausgedehnten Verbreitungsareal zwei Rassen, nämlich eine Küstenrasse oder grüne Douglasie (*P. menziesii* var. *menziesii*) und eine Rasse aus dem Felsengebirge, die blaue Douglasie (*P. menziesii* var. *glauca* (Beiss) Franco). Erstere besetzt die Gebiete westlich des Küstengebirges in Britisch Kolumbien, westlich der Kaskadengebirge in den Staaten Washington und Oregon und im westlichen Teil der Sierra Nevada in Kalifornien. In diesen Regionen, die als Land der Douglasie bezeichnet werden, hat die grüne Sorte die besten Wachstumsbedingungen und die Erträge der Douglasiebestände entsprechen drei Vierteln der gesamten Holzproduktion des amerikanischen Kontinents. Viel geringere wirtschaftliche Bedeutung hat die Rasse aus dem Felsengebirge. Die Nordgrenze ihres Verbreitungsareals verläuft im mittleren Teil Britisch Kolumbiens und in der Provinz Alberta. Weiter ist sie im Gebirge der Staaten Montana, Idaho und an den Osthängen des Kaskadengebirges und darüberhinaus im äußersten Kontinentalklima der Staaten Arizona und Colorado zu finden. In Mexiko umfasst die Verbreitung dieser Rasse noch das Gebiet östlich von Monterrey und im Gebirge Sierra Madre. Im Grenzbereich des Vorkommens der Rasse aus dem Felsengebirge mit der Küstenrasse (im Nordteil des Britisch Kolumbiens und im nord-östlichen Teil des Staates Washington) dominiert ein Douglasientyp mit mittleren Merkmalen (Abb. 1).

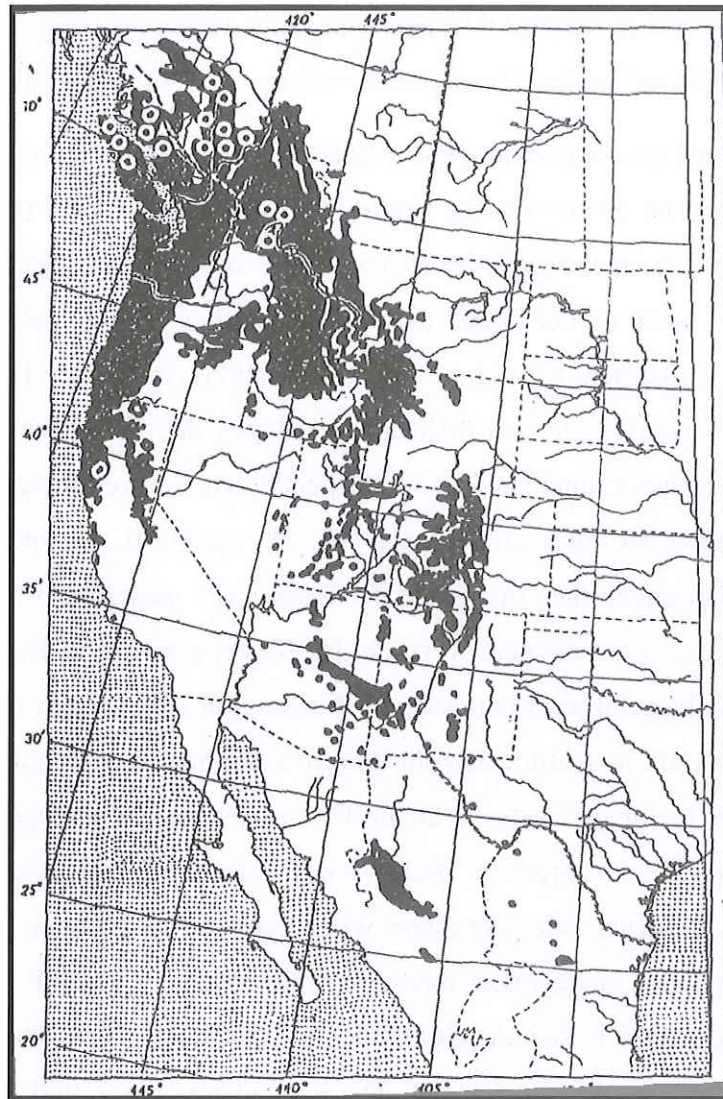


Abb. 1: Verbreitungsareal der Douglasstanne (*Pseudotsuga menziesii*) nach LITTLE (1971). Unterbrochene Linie trennt die Litoralvarietät (*P. menziesii* var. *menziesii*) von der Varietät aus dem Felsengebirge (*P. menziesii* var. *glauca*). Die Punkte bestimmen die wahrscheinliche Abstammung einiger Populationen in Polen nach Untersuchungen von BERNEY (1972)

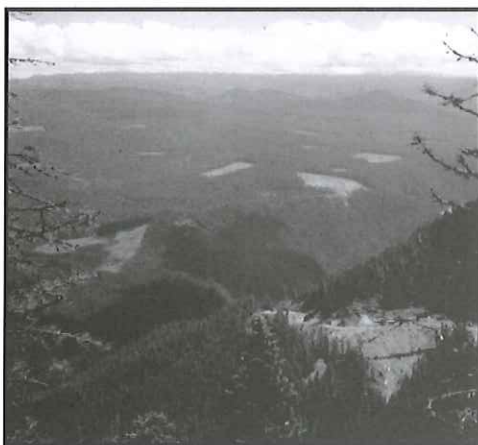


Abb. 1a: Douglasienland in Oregon
(Foto: R. K. Hermann)



Abb. 1b: Douglasienwald in Oregon
(Foto: R. K. Hermann)

In den Grenzen des Verbreitungsareals weist die Douglasie hohe Variabilität der phänotypischen- und physiologischen Eigenschaften auf, was sich in der Arttaxonomie widerspiegelt. Die früheren Klassifizierungsversuche von europäischen Botanikern wie ENGLER und PRANTL (1926), BEISSNER-FITSCHEN (1931), HENRY und FLOOD (1920), SCHWERIN (1922) und FLOUS (1936) lehnten sich hauptsächlich an morphologische Unterschiede der Douglasie an und trugen zur Unterscheidung einer größeren Anzahl von Arten oder systematischen Einheiten niedrigerer Reihe bei. Jedoch bereits REHDER (1967) beschränkt sich, ähnlich wie SCHENCK (1939), auf Ausweisung einer Art *P. taxifolia* (Poir.) Britt und dreier Rassen: var. *viridis* (Schwer.) Aschers et Graebn., var. *caesia* (Schwer), Aschers. et Graebn. und var. *glauca* (Mayr) Schneid.

Diese letzte Klassifikation war bis vor kurzem in der Literatur üblich. In der amerikanischen Taxonomie wurde auf die morphologischen Merkmale kein so großer Wert gelegt, weil, wie es scheint, die Skala der Artvariabilität (PEACE 1948) und die Differenzierung der Ökotypen im ganzen Verbreitungsareal (IRGENS-MÖLLER 1967) besser erkannt wurden.

Zu einer ähnlichen Synthese im Bereich der Douglasiensystematik kommen auch die gegenwärtigen Botaniker, die die Zusammenhänge zwischen der geographischen Verteilung der Art und der Morphologie der Zapfen und Samen sowie den zytologischen Eigenschaften, wie Zellkernvolumen und DNA-Anteil untersuchen (ALLEN 1961, TUSCO 1963, SZIKLAI 1967, EL-LAKANY, SZIKLAI 1971, YAO 1971).

Die angegebenen Beispiele einer systematischen Differenzierung veranlassen zu einer Zusammenfassung, die mit der Stellungnahme von PEACE (1948) übereinstimmt. Wir haben es hier mit einer großen Sammlung von veränderlichen Baumtypen zwischen zwei unterschiedlichen Typen, nämlich dem Küstentyp (Coastal) und dem Bergtyp (Colorado) zu tun. Der Küstentyp hat lange Zapfen mit ausgestreckten Samenschuppen sowie lange und dünne, dicht und kammartig liegende Nadeln. Der Bergtyp hat dagegen kleine Zapfen mit nach oben gebogenen Samenschuppen, kurze und eher dicke, bläuliche Nadeln, die nie kammartig liegen. Diesen Typ kennzeichnet eine hellbraune, fransig abschuppende Borke. Zwischen diesen äußerlich deutlich zu unterscheidenden Merkmalen der Douglasientypen treten alle Variabilitätsarten, sowohl im Küstenstreifen als auch im Felsengebirge, aber vor allem auf dem Gebiet Britisch Kolumbiens auf.

Hinsichtlich der Adaptationsfähigkeiten ist der Zwischentyp aus dem Gebiet des Flusses Fraser (Fraser River) bemerkenswert. Der Habitus eines ausgedehnten Kegels, steile Verästelung und Triebe, die an Enden nicht herabhängen, ist charakteristisch für ihn. Die Benadelung ist, im Vergleich mit dem Küsten- oder Bergtyp, knapp, mit nach oben gerichteten, gelblichen bis graugrünen Nadeln. Die Zapfen sind gekennzeichnet durch kleine Abmessungen und breite Samenschuppen, die über die Deckschuppen hinausreichen aber nicht nach außen gebogen sind.

Nach Meinung von PEACE ist jede Kombination der Merkmale des Küstentyps (Coastal) mit dem Bergtyp (Colorado) zu finden, wenn nicht an jedem Standort, dann wenigstens in jedem Klimagebiet, obwohl einige Merkmale in manchen Regionen dominieren können. Es ist die Tatsache zu betonen, dass verschiedene Douglasientypen in direkter Nähe in denselben Assoziationen wachsen, wodurch sich ihre Bereiche überdecken. Es wurde festgestellt, dass zwischen dem Bergtyp (Colorado) und dem Zwischentyp (Fraser River) morphologische Kontinuität besteht. Es gibt also keine Grundlage für eine Differenzierung von systematischen Einheiten niedrigerer Klassifizierung, wie var. *glauca* und var. *caesia*. Im Zusammenhang damit vermutet WOOD (1955) die Möglichkeit einer Penetration des Bergtyps der Douglasie in die Gebiete des Küstentypsereichs. Er geht davon aus, dass die Variabilität im Rahmen der Art nicht nur den Charakter einer Klimavariabilität, sondern auch einer Sprungvariabilität hat. Diese Ansicht scheint richtig zu sein, wenn man die Geschichte der Verbreitung der Douglasie (HALLIDAY und BROWN 1943, HERMANN 1985) und die Unterschiedlichkeit der Klimabedingungen an den westlichen Hängen des Felsengebirges und in den Flusstälern (Kolumbien, Fraser) in Betracht zieht.

Auch andere Verfasser (MÜNCH 1923, SYRACH-LARSEN 1937, MERKLE 1951) beschreiben wesentliche morphologische Unterschiede zwischen Bäumen derselben Population, wobei sich diese Differenzierung auf die Farbe, Länge und Lage der Nadeln an den Trieben sowie auf den Kronen- und Zweigbau bezieht. Die Durchdringung von verschiedenen Douglasientypen drückt sich nicht nur in morphologischen Merkmalen, sondern auch in den physiologischen Eigenschaften der Bäume aus. Davon können hohe Varianz der Frostresistenz, die sogar bei der Nachkommenschaft desselben Mutterbaums und zwischen den Populationen beobachtet wird (BELLMAN und SCHÖNBACH 1964) – sowie Unterschiede in der Wuchsdynamik (BIAŁOBOK, MEJNARTOWICZ 1970) und in der Widerstandfähigkeit gegen Krankheiten (SCHÖNBACH 1958) zeugen. Unter den Ökotypen, die im Felsengebirge auftreten, spielen die Differenzierung in der Rhythmik der saisonalen Baumentwicklung, vor allem des Anfangs und des Endes der Vegetationsruhe

sowie die Thermo- und Photoperiodizität (IRGENS- MÖLLER 1967) eine sehr große Rolle. Die oben beschriebenen Merkmale und die Anpassung der Douglasientypen werfen ein Licht auf die große Skala der Artvariabilität, die über die Adaptationsmöglichkeiten der Bäume unter verschiedenen Milieubedingungen entscheidet (STEBBINA 1957).

Der Zusammenhang zwischen verschiedenen Ökotypen der Douglasie und unterschiedlichen Anbauergebnissen außerhalb des Gebietes ihres natürlichen Verbreitungsareals hat zur Entwicklung von Provenienzuntersuchungen beigetragen, die in Deutschland SCHWAPPACH (1914) und MÜNCH (1923) begonnen haben. Die Ergebnisse der Provenienzuntersuchungen in Dänemark wurden zum ersten Mal von OPPERMANN (1929) veröffentlicht. Weitere Untersuchungen über den Einfluss der Herkunft auf das Wachstum, Qualität und Resistenz der Douglasienbestände wurden in Holland (VEEN 1951), Belgien (GALOUX 1952), Frankreich (LACAZE 1968), Großbritannien (WOOD 1955), Norwegen (SAETERSDAL 1963) und Italien (PAVARI und PHILIPIS 1941) durchgeführt.

Durch die Provenienzuntersuchungen in Europa und Vereinigten Staaten konnte man die charakteristischen Eigenschaften einzelner Herkünfte, hinsichtlich der Grades der Standorts- Toleranz feststellen. JAHN (1954) vergleicht die Ergebnisse der deutschen Versuche (ROHMEDER 1955, SCHOBER 1954, 1955) mit den amerikanischen Versuchen (MUNGER, MORRIS 1936, 1941) und macht auf die Herkünfte aufmerksam, die durch hohe dynamische Wuchspotenz und durch Adaptationsfähigkeit an unterschiedliche Standorte gekennzeichnet sind, wodurch sie an vielen Introduktionsstellen (Snoqualmie, Granite-Falls, Darrington) zu den besten gehören. Nach WOOD (1955) entstehen Provenienzen mit hoher genotypischen Elastizität an der Grenze verschiedener Standorte. Infolge von Kreuzbestäubung entstehen dort Populationen mit höchster Variabilität auf verhältnismäßig kleinen Flächen. Der Verfasser ist der Meinung, dass viele solch wertvolle Populationen bestehen, die in geographischer Hinsicht nicht definiert werden können. Sie können auch in Talkesseln an den Füßen der Berge auftreten, wo große Unterschiede in den Tag- und Nachttemperaturen vorkommen (MUNGER und MORRIS 1942).

In Polen wurden die Untersuchungen über die Anbaufähigkeit verschiedener Douglasienherkünfte auf Waldstandorten eigentlich erst Ende der sechziger Jahre begonnen. Damals hat die Dendrologieabteilung der Polnischen Akademie der Wissenschaften und das Forschungsinstitut für Forstwirtschaft an den Internationalen Provenienzforschungen der

IUFRO teilgenommen, die auf einer kontrollierten Sammlung von Douglasiensaatgut von 182 Herkünften aus Nordamerika (BURZYŃSKI 1979) basierten. Die Versuche von MEJNARTOWICZ (1973, 1976, 1979) haben nachgewiesen, dass sich unter den Provenienzen aus den Staaten Oregon, Washington und aus dem Britisch Kolumbien (104 Herkünfte) folgende Populationen durch ihr dynamisches Wachstum und ihre hohe Frostresistenz auszeichnen: Prindle, Conerete, Randle, Enumelaw und Dean. Sie haben auch nachgewiesen, dass die Überlebensfähigkeit der Bäume und deren Kälteresistenz mit der geographischen Breite positiv korreliert ist und dass die hohe Populationsvariabilität unter den frostempfindlichsten Herkünften eine Selektion der resistenten Bäume ermöglicht. Sehr wichtig ist die Korrelation zwischen dem Baumdurchmesser und der Anzahl und den Abmessungen der Zweige der Kronenbasis (je größere Kronen, desto größerer Durchmesser).

Interessant sind auch die Arbeiten von MEJNARTOWICZ (1976) über die Variabilität der grünen Douglasie mit Hilfe von isoenzymatischen Untersuchungen, die eine besondere Rolle in der Form- und Rassensystematik im Bereich einer Art spielen können (Kriterien der Differenzierung auf Grund von morphologischen Merkmalen der Nadeln, Zapfen und Samen erschienen unzuverlässig). Aus diesen Untersuchungen folgt, dass die genetische Vielfalt bei den Douglasienpopulationen viel größer als die bei Kiefer-, Fichten- und Lärchenpopulationen ist.

Eine Serie der Versuchsflächen mit Douglasienprovenienzen aus Nordamerika und aus den Anbaugebieten Polens, die BURZYŃSKI (1973, 1979) im Gebiet der Kraina Bałtycka, Kraina Mazursko-Podlaska und Kraina Małopolska angelegt hat, ermöglichte die Studien über die Frostresistenz und Anbaufähigkeit von ausgewählten Herkünften. Deren grundsätzliche Ergebnis (BURZYŃSKI 1999) ist ein Hinweis auf die Provenienzen, die sich durch ihr Zuwachspotential und Frostresistenz auszeichnen und sie somit für einen Anbau östlich der Weichsel geeignet erscheinen lassen. Für die Kraina Mazowiecko-Podlaska, Kraina Mazursko-Podlaska sowie Kraina Małopolska sind es folgende Herkünfte: Salmon Arm und Golden aus Britisch Kolumbien, mit dem zusätzlichen Hinweis, dass für Małopolska noch die Herkunft White Lake, ebenfalls aus Britisch Kolumbien, geeignet ist.

Ein wichtiger Erfolg von BURZYŃSKI (1999) ist auch die Evaluierung einiger polnischer Samenbeständen der Douglasie, nämlich Ryjewo, Paruszowiec, Osno und Dąbrowa Opolska, die für die Kraina Bałtycka als elitär anzuerkennen sind. Die Untersuchungen

haben endlich auf die geographische Abhängigkeit des Auftretens von frostempfindlichen und frostresistenten Provenienzen in deren Heimat sowie auf die Idee der Samenplantage mit erhöhtem Polymorphismus, der die geographisch entfernten Herkünfte charakterisieren, aufmerksam gemacht (DAUBENMIRE 1967).

Zu betonen ist jedoch die Tatsache, dass sowohl JAHN (1955) als auch SCHOBER (1963) in den Zusammenfassungen der europäischen und amerikanischen Provenienzversuche in erste Linie einen überraschend großen Einfluss der Milieufaktoren, vor allem des Klimas, auf den Zuwachs und Resistenz der grünen Douglasie feststellen, der nicht selten den Einfluss genetischer Eigenschaften übersteigt. Diese Feststellungen lassen den Schluss zu, dass die Provenienzversuche nicht überschätzt werden dürfen. Die Kenntnisse der Ökologie der Art sind nicht weniger wichtig als die Kenntnisse der Provenienz. Sie lassen die Anlage von rationellen Anbauflächen wertvoll werden, welche nicht nur das Überleben, sondern unter zutreffenden Bedingungen auch eine optimale Bestandesertragsleistung gewährleisten.

Zu eben diesem Zweck, d.h. zum Erkennen der ökologischen Ansprüche der Douglasie unter unseren Standortsbedingungen, sollten die alten Bestände in Polen dienen. Sie wurden am Ende des 19. und am Anfang des 20. Jh. angelegt, als die Forstleute ein großes Interesse für fremdländische Baumarten hatten. Die Herkunft der meisten dieser Bestände ist unbekannt. Trotzdem äußern viele Autoren, vor allem Genetiker, ihre Überzeugung, dass die älteren Pionierbestände, die leistungsfähiger als die einheimischen Arten sind, einen hohen Wert für den Anbau haben (SCHÖNBACH 1958). Alte Populationen haben schon die schwierigen Tests bestanden und sind wegen ihrer hohen Heritabilität vieler Merkmale beachtenswert (KOESTLER 1950). Die Kenntnisse über ihre Entwicklungseigenschaften lassen es zu, Schlüsse zu ziehen, die in Selektionsprogrammen brauchbar werden, wobei sich ein Nutzen auch aus dem Bestehen einer größeren Anzahl von kleineren Beständen oder kleinen Saatkulturen der fremdländischen Baumarten ergeben kann (MORANDINI 1963). Gut wachsende lokale Samenplantagen dieser Bäume bilden eine Quelle für Saatgut mit größter Bedeutung für dieselbe Region (BOUVAREL 1958). Aus diesen Beurteilungen wächst die Überzeugung, dass man mehr Erfolg durch die Reproduktion der an unsere Bedingungen angepassten fremdländischen Baumarten haben wird, als durch die weitere Suche nach besseren Provenienzen (ROWE 1964). In jedem Fall ist es ratsam die lokal ausgewählten Douglasienbestände an der ersten Stelle in der Liste der Provenienzen, die in einer bestimmten Region anzubauen sind, aufzuführen (ZIMMERMANN 1972).

An dieser Stelle möchte ich vor allem dem bereits verstorbenen Prof. Dr. S. BIAŁOBOK, Direktor des Instituts für Dendrologie bei der Polnischen Akademie der Wissenschaften in Kórnik für die Ermöglichung der Versuchsdurchführung und für die inzwischen zeitlich gegebenen, wertvollen Ratschläge und Informationen sowie das ständige Interesse für dieses Thema danken.

Weiter danke ich sehr herzlich Prof. Dr. L. KRÓLIKOWSKI, Prof. Dr. W. MUCHA und Prof. Dr. Z. PRUSINKIEWICZ für Konsultationen betreffs Bodenuntersuchungen, Prof. Dr. habil. M. GIERTYCH für Konsultationen im Bereich der Versuchsmethodik und Prof. Dr. habil. BALCERKIEWICZ für die Erarbeitung einer Diagnose der Pflanzengesellschaften. Ich danke Dipl.-Ing. ANTOSIEWICZ dafür, dass er mir die Karteien der Samenprüfstation beim Forschungsinstitut der Forstwirtschaft in Warszawa zur Verfügung stellte. Mit eingehender Würdigung danke ich auch Frau M. WAWRZYŃIAK für ihre mühsame Arbeit bei den Messungen und Berechnungen der Stammanalyse der Bäume und bei der Ausfertigung der Diagramme.

2 Versuchsmaterial und -methodik

Versuchsflächen

Versuchsgegenstand waren permanente Versuchsflächen und ausgewählte Versuchsanbauten der grünen Douglasie, die in den Jahren 1881 – 1939 auf dem Gebiet unseres Landes angelegt wurden.

Zu den wertvollsten gehören Versuchsflächen, deren Ziel die Lieferung genauer Informationen über die Entwicklung der Bestandesstruktur und die Massenleistung bei unterschiedlicher Durchforstung während des ganzen Bestandeslebens war. Das Institut für Forstwissenschaften in Eberswalde hat uns die Ergebnisse der periodischen Messungen aus dem Zeitraum 1907 – 1939 übergeben, die auf vier Anbauflächen der Douglasie im Alter von 80 – 88 Jahren in Polen (Stary Kraków, Karsko, Pokrzywno, Lubawka) aufgenommen wurden. Auf diesen Flächen sind die Bäume nummeriert; es wurden auch die Grenze und der Umfangstreifen genau bestimmt.

Alle übrigen Versuchsanbauten der Douglasie dienten allgemeinen Beobachtungen des Einflusses der Umweltfaktoren auf das Wachstum und zum Erkennen der biologischen Eigenschaften der Douglasie. Bei vierzehn der ältesten Flächen besteht eine Dokumentation, die Daten über die Anlage der Flächen, Ergebnisse ihrer ersten Messungen im Alter von 25 Jahren und Bemerkungen zur Baumgesundheit enthält.

Viele Versuchsanbauflächen der Douglasie auf dem ganzen Gebiet des Landes haben keine Dokumentation, stellen aber ein sehr wertvolles Material für ökologische Untersuchungen dar.

Wie aus der Karte der Flächenverteilung (Abb. 2) ersichtlich ist, konzentrieren sich die meisten Douglasienbestände im westlichen Teil des Landes, insbesondere im Westteil des fichtenfreien Gebietsstreifens (ehemalige Wojewodschaften: Poznań, Szczecin, Koszalin und Gdańsk).

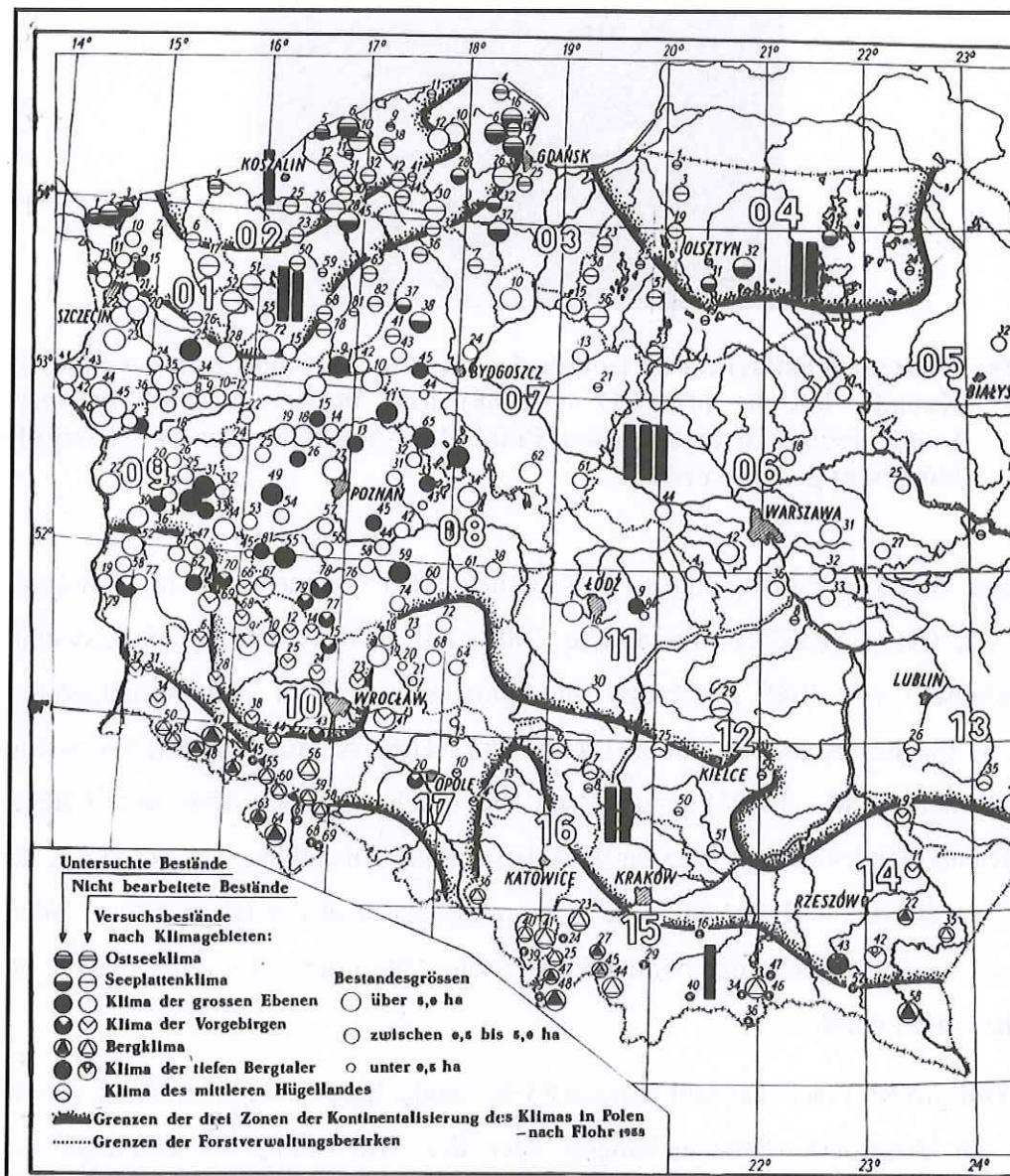


Abb. 2: Verteilung der Versuchsbestände der Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*) in Polen in den vom ozeanischen Klima (I, II) und Kontinentalklima (III) beeinflussten Zonen

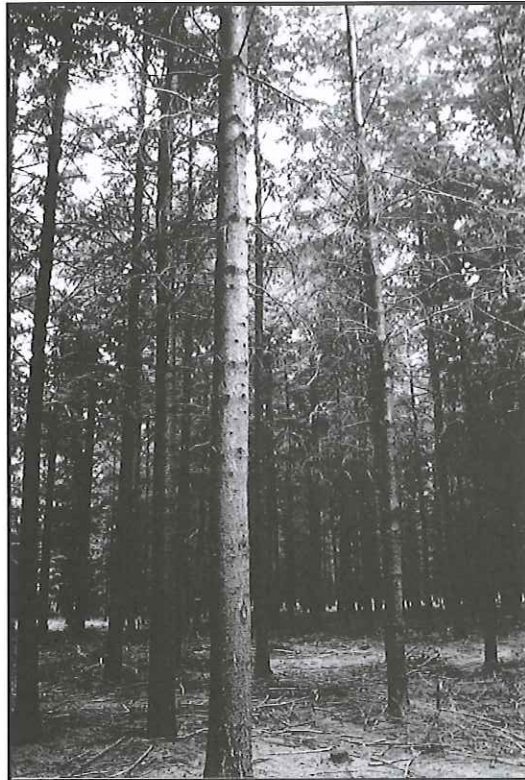


Abb. 2a: Feldversuchsfläche der Douglasie, die aus 104 Herkünften von USA und Kanada besteht (JUFRO – 1968) und in der Versuchsförsterei des Dendrologischen Instituts der Polnischen Akademie der Wissenschaften in Kórnik angelegt wurde

An dieser Stelle ist hinzuzufügen, dass aktuell nach den neuesten Inventurunterlagen (KUSIAK, CHYLARECKI und andere 2000) auf dem Gebiet der Staatswälder das Vorhandensein von 1648 Beständen mit Douglasienanteil in 176 Oberförstereien auf 4852,1 ha Fläche festgestellt wurde. Davon sind 441,88 ha Bestände mit überwiegendem Douglasienanteil (80 – 100%) ausgewiesen. Die durchschnittliche reduzierte Fläche eines Douglasienbestandes beträgt 0,85 ha. Aus den Zusammenstellungen geht hervor, dass die größte Anzahl, d.h. 122 Bestände der grünen Douglasie in der Oberförsterei Gdańsk zu finden ist, wo auch der in der Landesskala größte Anteil der reduzierten Fläche, nämlich 85,98 ha notiert wurde.

Aus dieser großen Flächenanzahl wurden 83 Bestände, hauptsächlich im Alter von 40 – 88 Jahren für detaillierte Untersuchungen über das Wachstum, die Ökologie und die Flächenzunahme der Douglasie in Polen ausgewählt. Unter den ausgewählten Beständen waren 79 Rein- und 4 Mischbestände, in den neben der Douglasie die Kiefer, die Fichte, die Buche und die Eiche vertreten sind. In diesen Beständen ist die Douglasie vor allem

durch den Küstentyp "Coastal" (71 Flächen), den intermediären Typ "Fraser River" (9 Flächen) und nur an einigen Stellen durch den Typ "Colorado" (3 Flächen) vertreten.

Die ausgewählten Versuchsbestände befinden sich im allgemeinen in einem guten Zustand und bilden reguläre, meistens rechteckige Flächen von 0,20 bis 7,00 ha. Am häufigsten sind die Douglasienbestände im Alter von 61 – 80 Jahren (32 Flächen) und im Alter von 41 – 60 Jahren (25 Flächen) vertreten. Im Alter von 81 – 100 Jahren waren es 19 Bestände. Die letzten Inventurunterlagen (Kusiak, Chylarecki und andere 2000) haben nachgewiesen, dass zu den ältesten die Douglasienbestände in den Oberförstereien Nowe Ramuki (155 Jahre), Zdroje (145 Jahre), Czaplonek (144 Jahre), Karniszewice (140 Jahre), Bardo Śląskie (140 Jahre) und Leśny Dwór (135 Jahre) zu zählen sind.

Wenn wir das Alter, die Anpassung an unsere unterschiedlichen Klimaregionen, die große Flächenanzahl und -größe, die einheitliche Artenzusammensetzung und die verschiedenen Standortsbedingungen der Versuchsbestände berücksichtigen, sind sie, trotz gewisser Mängel, ein sehr wertvolles Versuchsmaterial.

Ein Nachteil der uns am meisten interessierenden Douglasienbestände in Polen ist vor allem der Mangel an Daten über deren Herkunft. Vor einiger Zeit wurden in der Forstfakultät der Universität in British Kolumbien in Vancouver, Dank dem Entgegenkommen von Prof. O. SZIKLAI, Untersuchungen angestellt, die zur näheren Bestimmung der Herkunft von zwanzig Douglasienbeständen in Polen beigetragen haben. Diese Untersuchungen hat BERNEY (1972) durchgeführt. Sie verglichen die Eigenschaften der in Polen gewonnenen Zapfen und Samen mit den Eigenschaften von 124 amerikanischen Populationen, die im nord-westlichen Teil des Gebietes des Douglasienareals zu finden sind.

Mit Hilfe der Methode des Samentests (ALLEN 1960) und unter Berücksichtigung des relativen DNA-Gehalts in den Keimzellen (EL-LAKANY und SZIKLAI 1971) und der Zapfenmorphologie (YAO 1971) wurde in gewisser Annäherung der Douglasientyp, die geographische Breite und die Klimazone des Gebietes, aus dem die ausgewählten Bestände in Polen abstammen, festgelegt. Wie aus der beigefügten Aufstellung zu erkennen ist (Tab. 2), hat Berney die Herkunft von 14 Douglasienbeständen in Polen bestimmt, für die die angewandten statistischen und Klassifizierungsmethoden gleiche Ergebnisse erbrachten. Nur fünf Provenienzen davon haben die Eigenschaften des Küstentyps (Coastal); die neun übrigen wurden dem Kontinentaltyp (Interior) zugeordnet. Die meisten unserer Provenienzen, die von BERNEY (1972) untersucht wurden, stammen aus British

Kolumbien, aus Gebieten, die zwischen 49° und 54° nördlicher Breite liegen, wobei vier - Woliński Park Narodowy, Miradz sowie Ujsoły und Pokrzywno - dem Küstentyp und andere, z.B. Biały Bór, Sośno, Ryn, Kaczory, Dolice, Świebodzin, Brójce dem Kontinentaltyp zugerechnet werden konnten. Nur zwei Provenienzen, d.h. Kowary und Gołębki, stammen aus dem Staat Washington, aus den Gebieten, die am Fuß der Rocky Mountains liegen. Die Ausgangspopulationen, die auch zum Kontinentaltyp gezählt werden, sollen zwischen 46° und 49° nördlicher Breite auftreten. Es wurde auch festgelegt, dass Ursprung der Provenienz des Küstentyps die Umgebung von Krosno a. Wisłok, Kalifornien, und genauer das Gebiet zwischen 38° und 40° nördlicher Breite, ist.

In Bezug auf die Provenienzen Międzyzdroje, Dobrzany, Purda Leśna, Jarocin, Skorzęcin und Duszniki gibt der Verfasser an, dass sich die Ausgangspopulationen in der Küstenzone Britisch Kolumbiens, also in der Region befinden, aus der die meisten untersuchten Douglasienprovenienzen stammen. Er betont jedoch, dass in diesem Falle die Ergebnisse der eingesetzten Klassifikationen nicht völlig übereinstimmen. Die Bestimmung ihrer Herkunft ist weniger sicher. Allgemein kann man sagen, dass die Untersuchungen von Berney ein Versuch sind, die Brauchbarkeit morphologischer Merkmale und ausgewählter statistischer Methoden für die Festlegung der Provenienz von unbekanntem Populationen fremdländischer Bäume zu überprüfen. BERNEY ist der Meinung, dass er die wahrscheinliche Abstammung der Douglasienbestände in Polen feststellen konnte.

Bei der Auswahl der Versuchsflächen versuchte man, in erster Linie die Auswirkung verschiedener makroklimatischer Bedingungen zu berücksichtigen. Deshalb wurden für die Untersuchungen Bestände bestimmt, die im Bereich der wichtigsten Klimatypen in Polen auftreten, wobei eine Teilung des Landes in die Klimatypen gemäß der Klassifizierung nach ROMER (1949) angenommen wurde. Der Gegenstand der Untersuchungen waren die Versuchsbestände der Douglasie in der Zone des Ostseeklimas an den Słowiński und Kaszubski Küstengebieten, in der Zone des Seenplattenklimas auf der Pommerschen und Masurischen Seenplatte (8 Flächen), in der Klimazone der großen Ebenen in der Wielkopolska-Kujawy Ebene (33 Flächen) und in der Klimazone der Vorgebirge in der Nizina Śląska (3 Flächen) und in der Bergklimazone auf dem Gebiet der Sudeten, Beskid Żywiecki und Pogórze Dynowskie (15 Flächen). Im Rahmen der einzelnen Klimazonen wurden auch die Douglasienflächen berücksichtigt, die durch deutliche Unterschiede des Bodentyps und der Bodenart sowie der Wasserverhältnisse gekennzeichnet sind, was sich in den unterschiedlichen Ergebnissen der Introduktion dieser Baumart widerspiegelt. Um den Einfluss des Lokalklimas zu begrenzen, wurden oft Versuchsflächen in benachbarten

Oberförstereien (Miradz – Gołębki, Leszno – Dąbcze) oder sogar einige Flächen mit verschiedener Wuchsdynamik in den Grenzen einer Oberförsterei (Boruszynek) gewählt. Damit konnte man auch den Einfluss der Bodenverhältnisse und Pflanzenassoziationen auf das Wachstum und die Naturverjüngung der Douglasie beobachten.



Abb. 3. Bäume der grünen Douglasie an den Rändern der Versuchsfläche (Stary Kraków)

Bemerkungen über die Untersuchungsmethoden

Es wurde angenommen, dass der verschiedene Grad der Kontinentalität des Klimas, der durch das Verhältnis der Jahresniederschlagssumme zur Amplitude der mittleren Monatstemperaturen ausgedrückt wird, einen großen Einfluss auf den Verlauf des Douglasienwachstums (FLÖHR 1958) hat. Auf Grund des Werts des Koeffizienten des Kontinentalismus hat BOROWIEC (1965) in Polen drei Klimazonen unterschieden, die eine getrennte Prüfung der im Bereich des Klimas mit ozeanischen Einflüssen wachsenden Bestände (Zone I und II), also unter Bedingungen, die für den Douglasienanbau günstig sind, ermöglichten. Dazu gehören folgende Versuchsflächen: im Norden Stary Kraków (Abb. 3), Ustka, Międzyzdroje, Kamień Pomorski, Dobrzany, Lutówko, Sośno, Wirty,

Goleniów, Wieżyca und Mestwinowo und im Süden Duszniki, Pokrzywno, Kowary und Sucha Beskidzka, Ujsoły, Węgierska Górka, Kańczuga, Krosno und Lesko. Außerdem wurden für eine Vergleichsanalyse die Douglasienbestände aus der Klimazone mit deutlichen Kontinentalmerkmalen (Zone III) von den übrigen getrennt. Die Versuchs- und Probebestände wurden in der Reihenfolge der Klimazonen zusammengestellt, laufend nummeriert (Tab. 1) und in der Karte der Flächenverteilung (Abb. 2) dargestellt.

Die Tätigkeiten im Gelände umfassten:

- 1) die Charakteristik der Waldstandorte, d.h. Aufnahme der Makroklimamerkmale, der edaphischen Bedingungen und der Vegetation,
- 2) die Charakteristik der Versuchs- und Probebestände, die auf einer Messung der strukturellen Eigenschaften, Beschreibung des Baufaufbaus (Qualitätsklassifikation), Darstellung der morphologischen Merkmale und auf dem Sammeln von Informationen über die Entstehung des Bestandes und über die angewendeten Pflegemaßnahmen beruhte,
- 3) Beobachtung der phänologischen Erscheinungen der Bäume und Sammeln des zur Analyse des Baumwachstums notwendigen Materials.

Die Klimabedingungen wurden in graphischer Form mittels Gaussen-Walter-Diagrammen dargestellt, wodurch zusätzliche Informationen über die pflanzenverfügbare Luftfeuchtigkeit und über das Auftreten und die Zeitdauer der Frühlingstrockenzeiten und die Länge der Vegetationszeit erhalten werden konnten. Von diesen Faktoren hängt in bedeutendem Maße die Anpassung der Pflanze an neue Lebensbedingungen ab.

Bei den Bodenuntersuchungen wurden diese Bodeneigenschaften in Betracht gezogen, die für die Diagnostik und Produktivitätsbeurteilung der Böden nötig sind. Es wurden also das geologische Ausgangsmaterial (Bodengattung), die morphologischen Eigenschaften, einige physikalische Eigenschaften (Bodentyp), mechanische Zusammensetzung (Bodenart) und der Basensättigungsgrad des Sorptionskomplexes sowie der Nährstoffreichtum der Böden bestimmt. Analytische Untersuchungen umfassen die Bestimmung der aktiven und Austauschazidität sowie die Bestimmung des Gehalts von Nährstoffen wie Kalziumkarbonat, leicht aufnehmbarer Phosphor, Kalium und Gesamtstickstoff. Die Bodenanalysen und ihre Interpretation wurden im Zentrallabor der Polnischen Bodenkundlichen Gesellschaft in Warszawa unter der Leitung von Prof. Dr. L. KRÓLIKOWSKI und im Labor des Lehrstuhls für Bodenkunde bei der Landwirtschaftlichen Akademie in Poznań unter der Leitung von Prof. Dr. W. MUCHA durchgeführt.

Die Charakterisierung der Pflanzengesellschaft beruhte auf der Aufstellung einer Artenliste nach Schichten und der Einschätzung des Deckungs- und Soziabilitätsgrades für alle Arten nach der Braun-Blanquet-Skala. Die Bestimmung der Arten und Diagnose der Pflanzengesellschaften auf den Versuchsflächen hat Dr. M. BALCERKIEWICZ, Assistent beim Lehrstuhl für Pflanzenökologie und Umweltschutz der Adam Mickiewicz-Universität in Poznań, durchgeführt.

Wie bereits am Anfang betont, sind unsere Untersuchungen auf vielen Versuchsflächen eine Fortsetzung der Untersuchungen über das Wachstum fremdländischer Baumarten, die das deutsche Institut für Forstwissenschaften in Eberswalde durchführte. Deshalb schien es zweckmäßig zu sein, eine einheitliche Berechnungsmethode der Haupttaxationselemente der Bestände anzuwenden, die mit der damals angewandten übereinstimmte, damit die Kontinuität der Untersuchungen gewahrt und die periodischen Messungen, die auf einigen Flächen seit 1910 nachgewiesen sind, genutzt werden konnten.

In den Douglasienbeständen wurden, unter verschiedenen ökologischen Bedingungen, Versuchsflächen mit 0,25 – 0,50 ha Fläche abgesteckt.

Neben dem durchschnittlichen Brusthöhendurchmesser, der Bestandeskreisfläche und Kreisflächenmittelhöhe wurde auch die Oberhöhe berechnet. Dieser Wert wurde auf Grund der mittleren Höhe von ca. 20% Bäume aus den vorherrschenden Klassen (I. Klasse nach KRAFT) und den herrschenden Klassen (II. Klasse nach KRAFT) bestimmt. In den von Mc ARDLE (1961) erarbeiteten Ertragstafeln der Douglasienbestände ist die Oberhöhe ein Kriterium für die Einreihung des Bestandes in eine der fünf Ertragsklassen.

Viele Verfasser sind der Meinung, dass die Oberhöhe eine bessere Einschätzung der Bonität des Standortes als die Mittelhöhe zulässt, weil sie wesentlich geringer auf die Abnahme der schwächsten Bäume während der Durchforstung reagiert. Man ist der Ansicht, dass die vorherrschenden und herrschende Bäume hinsichtlich der Angehörigkeit zur biologischen Klasse am stabilsten sind. Nach KRAMER (1959) und anderen, z.B. ETTER (1949/50), ASSMANN (1959), CHAPMANN und MAYER (1949) informiert die biologische Oberhöhe am besten über das Wachstum und die Entwicklungsmöglichkeiten des Bestandes auf bestimmtem Standort und ist deshalb bei ökologischen Untersuchungen sehr brauchbar.

Auf Grund von erhaltenen Messdaten wurde der Massenertrag der Douglasienbestände mittels der Methode gleicher Kreisflächen nach Hartig berechnet. In jeder Stärkeklasse wurden 2 Modellbäume gewählt und gefällt. Die Stammanalyse der aus der

vorherrschenden Klasse entnommenen Modellbäume lieferte Informationen über den Verlauf des laufenden Jahreszuwachses und des Durchschnittszuwachses, der Baumhöhe, des Brusthöhendurchmessers und des Massenertrages.

Auf den Versuchsflächen, die sich durch Auftreten der Naturverjüngung auszeichnen, wurde die biologische Struktur des Unterwuchses getrennt aufgenommen. In der Oberförsterei Miradz wurden in zwei Abteilungen in dem Mutterbestand der Douglasie und auf der Fläche der Naturverjüngung eine Transsektachse abgesteckt und die gegenseitige Lage der Bäume, deren Dicke, Höhe und Kronenbreite in einem Streifen von 10 m Breite und 100 m Länge gemessen.

Die Anordnung der Douglasiennaturverjüngung sowie der Bäume und Sträucher im untersuchten Forstkomplex wurde graphisch im Aufriss dargestellt. Dadurch wurde ein Überblick über die Struktur des herrschenden und des Unterstandes erhalten, die die Naturverjüngung der Douglasie begünstigt.

Um die Ergebnisse der Untersuchungen auf eine größere Anzahl der Flächen zu stützen und die fehlenden Glieder in den ökologischen Reihen der untersuchten Bestände zu ergänzen, wurden Messpunkte installiert. In einem Streifen von 10 – 15 m Breite, der im Douglasienbestand bestimmt wurde, wurden die Brusthöhendurchmesser und Höhen von 20 – 25 stichprobenweise gewählten Bäumen gemessen, die nach den Vorgaben der Tarifmethode von HUMMEL (1955, 1962) die Populationen genügend repräsentieren..

Außerdem wurden unter fünf extremen makroklimatischen Bedingungen (Międzyzdroje, Brody, Miradz, Purda Leśna, Ujsoły und Krosno) phänologische Beobachtungen der Douglasien und anderer Indikatorpflanzen vorgenommen, die die Dauer der phänologischen Jahreszeiten in der betreffenden Klimazone repräsentieren. Das Ziel der Beobachtungen war es, die Zeit des Knospentreibens, des Blühens sowie des Samenansatzes und der Samenverbreitung der Douglasie zu untersuchen. Sie sollten auch dem Erkennen der Adaptationsfähigkeit dieser Baumart dienen.

Bei der Analyse des Anpassungsgrades der Douglasie an verschiedene Standortbedingungen und deren Einflusses auf die Produktivität der Bestände wurden folgende Aspekte berücksichtigt:

1. Die Oberhöhe des Bestandes (h_{dom}), die seine Klassifizierung zu einer von fünf Standortbonitäten nach Mc ARDLE (1961) und somit seinen Vergleich mit der Leistung der Bestände in dem Verbreitungsareal ermöglicht.

2. Die durchschnittliche Bestandeshöhe (h_L), weil sie eine Beurteilung der Anbauergebnisse in Polen vor dem Hintergrund des Wachstums der Douglasienbestände in Europa entsprechend der Bonität nach KANZOW (1937), HENGST (1958) und nach HUMMEL und CHRISTIE (1953) ermöglicht.
3. Die Struktur der nach Stärkenklassen zusammengestellten Messungen der Bäume, der durchschnittliche Brusthöhendurchmesser ($d_{1,3}$) und der Koeffizient (S_x), der die Populationsstreuung bestimmt sowie die Baumzahl (N), die Kreisfläche (G) und die Massenleistung des Bestandes (V).
4. Der Verlauf des laufenden jährlichen Höhenzuwachses, des Brusthöhendurchmessers und des Volumens der vorherrschenden Bäume, die die unterschiedliche Dynamik des Douglasienzuwachses auf den verschiedenen Anbauflächen widerspiegeln.
5. Die Übereinstimmung der Jahresrhythmik der wichtigsten Lebenserscheinungen der Douglasie mit der Klimarhythmik im Anbaumilieu.

3 Versuchsergebnisse

3.1 Wachstum, Leistung und Qualität der Douglasienbestände in Polen

Zum Erkennen der Leistungsfähigkeit der Douglasienbestände bedurfte es einer Analyse der Taxationsdaten der Bestände (Tab. 1) und des Verlaufs des Baumwachstums unter bestimmten Standortsbedingungen. Zu den wichtigsten Eigenschaften, die die untersuchten Bestände unterscheiden, wurden die Oberhöhe und Mittelhöhe des Bestandes, der Mitteldurchmesser, der Dispersionskoeffizient des Durchmessers und der Höhe, die Baumdichte (Stammzahl) auf einer Flächeneinheit, die Bestandeskreisfläche, der Bestandesvorrat, die Gesamtwuchsleistung und der Bestandeszuwachs gezählt. Die zusammengestellten Werte sind zur Beurteilung der wirtschaftlichen Brauchbarkeit eines Bestandes notwendig.

Bei der Analyse der Daten wurden als Bezugsniveau die entsprechenden Werte und Leistung einheimischer Bestände und der besten Douglasienbestände in Mitteleuropa angenommen.

3.1.1 Analyse der Höhe, Dichte, Durchmesser, Kreisfläche und Masse der Douglasienbestände in Polen und in anderen Ländern Europas

Aus dem Vergleich der Mittelhöhen der Douglasienbestände in Polen mit den Bonitätsklassen, die auf Grund von Ertragstafeln von KANZOW und WIEDEMANN

(1937/46) und HENGST (1958) erarbeitet wurden, ist ersichtlich, dass die Streuung der Mittelhöhen mit der Spanne von drei Bonitäten von HENGST (Abb. 4) am meisten übereinstimmt. Die Bestände der Douglasie im Alter von 88 Jahren erreichen bei uns von 28,5 bis 39,0 m Höhe. Große Unterschiede der Mittelhöhen, die ca. 10 m betragen, sind, unter anderen, ein Ergebnis der Flächenanordnung unter den jeweils herrschenden Standortsbedingungen. Die Mittelhöhe der Douglasienbestände im Alter von 80 Jahren beträgt in Polen ca. 32,5 m, was der II. Bonitätsklasse nach KANZOW und WIEDEMANN entspricht. Die Kurve dieser Klasse bildet die Streuungsachse der Mittelhöhen der Douglasienbestände in Polen.

Auf vielen unseren Versuchsflächen wurde ein geringeres Wachstum als auf den Flächen in Norddeutschland festgestellt. Die Mittelhöhen unserer Bestände sind deutlich niedriger. Es scheint, dass dies durch die höhere Dichte der auf einer Flächeneinheit stockenden Bäume in Polen verursacht wird. Neben diesen Versuchsflächen haben wir auch solche, wie in den Sudeten und Beskiden, welche die Grenze der I. Bonität von KANZOW und WIEDEMANN überschreiten.

Aus dem Vergleich der deutschen Höhenbonitäten mit denen von HUMMEL und CHRISTIE (1951) wird deutlich, dass sich die Douglasienanbauten auf den Britischen Inseln durch ein besseres Wachstum auszeichnen, als bei den meisten Anbauflächen in Polen und in Deutschland festzustellen ist. Der Unterschied zwischen der I. Bonität von HENGST und der I. Ertragsklasse von HUMMEL und CHRISTIE für die Douglasienbestände im Alter von 60 Jahren beträgt ca. 4 m. Es ist jedoch zu betonen, dass unsere besonders gute Douglasienbestände in Duszniki und in Stary Kraków hinsichtlich der Mittelhöhe sehr guten Beständen in England, Holland und Dänemark gleichkommen. Sie sind dagegen nicht so gut wie die besten Douglasienbestände in Wogezy (Straßburg: 78 Jahre 43 m) und in Niedersachsen (Lonau: 77 Jahre – 41,1 m).

Tab. 1: Lageorte der Douglasienbestände

Aktueller Lageort	Früherer Lageort	Deutscher Name der Oberförsterei
Babki	Kórnik 1h	
Bogdaniec 167j	Bogdaniec 167k	
Bydgoszcz / Einbuße	Nakło 100	
Bystrzyca Kłodzka 309a	Pokrzywno 309c	Nesselgrund
Choszczno 883g	Dolice 168h	
Dobrzany 448a	Dobrzany A 448a	
Dobrzany 448d	Dobrzany B 448d	
Dukla 86d	Krosno 86d	
Gdańsk 112a	Gniewowo 66a	
Giżycko / Einbuße	Ryn 23a	
Gniezno / Einbuße	Skorzęcin 24f	
Gołębki A, 21f	Gołębki A, 22i	Taubenwalde
Gołębki B, 5i	Gołębki B, 6h	Taubenwalde
Gołębki C, 77c	Gołębki C, 76b	Taubenwalde
Gryfice 633d	Kamień Pomorski 93d	
Gryfice 692f	Kamień Pomorski 102f	
Gryfice 692d	Kamień Pomorski 102d	
Jarocin A, 180a	Jarocin A, 180a	
Jarocin B, 196b	Jarocin 13, 196b	
Kaczory 12i	Kaczory 12i	
Kaliska 37	Wirty B 61a	Wirthy
Kaliska 37z	Wirty A 61t	Wirthy
Kamienna Góra A, 268d	Lubawka A, 268d	Ullersdorf
Kamienna Góra B, 253c	Lubawka B, 253b	Ullersdorf
Kańczuga	Kańczuga 45a	
Karczma Borowa 221b	Leszno 75	
Kartuzy 17a	Wieżyca 117a/b	
Kościan 256i	Mochy 256i	
Krucz 158g	Boruszynek A, 60k	
Krucz 161d	Boruszynek B, 28f	
Krucz 158g	Boruszynek C, 28f	
Lesko 59c	Lesko 59c	
Lubsko 21j	Brody 121h	
Lutówko A, 150	Lutówko A	Lutau
Lutówko B, 134j	Lutówko B, 134j	Lutau
Łopuchówko 165	Kąty 43h	Eckstelle
Miastko 24c	Biały Bór 290	
Międzyzdroje A, 62c	Międzyzdroje A	
Międzyzdroje B	Międzyzdroje B	
Miękinia 236g	Sobótka 236g	Zobten
Miradz A, 132a	Miradz A / besteht nicht	
Miradz B. 69f	Miradz B, 69c	Mirau

Miradz C, 127i	Miradz C, 127c	Mirau
Nowa Sól 176h	Kożuchów 105r	
Nowa Sól / Einbuße, Hochwasser	Przyborów 242d	Tschiefer
Olsztyn 243a	Purda Leśna A, 308a	
Olsztyn 240d	Purda Leśna B, 285f	
Opole 111g, Af	Dąbrowa Opolska 111h	
Runowo 156g	Sośno 131a	
Rogów/Arboretum Rogów 108/109	Rogów/Arboretum 108/109	
Sławno 85c	Stary Kraków 85b	Allkrakow
Stargard Gdański / beseitigt	Mestwinowo 38c	
Sucha Beskidzka 83c	Zawoja A, 83c	
Sucha Beskidzka 173c	Zawoja B, 173c	
Śnieżka 87f	Kowary, 87c	
Świebodzin 300k	Brójce 269n	
Świebodzin 335d	Świebodzin 218f	
Ustka 229c	Ustka 229c	
Ujsoły A, 59c	Ujsoły A, 59c	
Ujsoły B, 172h	Ujsoły B, 172h	
Ujsoły C, 172a	Ujsoły C, 172a	
Woliński Park Narodowy	Woliński Park Narodowy 57d	
Zaporowo	Zaporowo 170c	
Zdroje 183g	Duszniki 183f	Reinerz
Żmigród A, 220g	Żmigród A, 246f/ der größte Teil beseitigt	
Żmigród B, 220b. beseitiat	Żmigród B, 246b	

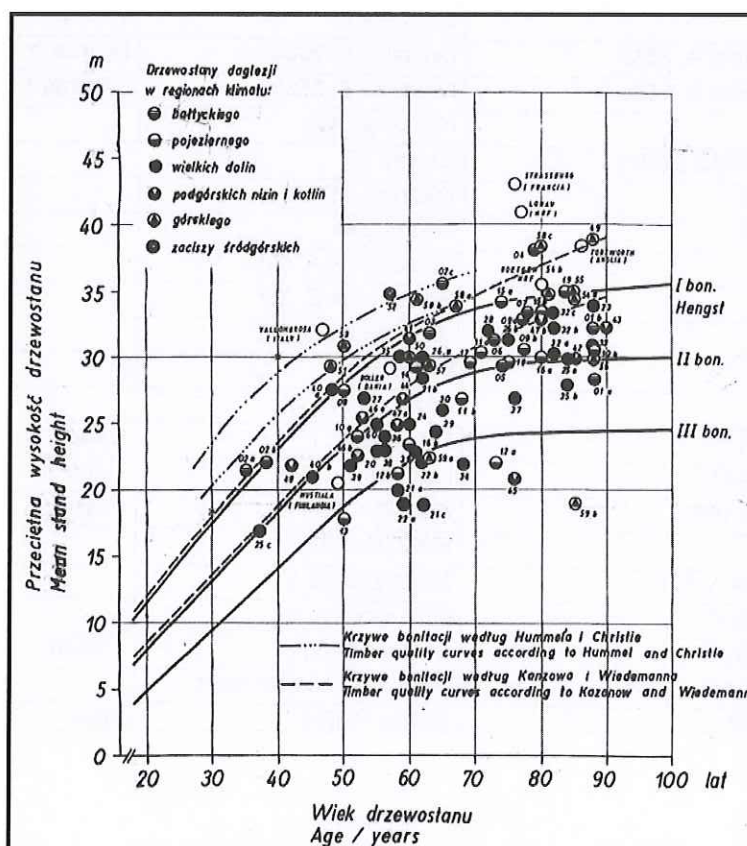


Abb. 4: Vergleich der Mittelhöhen der Douglasienbestände in Polen mit den Bonitäten von HENGST (1958) und KANZOW-WIEDEMANN (1937/1949) für Deutschland und von HUMMEL und CHRISTIE (1953) für England

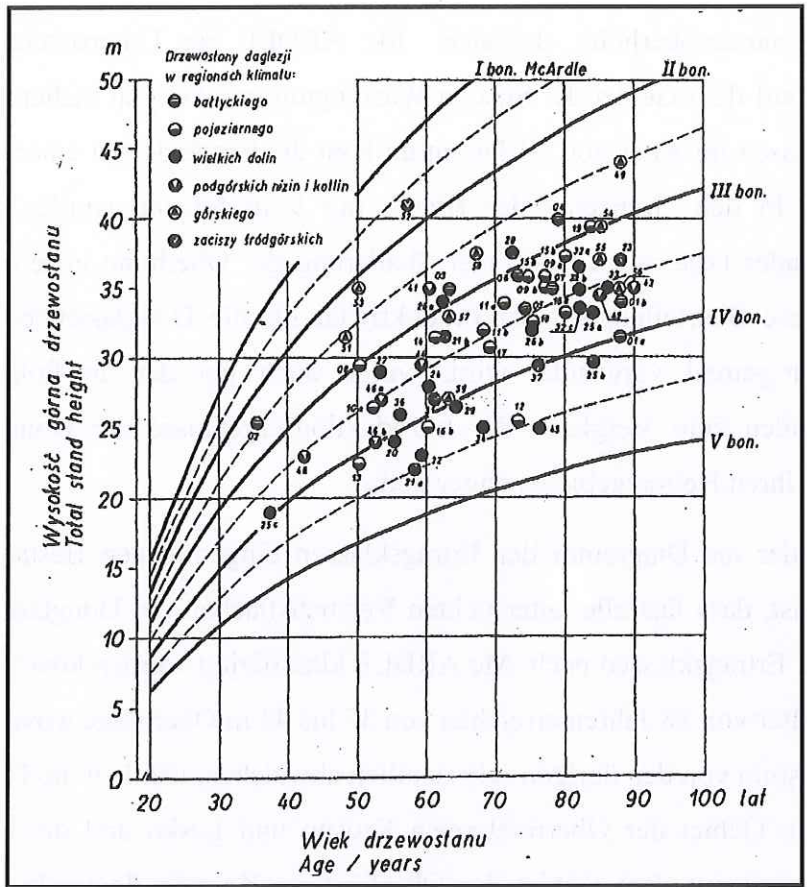


Abb. 5: Vergleich der biologischen Oberhöhen in den Douglasienbeständen in Polen mit den Bonitäten von Mc ARDLE (1961), die für optimale Wachstumsbedingungen in den Staaten Washington und Oregon erarbeitet wurden

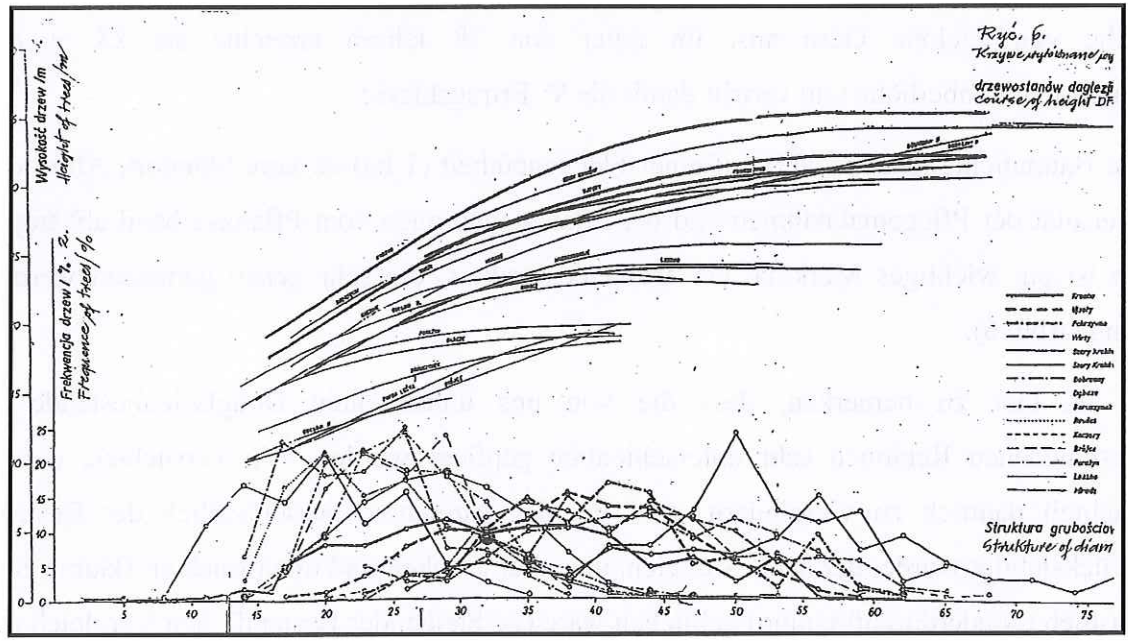


Abb. 6: Ausgeglichenene Höhenkurven und Stärkestruktur der Douglasienbestände

Ein wichtiger Koeffizient der Anpassungsfähigkeit der Douglasie ist die so genannte biologische Bestandesoberhöhe, der sich Mc ARDLE zur Unterscheidung von fünf Ertragsklassen auf dem Gebiet der Staaten Washington und Oregon bediente. Die Spanne aller Ertragsklassen im Alter von 80 Jahren umfasst die Bestände mit einer Oberhöhe von 22 bis 54 m. In den Grenzen jeder Klasse mit 9 m Spanne wurden die Einheiten niedrigeren Grades (*site index*) mit einer Skalierung der Oberhöhe in je 4,5 m getrennt dargestellt. Diese Beurteilungsart der Produktivität für die Douglasienbestände, die auf dem Verbreitungsareal verwendet wird, wurde auch bei den in Polen angebaute Versuchsbeständen zum Vergleich der Introdutionsergebnisse der Douglasie mit den Ergebnissen in ihren Heimatgebieten angewandt.

Die Streuung der ins Diagramm der Ertragsklassen eingetragenen Bestandesoberhöhen (Abb. 5) beweist, dass fast alle untersuchten Versuchsflächen der Douglasien in Polen in die III. und IV. Ertragsklassen nach Mc ARDLE klassifiziert werden können. Die ältesten Bestände im Alter von 88 Jahren erreichen von 37 bis 44 m Oberhöhe, wovon drei Flächen in ihrem Wachstum von den übrigen sehr deutlich abweichen, nämlich die Flächen im San-Gebiet auf dem Gebiet der Oberförstereien Krosno und Lesko und die Flächen in der Ostsee-Küstenzone auf dem Gebiet der Oberförsterei Kamień Pomorski, die in die II. Ertragsklasse nach Mc ARDLE eingereiht werden konnten. In Krosno betrug die Oberhöhe des besten Bestandes im Alter von 57 Jahren 41 m. Das schwächste Wachstum zeichnet dagegen die an der Oder gelegene Fläche in der Oberförsterei Przyborów in der Nähe von Zielona Góra aus. Im Alter von 78 Jahren erreichte sie 25 m der Durchschnittsoberhöhe und vertritt damit die V. Ertragsklasse.

Die Baumdicke (Stammzahl) auf einer Flächeneinheit (1 ha) ist vom Standort, Alter, der Intensität der Pflegemaßnahmen und bei Pflanzungen auch vom Pflanzverband abhängig. Sie ist ein wichtiges Merkmal der Bestandesstruktur, die sehr genau gemessen werden kann (Abb. 6).

Es ist hier zu bemerken, dass die von uns untersuchten Douglasienbestände in verschiedenen Regionen sehr unterschiedlich gepflegt wurden. Wir versuchten, diesen Nachteil dadurch zu vermindern, dass bei der Aufnahme ausschließlich der Bestand berücksichtigt wurde, der nach Auszeichnung aller kranken und unterdrückten Bäume zum Aushieb (Niederdurchforstung) geblieben wäre (verbleibender Bestand). Ein Vergleich der Baumdicke in den Douglasienbeständen, insbesondere in den jüngeren Altersklassen, mit der Dichte der Fichte zeigt eine riesige Überlegenheit letzterer (im Alter von 25 Jahren

geben SCHWAPPACH für die Fichte auf Standorten der I. Bonität 5110 Bäume und KANZOW und WIEDEMANN für Douglasie – 2000 Bäume an). Auch Kieferbestände weisen ähnliche große Dichten wie die Fichte auf. Eine Übereinstimmung der Baumdichten bei den oben genannten Baumarten notiert man erst im Alter von ca. 90 Jahren (480 Bäume/ha).

Das nächste Diagramm (Abb. 8) zeigt die sehr große Streuung des durchschnittlichen Brusthöhendurchmessers der Douglasienbestände in Polen, der im Alter von 80-85 Jahren 40 cm erreicht. Die für Norddeutschland erarbeiteten Kurven der Stärkebonitierung verlaufen durch die Mitte des Dispersionsfeldes des durchschnittlichen Brusthöhendurchmessers der Douglasien in Polen. Diese Angaben beziehen sich auf die älteren Bestände, deren durchschnittlicher Brusthöhendurchmesser im Alter von 80 Jahren circa 45 cm beträgt. Die gut geratenen Douglasienbestände in den Sudeten (Duszniki) erreichen im Alter von 88 Jahren durchschnittlich 58 cm Brusthöhendurchmesser und auf Pobrzeże Słowińskie (Stary Kraków) im Alter von 78 Jahren – 51 cm. Diese Werte liegen in den Bonitätsgrenzen der englischen Bestände, die günstige Wuchsbedingungen im ozeanischen Klima der Britischen Inseln finden. In dieser Hinsicht kommen ihnen auch die Bestände in Ujsoły und Dolice gleich. In den jüngeren Douglasienbeständen in Polen wurden Durchmesser unter der II. Bonität nach KANZOW und WIEDEMANN gefunden. Die kleinsten Durchmesser wurden in den Douglasienbeständen auf dem Gebiet des Notecka Urwaldes (Boruszynek) in Beskid Żywiecki (Węgierska Górka) festgestellt.

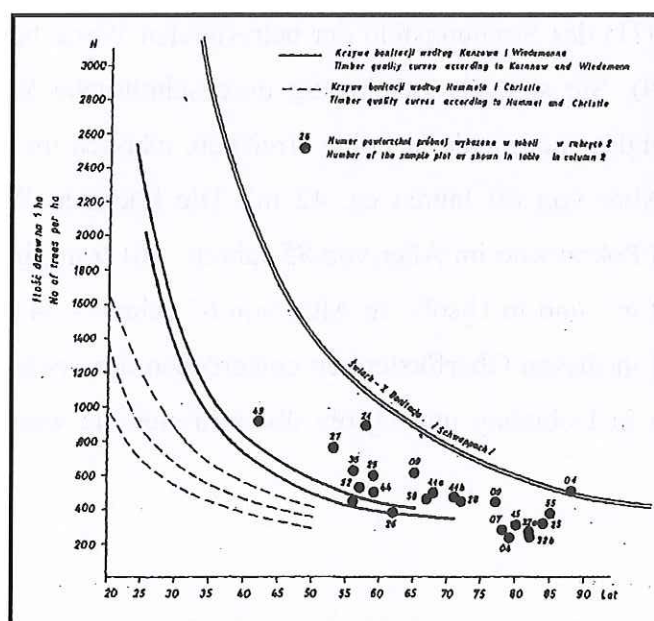


Abb. 7: Vergleich der Baumdichte (Stammzahl) auf den Versuchsflächen der Douglasie mit den Werten der Ertragstafeln der I. Bonität der Fichte

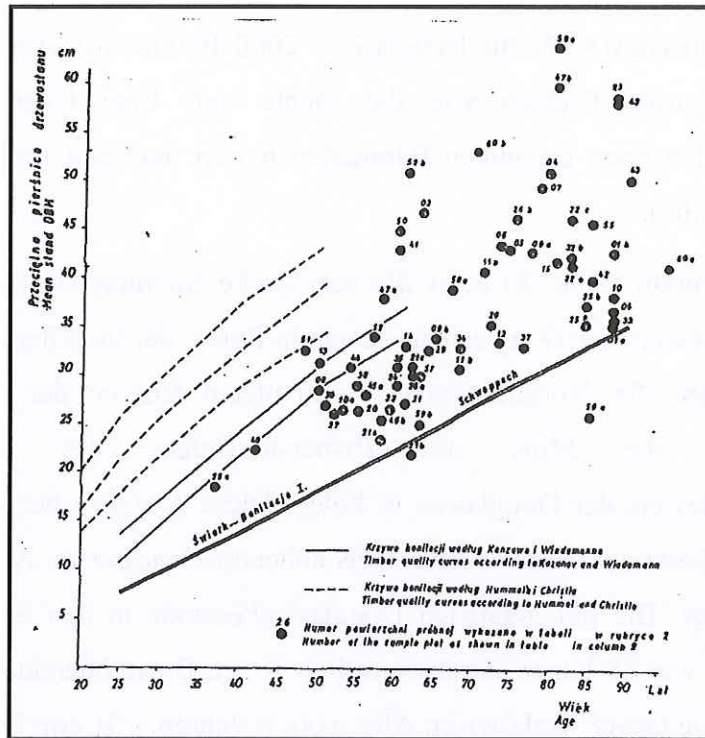


Abb. 8: Vergleich der durchschnittlichen Brusthöhendurchmesser auf den Versuchsfeldern der Douglasie mit den Werten der Ertragstafeln der I. Bonität der Fichte

Das nächste Strukturelement der Versuchsbestände, das ihre Produktivität und die Notwendigkeit von Pflegehieben bestimmt, ist die Bestandeskreisfläche. Es ist charakteristisch, dass die Kurve der Höchstkreisflächen der Fichten in Polen (SZYMKIEWICZ 1971) das Streuungsfeld der betreffenden Werte bei Douglasie in zwei Hälften teilt (Abb. 9). Sie spiegelt gleichzeitig durchschnittliche Werte wider, die die Kreisflächen der Douglasienbestände in Polen erreichen, nämlich im Alter von 30 Jahren ca. 25 m² und im Alter von 60 Jahren ca. 42 m². Die höchsten Werte in den älteren Beständen wurden in Pokrzywno im Alter von 85 Jahren - 61,9 m², in Dobrzany im Alter von 77 Jahren - 65,9 m² und in Ujsoły im Alter von 67 Jahren - 54,0 m² registriert. Die Kreisflächensummen in diesen Oberförstereien entsprechen der ersten englischen Bonität und auf den Flächen in Dobrzany und Ujsoły überschreiten sie wesentlich den Rahmen dieser Bonität.

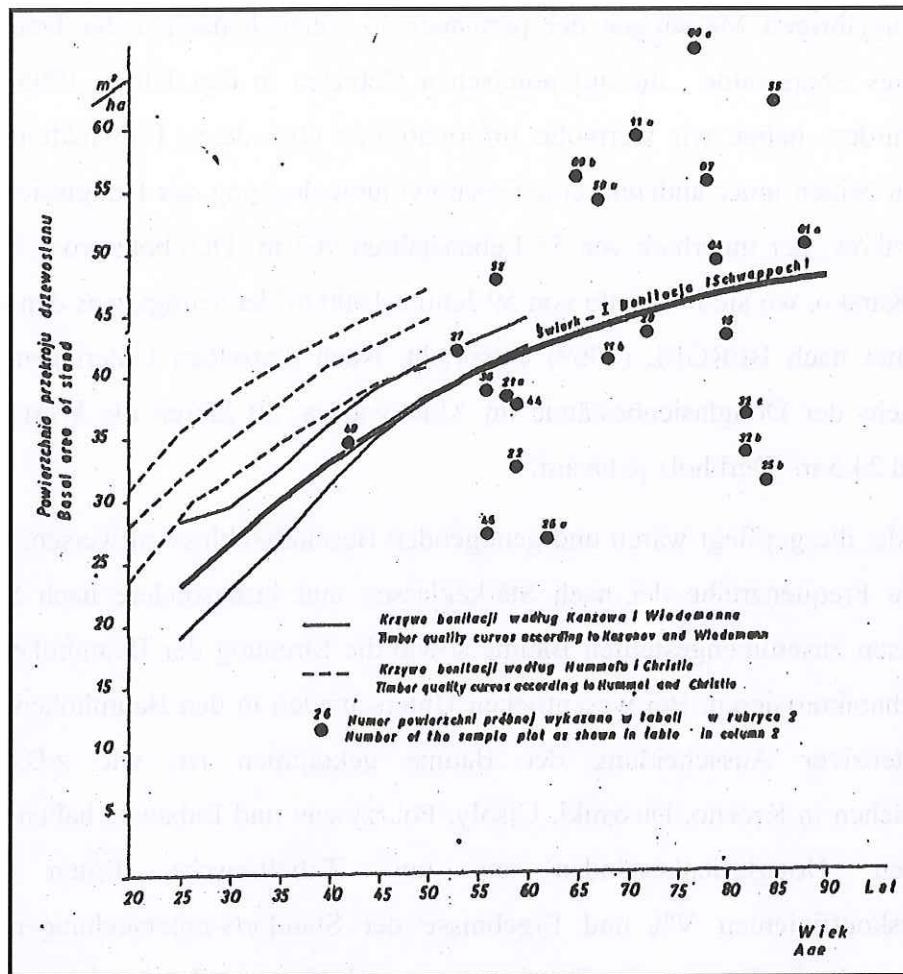


Abb. 9: Vergleich der Kreisflächen der Versuchsbestände der Douglasie mit den Werten in Ertragstafeln und der I. Bonität der Fichte

Der durchschnittliche Vorrat der Douglasienbestände im Alter von 50 Jahren in Polen entspricht ungefähr der II. Ertragsklasse nach KANZOW und WIEDEMANN, weil sie ca. 400 m³ Derbholz pro ha (Abb. 10) beträgt. Im Alter von 80 Jahren erreichen unsere Douglasiebestände durchschnittlich ca. 640 m³/ha, d.h. eine Masse, die dem Vorrat der Fichte der I. Bonität (SZYMKIEWICZ 1971) nahe kommt, während die höchste Massenproduktion der Douglasie in demselben Alter ca. 850 m³ beträgt. Zu den produktivsten gehört der Bestand in Sary Kraków, dessen Vorrat im Alter von 78 Jahren 844 m³/ha beträgt und in Pokrzywno mit einem Vorrat von 838 m³/ha im Alter von 85 Jahren. Verhältnismäßig geringe Massen wurden auf den Versuchsflächen festgestellt: in Gołębki 387 m³/ha im Alter von 84 Jahren und in Kały 438 m³/ha im Alter von 72 Jahren. Auf Grund von Messungen unter analogen Standortsbedingungen in etwa 40 Oberförstereien kann festgestellt werden, dass der Bestandesvorrat der Douglasie die einheimischen Baumarten deutlich übertrifft. Diese Feststellung gilt für das ganze Gebiet Polens mit Ausnahme der nordöstlichen Regionen.

Mit den langjährigen Messungen der permanenten Versuchsflächen der Douglasie des Forstinstitutes Eberswalde, die auf polnischen Gebieten in den Jahren 1905 und 1912 angelegt wurden, haben wir wertvolle Informationen über deren Entwicklung erhalten. Diese Daten zeigen unter anderem eine Gesamtvolumenleistung des Douglasienbestandes in Stary Kraków, der innerhalb von 55 Lebensjahren 963 m^3 Derbholz pro 1 ha geleistet hat und in Karsko, wo sie innerhalb von 59 Jahren $1000 \text{ m}^3/\text{ha}$ beträgt, was den Beständen der I. Bonität nach BERGEL (1969) entspricht. Nach denselben Unterlagen weist der Jahreszuwachs der Douglasienbestände im Alter von ca. 50 Jahren die Werte zwischen $12,9 \text{ m}^3$ und $24,5 \text{ m}^3$ Derbholz je ha auf.

Die Bestände, die gepflegt waren und genügenden Bestandsschluss aufweisen, machen es möglich die Frequenzreihe der nach Stärkeklassen und insbesondere nach Streuungen dieser Klassen zusammengestellten Bäume sowie die Streuung der Baumhöhen (Tab. 1) besser zu charakterisieren. Bei wesentlichen Unterschieden in den Baumhöhen, zu der es infolge intensiver Ausscheidung der Bäume gekommen ist, wie z.B. auf den Versuchsflächen in Krosno, Duszniki, Ujsoły, Pokrzywno und Lubawka haben wir es mit den besten Douglasienbeständen zu tun. Tabellarische Daten für den Variabilitätskoeffizienten $V\%$ und Ergebnisse der Standortsuntersuchungen sprechen dafür, dass sich die Spanne der Durchmesser- und Höhenstufen in richtig gepflegten Beständen mit der Verschlechterung der Klima- und Bodenbedingungen verringert. Dabei wird angenommen, dass die verglichenen Bestände in demselben oder ähnlichen Alter sind.

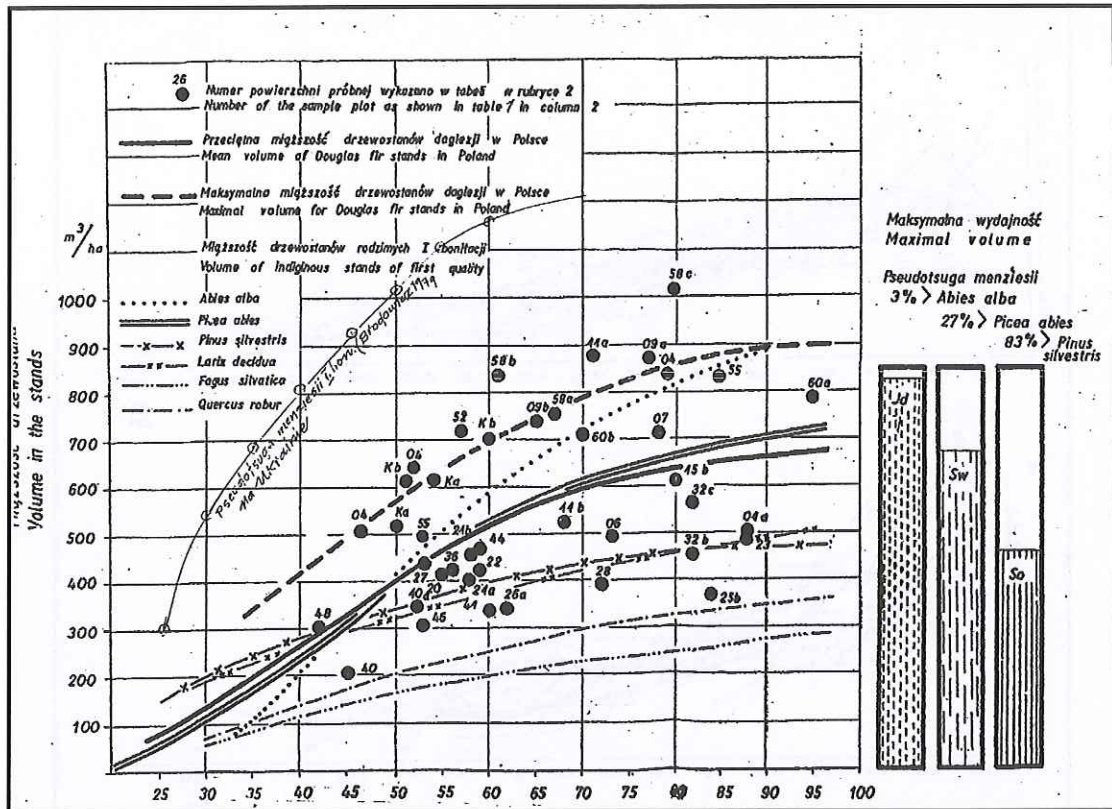


Abb. 10: Vergleich der durchschnittlichen und der höchsten Leistung der Douglasienbestände in Polen mit der Leistung einheimischer Bestände der I. Bonität

3.1.2. Analyse des laufenden jährlichen Höhen-, Durchmesser- und Volumenzuwaches der Douglasie

Die Stammanalyse der herrschenden und mitherrschenden Bäume hat wertvolle Informationen über den Zuwachsverlauf bei Einzelbäumen innerhalb von 90 Lebensjahren geliefert. Der in fünfjährigen Zeiträumen untersuchte, durchschnittliche jährliche Zuwachs der Douglasie (Abb. 11A) hat bei verschiedenen Beständen sehr ähnlichen Verlauf. Der höchste jährliche Höhenzuwachs der Douglasie beträgt in Polen durchschnittlich 75 cm, wobei der höchste in Jarocin (135 cm) und in Miradz (110 cm) beobachtet wurde. Nach der Kulmination ungefähr im Alter von 15 Jahren vermindert sich der jährliche Höhenzuwachs ständig und stufenweise.

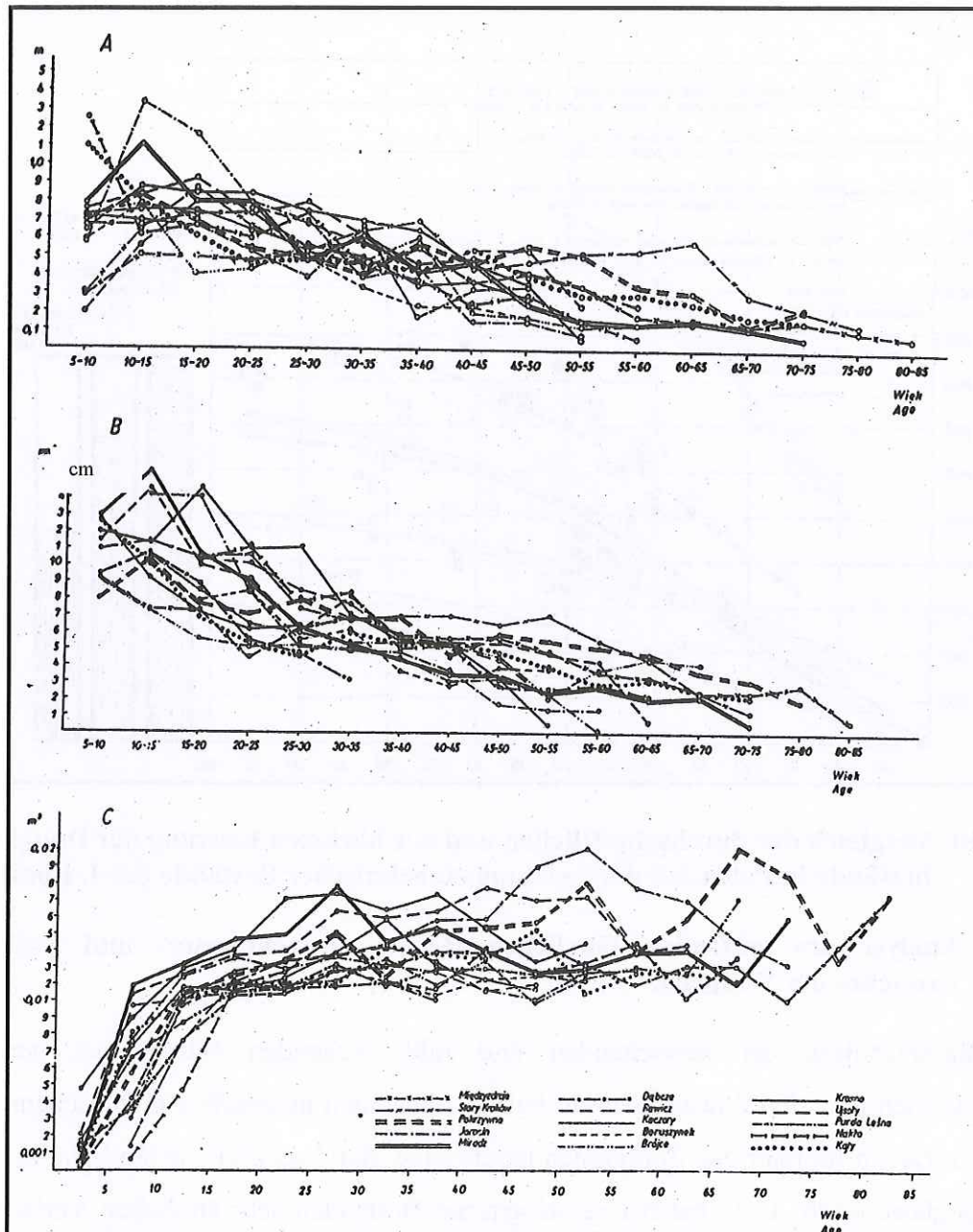


Abb. 11: Verlauf des laufenden jährlichen Zuwachses bei den herrschenden Douglasien, die verschiedene Standorte in Polen vertreten: A – laufender jährlicher Höhenzuwachs, B - laufender jährlicher Durchmesserzuwachs; C - laufender jährlicher Volumenzuwachs.

Der durchschnittliche jährliche Durchmesserzuwachs (Abb. 11B) erreicht die Höchstwerte, d.h. 0,8 – 1,3 cm im Alter von 5 bis 15 Jahren, wobei er sich regelmäßig bis auf ca. 0,5 cm im Alter von 40 Jahren vermindert. In den nächsten Lebensjahren vermindert sich der Zuwachs viel langsamer, so dass er im Alter von 75 Jahren durchschnittlich nicht ganz 0,2 cm beträgt. Das Grundmerkmal des Brusthöhendurchmessers sind also seine hohen Werte in den jüngeren Altersklassen, die bei plötzlichen Veränderungen der Jahringbreiten die Qualität des Douglasienholzes mindern.

Der durchschnittliche jährliche Volumenzuwachs in verschiedenen Douglasienbeständen (Abb. 11C) zeichnet im Allgemeinen ein ähnlicher und ziemlich ausgeglichener Verlauf aus. Bis zum 10. Lebensjahr wächst das Volumen der Bäume schnell und erreicht seine Kulmination meistens zwischen dem 25. und 30. Lebensjahr. Dieser Zuwachswert erhält sich noch viele Jahre und steigert sich entweder, wie in Stary Kraków, Ujsoły, Pokrzywno und Międzyzdroje, oder vermindert sich unwesentlich. Das Diagramm beweist, dass der durchschnittliche jährliche Volumenzuwachs zwischen dem 20. und 80. Lebensjahr in den Grenzen zwischen 0,01 und 0,02 m³ liegt. Die Kurve, die die Durchschnittswerte vertritt, weist über 60 Jahre keine Rückgangstendenz auf. Diese Tatsache spiegelt die große Vitalität der Douglasie wider, die sich im Gegensatz zu den einheimischen Baumarten bis zum späteren Alter durch anhaltenden Volumenzuwachs auszeichnet.

Die höchsten Werte dieses Zuwachses wurden in Pokrzywno, Stary Kraków, Miradz, Krosno und Ujsoły festgestellt. Die Diagramme des Durchmesserzuwachses (Abb. 12) und des Volumenzuwachses der herrschenden Bäume bestätigen dies (Abb. 13). In der Gruppe der Populationen mit schwächerem Massenzuwachs befinden sich die übrigen Bestände: Kaczory, Dąbcze, Rawicz, Nakło, Brójce, Boruszynek und Purda Leśna.

Die Stammanalysen der Douglasienstämme, unter Berücksichtigung des 5-jährigen Zuwachses, wurden auf der Basis von Durchschnittswerten zweier Modellbäume aus der stärkeren Klasse graphisch dargestellt. Die Analysen zeigen den Durchmesserzuwachs in verschiedenen Baumhöhen. Die Schaftform und die Formigkeit des Schaftes (i.d. Praxis Abholzigkeit) sind vom Bestandesalter, dem Standort und der Bestandesdichte abhängig. Diese Merkmale werden wir bei der Analyse der Baumqualität näher besprechen.

Wie aus den beigefügten Diagrammen (Abb. 14, 15) ersichtlich ist, nimmt die Jahrringbreite zuerst bis etwa 2 m Baumhöhe geringfügig ab. Danach steigt sie bis zum Kronenansatz und im Bereich der Krone gleichmäßig an. Durch diese Gesetzmäßigkeit tritt im höchsten Stammteil das Maximum des Durchmesserzuwachses auf. Ein solcher Verlauf des Durchmesserzuwachses wurde in geschlossenen Beständen auf einem guten Standort bei den herrschenden Bäumen aus den mittleren und älteren Altersklassen, festgestellt. Auf schwachen Böden wurde eine solche Gesetzmäßigkeit nicht beobachtet. Auffällig ist der erhebliche Anteil der Borke in den unteren und mittleren Stammbereichen.

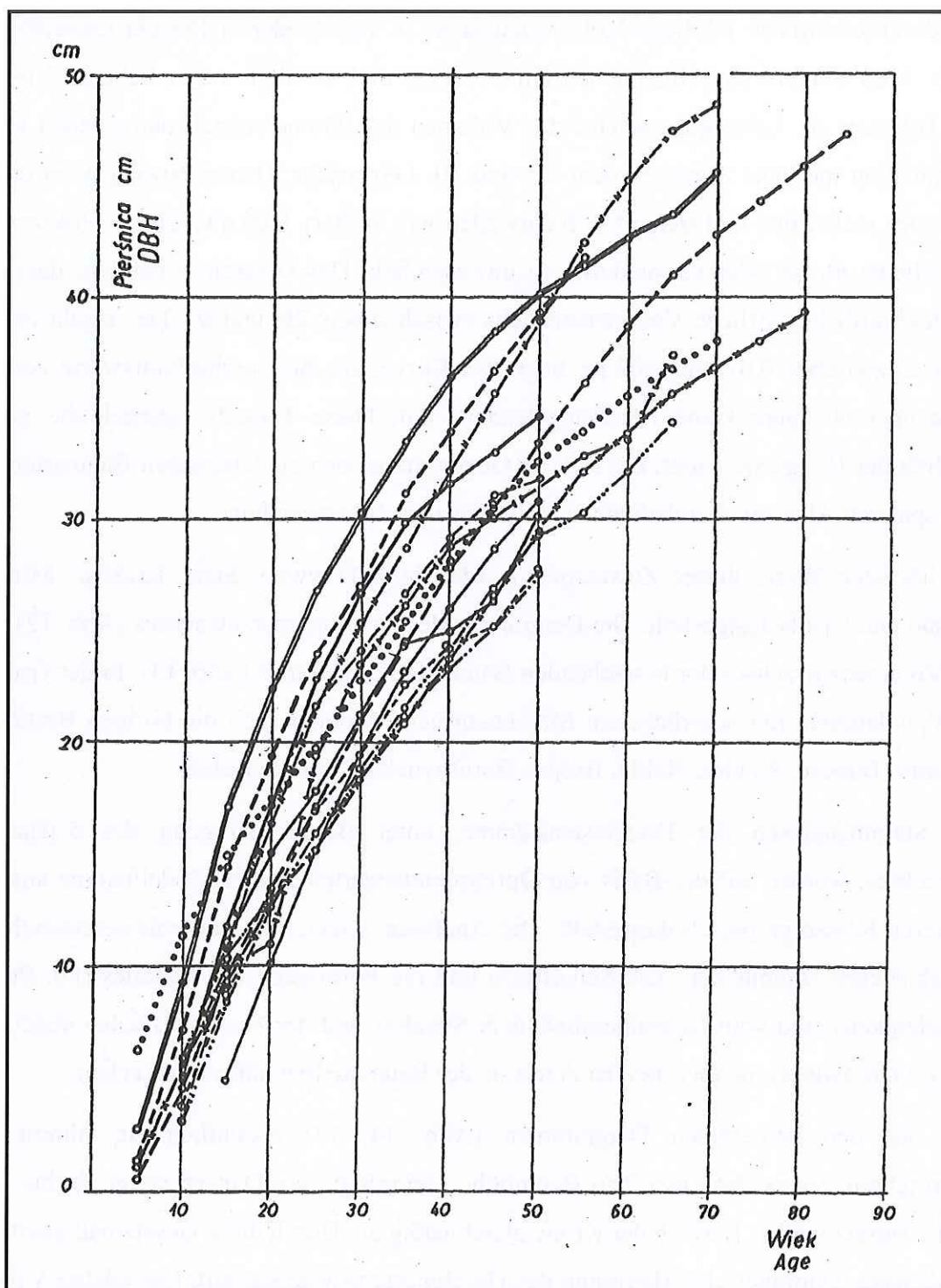


Abb. 12: Zuwachskurven des Brusthöhendurchmessers der herrschenden Douglasien auf verschiedenen Versuchsflächen

In den Längenschnitten der Douglasienbäume wird noch eine weitere Gesetzmäßigkeit deutlich: die herrschenden Bäume, die Überlegenheit beim Zuwachs in der ersten Altersklasse (bis 20 Jahren) aufweisen, erhalten diese Überlegenheit im Vergleich mit herrschenden Bäumen anderer Populationen während der ganzen untersuchten Lebensperiode. Diese Gesetzmäßigkeit kann nicht festgestellt werden, wenn die Bäume

von ungünstigen Bodenverhältnissen oder schädlichen Auswirkungen des Lokalklimas beeinflusst werden.

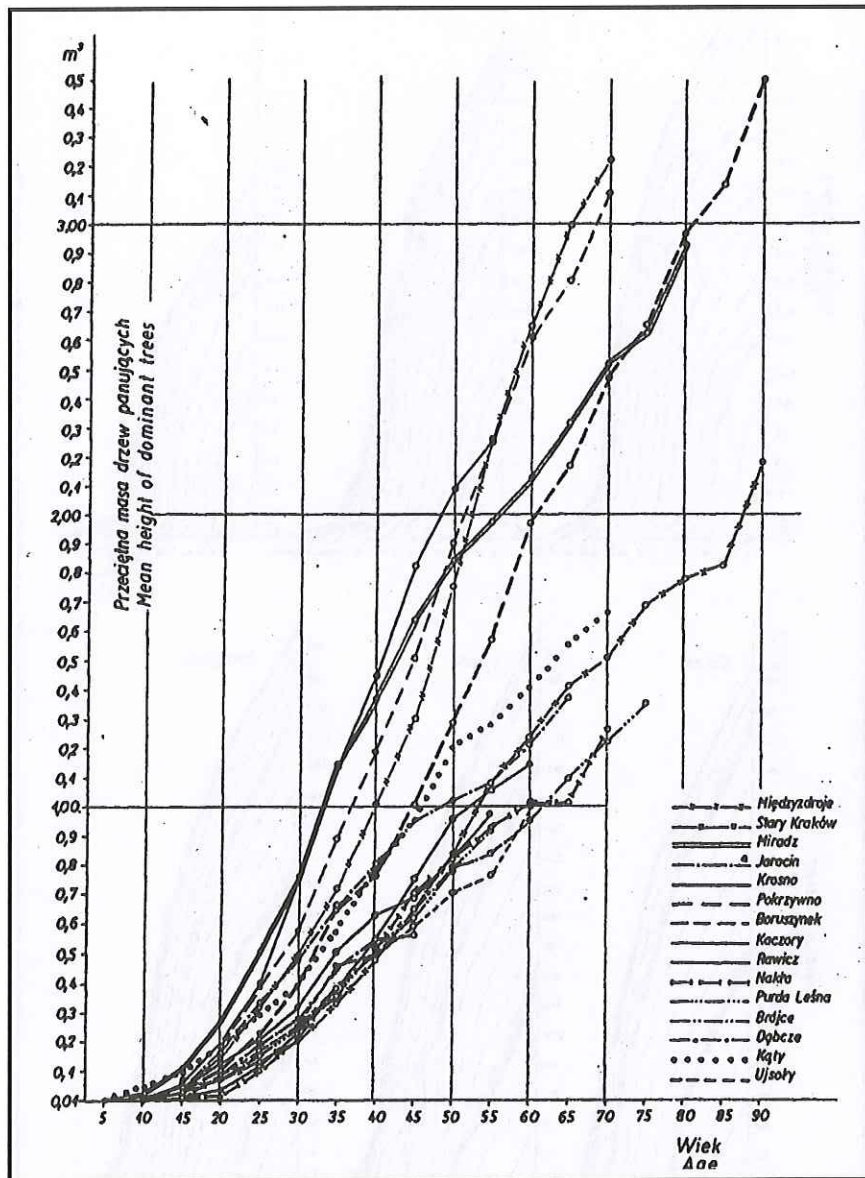


Abb. 13: Zuwachskurven der Massenleistung der herrschenden Douglasieebäume auf verschiedenen Versuchsflächen

3.1.3 Form der Douglasien, Beurteilung ihrer Qualität und Anerkennung der Douglasienbestände in Polen

Die Douglasien auf den Versuchsflächen in Polen sind unter durchschnittlichen Wachstumsbedingungen geradschäftig, mit bemerkenswert geringer Abholzigkeit. Die geringste Abholzigkeit der herrschenden und mitherrschenden Bäume wurde in den Oberförstereien Ujsoły und Brójce (1,1 cm/m) festgestellt. Die festgestellte Abholzigkeit ist mit der der besten Beständen einheimischer Fichten-, Tannen- und Kiefernarten zu vergleichen.

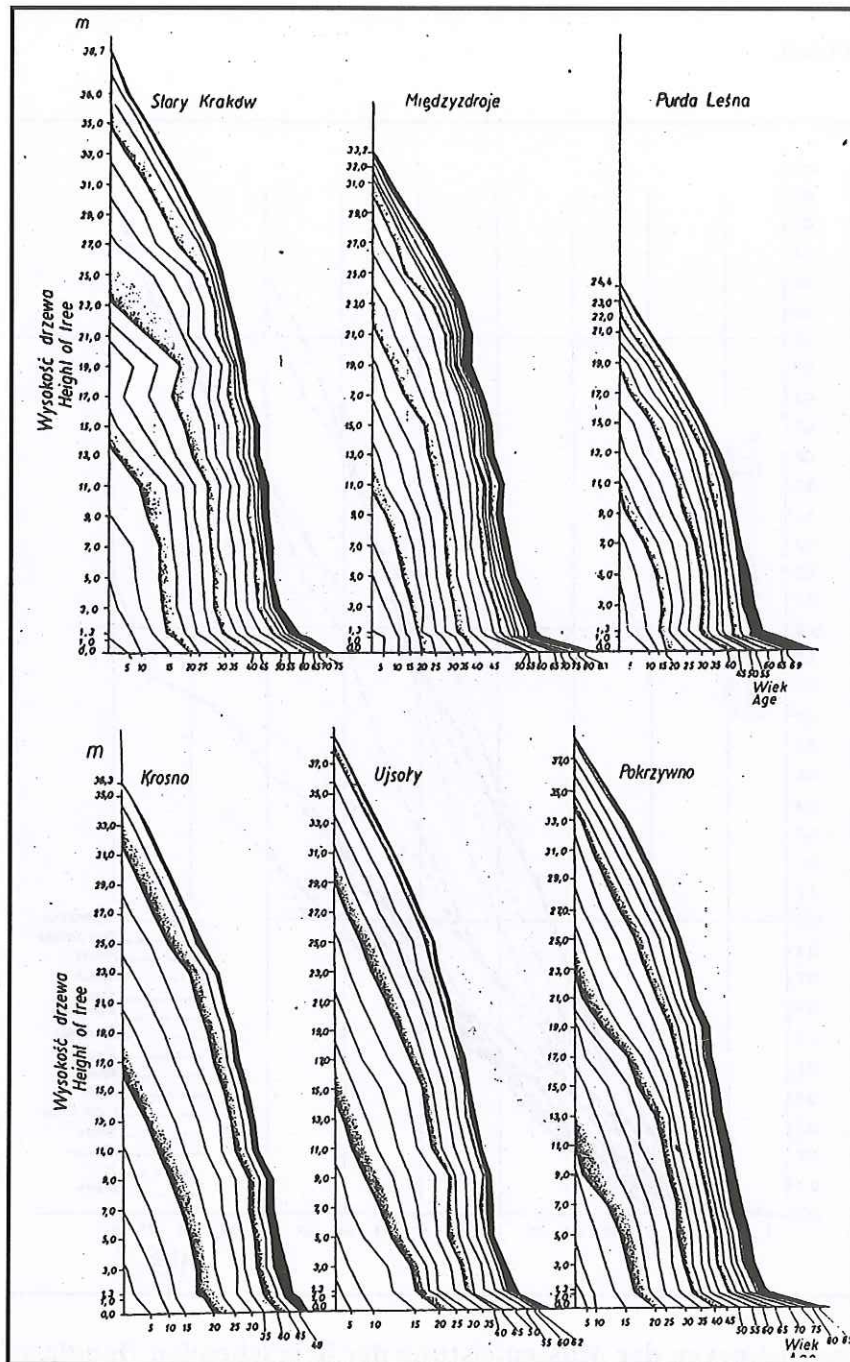


Abb. 14: Längenschnitt herrschender Douglasien, die in den vom ozeanischen Klima beeinflussten Gebieten sowie in der Ostsee-Küstenzone (a) und im Gebirge (b) wachsen

Die Vollholzigkeit der Douglasien, scheint vor allem von der Bestandesform und vom Bestandsalter abhängig zu sein. In fast allen Untersuchungen erreicht die Douglasie annähernd Kennziffern von 0,500 bis 0,590. Unter optimalen Standortsbedingungen, z.B. in Stary Kraków, beträgt die Vollholzigkeit der Douglasienstämme 0,584 und in Miradz 0,630.

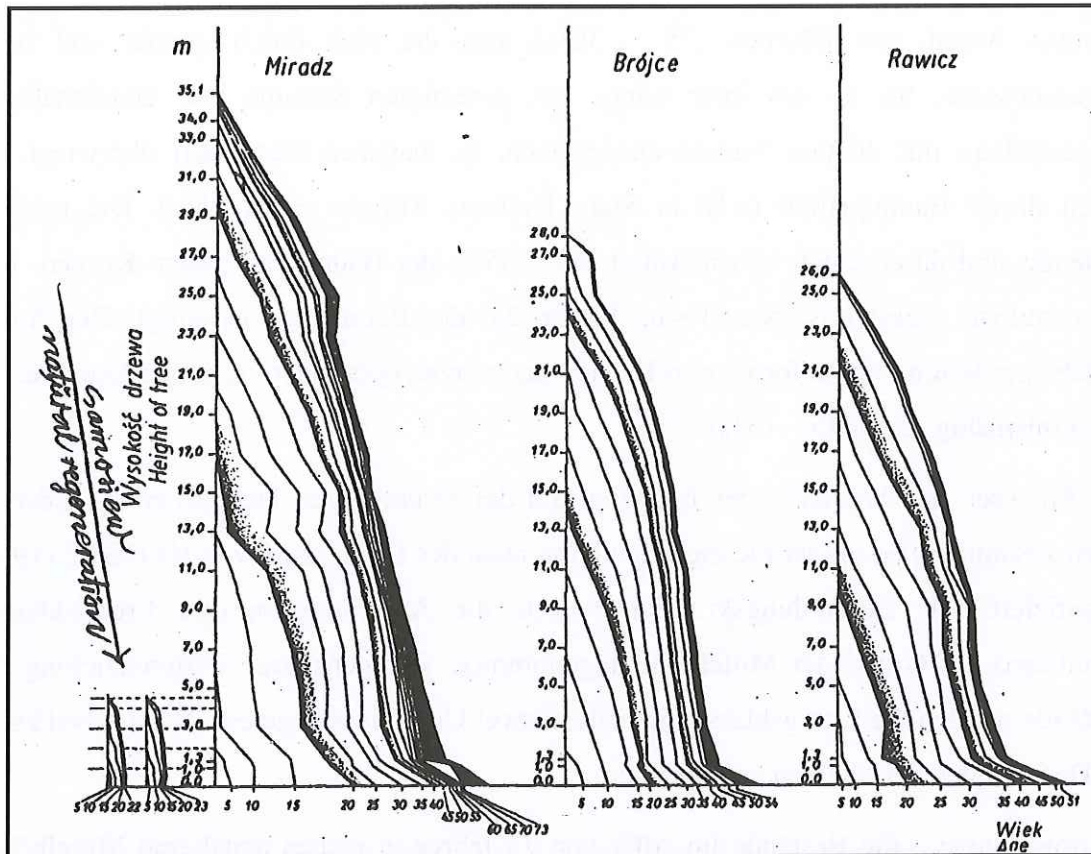


Abb. 15: Längenschnitt der herrschenden Douglasienbäume aus dem von kontinentalem Klima beeinflussten Gebiet der Wielkopolska Ebene (c)

Von großer Bedeutung für die Beurteilung der Qualität der Douglasien ist die Länge des astreinen Stammes, die in den besten Beständen $3/6$ bis $4/6$ der Stammlänge erreicht. Solche astfreie Stammlänge sind in den Douglasienbeständen zu finden, die mit einheimischen Baumarten, wie der Fichte (Dąbrowa Opolska), der Hainbuche (Jarocin) und der Kiefer (Miradz) gemischt aufgewachsen sind. Die meisten reinen Douglasienbestände verlieren, trotz guter Bestandsdichte ihre Äste nur schlecht. Die Bäume, die eine gute Stammreinigung aufweisen, waren im jungen Alter geästet worden (Brody). Es wurde aber beobachtet, dass es in Polen Douglasienpopulationen gibt, die sich durch totastfreie, gut gereinigte Stämme mit nicht zu dicker und tiefrissiger Borke sowie feine Äste und kegelförmige Krone auszeichnen (Biały Bór, Mochy, Ustka, Brójce).

In den normal dichten Douglasiebeständen haben die Kronen die Form eines ausgedehnten Kegels, sind oval oder kugelförmig. Der scharfkegelförmige Typ charakterisiert im Allgemeinen die Bäume mit hoher Wuchsdynamik, die unter besten Bedingungen auf Bergstandorten wachsen. Da die Astquirle entfernt angeordnet sind, sehen die Kronen von diesen Bäumen manchmal durchsichtig aus.

Die allgemeine Beurteilung der Baumqualität auf den Versuchsflächen weist meist einen geringen Anteil von Bäumen (25 – 30%) aus, die sich durch gerade und hoch aufgeschossene, bis zu 4/6 ihrer Länge gut gereinigten Stämme und gleichmäßigen Kronenaufbau mit dichten Nadeln auszeichnen. In manchen Beständen überwiegt der Anteil dieser Baumqualität (z.B. in Sary Kraków, Miradz und Ujsoły). Die meisten Bestände sind durch einen hohen Anteil (60 – 65%) der Bäume mit gutem Kronen- und Stamm Aufbau charakterisiert und sind bis zu 2/6 der Baumlänge gereinigt. Der Anteil starkästiger Bäume mit deformierten Kronen und verzweigten oder krummen Stämmen ist verhältnismäßig gering (5 – 15%).

Die Analysen des Wuchses, der Leistung und der Struktur von Douglasienbeständen in Polen zusammenfassend wurde die Population nach der Ertragstafel von HENGST (1957) klassifiziert. Als Beurteilungskriterium wurde die Aufteilung in drei Ertragsklassen (Bonitäten) auf Grund der Mittelhöhe angenommen. Zur genaueren Differenzierung der Bestände wurden die Ertragsklassen jeweils in zwei Unterklassen geteilt. Nachstehend sind die Definitionen der Klassen angegeben:

I. Ertragsklasse – die Bestände im Alter von 75 Jahren erreichen annähernd Mittelhöhen von 37,5 m bis 32,0 m, darin werden von 37,5 m bis 34,5 m - die erste Unterklasse und von 34,5 m bis 32,0 m – zweite Unterklasse ausgewiesen.

II. Ertragsklasse – die Bestände im Alter von 75 Jahren erreichen annähernd Mittelhöhen von 32,0 m bis 27,0 m, darin werden von 32,0 m bis 29,5 m - die erste Unterklasse und von 29,5 m bis 27,0 m – zweite Unterklasse ausgewiesen.

III. Ertragsklasse – die Bestände im Alter von 75 Jahren erreichen annähernd Mittelhöhen von 27,0 m bis 22,00 m, darin werden von 27,0 m bis 24,5 m - die erste Unterklasse und von 24,5 m bis 22,0 m – zweite Unterklasse ausgewiesen (es fehlt an genaueren Daten von HENGST).

Mit diesen Vorgaben wurde ein Diagramm der Bonitätskurven erstellt, in das die Mittelhöhen im bestimmten Alter eingetragen (Abb. 4) und die Populationen der Douglasie nach Klassen und Unterklassen (Tab. 2) dargestellt wurden. In dieser Art und Weise wurden die besten Bestände (über die I. Ertragsklasse) mit hoher Leistung (I – 1, 2), mittlerer Leistung (II – 1, 2) und geringer Leistung (III – 1, 2) unterschieden. Für uns sind besonders Populationen mit dem höchsten Zuwachs in folgenden Oberförstereien interessant: Krosno, Duszniki, Ujsoły, Sary Kraków, Lesko, Kamień Pomorski, Kowary,

Gniewowo, Pokrzywno und Arboretum in Rogów sowie in Oberförstereien Brody, Biały Bór, Wirty, Lubawka.

Tab. 2: Mittelhöhen -Klassifikation der Douglasienbestände

Klasa i podklasa wydajności Class and sub-class	Numer powierzchni No. of stand	Nadleśnictwo Forest District	Pochodzenie (Berney 1972) Origin		
			typ type	provincia, stan province, state	Szerokość geograficzna Latitude
1	2	3	4	5	6
I - 2	14 - 43	Krosno	Coastal	Kalifornia	38° - 40°
	10 - 63	Duszniki	Coastal	Bryt. Kolumbia	50° - 52°
	15 - 48	Ujsoly B			
	15 - 48	Ujsoly C			
	02 - 05	Stary Kraków			
	15 - 48	Lesko			
I - 1	10 - 47	Kowary	Interior	Washington	48° - 49°
	01 - 03	Kamień Pom. C			
	01 - 03	Kam. Pom.. A			
	15 - 48	Ujsoly A	Coastal	Bryt. Kolumbia	50° - 52°
	10 - 54	Lubawka A			
	10 - 54	Lubawka B			
	10 - 64	Pokrzywno	Coastal	Bryt. Kolumbia	50° - 52°
I - 2a	01 - 03	Kamień Pom. B			
	11 - 09	Rogów A			
	09 - 79	Brody			
	02 - 45	Biały Bór	Interior	Bryt. Kolumbia	52° - 54°
	03 - 37	Wirty			
	01 - 25	Dolice	Interior	Bryt. Kolumbia	52° - 54°
	04 - 01	Zaporowo			
	01 - 26	Dobrzany A	Coastal	Bryt. Kolumbia	49° - 50°
	03 - 06	Gniewowo			
I - 2b	03 - 37	Wirty B			
	01 - 01	Międzyzdroje B			
	10 - 15	Żmigród B			
	08 - 26	Pniewy			
	14 - 22	Kańczuga			
	08 - 13	Kąty			
	08 - 59	Jarocin A	Interior	Bryt. Kolumbia	52° - 54°
	07 - 38	Sośno	Interior	Bryt. Kolumbia	52° - 54°
	08 - 79	Dąbczo			
	10 - 43	Sobótka			
	07 - 63	Miradz A	Coastal	Bryt. Kolumbia	50° - 51°
	03 - 17	Oliwa			
II - 1a	07 - 63	Miradz B			
	01 - 02	Woliński Park	Coastal	Bryt. Kolumbia	50° - 51°
		Narodowy			
	08 - 59	Jarocin B			
	15 - 27	Sucha Beskidzka			
	04 - 31	Nowe Ramuki A			
	04 - 31	Nowe Ramuki B			
	08 - 81	Mochy			
	08 - 09	Kaczory	Interior	Bryt. Kolumbia	52° - 54°
II - 1b	07 - 63	Miradz C			
	07 - 37	Lutówko A			
	07 - 37	Lutówko B			
	08 - 15	Boruszynek			
	01 - 26	Dobrzany			
	08 - 77	Rawicz A			
	17 - 20	Dąbrowa Opol.			
	10 - 48	Śnieżka			
	03 - 32	Mestwinowo			

1	2	3	4	5	6
II-1b	04 - 11	Ryn	Interior	Bryt. Kolumbia	49° - 50°
	08 - 78	Leszno			
	07 - 65	Gołębki A	Interior	Washington	46° - 48°
	07 - 65	Gołębki C			
	11 - 09	Rogów			
	02 - 06	Ustka			
	03 - 28 01 - 15	Wieżycza Goleniów			
II-2	01 - 01	Międzyzdroje A	Coastal	Bryt. Kolumbia	49° - 50°
	10 - 15	Zmigród A			
	07 - 63	Gołębki			
	08 - 49	Porążyn			
	08 - 11	Durowo			
III-1	09 - 33	Szczaniec			
	09 - 03	Bogdaniec			
	08 - 33	Skorzęcin	Interior	Bryt. Kolumbia	51 - 53°
	09 - 34	Świebodzin	Interior	Bryt. Kolumbia	49° - 50°
	08 - 77	Rawicz B			
	08 - 55	Zegrowo			
	09 - 71	Kozuchów			
	01 - 15	Goleniów			
	08 - 45	Kórnik			
III-2	04 - 32	Purda Leśna B			
	09 - 31	Brójce B			
	04 - 32	Purda Leśna A	Coastal	Bryt. Kolumbia	50° - 51°
	15 - 47	Węgierska Górka A			
	08 - 15	Boruszynek A			
	07 - 45	Nakło			
IV-1	15 - 47	Węgierska Górka B			
	09 - 31	Brójce A	Interior	Bryt. Kolumbia	51° - 52°
	09 - 70	Przyborów			
	08 - 15	Boruszynek C			

Für ökologische Untersuchungen sind auch die Populationen mit sehr niedrigem Zuwachs, z.B. Węgierska Górka, Boruszynek, Przyborów, Brójce, Purda Leśna, Nakło, Ryn, Kórnik und Rawicz wichtig.

Um die Ergebnisse zu überprüfen, wurde auch eine Oberhöhenbonitierung der Douglasienbestände (Abb. 5) durchgeführt. Die auf diesem Wege erhaltenen Ergebnisse stimmen bei den meisten Populationen mit den Ergebnissen der Mittelhöhenbonitierung überein. Die bei einigen Flächen bestehenden Unterschiede ergeben sich aus einer Verringerung des durchschnittlichen Brusthöhendurchmessers infolge nicht vergleichbarer Standortverhältnisse der Versuchsflächen und vor allem infolge unterschiedlicher Behandlung. Durch eine Korrektur zeigte sich, dass die Bestände in Kały, Dobrzany, Jarocin und Woliński Park Narodowy in die Gruppe der am besten wachsenden Bestände aufgenommen werden können.

3.2 Klimabedingungen und ihr Einfluss auf das Douglasienwachstum und den Samenertrag

3.2.1 Klimazonen und Klimaozeanismus

Die Versuchs- und Probestellen des Douglasienanbaus treten in Polen in fünf von ROMER (1949) ausgewiesenen Klimazonen auf. In der ersten, nördlichsten Ostseeklimazone wurden die Douglasienbestände in den Oberförstereien Międzyzdroje, Stary Kraków (Abb. 16), Ustka, Oliwa und Woliński Park Narodowy untersucht. Die nicht allzu breite Küstenzone, die unter anderen die Wälder der genannten Oberförstereien umfasst, liegt im Buchenbereich, nur in seinem östlichen Teil treten Fichtenwälder auf.



Abb. 16: Douglasienstamm im Bestand mit losem Kronenschluss (Stary Kraków)

Die Daten der Klimastationen Międzyzdroje und Darłowo (Fläche Międzyzdroje und Stary Kraków) informieren über die kleinsten durchschnittlichen Temperaturamplituden ($18,6^{\circ}\text{C}$ und $18,4^{\circ}\text{C}$) in der Ebene, mit milden Wintern (Mitteltemperatur im Januar $-0,3^{\circ}\text{C}$ $-0,9^{\circ}\text{C}$) und kühlen Sommern. Die relative Luftfeuchtigkeit schwankt durchschnittlich von 75 bis 80% im Jahr (SCHMUCK 1959). Trotz geringen jährlichen Niederschlagssummen

459 – 555 mm, die im Juli kulminieren, ist das Klima dieser Region durch überwiegend ozeanische Merkmale charakterisiert.

Im höheren Maße treten die Merkmale des ozeanischen Klimas im Bergklimagebiet der Sudeten und zwar im Gebiet von Karkonosze (Lubawka, Kowary, Sobieszów), im Bystrzyckie Gebirge (Pokrzywno, Duszniki) und in Beskid Śląski (Ujsoły und Węgierska Górka) auf. Das Klima des Sudeten-Vorlandes charakterisieren niedrige Werte der Mitteljahrestemperaturen ($4,9^{\circ}\text{C} - 6,4^{\circ}\text{C}$), kleine Amplituden der mittleren Monatstemperaturen ($17,3^{\circ}\text{C} - 19,3^{\circ}\text{C}$), tiefe Temperaturen in der Vegetationszeit ($12^{\circ} - 13,2^{\circ}\text{C}$) und starke Niederschläge während des ganzen Jahres (791 – 997 mm) und in der Vegetationszeit. Wie es sich aus der Interpretation der Klimadiagramme von GAUSSEN-WALTER (1955, 1957) ergibt, zeichnen sich die beschriebenen Gebiete weiter durch hohe Luftfeuchtigkeit aus.

In den Grenzen von Beskid Śląski wurden größere Versuchsflächen der Douglasie in den Oberförstereien Ujsoły (Abb. 18) und Węgierska Górka angelegt. Höher gelegene Gebiete dieser Oberförstereien (650 m ü. NN ~ 1000 m) zeichnen sich durch ein feuchtes Klima mit reichen Niederschlägen (900 m ü. NN ~ 1100 mm) und durch weniger extreme Temperaturwerte aus. Im Gebiet des Beskid Wyspowy und Beskid Niski wurde die Douglasie versuchsweise in den Oberförstereien: Sucha Beskidzka, Kańczuga, Krosno und Lesko angebaut. Nach SCHMUCK (1959) ist dort eine Steigerung der Strahlungssummen vom Westen nach Osten (62,5 Kcal und mehr) feststellbar, wobei im San-Gebiet (Oberförsterei Krosno und Lesko) die höchsten Strahlungssummen in Polen verzeichnet wurden.

Im Gegensatz zu den feuchten Zonen des Ostsee- und Bergklimas mit ozeanischen Merkmalen haben wir in der Wielkopolska-Kujawy Ebene in der Zone des Klimagebietes der Großen Ebenen eine ganze Reihe von Douglasienflächen unter den Bedingungen des trockenen und Kontinentalklimas. Wie die Klimaunterlagen von WISZNIEWSKI, GUMIŃSKI und BARTNICKI (1949) zeigen, besitzen die in der Landeskala höchsten Kennziffern des Kontinentalismus die Klimastationen Szamotuły (18,4), Michorzewo (18,6), Sielec Stary (19,3), Trzemeszno (20,1) und Chodzież (20,2). In ihrem Bereich befinden sich die Douglasiebestände in folgenden Oberförstereien: Boruszynek, Porążyn, Kórnik, Rawicz, Miradz und Kaczory.

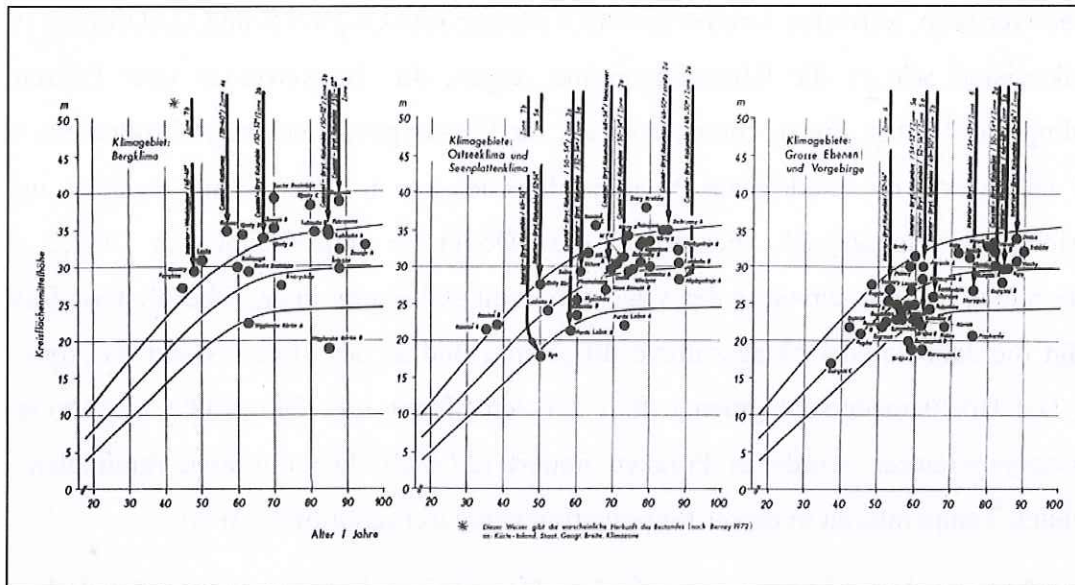


Abb. 17: Einfluss der Klimabedingungen auf die Bestandeshöhe der Douglasie in Polen



Abb. 18: Bestand der grünen Douglasie in der Oberförsterei Ujsoly (ca. 600 m ü. NN) in dem Beskid Śląski

Dieser axerische, teilweise xerothermische Klimatyp (BAGNOULS und GAUSSEN 1957) charakterisiert wie es die Klimadiagramme zeigen, die Trockenzeiten oder Dürren im Frühling und Herbst, die so charakteristisch für Versteppungstendenzen Großpolens sind. Dort haben wir die niedrigsten Niederschlagsmengen in Polen. Zum Beispiel in der Oberförsterei Boruszynek bekommt die Douglasie durchschnittlich 387,2 mm Niederschlag im Jahr, davon in der Vegetationszeit 204,6 mm; in der Oberförsterei Rawicz beträgt die Jahresniederschlagssumme 407,5 mm und in der Oberförsterei Kaczory 435 mm. Die Höchsthöchstniederschlagsmenge fällt auf den Monat Juli. Die größte Amplitude der Monatstemperaturen wurde in Porążyn notiert (22,6°C). Die mittleren minimalen und absoluten Temperaturen in dieser Region erreichen durchschnittliche Werte.

Sehr günstige Wärmebedingungen finden Douglasienanbauten, die in der Nähe der Klimastationen Żary (Oberförsterei Brody), Szamotuły (Oberförsterei Boruszynek), Zbąszyń (Oberförsterei Brójce), Grodków (Oberförsterei Niemodlin) angelegt wurden, wo die höchsten Jahresdurchschnittstemperaturen (8,0 – 8,4°C) notiert werden. In der Aufstellung der absoluten Höchsttemperaturen sind die höchsten Werte der Klimastationen Zbąszyń 38,3°C, Żary (38,1°C und Szamotuły 37,6°C auffällig. Die mittleren Höchsttemperaturen von 12,1°C bis 12,8°C und der Verlauf der Monatstemperaturen beweisen, dass die Flora dieser Regionen in der Vegetationszeit höhere Wärmesummen bekommt, als in anderen Gebieten Polens. Die besprochenen Oberförstereien liegen in den Regionen von Zgorzelec, Poznań und Opole, die zu den wärmsten in Polen gehören.

Ähnlich günstige Wärmebedingungen in der Vegetationszeit herrschen auch auf dem Gebiet der Oberförsterei Lesko in den Bieszczady und Krosno auf Pogórze Dynowskie.

Am nächsten des so genannten Kältepolen in Polen, d.h. der Umgebung von Ziemia Suwalska (SCHMUCK 1959) treten ähnliche Douglasienanbauten im Bereich der Klimastationen Orzysz (Oberförsterei Ryn) und Biskupiec Reszelski (Oberförsterei Purda Leśna) auf der Masurischen Seenplatte auf. Dieses Klima kennzeichnen jährliche Niederschläge von 523 bis 661 mm und gewisse ozeanische Einflüsse. Die höheren Niederschläge in der Vegetationszeit und die Temperaturamplituden sprechen jedoch für eine Überlegenheit der Kontinentalmerkmale. Dafür sprechen auch die niedrigeren Werte der Extremtemperaturen. Wie es sich aus der Aufstellung der Klimafaktoren der Stationen Orzysz und Biskupiec ergibt, gehören die mittleren Minima des kältesten Monats (-8,9°C, -8,3°C), die auf dem Gebiet der Oberförstereien Ryn und Purda Leśna festgestellt wurden, zu den niedrigsten von allen untersuchten Versuchsflächen. Ebenso sind die absoluten

Minima sehr niedrig ($-32,9^{\circ}\text{C}$, $-32,3^{\circ}\text{C}$). Wenn wir dabei nach den mittleren, langjährigen Daten (MILATA 1950/51, 1949) 50 – 60 Frosttage und 130 – 150 Tage mit leichtem Frost berücksichtigen, erhalten wir eine Vorstellung über das raue Klima dieser Region, die durch lange und frostige Winter gekennzeichnet ist. Zu betonen ist auch der sehr späte Beginn (um den 10.IV.) der Vegetationszeit.

Im nordöstlichen Teil der Pommerschen Seenplatte (Oberförstereien Wirty, Biały Bór) sind die Winter ziemlich rau, die Extremerte (mittlere Minima $-6,7^{\circ}\text{C}$, $-7,1^{\circ}\text{C}$) sind allerdings nicht so niedrig wie auf der Masurischen Seenplatte. Der Jahresniederschlag beträgt dort 460 mm in Wirty und 569 mm in Biały Bór .

Ein wichtiger Faktor, der manchmal über den Erfolg des Anbaus fremdländischer Bäume entscheidet, ist die Länge der Vegetationszeit (Anzahl der Tage mit der mittleren Tagestemperatur $> +5^{\circ}\text{C}$). Nach WISZNIEWSKI, GUMIŃSKI und BARTNICKI (1949) umfasst die Vegetationszeit auf der Masurischen Seenplatte (Oberförstereien Purda Leśna, Ryn, Nowe Ramunki) 190 bis 200 Tage. In dem Śląska Gesenke (Oberförstereien Brody, Dąbrowa Opolska, Sobótka, Żmigród) können die Douglasienbestände Vegetationszeiten ausnutzen, die ungefähr 30 bis 40 Tage länger sind. Die meisten der von uns untersuchten Anbauflächen wurden in der Klimaregion der großen Ebenen angelegt, wo die Vegetationszeit von 210 – 220 Tagen beträgt.

Das zur Klassifizierung der Bestände dienende Material zeigte einen deutlichen Zusammenhang des Makroklimas in Polen mit der Produktivität der Douglasie unter verschiedenen Bodenbedingungen. Es wurde nämlich festgestellt, dass die größten Mittelhöhen auf allen Standorten die Douglasien im Bereich des Bergklimas (Bonitäten $> \text{I-2, I-1}$), geringere im Bereich des Ostseeklimas und des Klimas der Seenplatten und die geringsten im Bereich des Klimas der großen Ebenen erreichen. Dies kann aus dem Vergleich der Streuung der Höhenkurven geschlossen werden, die für die in den drei oben aufgeführten Klimagruppen wachsenden Bestände getrennt bestimmt werden können. Die mittlere Leistung der Douglasienbestände im Gebirge, wo das Klima mit den verhältnismäßig größten Merkmalen des Ozeanismus in Polen beobachtet wird, ist dem Wert der Kurve der I. Bonität nach Hengst angenähert. In dem Gebiet des Ostseeklimas und im Klimagebiet der Seenplatten liegt die mittlere Leistung an der Grenze zwischen der Bonität I und II. In den Ebenen, in der Zone des Kontinentaleinflusses hat die Douglasie dagegen die niedrigste Massenproduktion, durchschnittlich auf dem Niveau der Kurve des II. Bonität (Abb. 17). Diese Feststellungen beweisen den dominierenden Einfluss des

höheren Jahresniederschlags (600 – 1200 mm) und der kleinen Temperaturamplitude (16° - 18°C), also des größeren Einflusses des Ozeanismus auf die guten Erfolge des Douglasienanbaus in Polen in der I. und II. Klimazone (Werte des Ozeanismuskoeffizienten 30 – 56,3). Zudem begrenzt in diesen Klima- Zonen die höhere Luftfeuchtigkeit die Douglasientranspiration.

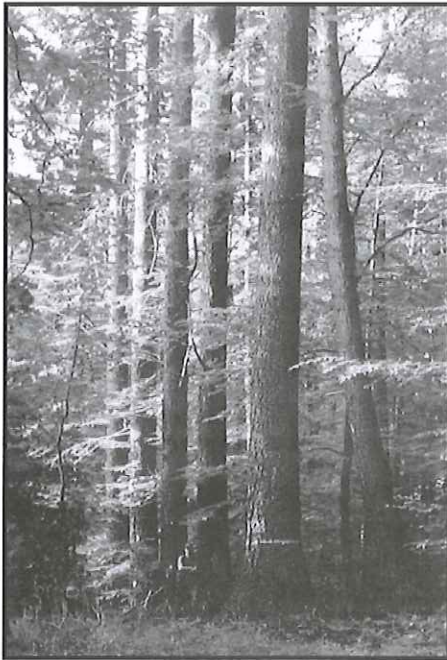


Abb. 18a: Mächtige Douglasien in der Oberförsterei Gdańsk Abt. 122e in der Ostseezone

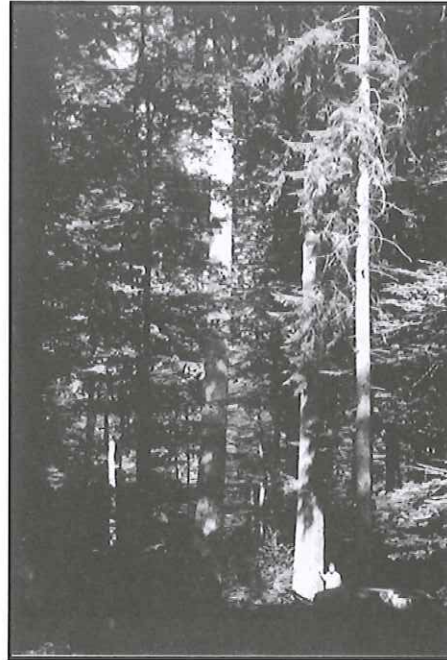


Abb. 18b: Besonderer Samenbestand in der Oberförsterei Gdańsk Abt. 202i mit ozeanischen Einflüssen des Klimas

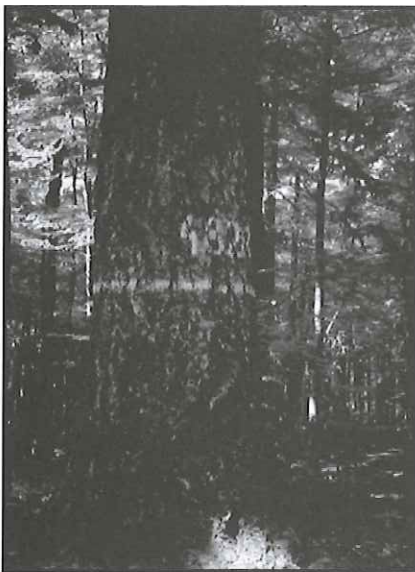


Abb. 18c: Imponanter Douglasienstamm in der Oberförsterei Gdańsk, Abt. 112a



Abb. 18d: Gut gereinigte Douglasienstämme in Versuchsförsterei des Dendrologischen Instituts in Kórnik (Begleitbaumarten: Tilia und Acer)

3.2.2 Toleranz gegen Luft- und Bodenfeuchtigkeit

Von den anderen Klimafaktoren, die Einfluss auf die Ergebnisse des Anbaus der Douglasie in Polen haben, soll der Einfluss der Trockenheit, der Licht- und der Windverhältnisse und der Exposition des jeweiligen Douglasienanbaus analysiert werden.

Trotz eines wesentlichen Einflusses einer ansteigenden Niederschlagsmenge, der Bodenfeuchtigkeit und Luftfeuchtigkeit auf die Höhe des Douglasienzuwachses in Polen ist gleichzeitig die hohe Toleranz der Douglasie hinsichtlich des Wasserbedarfs zu betonen. Diese sehr wertvolle ökologische Eigenschaft der Douglasie fand bei uns eine Bestätigung in der Wielkopolska-Kujawy Ebene, wo die Douglasie im Gebiet mit den niedrigsten Jahresniederschlägen in Polen (387 – 435 mm) angebaut wurde. Im diesem Klimabereich, das sich durch den maximalen Koeffizient des Kontinentalismus (18,4 – 20,2) auszeichnet, gibt es in den Oberförstereien Miradz, Kały und Kaczory Douglasienbestände, die in verhältnismäßig guten Leistungsklassen (I – 2a, I – 2b) einzuordnen sind, dagegen müssen die Douglasien in den Oberförstereien Porążyn, Szczaniec, Kórnik, Brójce, Boruszynek in niedrigere Leistungsklassen (II – 2, III – 1, III – 2, IV – 1) eingestuft werden. Wert zu betonen ist dabei die Tatsache, dass beide Populationen die Produktivität der Bestände aus einheimischen Baumarten, die in ihrer nächsten Umgebung stocken, übertreffen.

Das beste Beispiel für die Anpassung der Douglasie an ein Klima mit negativer Wasserbilanz (SCHMUCK 1959) können die Ergebnisse des Douglasienanbaus in der Oberförsterei Brójce (Ziemia Lubuska) sein. Obwohl auf den degradierten Böden dieser Oberförsterei fast jedes Jahr die Trockenzeiten bis hin zur Dürre auftreten, zeigt die Douglasie bessere Wachstumsleistungen als die Kiefer. Diese Überlegenheit bezieht sich nicht nur auf eine höhere Wuchsdynamik (durchschnittliche Douglasienhöhe im Alter von 60 Jahren beträgt 19 – 20 m, Brusthöhendurchmesser – 28 cm und bei der Kiefer 17 m und 21 – 24 cm), sondern auch auf eine bessere Qualität des Stammholzes und einen besseren Gesundheitszustand. Dendrochronometrische Messungen bei den vorherrschenden Bäumen auf der Versuchsfläche in Kórnik haben nachgewiesen, dass die Douglasie unter diesen ökologischen Bedingungen auf die starke Trockenheit in den Jahren 1960, 1964 und 1970 mit deutlicher Verminderung des jährlichen Durchmesserzuwachses reagierte. In diesem Fall wurde der Verlauf des Jahreszuwachses des Brusthöhendurchmessers und die Summe der Niederschläge in der Vegetationszeit in den letzten 20 Jahren analysiert. Auf anderen Flächen war der Einfluss der Trockenheit schwer erkennbar, weil sich gleichzeitig der Einfluss tiefer Temperaturen und der Insolation überlagerten.

3.2.3 Winterfrost und Frühfrost

Eine Beschreibung des Einflusses der einzelnen Klimafaktoren auf das Wachstum und die generative Entwicklung der bei uns angebauten Douglasienpopulationen sollte man mit deren Resistenz gegen tiefe Temperaturen beginnen. Die Beobachtungen im Gelände sprechen für die getrennte Prüfung der Reaktion der Douglasie auf Frühfrost und Winterfrost, die ähnliche Schadbilder bewirken, und der Reaktion auf Spätfrost. Das beste Wachstum gesunder Douglasie in den Beskiden und Sudeten, wo harte und lange Winter (die niedrigsten Isothermen des Januars in Polen von -6°C und die Anzahl der frostigen Tage – 70 und Frühfrostage – 130) herrschen, beweist die Resistenz älterer Douglasienbestände im Bergklima gegen die Frühfrost und Winterfrost.

Nicht nur im Gebirge, sondern auf dem ganzen sonstigen Gebiet Polens, mit Ausnahme des nordöstlichen Teils, wurden bei der Douglasie keine ernsteren Frostbeschädigungen der vegetativen Organe beobachtet. Diese Feststellung bezieht sich unter anderen auf das Trockengebiet in der Wielkopolska-Kujawy Ebene, wo die Versteppungserscheinungen auf manchen Standorten zu finden sind und wo die Douglasie dennoch besser und gesünder als die Bäume einheimischer Herkunft wächst. Die guten Ergebnisse beim Anbau der Douglasie führten dazu, dass dieser unter dem Schirmschutz gut durchforsteter Kiefern-, Fichten- oder Eichenbestände erfolgte.

Im östlichen Teil der Masurischen Seenplatte bewirken dagegen die harten Winter eine Zuwachsbegrenzung (TUMIŁOWICZ 1961), Trocknis und sogar das Absterben des größten Teils (Pūrda Leśna) oder aller Douglasienbestände (SCHENCK 1939). Evident ist die niedrige Baumhöhe, die im Alter von circa 70 Jahren durchschnittlich 27 bis 30 m (Nowe Ramuki) und auf schwächeren Böden nur 22 m (Pūrda Leśna) hoch sind. In der letztgenannten Oberförsterei sind aus der gesamten Versuchsfläche mit einer Größe von 0,5 ha nur ca. 25% der frostresistentsten Bäume am Leben geblieben, die in kleinen Biogruppen oder aber auch allein standen (Abb. 17). Sie haben abholzige, mit Flechten bedeckte Stämme und tiefangesetzte, kegelförmige oder ovale Kronen mit Stammformen und morphologischen Merkmalen, die meist den Typ Fraser River charakterisieren. An manchen Bäumen treten die Frostleisten auf. Die für die Douglasien schädlichen, leichten Fröste wurden dort im Jahr 1966 und insbesondere im Jahr 1968 notiert, als am 29.X. die Temperatur auf -10°C sank.

Auf Grund der unter diesen Klimabedingungen ungünstigen Ergebnisse des Douglasienanbaus auf größeren Freiflächen haben die Forstleute andere Methoden

angewandt. In der Oberförsterei Nowe Ramuki zum Beispiel wurde die Douglasie in kleinen Gruppen auf einem Saumfemelschlag angebaut. Unter dem dichten Seitenschutz einheimischer Bestände haben sich gesund wachsende Einzelbäume mit sehr abholzigen Stämmen und stark ästigen Kronen am Leben gehalten. In der Oberförsterei Ryn weisen die Douglasienbäume, die in Reihen in der Nähe des Sees wachsen, keine Frostschäden auf. Das raue Klima dieser in der Nähe des polnischen Kältepolos gelegenen Region förderte, wovon die angegebenen Beispiele zeugen, die Auswahl frostresistenter Bäume, die für weitere Züchtungsarbeiten in Polen sehr wertvoll waren. Manche von ihnen sind besonders wertvoll, weil sie reichlich gesunde Samen mit hoher Keimfähigkeit (circa 65 – 70%) ansetzen.

In den jüngeren Entwicklungsstadien dagegen, also in den Baumschulen und auf Pflanzflächen, leidet die Douglasie, sowohl in den vom Ozeanklima als auch vom Kontinentalklima beeinflussten Zonen, deutlich unter frühen, leichten Frösten und unter Winterfrösten. Diese Erscheinung ist vor allem in Jahren zu beobachten, in denen Wärmemangel herrscht, der die Assimilation einschränkt und dadurch auf die Kälteresistenz (Sośno) Einfluss hat. In manchen Baumschulen wurde festgestellt, dass bei fast allen Sämlingen im Winter die Nadeln braun wurden, die sich jedoch in der nächsten Vegetationssaison regeneriert haben. Größere Schäden treten in den Jungwäldern auf, wo - wie festgestellt - nicht geschützte Douglasienbäume manchmal ganz erfrieren (z.B. im Jahre 1956 in Lesko in den Bieszczady). In der Oberförsterei Ustka in der Küstenzone, also unter Bedingungen, die wie es scheint, für die Douglasie günstig sind, haben die Winterfröste bei den jungen, mit Buchen- und Fichtenverjüngungen gemischten Douglasien das Absterben der Nadeln, Seitentriebe und Gipfel verursacht. Dabei ist klarzustellen, dass nur die oberen Triebe der Douglasien erfroren sind, die höher als die sie umgebenden Pflanzen einheimischer Arten waren. Der Vorteil eines Schirmschutzes für den Douglasienanbau bestätigt sich im Kontinentalklima von Tomaszów Lubelski, wo der Douglasienanbau ausgezeichnete Erfolge auf einer Fläche, mit alten Schirmbäumen der Europäischen Lärche zeigt. Es ist noch hinzuzufügen, dass die tiefe Wintertemperatur in Verbindung mit starken Winden manchmal indirekt Schäden bei der Douglasie dadurch bewirkt, dass ein physiologischer Wassermangel (DAUBENMIRE 1973) verursacht wird. Dieser trägt dazu bei, dass die Nadeln braun werden, dass die Triebe am Ende des Winters oder im Frühling geschädigt werden und sogar ein Absterben der Bäume bewirkt wird. Schäden dieses Typs traten in den Douglasienbeständen auf den Berggipfeln in Sucha Beskidzka sowie in Węgierska Górką und in Sobieszów in der Nähe von Śnieżka auf.

3.2.4 Spätfrost und Erfrieren der Blüten

Wichtig, aber weniger beachtet, sind Douglasienschäden infolge von Spätfrösten. Sie wurden in verschiedenen Teilen des Landes notiert, charakteristisch sind sie aber in den Frostmulden in den Oberförstereien: Kaczory (im Noteć Tal) und Boruszynek (Notecka Urwald), auf leichten, feuchten und kalten Böden. In Porążyn (im Warta Tal) treten sie noch in der Mitte Juni, in Miradz in der Nähe des Gopło Sees noch Ende Mai oder Anfang Juni, ähnlich wie in Pokrzywno, im Bystrzycki Gebirge und in Purda Lesna auf der Olsztyńskie Seenplatte auf. Unter Berücksichtigung der langen Zeitdauer dieser leichten Fröste einerseits und der frühen Zeit der Aktivierung von Blütenknospen, des frühen Blühens (Ende April) und des langen, 17-monatigen generativen Entwicklungszyklus andererseits, kann man die Schädlichkeit der Spätfröste für den Anbau und vor allem für die Reproduktion der Douglasie in Polen gänzlich einschätzen. Viel spricht dafür, dass die Spätfröste zum Erfrieren der Blüten und zum schwächeren Samenertrag in den Douglasienbeständen in Polen beitragen. Manchmal verursachen sie auch das Erfrieren der vegetativen Knospen der jungen Triebe und Nadeln.

3.2.5 Variabilität des Lichtbedarfs und Empfindlichkeit gegen Windeinwirkung

Wie die Beobachtungen des Wuchses der Douglasiennaturverjüngung in den Oberförstereien Stary Kraków, Sośno und Miradz zeigen, ist der Lichtbedarf der Douglasie in den ersten fünf Lebensjahren verhältnismäßig gering. Es scheint, dass das Optimum der Lichtmenge in dieser Periode in einem gewissen Intervall liegt, das sich mit dem Alter der Sämlinge schnell vergrößert. Die Douglasienverjüngung verträgt zwar ziemlich große Beschattung (Miradz), reagieren aber sehr stark auf eine höhere Strahlung mit der Verstärkung des Zuwachses. Auf der Grundlage einer Analyse der herrschenden Bäume, die unter guten Lichtbedingungen in Miradz wuchsen, wurde festgestellt, dass sie im Alter von 20 Jahren durchschnittlich 13 m hoch waren und dabei eine sehr große Massenleistung, nämlich ca. 0,0905 m³ erreicht hatten. Junge Douglasienbäume, die in Biogruppen der Naturverjüngung, unter dem Schutz des Mutterbestandes erwachsen sind, wiesen in demselben Alter eine viel niedrigere Leistung auf. Sie erreichten durchschnittlich nur 4,5 m Höhe und 0,0056 m³ Masse (Abb. 15). Die an Straßen in Reihen gepflanzten Douglasien und Bäume an den Rändern der Versuchsflächen übertreffen deutlich, hinsichtlich der Stammstärke und Massenleistung, die im Schluss wachsenden Bäume. Dazu trägt, neben der kleineren Konkurrenz der Wurzelsysteme, vor allem der größere

Lichtzutritt zur Assimilationsfläche der Kronen (Krosno a. Wisłok, Żmigród, Stary Kraków, Kąty, Durowo, Brody) bei.



Abb. 19: Schlecht gereinigte Bäume der grünen Douglasie in der Oberförsterei Pokrzywno (ca. 450 m ü. NN) in den Sudeten im Bystrzyckie Gebirge

Sehr stark reagiert die Douglasie auch auf eine schädliche, austrocknende Windeinwirkung. Dies kommt insbesondere in Beständen vor, die auf Gebirgskämmen, Bergrücken oder an Berganhängen auf der Windseite auftreten. Unter solchen Standortsbedingungen (Sucha Beskidzka, Śnieżka, Lubawka) kommt es, infolge der erhöhten Transpiration und des Wassermangels im Boden, zur Nadeldürre, zum Absterben der Triebe und zur erheblichen Verminderung des Zuwachses. Auf dem Gebirgskamm des Gebirgszuges in den Oberförstereien Sucha Beskidzka und Lubawka zeigen die Douglasien eine kurze Verästelung und dünne, durchsichtige, oft einseitig geformte Kronen, wobei bei vielen Bäumen Gipfeldürre auftritt. Auf diesen Standorten sind die Ergebnisse des Douglasienanbaus negativ. Dasselbe kann man über die reinen Douglasienbestände sagen, die auf der vorherrschenden Windseite durch einen Hieb auf der Nachbarfläche plötzlich freigestellt wurden. Zahlreiche Windbrüche führen mit der Zeit zur völligen Vernichtung wertvoller Bestände, wie es in der Oberförsterei Śnieżka der Fall war.

3.3 Bodenverhältnisse und ihr Einfluss auf das Wachstum der Douglasie

Die Douglasie wächst in Polen hauptsächlich auf solchen Mineralböden, die sich unter mittleren Feuchtebedingungen bilden. Es sind saure, podsolige Braunerdeböden,

Parabraunerden, podsolige Böden, Alluvialen. Außerdem sind auf den Versuchsflächen mineralisch-organischen Böden, die durch Wasserüberfluss entstanden sind und zu den die Gleyböden und Moorböden gezählt werden, zu finden.

Unter dem am zahlreichsten vertretenden Typ der Braunerden (38 Bodenprofile) weisen die meisten die für die mesotrophen Böden charakteristischen Merkmale der Podsoligkeit auf. Die Braunerden sind vorwiegend aus lehmigen Sanden entstanden, die auf Lehmen liegen, welche aus Akkumulationen der End- oder der Grundmoräne entstanden sind. Außerdem sind sie aus dem Geschiebelehm mit verschiedenen Anteilen der Schluff- und Sandfraktionen mit Skelettanteilen und sporadisch aus lehmigen Kiesen, schweren Tonen (Krosno a. Wisłok) oder aus Lössen (Kańczuga, Sobótka) entstanden. In der zweiten Gruppe der Parabraunerden treten vor allem lehmige Sande auf leichten Lehmen mit höherem Anteil an Schluff auf. Dritte Gruppe sind die Podsolböden (26 Profile) mit verschiedenem Podsolierungsgrad, die hauptsächlich aus Verwitterungsböden der Grundmoräne stammen.

Neben den gleyartigen Böden treten auf vielen Flächen lehmige Sande über Lehmen oder über lockeren Sanden auf. Die Analysen haben in dieser Gruppe auch Schluffböden über schweren Geschiebelehmen (Rogów) nachgewiesen.

In einzelnen Fällen wurden auf Versuchsflächen der Douglasie Böden vom Schwarzerde-Typ mit physikalischen Eigenschaften wie bei lockeren Sanden (Nakło) und vom Typ des aus schwerem Lehm entstandenen Auenbodens, der Schluff und Tonfraktionen enthält (Przyborów) festgestellt. Der untersuchte Gleyboden (Sośno) besteht aus schluffigem Sand und schwerem Lehm mit großem Anteil der Schlufffraktion. Zu den Gebilden der Ablagerung der Gletschersohle ist auch eine ganze Reihe von Schwemmsanden in der Wielkopolska-Kujawy Ebene zu zählen. Es sind durchgespülte, lockere Sande mit beigemischtem Grobschluff (Miradz 127).

Die meisten Böden auf den Versuchsflächen, insbesondere die Braunerden zeichnen sich durch gute physikalische Eigenschaften aus, die die Speicherung des Wassers und der Nährstoffe im Bodenprofil sowie entsprechende Luftkapazität und Temperatur des Bodens sichern. Diese Eigenschaften verbinden sich mit einer größeren Mächtigkeit des Auflagehumus mit Schluffanteil und mit guter Bodenstruktur. Bei der Prüfung der chemischen Zusammensetzung der Böden ist die große Skala von Bodenreaktionwerten (pH 3,5 – 8,7) bemerkenswert. Die leistungsfähigsten Braunerden charakterisiert stark saure Bodenreaktion im Oberboden, die in tieferen Schichten, vor allem im Unterboden,

oft in neutrale oder alkalische Reaktion übergeht. Die Analysen der Podsolböden und Humusböden haben verhältnismäßig hohe Versauerung im ganzen Bodenprofil nachgewiesen.

In manchen Fällen stand die Variabilität der Bodenversauerung im Zusammenhang mit dem Vorkommen von Kalziumkarbonat im Ausgangsgestein, dessen Gehalt 12,8% (Porążyn) und 20,4% (Leszno) erreicht. Kalziumkarbonat wurde auf neun Versuchsflächen der Douglasie gefunden. Der Sorptionskomplex ist meistens schwach basengesättigt.

Die Einschätzung des Nährstoffreichtums lässt die Schlussfolgerung zu, dass sich eine Anzahl der untersuchten Braunerden durch einen hohen Gehalt verfügbaren Kaliums, nämlich von 19 – 32 mg/100 g Boden (Ustka, Sośno, Kaczory., Międzyzdroje, Pokrzywno, Ujszoły) auszeichnet. Die meisten Böden sind als mäßig Kaliumversorgt zu charakterisieren. Fast alle Böden haben einen geringen verfügbaren Phosphorgehalt.

Bei der Besprechung des Auftretens von Stoffen, die über die Bodenfruchtbarkeit entscheiden, kann man das für die Pflanzen wichtigste Element – den Stickstoff - nicht vergessen. Es wurde festgestellt, dass der Gehalt des Gesamtstickstoffes im Auflagehumus von 0,048% bei den Podsolböden bis 0,270% bei den Braunerden und 0,798% bei den Humusböden beträgt. Die am häufigsten gefundene Menge an Gesamtstickstoff auf den Versuchsflächen beträgt 0,080 – 0,98%.

Die Ergebnisse der Bodenanalysen zusammenfassend ist festzustellen, dass die edaphischen Verhältnisse auf den Versuchsflächen der Douglasien deutlich unterschiedlich sind. Diese Tatsache sollte das Finden der gegenseitigen Abhängigkeit zwischen den Standortbedingungen und der Produktivität der Douglasie in Gebieten einzelner Klimazonen erleichtern.

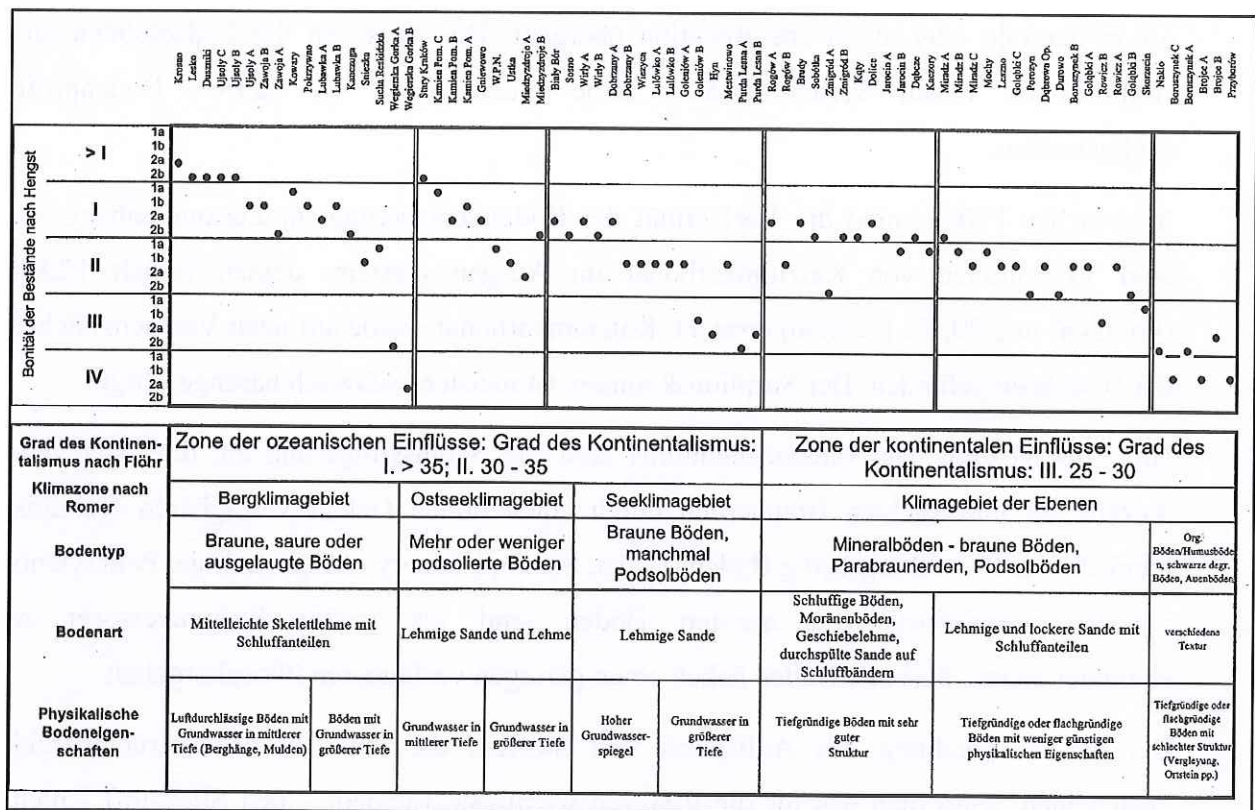


Abb. 20: Zusammenhang zwischen dem Klima, den Bodeneigenschaften und der Leistung der Douglasienbestände in Polen

3.3.1 Ostseeklimagebiet und Seenplattenklimagebiet

In der Ebene der Küstenzone, wo die ozeanische Einflüsse am stärksten sind, findet die Douglasie optimale Bedingungen in den Standorten mit Grundwasser in mittlerer Tiefe (1,60 m von der Bodenoberfläche). Hohe Leistung (Bonitäten > I – 2 und I – 1) sind sowohl auf den Geschiebelehmen, die in den Tiefen von 0,80 m liegen, mit einem Oberboden aus lehmigen Sanden (Stary Kraków), als auch auf den lehmigen Sanden selbst (Kamień Pomorski, Gniewowo) anzutreffen. Am Beispiel dieser Standorte ist ersichtlich, wie stark die Douglasie mit erhöhtem Massenzuwachs auf strukturelle, luftdurchlässige und tiefe Lehme mit Grundwasser im Unterboden reagiert.

Eine Steigerung des Zuwachses beobachtet man insbesondere auf den Böden, die neben den genannten Eigenschaften eine größere Mächtigkeit der Humusschicht, einen sich horizontweise vergrößerten Anteil abschlämmbarer Teile im Profil und außerdem Schluffanteile haben. Solche besonders günstige Wuchsbedingungen für die Douglasie gibt es in Stary Kraków, wo die Mittelhöhe des Versuchsbestandes im Alter von 80 Jahren 38 m und sein Ertrag auf einem Hektar 843,5 m³ beträgt. An Stellen, wo das Bodenskelett schon in einer Tiefe von 0,30 – 0,60 m ansteht und der Grundwasserhorizont in 1,00 m Tiefe liegt, sind durch Windwurf große Vorratsverluste entstanden. In derselben

Küstenzone erreicht die Douglasie deutlich geringere Produktionsergebnisse auf Standorten mit Grundwasser in größeren Tiefen. Es handelt sich dabei um sandige und aus schwerem Lehm und Feinlehm entstandene Böden. Bemerkenswert sind charakteristische Unterschiede im Wachstum eines Douglasienbestandes, der auf einer Erhöhung des Gebiets auf einem diluvialen Standort (Międzyzdroje) stockt. Hier tritt ein Braunerde-Podsolboden aus lockerem Sand auf teilweisem Feinlehm auf. Dank der besseren Bodenstruktur und -feuchtigkeit und größerer Mächtigkeit der Humusaufgabe sowie der Nährstoffversorgung erreicht dort die Douglasie eine um 4 m höhere Mittelhöhe als in der Nachbarschaft, wo die genannten Faktoren nicht festgestellt wurden. Diese Tatsache beweist, dass auch auf Sandstandorten die günstigen edaphischen Eigenschaften des Bodens über einen positiven Erfolg des Anbaus entscheiden. Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass die Douglasie auf lockeren Sanden mit geringerer Feuchtigkeit ein besser entwickeltes (bis 1,70 m) und windbeständiges Wurzelsystem bildet.

Im Klimagebiet der Seenplatte, wo die ozeanischen Einflüsse geringer sind (Zone II), sowie in der Küstenzone, können gute Douglasienstandorte (Bonität I – 2a und I – 2b) auf Lehmen mit lehmigen Sanden im Oberboden (Biały Bór, Sośno, Wirty, Dobrzany, Lutówko) gefunden werden, wenn ein mitteltiefer Grundwasserhorizont und hohe Schluffanteile vorhanden sind.

Bemerkenswert ist der Douglasienstandort in Sośno in der Krajeńskie Seenplatte, der ein Beispiel für Bodenverhältnissen ist, bei denen die höchste Vitalität (reicher Samenertrag) und Naturverjüngung der Douglasie in Polen zu finden sind. Der Gleyboden besteht von oben gesehen aus schwerem Lehm und Feinlehm entstandenen Sand, bis in 0,60 m Tiefe. Durch den hohen Anteil an Schluff, der in allen Bodenhorizonten auftritt, sind die Bäume sehr stark im Untergrund verwurzelt. Außerdem steht das Grundwasser in der Tiefe von 1,5 m an, der Oberboden ist Kaliumreich und der Streuabbau gut. Es scheint, dass neben der stark sauren Reaktion des Oberbodens das Verhältnis dieser Bodenfaktoren eine dichte Naturverjüngung möglich macht.

3.3.2 Klimagebiet der Großen Ebenen

Im westlichen Teil des Gebietes der Großen Ebenen, dessen Klima durch Kontinentaleigenschaften zu charakterisieren ist, hat die Douglasie deutlich größere Ansprüche im Hinblick auf günstige physikalische Bodeneigenschaften als im Norden.

In dieser Standortsgruppe befinden sich an der ersten Stelle Feinsandböden auf Ton (Rogów), die zum Typ der Podsolböden gezählt werden, und leichte Geschiebelehme, die

1,0 m tief und tiefer liegen, mit sandigem Oberboden (Brody, Sobótka, Żmigród) sowie Lehm Böden mit sandigem Oberboden, entstanden aus Geschiebelehm (Kały). Hohe Leistung der Douglasien-bestände auf diesen zwei letzten Standorten bedingt der stufenweise Übergang von leicht lehmigen zu stark lehmigen Sanden und von Lehmen mit hohem Gehalt der Schlufffraktion, wie auch der Einfluss des mitteltief auftretenden Grundwassers (1,5 – 2,0 m von der Oberfläche). Es sind sehr fruchtbare Podsolböden oder Parabraunerden, wobei das geologische Ausgangsmaterial meistens aus Ablagerungen der Gletschersohle besteht.

Gute Ergebnisse sichern den Douglasienbeständen auch die lehmigen Sande mit Lehm-Schluff-, Sand- und Skelettstruktur in Wechsellagerung (Moränenböden), die sich durch reichen Anteil der Nährstoffe auszeichnen.

Ausgezeichnete Böden für die Douglasie sind schließlich die seltener anzutreffenden lockeren, durchgespülten alluvialen Sande, mit einem höheren Schluffgehalt, die auf Löß (Miradz 127 1) auftreten. Das Grundwasser stand im Juli circa 1,00 m tief an. Dabei wurde ein sehr guter Streuabbau festgestellt, der die Entstehung eines neutralen Humus sichert. Im ganzen Profil war die Reaktion stark sauer. Charakteristisch, dass auf den Böden mit dieser physikalischen Struktur, trotz der periodischen Überschwemmungen des Geländes, weder Windwurf noch andere Schädigungen beobachtet wurden. Die dort wachsenden Bäume zeichnen sich durch große Wuchsdynamik und hoch aufgeschossene Stämme aus. Auf der ganzen Versuchsfläche tritt unter dem Schirm des Kiefern-Douglasienbestandes sehr dichter Unterstand in verschiedenem Alter und Verjüngung der Douglasie auf. Der Boden wurde zu den Schwemmsandböden gezählt.

Zur Begrenzung des Douglasienwuchses in diesem Gebiet trägt die Ortsteinschicht im Illuvialhorizont oder sehr festes Muttergestein bei. Einen deutlichen Einfluss dieser Schichten auf die Senkung des Douglasienzuwachses zeigt die Stammanalyse der herrschenden Bäume (Jarocin, Miradz 109), deren Ergebnisse in Längenschnitten der Stämme dargestellt wurden (Abb. 14, 15).

In der nächsten Folge treten die lehmigen Sande ohne Lehm im Unterboden auf, auf denen die Douglasie noch ziemlich gut wächst (Bonität II – 1 und II – 2), insbesondere wenn im Bodenprofil das Grundwasser und sandiger Lehm ohne Schluff vorhanden sind (Dąbrowa Opolska, Boruszynek 28f, Gołabki 22i).

Auf lockeren Sanden, die den Braunerden zuzurechnen sind, ist der Douglasienanbau, trotz Beimischung der schluffigen oder abschlämmbaren Teile, wegen des nicht befriedigenden

Zuwachses (Rawicz, Gołębki 6h, Skorzęcin) wenig rentabel. Die Douglasie wächst dort besser als die Waldkiefer, der schwache Standort lässt aber ihre potentiellen Wuchseigenschaften nicht zu. Den Standortsansprüchen der Douglasie entsprechen endlich die Böden der dritten Gruppe, d.h. die Torf-Schwemmsandböden, die aus lockeren Sanden entstanden sind (Boruszynek 60k, Nakło), aus schwerem Lehm entstandene schwere Auenböden und Podsole, die aus Lehm Ton (Kozuchów) entstanden sind, gar nicht. Die Bestände auf diesen Standorten, die zu den niedrigsten Bonitäten (III und IV) zählen, erreichen im Alter von 60 – 70 Jahren 19 bis 22 m Höhe. Bei ihnen wurde kein gesunder Samenansatz beobachtet.

3.3.3 Bergklimagebiet

In den Sudeten und Karpaten treten die Douglasienbestände im Vorgebirge sowie in der unteren montanen Stufe, in Höhen bis 950 m ü. NN, also in der Zone reicher Niederschläge und des Bergklimas mit starken Merkmalen des Ozeanismus auf. Unter diesen Bedingungen hängen die Wuchs- und Vitalitätsdynamik der Douglasie vor allem vom Bodenrelief und dem geologischen Ausgangsmaterial ab. Die Bedeutung des Bodenreliefs beruht darauf, dass es in einem engen Zusammenhang mit dem Wasser- und Nährstoffvorrat im Boden steht. Dadurch stocken im Gebirge die stattlichen Douglasienbestände auf stark geneigten Hängen sowie in den Synklinen und Mulden der Gebirgstäler, wo die Böden mehr oder weniger tiefgründig sind. Auf diesen Standorten, auf den sauren oder podsolierten Braunerden zeichnet sich die Douglasie durch den höchsten Zuwachs aus, indem sie die Bonität $> I - 2$ und $I - 1$ (Abb. 19, 20) erreicht. Hinsichtlich der physikalischen Zusammensetzung sind es vor allem schluffige, tonige, dem Löss über schweren Lehmen angenäherte Bodenbildungen, wie z.B. in Krosno. Das geologische Ausgangsmaterial dieses Standortes bilden Sande und die Schiefer von Krosno. Ähnliche Böden wurden in Versuchsbeständen in Lesko und Kańczuga festgestellt. Den Standortsansprüchen der Douglasie entsprechen weiterhin die Skelettböden, die aus mittelschwerem Lehm (Lubawka) und vor allem aus Kreide (Duszniki), aus Feinlehm, der aus dem Sandstein-Verwitterungsschutt (Pokrzywno) und aus den lehmigen Kiesen (Kowary) entstanden ist, bestehen. Diese letzten sind diluviale Bodenbildungen, die einer Granitunterlage aufliegen.

Für die Böden in Krosno, Ujsoły und Pokrzywno ist ein hoher Gehalt verfügbaren Kaliums (14 - 26%) und eine gute Basensättigung des Sorptionskomplexes, vor allem im Unterboden zu nennen. Die meisten Böden weisen einen großen Anteil an Gesteinschutt

auf. Die oben beschriebenen Eigenschaften der Bergstandorte sichern der Douglasie, neben den ozeanischen Klimateigenschaften, optimale Wuchsmöglichkeiten, wie es die besten Bonitäten ausweisen, die die Bestände in Krosno (Bonität > I – 2; Mittelhöhe im Alter von 57 Jahren – 35 m, Oberhöhe – 41 m), in Duszniki (Bonität > I – 2; Mittelhöhe im Alter von 88 Jahren – 39 m, Oberhöhe – 44 m) und in Ujsoły (Bonität > I – 1; Mittelhöhe im Alter von 67 Jahren – 34 m, Oberhöhe – 37,5 m) erreichen. Es wurde aber festgestellt, dass sich in diesen Beständen nur ein geringer Ertrag gesunder Samen zu finden ist.

Viel geringer wächst die Douglasie auf den Standorten der zweiten Gruppe, zu der die Böden mit weniger günstigen Wasserverhältnissen gehören, die auf den Berggipfeln oder Berghängen sowie auf den hoch gelegenen Ebenen zu finden sind. In diesen Lagen sind die Böden meistens flach und die Douglasienbestände weisen Entwicklungsstörungen (Zweigdürre, durchsichtige, einseitige Kronenbildung) infolge von schädlicher Windeinwirkung auf (Śnieżka, Sucha Beskidzka, Węgierska Górką). Die negative Beurteilung bezieht sich hauptsächlich auf den fehlerhaften Stamm- und Kronenaufbau.

3.4 Forstpflanzengesellschaften und ihre Bedeutung für die Ergebnisse des

Douglasienanbaus in Polen

Pflanzensoziologische Untersuchungen zeigen, dass die Douglasie auf den Standorten angebaut wurde, welche zu den für unsere forstlichen Standorte typischsten und für die Forstwirtschaft wichtigsten Pflanzenassoziationen zählen. Es handelt sich dabei hauptsächlich um Eichen-Hainbuchenwälder und Buchenwälder in unterschiedlicher Ausprägung.

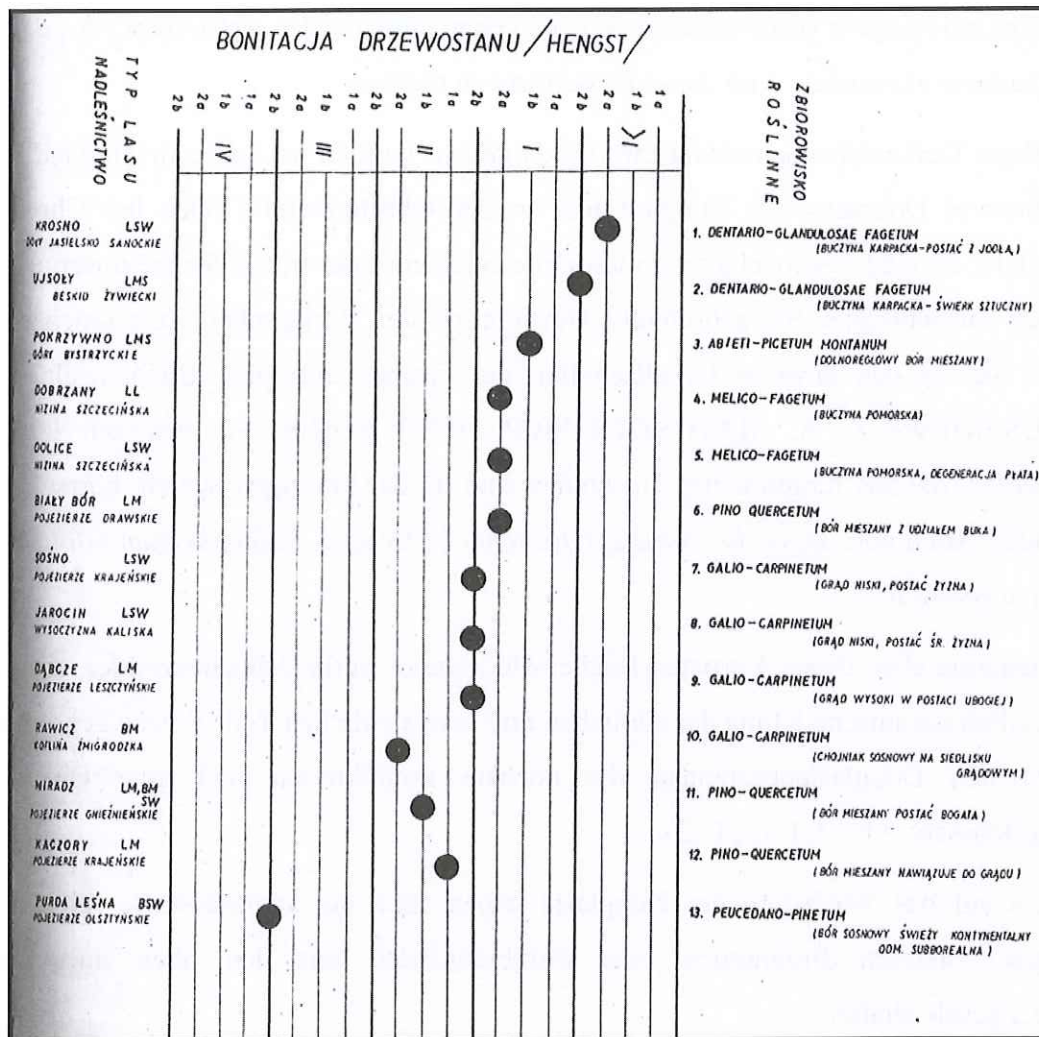


Abb. 21: Wachstum der Douglasie in verschiedenen Pflanzengesellschaften des Waldes

Die Standorte der Buchenwälder, die für den Douglasienanbau geeignet sind, werden vertreten durch fruchtbare Tieflandsbuchenwälder und Karpaten-Buchenwälder in der Oberförsterei Ujsoly und in den Ostbeskiden, auf dem Gebiet der Jasielsko-Sanockie Doły in der Oberförsterei Krosno (*Dentario-glandulosae-Fagetum*). In Ujsoly wächst die Douglasie auf diesem Standort in der unteren Hochwaldsstufe (610 – 760 m ü. NN), wo man, neben der Buche, einen größeren Anteil künstlich begründeter stattlicher Fichtenbestände vorfindet. Die Fichtenbestände zeichnen sich durch einen hohen Gesundheitsgrad und eine gute Produktivität aus. Der Gebirgsbuchenwald der Untergebirgsstufe (Krosno a. Wislok) stockt auf Lössböden. Es handelt sich um hochstämmige, homogene dichtbestockte Tannen-Buchenwälder, in denen die Tanne schlechte Stammformen hat und krank ist.

In der Krautschicht sind die Arten: *Sanicula europaea*, *Athyrium filix-femina*, *Lysimachian vulgaris*, *L. nemorum*, *Galium rotundifolium*, *Scrophularia nodosa* und

Impatiens noli tangere vorherrschend. Von den charakteristischen Arten dieser Assoziation sind *Dentaria glandulosa* und *Asperula odorata* zu trennen.

Fruchtbare Tieflandsbuchenwälder (*Melico-Fagetum*) wurden im Szczecin-Tiefland in der Oberförsterei Dobrzany bei Stargard und in der Oberförsterei Dolice bei Choszczno festgestellt. Es sind bewirtschaftete, mesophile Buchenwälder mit Eichenbeimischung und schwach ausgebildeter Strauchschicht. Hinsichtlich der floristischen Zusammensetzung werden sie zu den ärmsten Gesellschaften der Gruppe eutropher Buchenwälder (W. MATUSZKIEWICZ, A. MATUSZKIEWICZ, 1973) gezählt. Sie besetzen kalkfreie Braunerden, die aus Jungmoränen entstanden sind. In der krautigen Schicht herrschen die folgenden Arten vor: *Asperula odorata*, *Glechoma hederacea*, *Majanthemum bifolium* und *Oxalis acetosella*.

Die Standorte eben dieser Karpaten-Buchenwälder und Tieflandsbuchenwälder, die durch das deutlich ozeanische Klima des südlichen und nordwestlichen Teils Polens geprägt sind, sichern den Douglasienbeständen die höchste Produktivität und gute Gesundheit (Ertragsklassen: > I-2, I-1, I-2).

Einfluss auf das Wachstum der Douglasie haben auch die an Nährstoffe reichen und biologisch aktiven Braunerden oder Parabraunerden mit den oben aufgeführten Pflanzengesellschaften.

Auf den meistens aus geringmächtigen Geschiebelehmen entstandenen Parabraunerden, die eine hohe Kapillarität besitzen, stocken fruchtbare Tieflandsbuchenwälder, die zu den Mischwäldern mit Übergangscharakter gezählt werden (MEDWECKA-KORNAŚ 1970). Es sind azidophile Buchen-Eichenwälder (*Fago-Quercetum petraeae*), die im westlichen Teil der Küstenzone in der Oberförsterei Stary Kraków auftreten, wo sie, neben den Buchenwaldstandorten, günstigste Bedingungen für ein zügiges Douglasienwachstum garantieren. Gute Ergebnisse zeigt auch der Anbau dieser Baumart in dem im unteren Gebirgswald liegenden Tannen-Fichtenwald in der Oberförsterei Pokrzywno in den Sudeten (*Abieti-Piceetum*) und im Kiefer-Eichenwald (*Pino-Quercetum*) in den Oberförstereien Miradz auf Kujawy und Biały Bór in der Pommerschen Seenplatte. Im Komplex des Kiefern-Eichenwaldes in Miradz haben wir es mit einer reichen, feuchten Ausbildung dieser Pflanzengesellschaft zu tun, die in Mittelpolen verbreitet und in wirtschaftlicher Hinsicht von Bedeutung ist. Eine spezifische Form (Variante mit *Molinia coerulea*) tritt in Gebieten mit hohem Grundwasserstand auf.

Auf den Standorten der Eichen-Hainbuchenwälder zeigt der Douglasienanbau noch verhältnismäßig gute Ergebnisse, die Bestandesleistung ist aber kleiner als in den beschriebenen Buchenwäldern oder Mischwäldern sowie Buchen-Eichenwäldern. Auf die Begrenzung des Zuwachses unter diesen Bedingungen haben wenig tiefgründige und wenig luftdurchlässige Böden Einfluss. Es sind dies die Gesellschaften der Eichen-Hainbuchenwälder (*Galio-Carpinetum*, *Galio-Carpinetum holcetosum*) verschiedener Nährstoffversorgung, die in den Oberförstereien Sošno in der Krajeńskie Seenplatte sowie in Jarocin und Dąbcze in der Leszczyńskie Seenplatte auftreten. In Sošno, auf den Standorten der fruchtbareren Assoziation, ist in der Bodenflora die Vitalität der Arten: *Attryrium filis-gemina*, *Impatiens nollii tangere*, *Circea alpina* und *Urtica dioica* auffällig.

Den niedrigsten Zuwachs hat die Douglasie, die auf Standorten stocken, die zu der Gesellschaft der frischen Kiefernwälder (*Vaccinium-myrtillus* – *Pinetum*) gezählt werden. Bei den dort auftretenden Böden handelt es sich um sandige Mineralböden. Die Pflanzengesellschaften dieser Gruppe treten in den Oberförstereien Boruszynek (Gebiet des Notecka Urwaldes) und Brójce (Ziemia Lubuska) auf. Hier soll noch die subboreale Varietät des frischen Kiefernwaldes (*Peucedano-Pinetum*) gesondert genannt werden, die in ihrer typischen Form, also mit Anteilen xerothermischer Arten, in der Oberförsterei Purda Leśna (Masurische Seenplatte) zu finden ist. Der Anbau der Douglasie auf diesem Standort war im Wesentlichen erfolglos.

3.5 Vergleich biologischer Eigenschaften der Douglasie in verschiedenen Anbaumilieus

3.5.1 Phänologie

Die Beobachtung der saisonalen Lebenserscheinungen der Douglasie, die sich auf Blattausbruch, Blüten und Samenansatz unter unterschiedlichen Standortbedingungen konzentrierte, haben den biologischen Rhythmus bei den in Polen zu findenden Douglasienpopulationen erkennen lassen.

Auf der Versuchsfläche des Arboretums in Kórnik beginnt die Douglasie die Vegetationszeit mit der Phase des Aufbrechens der Blütenknospen, die je nach den lokalen Wetterverhältnissen vom 20.IV. bis 5.V., stattfindet, wobei milde Winter sowie warme und trockene Frühlinge diese Erscheinungen beschleunigen. Viel früher, weil schon in der ersten oder zweiten Dekade April, kann man eine Vergrößerung der Blütenknospenvolumens beobachten. Diese Knospen sind ähnlich wie die vegetativen

Knospen, die in den Nadelachsen erscheinen, schon im April der letzten Vegetationszeit sichtbar und weisen am Ende des Sommers eine deutliche Differenzierung auf. Die Blüte der männlichen und weiblichen Blüten desselben Baumes erfolgt im Wesentlichen gleichzeitig und beträgt ungefähr 5 – 7 Tage. Erst nach der Beendigung der Pollenverbreitung, die in der Umgebung von Poznań vom 10.V. – 25.V. stattfindet, beobachtet man das Platzen der Triebknospen und das Öffnen der Nadeln, also den Beginn der vegetativen Entwicklung der Douglasie.

Im weiteren Teil des generativen Zyklus wurde, in der letzten Dekade des Augusts die Reifung der Douglasenzapfen, die in dieser Zeit eine hellbraune Färbung annehmen, notiert. Wie aus unseren Beobachtungen und aus den im Gelände gesammelten Daten zu schließen ist, entspricht der hellbraunen Farbe der Douglasenzapfen ein niedriger Wassergehalt der Zapfen und damit eine genügende Samenreife. Es wurde festgestellt, dass die in den letzten Tagen des August oder Anfang September gesammelten Zapfen die größte Menge gesunder Samen enthalten. Der natürliche Samenfall der grünen Douglasiensamen wurde in der Regel ab der zweiten Dekade September während zweier Monate beobachtet.

Für die vegetative Douglasienentwicklung ist auch der Termin der Beendigung des Längenwuchses der Triebe charakteristisch, d. h. wenn die meisten Triebe völlig sichtbare Terminalknospen haben. Diese Phänophase notierte man vom 5. – 30. August. Ein teilweises Abfallen der älteren Nadeln konnte man schließlich vom Oktober bis Mitte Dezember beobachten.

Ähnliche Daten der wichtigsten Phänophasen der Douglasie konnten auf anderen Versuchsflächen auch im milden Klima der Wielkopolska-Kujawy Ebene (Miradz) und der Insel Wolin (Międzyzdroje) sowie unter den Bedingungen des Lokalklimas der Bergtäler in Beskid Żywiecki (Ujsoły) und in Dynowskie Vorland (Krosno a. Wisłok) festgestellt werden. Unter den weniger günstigen Umweltbedingungen der Masurischen Seenplatte wurde eine ziemlich große Verspätung des Beginns des Entwicklungszyklus der Douglasie, vor allem der Blühphase, der Phase des Knospentreibens und der Phase Öffnens der Nadeln beobachtet. Eine deutliche Verspätung beim Verlauf der saisonalen Entwicklung der Douglasie belegten auch die Beobachtungen im Versuchsbestand in der Schlesischen Senke. Mit Ausnahme der Masurischen Seenplatte konnte man in ganz Polen die Beendigung des Längenwachstums der Triebe in der zweiten Hälfte Juli feststellen. Im Bereich der Seenplatte fand dies schon Ende Juni statt.

Charakteristische Merkmale des saisonalen Jahreszyklus der Entwicklung der Douglasie sind eine sehr frühe Blüte, eine frühe Samenreife und in der Regel ein sehr schneller Samenfall. In dieser Hinsicht weicht die Douglasie von den einheimischen Bäumen wie der Kiefer, der Fichte und der Tanne deutlich ab. Diese Baumarten beginnen die Blüte Ende Mai, also einen Monat später als die Douglasie. Auch der Samenfall erfolgt bei ihnen deutlich später (im Oktober – die Tanne, im frühen Frühling des nächsten Jahres – die Kiefer, die Fichte).

3.5.2 Samenertrag

In den einzelnen Versuchsbeständen erzeugt die grüne Douglasie sehr unterschiedliche Mengen an Zapfen, die gesunde, keimfähige Samen haben. Darüber informieren Unterlagen, die dem Verfasser durch die Samenkontrollstation des Forschungsinstituts für Forstwirtschaft in Warszawa zur Verfügung gestellt wurden sowie die eigenen direkt im Gelände sowie in den Klenganstalten gesammelten Daten. In Jahren mit gutem Ertrag (jedes 3 – 7 Jahr) konnte man in manchen Oberförstereien 2000 kg (Ujsoły – 2,80 ha Fläche) und in den anderen maximal 1200 kg (Wirty – 3,54 ha, Drawno – 3,40 ha, Durowo – 1,60 ha) sowie 1100 kg (Międzyzdroje – 5,00 ha) Douglasienzapfen sammeln. In Jahren mit mittlerem und schwachem Ertrag erzeugt die grüne Douglasie dagegen so kleine Zapfenmengen (100 – 350 kg), dass ihre Beerntung unrentabel ist. Hier ist anzugeben, dass man unter unseren Bedingungen aus 50 kg Douglasienzapfen durchschnittlich von 1,0 bis 1,2 kg Samen erhält, d. h., dass in Mastjahren in den ergiebigen Beständen etwa 50 – 62 kg Douglasiensaatgut gewonnen werden konnte.

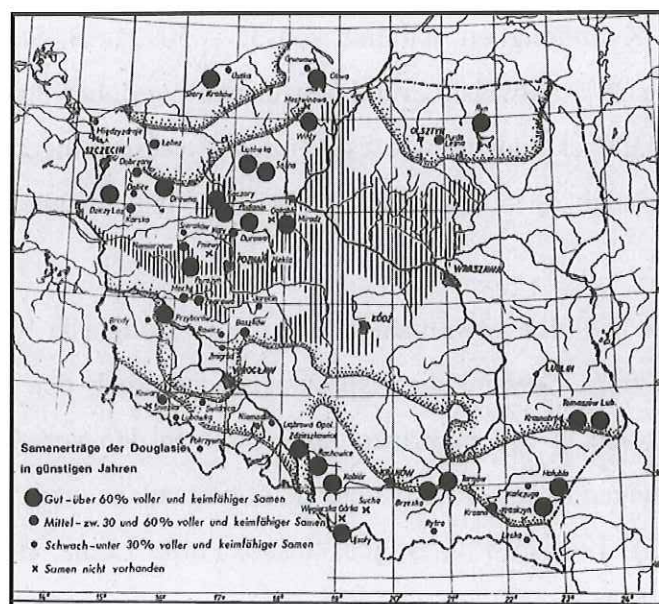


Abb.22: Samenerträge der Douglasie in den günstigen Jahren

Es wurde festgestellt, dass das in Polen gewonnene Saatgut der grünen Douglasie sehr unterschiedliche Anteile tauber Samen und durch Insekten befallenen Samen aufweist. Gewisse Bestände bringen Samen mit hohem Anteil gesunder und keimfähiger Samenkörner hervor, die in einzelnen Wirtschaftsjahren folgende Werte erreicht haben:

Oberförsterei	% Samenreinheit	% Keimfähigkeit
1963/64		
Wirty	87,2	90
Brzesko	80,0	93
Rachowice	86,0	68
Podanin	83,2	66
Drawno	87,0	68
Zdzieszkowo	89,2	74
Przyborów	89,6	89
1965/66		
Kobior	86,4	66
Tomaszów Lubelski	90,0	88
1966/67		
Krasnobród	94,0	87
Tomaszów Lubelski	96,0	70
Durowo	83,0	85
1967/68		
Tomaszów Lubelski	93,0	80
Ujsoły	97,0	90

Der überwiegende Teil unserer Douglasienbestände erzeut jedoch Samen, der eine wesentlich geringere Keimfähigkeit, nämlich von 32 – 50% (z.B. Stary Kraków, Oliwa, Kały) und sogar unter 20% aufweist. Grund hierfür war ein hoher Prozentsatz tauber und durch Schädlinge befallener Samen. Wie es aus den Untersuchungen von SCHNEIDER (1970) hervorgeht, handelt es sich bei dem Hauptschädling vor allem um *Megastigmus spermatrophus*.

Das Keimprozent der in Polen gewonnenen Samen der Douglasie liegt meistens in den Grenzen von 30 bis 65%. Sowohl die Zapfenmenge als auch der Anteil an gesunden Samen unterscheidet sich in den einzelnen Jahren und in den verschiedenen Beständen sehr. Nach Beobachtungen in den Oberförstereien, notierte man einen reichen Ertrag in den Jahren 1958 (Wronki), 1964 (Wirty, Brójce, Sośno, Purda Leśna, Brzesko, Ujsoły) und 1967 (Międzyzdroje, Lutówko, Sośno, Dobrzany).

Wie aus einer Aufstellung der Taxationsunterlagen der untersuchten Populationen (Tab. 1) hervorgeht, wird von der Douglasie fast im ganzen Landesgebiet gesundes Saatgut erzeugt. Unter den Klimabedingungen des Tieflands-, Hochlands- und Bergteils Polens gibt es Douglasienbestände, die unabhängig von dem Grad des ozeanischen oder kontinentalen Einflusses Saatgut mit relativ hohem Prozentsatz heranreifen lassen. Nur im Gebirge, nämlich in den Karpaten, auf den Versuchsflächen, die über 650 m ü. NN liegen (Węgierska Górka, Sucha Beskidzka – Beskid Wysoki) und in den Sudeten, auf den Flächen über 600 m ü. NN (Lubawka – Karkonosze) oder sogar schon bei 450 – 500 m ü. NN (Śnieżka – Karkonosze) fällt in den Douglasienbeständen der Mangel an Zapfen und Samen oder deren verschwindend kleine Mengen auf. Ähnliche Beobachtungen wurden auf höheren Erhebungen der Kaszubskie Seenplatte (Wieżyca – ca. 320 m u. NN) notiert, wo die Douglasie im Bereich der Kälteinsel wächst und den Auswirkungen kühler Winde ausgesetzt ist. Unter diesen Bedingungen setzt die Douglasie selten Zapfen an und bringt wenige gesunde Samen hervor. Eine Verminderung der Vitalität zeigt sich manchmal, wie in den Oberförstereien Lubawka und Śnieżka, ausschließlich in dem Ansetzen von verschwindend geringen Zapfen- und Samenmengen, wenn die Massenleistung hoch ist.

Bemerkenswerter sind zehn sehr vitale Populationen, von den einige einen guten Samenertrag alle 2 – 3 Jahre haben – wie Lutówko und Sośno (Abb. 23) und andere von denen bekannt ist, dass sie im Laufe von einigen aufeinander folgenden Samenjahren reichlich gesunde Samen produzieren., wie Wirty, Drawno, Miradz, Przyborów, Brzesko, Krasnobród, Durowo und Tomaszów Lubelski. Außer diesen Populationen erzeugt die Douglasie wertvolles Saatgut im südöstlichen Polen, nämlich in den Reihenanbausystemen in Krasiczyn, Krosno a. Wisłok und im Mischbestand mit Tanne, Buche und Lärche – in Hołubla. Hervorzuheben sind die guten Bodenverhältnisse, auf denen die oben genannten Douglasienbestände stocken. Es sind dies lehmige Böden mit hohem Schluffanteil oder nährstoffreiche Lössböden mit hoher Wasserspeicherkapazität.

Auf nährstoffreichem Boden in der Versuchsfläche in Lutówko, der z.B durch einen höheren Gehalt organischer Kalkverbindungen (Gytia) im Untergrund charakterisiert ist, beobachtet man – trotz eines hohen Bestandschlusses und beschränkten Lichtzugangs zu den Kronen – gute Samenerträge. Eine ähnliche Vitalität zeigt ein dichter Douglasienbestand im Alter von 60 Jahren auf schluffigem Lehm in Sośno, der reich an Kalium- und Phosphorverbindungen ist.

Auf anderen Versuchsflächen ergeben sich wesentliche Unterschiede im Zapfenertrag infolge größeren oder kleineren Lichtgenusses der Kronen. Bei Bäumen an Bestandsrändern, die vorherrschend sind, also höhere Strahlungssummen erhalten, ist der Samenertrag vielmals größer als im dichten Bestand, insbesondere bei beherrschten Bäumen (Porążyn, Ujsoly, Kowary). Die reichen Erträge, gesunder Samen bei den Reihenverbandsflächen (Krasiczyn, Krosno a. Wisłok, Ryn) und in den Mischbeständen der Douglasie mit einheimischen Arten unter optimalen Standortbedingungen (Hołubla) können damit erklärt werden.



Abb. 23: Samenbestand der Douglasie in der Oberförsterei Sośno auf der Krajeńskie Seenplatte

3.5.3 Naturverjüngung

Masten mit gesundem Samen ermöglichen die Naturverjüngung der Douglasie. An elf Orten mit Douglasienanbauten wurde in Beständen einheimischer Baumarten oder in deren nächster Umgebung Douglasienaturverjüngung mit einer Flächenausdehnung von 0,05 bis 2,00 ha gefunden. In vielen übrigen Beständen konnte man sporadisch kleinere Gruppen der Naturverjüngung finden. Die Naturverjüngung der Douglasie kam in den meisten Fällen auf einigen Ar unter dem Schirm des Mutterbestandes (Miradz, Sośno,

Kaczory) und im Seitenschutz des Bestandes (Pokrzywno, Międzyzdroje, Dobrzany) an, nachdem Windwürfe beseitigt worden waren.



Abb. 24: Flächige Naturverjüngung der Douglasie, die unter dem Schirm des Douglasien-Kiefernbestandes in der Oberförsterei Miradz auf Kujawy entstanden ist.

Die besten Ergebnisse brachte die Verjüngung der Douglasie unter dem Schirm eines Misch-Kiefern-Douglasienbestandes in Miradz (Abb. 24), wo im Laufe eines Jahrzehntes schwache Lichtungshiebe geführt wurden. Nach dem dritten Hieb sind auf der Versuchsfläche circa 25% der Bestandesmasse geblieben, hauptsächlich die Douglasien, die als Samenbäume dienen sollen. Diesen Bäumen ist ein sehr reichlicher Aufwuchs an den Stellen zu verdanken, an denen die Schirmhiebe geführt wurden.. Stattliche Biogruppen der Naturverjüngung der Douglasie in unterschiedlichem Alter (5 – 30 Jahre) besetzen dort ca. 1 ha Fläche, wobei sie dicht geschlossen sind (pro 1 m² manchmal 5 junge Bäume) und einen auffallend geringen Zuwachs aufweisen. Nach der Beseitigung der Mutterbäume beobachtet man eine schnelle Höhendifferenzierung und eine verstärkte Selbstausscheidung der 5 bis 11 m hohen Vorwüchse.

Durch die Sicherung der gesamten Verjüngungsfläche gegen Wildverbiss und gegen Schälen mittels eines Drahtzauns wurde diesen Schäden, die die Verjüngung zu vernichten

drohten, ein Ende gesetzt. Der gute Zustand dieser Verjüngung beweist die Reproduktionsmöglichkeit der grünen Douglasie im trockenen und verhältnismäßig warmen Klima der Wielkopolska Ebene. An dieser Stelle sind jedoch die günstigen Standortsbedingungen der Verjüngungsfläche und vor allem die Fruchtbarkeit der Böden, die sich durch sehr gute Humusformen (Mull) und hohen Grundwasserstand (in einer Tiefe von 1,20 m) auszeichnen, zu betonen. Diese Böden sind aus Löß entstanden und zeichnen sich auch durch gute physikalische Eigenschaften aus.

Zufriedenstellende Ergebnisse der Naturverjüngung der Douglasie konnte man auch auf großen Lücken, im Seitenschutz des Altholzes der Douglasie, in Stary Kraków, im Gebiet der Küstenzone feststellen. Der Bodentyp dieser Versuchsfläche ist ein schwachlehmiger Sand. Das Grundwasser steht in einer Tiefe von ca. 1,0 m an. Im Unterboden treten ein höherer Schluff-Gehalt und vor allem Skelettanteile auf.

Eine üppige, gesunde Naturverjüngung der Douglasie und der Sitkafichte erschien auf dieser Fläche nach den guten Samenjahren 1964 und 1967. Unter den optimalen Standortsbedingungen dieses Bestandes, erreichte die reichliche Naturverjüngung der grünen Douglasie und der Sitkafichte schnell den vollen Schluss, trotz einer gewissen Verunkrautung des Waldbodens, insbesondere an Plätzen nach Windwurflücken. Es scheint, dass zur Entstehung dieser beispielhaften Verjüngung auch die Bodenvorbereitung durch das Umbrechen des Bodens durch Wildschweine beigetragen hat. Es sind geschlossene Biogruppen stattlicher Douglasienvorwüchse entstanden, die für das Rotwild schwer zugänglich sind. Es scheint, dass der große Anteil der Sitkafichte an dieser Verjüngung mit ihren steifen und stechenden Nadeln den Verbiss durch das Wild verhinderte.

Recht gute Erfolge zeigt schließlich auch die Naturverjüngung der Douglasie auf einem Streifen im Seitenschutz des Mutterbestandes. Nicht selten, nutzte die Naturverjüngung nicht nur den Seitenschutz des Altholzes der Douglasie, sondern auch den Schirmschutz, z.B. der Stieleiche oder der Kiefer (Miradz, Abt. 85c). Infolge eines größeren Lichtgenusses unter den Kronen des Kiefernbestandes mit dem Bestockungsgrad von 0,8 (im Alter von 81 – 90 Jahren) haben sich zahlreiche Douglasienvorwüchse in einem 70 m breiten, an den östlichen Rand des Bestandes angrenzenden Streifen eingefunden. Jahrelang wetteiferte die Verjüngung, mit großem Erfolg, mit der vorhandenen Verjüngung von solchen einheimischen Arten wie *Acer platanoides*, *A. pseudolatanus*, *Quercus robur*, *Tilia platyphyllos* und *Betula pendula*, die zur lokalen Pflanzenassoziation gehören. Trotz

einer großen Expansivität dieser Bäume setzte sich die Verjüngung der Douglasie mit Hilfe ihrer breiten Kronen durch und erreichte eine Höhe von durchschnittlich von 15 bis 18 m. Dabei zeichnet sie sich durch zweischnürige, selbstgereinigte Stämme sowie durch eine bei anderen Bäumen nicht bekannte Vitalität aus. Die jungen Douglasien waren als nicht standortsheimische Baumart lange Zeit durch Schälens des Rotwildes betroffen, das fast jedes Jahr stattfand. Trotzdem haben sie sich, dank ihrer besonderen Fähigkeit Verletzungen auszuheilen, nicht nur am Leben erhalten, sondern übertreffen mit ihrem Wuchs die Vorwüchse einheimischer Baumarten. Erst nach etwa 30 Wuchsjahren, in denen keine Pflegeeingriffe erfolgten, begannen die aus Naturverjüngung entstandenen Douglasien abzusterben.

In einem besseren Zustand befindet sich die Naturverjüngung der Douglasie, die im Seitenschutz einer 90jährigen Kiefer mit Stieleiche entstand. An anderen Stellen tritt die Douglasienverjüngung dieser Art im Kiefernjungwald, der an den Versuchsbestand der Douglasie (Dobrzany, Międzyzdroje) grenzt oder auf einer infolge eines Saumhiebs freigelegten Fläche (Pokrzywno) auf.

Es wurde beobachtet, dass sich die Naturverjüngung auf diesen Flächen dort positiv entwickelt, wo sie im Jugendstadium Frostschutz hat und gegen Wildverbiss geschützt ist. Diese Funktionen erfüllen in den Oberförstereien Dobrzany und Międzyzdroje die dichten, aber nicht hohen jungen Kiefernvorwälder. In den Oberförstereien, die einen höheren Rotwildbestand haben, sind, insbesondere auf den Saumhiebsflächen keine guten Erfolge bei der Naturverjüngung ohne Zäunung zu erwarten. Das beste Beispiel dafür ist die Verjüngung der Douglasie in Pokrzywno, wo die zahlreich angekommene Naturverjüngung durch das Wild völlig vernichtet wurde. Dort haben die Douglasien einen staudenartigen Baumhabitus oder kriechen auf dem Boden und haben als solche fast keinen Wert für die Forstproduktion.

Negative Erfahrungen aus der Naturverjüngung der Douglasie unter den Kronen des Altbestandes hat man dagegen in Reinbeständen dieser Baumart in den Oberförstereien Sośno und Kaczory in der Krajeńskie Seenplatten gemacht. In Sośno war im Jahre 1965 die ganze Fläche eines sehr dichten Versuchsbestandes mit sehr reichlichem Anwuchs der Douglasie bedeckt, der 200 bis 500 Sämlinge pro 1 m² betrug. Diese viel versprechende Verjüngung entstand auf Gley, der aus lehmigem Sand mit hohem Schluffanteil im Oberboden und schluffigem, schweren Lehm im Unterboden besteht. Ähnlich wie in

Miradz, zeichnet sich dieser Boden durch einen hohen Grundwasserstand, durch gute Humusform und einen höheren Kalium- (30 mg / 100 g Boden) und Phosphorgehalt aus.

Zur Entstehung der dichten Naturverjüngung haben vor allem das gute Samenjahr und andere günstige Faktoren, wie entsprechende Lichtverhältnisse, die Bodengare (leichte Begrünung) und eine Bodenvorbereitung vor dem Samenfall beigetragen. Nach zu frühen und zu starken Lichtungshieben in den Jahren 1965 und 1967 ist in der Naturverjüngung eine sehr üppige (bis 1,5 m Höhe) und dichte Krautflora entstanden, die innerhalb von drei Jahren fast alle Sämlinge der Douglasie auf der Fläche unterdrückte und zum Absterben brachte.

In Kaczory erschien die dichte Naturverjüngung der Douglasie unter dem Schirm des Altholzes im Süden des Bestandes nach einer Ästung der Randbäume, was eine erhöhte Lichtzufuhr bewirkte. Schwachsandige Böden mit lockeren Sanden im Untergrund förderten aber den normalen und gesunden Wuchs der Saat nicht, die außerdem durch ein infolge Rotwildverbiss dichtes Strauchwerk unterdrückt wurde.

3.6 Auf den Versuchsflächen auftretende Schädlinge der Douglasie

Neben den infolge abiotischer Faktoren entstandenen Schäden, sind die Douglasienanbauflächen in Polen auch durch biotische Schäden, besonders durch Rotwild, Insekten und parasitischen Pilze bedroht. Auf den Versuchsflächen in verschiedenen Landesteilen wurde festgestellt, dass die Douglasie im jungen Alter meist unter dem Schälen und Schlagen des Rotwildes sowie unter Verbiss leidet. Die einzige wirksame Methode, Douglasie gegen die Schäden dieser Art zu schützen, ist die Zäunung der gesamten Kulturfläche oder der Naturverjüngungsfläche. Diese Maßnahme lässt auf eine gute Zukunft der Verjüngungsflächen hoffen.

Es scheint, dass die ersten Verluste auch mit dem Fraß des *Megastigmus spermatrophus* Wachtl. in den Douglasiensamen verbunden sind. Obwohl keine Untersuchungen über das Auftreten und die Vermehrung dieses Schädlings in einzelnen Beständen durchgeführt wurden, kann nach den in der Praxis erhaltenen Informationen davon ausgegangen werden, dass die Larve dieses Hautflüglers einen wesentlichen Prozentanteil gesunder Samen vernichtet. Durch das Insekt verursachte Schäden wurden in verschiedenen Teilen des Landes bekannt. Diese Beobachtungen fanden eine Bestätigung in den Untersuchungen von SCHNEIDER (1970), nach dem *Megastigmus spermatrophus* jedes Jahr an verschiedenen Anbauorten in Polen 40 bis 100% der Douglasiensamen vernichtet, wodurch die Samenernte in den meisten Douglasienbeständen unrentabel wird. Nach

kanadischen Versuchen (D.S. Ruth 1980) kann der Schädling durch 40- stündige Behandlung der Samen bei einer Temperatur von 45°C und bei 10% Feuchtigkeit vollständig vernichtet werden.

Weniger gefährlich sind für die Douglasie in Polen die parasitischen Pilze, die die Schütte d.h. *Phaeocryptopus gäumannii* und *Rabdocline pseudotsugae* hervorrufen. Die erste, die so genannte Schweizer Douglasenschütte, tritt in manchen Douglasienbeständen, die in der Küstenzone (Ustka, Stary Kraków) angelegt wurden, auf, wobei die Schäden vor allem in der Naturverjüngung bemerkbar sind.

Die zweite Douglasenschütte kann man auf vielen Douglasienflächen vom Typ Fraser River und Coastal finden. Im Gegensatz zur *Phaeocryptopus gäumannii*- Schütte, die manchmal zum Absterben älterer Bestände beigetragen hat, wurden keine wichtigeren Infektionsfolgen in den mit *Rabdocline pseudotsugae* befallenen Douglasienbeständen festgestellt. Nach den im Gelände gesammelten Beobachtungen ist der Pilz in jüngeren Altersklassen oft zu finden und verursacht weder größere Verluste im Zuwachs noch größere Störungen in der Entwicklung der Douglasienbestände. Die mit dieser Infektion geschwächten Bäume werden jedoch manchmal durch die Baumschwämme *Polyporus schweinitzii* und *Fomes annosus* befallen, die die Vernichtung des größten Bestandeteils bewirken können. Auch die kalten und vernässten Standorte, die Frostmulden sind (Kaczory), fördern die Entwicklung von *Fomes annosus*, der unter diesen, für die Douglasie ungünstigen Bedingungen Rotfäule der Wurzel und des unteren Stammteils hervorruft, was zum Absterben von vielen Bäumen im Alter von 30 – 40 Jahren beiträgt. Ähnliche Beschädigungen des Holzgewebes weisen die durch den Hallimasch – *Armillaria mellea* befallenen Douglasienbäume (Ujsoly) auf.

In einer Zusammenfassung der Beobachtungen vieler Bestände ist festzustellen, dass zu den besonders gefährlichen Schädlingen der Douglasie in Polen im jüngeren Alter das Rotwild und im späteren Alter *Megastigmus spermatrophus* gehören. Alle übrigen Schädlinge, unter anderem auch die beschriebenen parasitischen Pilze, stellen keine größere Gefährdung für den Douglasienanbau in Polen dar, weil sie entweder keine größeren Schäden verursachen (*Phaeocryptopus gäumannii*, *Rabdocline pseudotsugae*) oder nur an einigen Stellen des Douglasienanbaus auftreten (*Polyporus schweinitzii*, *Fomes annosus*, *Armillaria mellea*).

4 Diskussion der Ergebnisse

Vergleich des Klimas Polens und des Klimas des Herkunftsgebietes der Douglasie

Eine Vergleichsanalyse der Klimabedingungen, die im natürlichen Verbreitungsareal der Douglasie und in den Anbaugebieten in Polen, bringt einerseits einen Überblick über den Grad ihrer Anpassungsfähigkeit und lässt, andererseits, eine Interpretation der Anbauergebnisse zu. Vor allem ist an der Tatsache nicht zu zweifeln, dass das Klima in der Heimat der Douglasie grundsätzlich von dem abweicht, das De MARTONE (1926) "das polnische Klima" nennt (Abb. 25, 26).

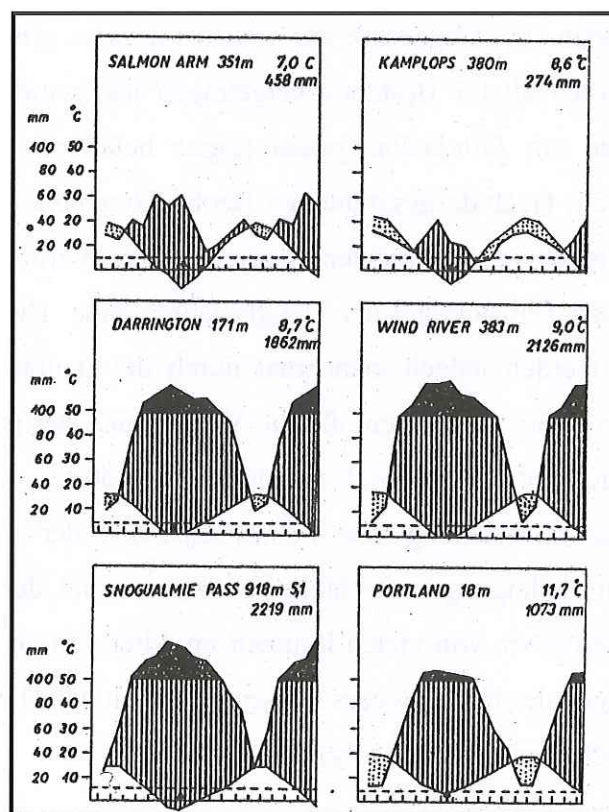


Abb. 25: Klimadiagramme der ausgewählten meteorologischen Stationen in Nordamerika, die die typischen Klimabedingungen im Bereich des Verbreitungsareals der Douglasie charakterisieren

In dem westlichen Teil der Staaten Washington und Oregon, also unter den optimalen Standortsbedingungen, wächst die Küstendouglasie im feuchten Klima mit einer charakteristischen Verteilung reichlicher Niederschläge. Dies zeigen die Diagramme der Stationen Alberni, Vancouver, Wind River, Darrington, Snoqualmie Pass und Portland (Abb. 25).

In Polen überwiegt dagegen das ozeanische, kaltgemäßigte Klima mit Kontinentaleigenschaften (BAGNOULS et GAUSSEN 1957). Regionen mit

Niederschlägen unter 1000 mm pro Jahr sind selten anzutreffen. Die durchschnittlichen Niederschlagssummen westlich der Kaskadengebirge liegen bei 1800 – 2200 mm pro Jahr, wobei der größte Anteil der Niederschläge im Winter fällt. In Polen ist es umgekehrt – die niedrigsten Niederschlagsmengen gibt es im Juli. Ein gemeinsames Merkmal des Klimavergleichs ist der Wassermangel in der Vegetationsperiode. Mit dem Reichtum der Winterniederschläge und einer kleinen Temperaturamplitude im Laufe des Jahres verbindet sich der erhebliche Klimaozeanismus in den westlichen Kordillern (68 – 124), der mit den ozeanischen Einflüssen in unserer Küstenzone und im Gebirge (18,4 – 70,6) schwer vergleichbar ist. Nach Mc ARDLE (1961) sind dort die Wärmeverhältnisse ausgeglichener, die Winter viel milder (die durchschnittlichen Monatswerte sinken selten unter 0°C) und die Vegetationsperiode ist meist länger als in Polen. Die abwechslungsreiche Geländeform und Kleinklimaunterschiede, die Ergebnis der Höhenzonierung sind, werden in der Klimadifferenzierung und der Dichte der Isothermen erkennbar sein (BROOKS 1938). Man kann daher thermische Verhältnisse, die denen Polens ähnlich sind, auf den westlichen Hängen der Kaskadengebirge finden.

Eine größere Ähnlichkeit kennzeichnet das Klima Britisch Kolumbiens, vor allem des inneren Hochlands zwischen den Küstengebirgen und dem Massiv der Felsengebirge, woher ein sehr wertvoller Kontinentaltyp der Douglasie (Fraser River) stammt. Im Hochland werden geringe Niederschlagsmengen, ziemlich harte Winter sowie kurze, trockene und heiße Sommer notiert, was sich in den Diagrammen der Stationen Salmon Arm und Kamloops in der Umgebung des Flusses Fraser (Abb. 26) und der Station Quesnelle in der Umgebung des Flusses Thomson widerspiegelt. Die letzte Station vertritt das kaltgemäßigte Klima, also denselben Typ, wie er in Polen bestimmt wurde (BAGNOULS ET GAUSSEN 1957).

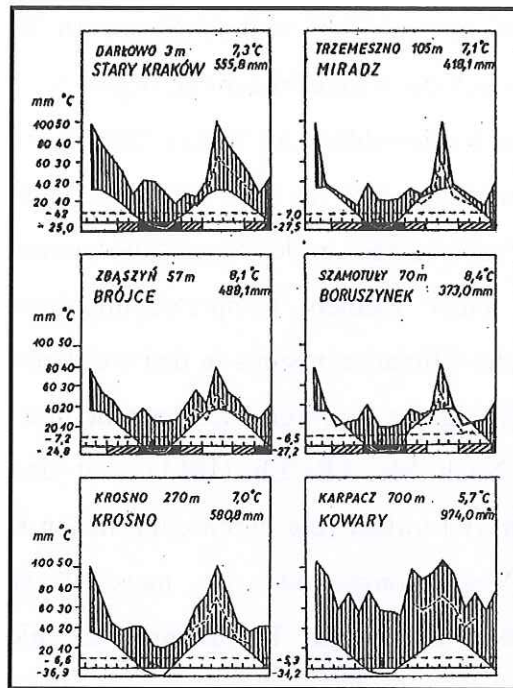


Abb. 26: Klimadiagramme der meteorologischen Stationen in Polen in Gebieten der Introduktion der Douglasie

Unseren Bedingungen entspricht schließlich das Klima des südlichen Teils des Massivs der Felsengebirge auf den Gebieten am meisten, die das Verbreitungsareal der Douglasie vom Typ Colorado (*P. menziesii* var. *glauca*) umfasst. Trotz seiner Frostresistenz hat jedoch dieser Typ bei uns wegen des niedrigen Massenzuwachses keine wirtschaftliche Bedeutung.

Die Produktivität der Douglasie in Polen

Von den Klimabedingungen, die das Wachstum der Douglasie am meisten fördern, her betrachtet, sind die Ergebnisse ihres Anbaus in Polen als gut, und auf manchen Flächen sogar als sehr gut zu bezeichnen. Dies ergibt sich daraus, dass die durchschnittliche Leistung der Douglasienbestände in Polen, gemäß den Ertragstafeln von Mc ARDLE, etwas unter der mittleren Leistung (III. und IV. Klasse) in den Staaten Washington und Oregon, also unter den optimalen Standortsbedingungen für die Douglasie liegt. Außerdem kann festgestellt werden, dass die Oberhöhen der Bestände auf dem San-Gebiet, nämlich in Krosno a. Wisłok (41 m im Alter von 57 Jahren) und Lesko in den Bieszczady sowie in der Küstenzone, nahe Kamień Pomorski, der II. amerikanischen Ertragsklasse entsprechen.

Die positive Beurteilung des Douglasienanbaus in Südpolen, in der unteren Waldstufe von Sudeten und Karpaten sowie im Norden, in der Küstenzone, d.h. in Gebieten, die sich durch das ozeanisch getönte Klima gekennzeichnet sind, bestätigen, neben den Oberhöhen,

auch andere taxonomische Eigenschaften wie z.B. die Mittelhöhen, Mitteldurchmesser und Kreisflächen der Douglasienbestände, die in diesen Landteilen (Duszniki, Ujsoły, Stary Kraków, Dobrzany, Dolice) stocken. Sie entsprechen den besten englischen Bonitäten (von HUMMEL und CHRISTIE 1953) und überschreiten manchmal die Rahmen dieser Bonitäten erheblich. Die diese Bonitäten enthaltenden Ertragstabellen spiegeln die günstigen Bedingungen für das Douglasienwachstum im ozeanischen Klima der Britischen Inseln wider.

Eine große Spanne der Bestandeshöhen in selben Alter beweist die große Empfindlichkeit dieser Baumart gegen verschiedene Umweltfaktoren. Einen nicht geringeren Einfluss haben auch die zur Untersuchung ausgewählten Provenienzen. Die erhebliche Spanne der Durchmesser und der Kreisflächen der Douglasienbestände in Polen sowie der hohen Stammzahlen auf einer Flächeneinheit sind auf nicht einheitliche und zu schwache Pflegehiebe, insbesondere in den jüngeren Altersklassen zurückzuführen.

Hohe Kreisflächen-Werte in den durchforsteten Beständen zeigen die Möglichkeit, die Produktivität der Douglasie durch die Anwendung eines rationellen Durchforstungssystems zu erhöhen. Man kann sich davon überzeugen, wenn man den Kreisflächen- Zuwachs nach entsprechend häufigen Durchforstungshieben analysiert. Die gegenseitigen Abhängigkeiten zeigt die Dokumentation der periodischen Messungen und Buchung der Hiebsmassen, die innerhalb von 50 – 60 Jahren des Bestehens der Bestände Stary Kraków und Pokrzywno angefertigt und uns durch das Forstinstitut in Eberswalde übergeben wurde.

Eine gute Beurteilung der Ergebnisse des Douglasienanbaus in Polen ergibt sich jedoch vor allem daraus, dass die Douglasie hinsichtlich der Massenleistung alle einheimischen Baumarten mit Wirtschaftsbedeutung übertrifft. Wir haben festgestellt, dass die durchschnittliche Massenproduktion der Douglasien im Alter von 80 Jahren ca. 640 m³/ha beträgt, was der Produktivität der besten Fichtenbestände entspricht und die Vorräte der besten Kiefernbestände (um 38%) und auch der Laubbaumbestände übertrifft. Der Höchstertrag der Douglasienbestände (850 m³/ha) kommt dem Ertrag der besten Tannenbestände nah und ist somit um 27% höher als der Ertrag der Fichte und um 83% höher als der der Kiefer. Ein lange anhaltender hoher Massenzuwachs ist höchstwahrscheinlich ein für langlebige und sehr vitale Baumarten zutreffendes Merkmal. Die deutliche Überlegenheit der Douglasie über die einheimischen Baumarten, die auf fast

Strahlungsintensität gekennzeichnet ist, förderte die Selektion frostresistenter Bäume. Diese sind um so wertvoller, als sie gesundes Saatgut erzeugen. Durch den deutlichen Rückgang des Zuwachses fehlt jedoch die ökonomische Begründung für den Anbau der Douglasie im östlichen Teil der Masurischen Seenplatte. Er ist auch zwecklos, weil die Douglasie in der Massenleistung den sehr wertvollen Provenienzen der Kiefer und der Fichte in den Waldbeständen dieses Gebiets hochgradig unterlegen ist.

Die meisten Populationen der Douglasie sind im Jugendstadium gegen eine gleichzeitige Einwirkung tiefer Temperaturen, austrocknender Winde und direkter Sonneneinstrahlung empfindlich. An dieser Stelle ist zu betonen, dass es – wie WAGENKNECHT (1959) angibt – wenige Baumarten gibt, die gegen Windeinfluss so empfindlich sind, wie die Douglasie. Auf Freiflächen führt diese Einwirkung zum Absterben der Bäume oder zu deren strauchartiger Entwicklung. Einerseits tritt unter diesen Bedingungen eine Verstärkung der physiologischen Trockenheit und andererseits das extremste Verhältnis der Tagestemperatur zur Nachttemperatur (Thermoperiodizität) auf. Es wurde beobachtet, dass man die Douglasienanbauflächen gegen die Einflüsse dieses gefährlichen Faktorenkomplexes schützen kann. Es scheint richtig zu sein, sich zu diesem Zweck des Schirmschutzes zu bedienen, am besten in Form eines stark durchforsteten (Bestockungsgrad 0,3) Kiefernaltholzes, eines in den Buchen- oder Eichenwäldern bei Saumhieben oder Löcherhieben sich ergebenden Seitenschutzes und durch Reihenpflanzungen als Zwischenreihen in einheimischen Baumarten.

Hinsichtlich der anderen Klimafaktoren ist der Zusammenhang zwischen einer größeren Intensität der Sonnenstrahlung und des Lichtgenusses und der Steigerung der Wuchsdynamik und der Vitalität in den älteren Altersklassen (II – V) zu betonen. In den durchforsteten Douglasienbeständen kann man häufig die Erscheinung des völligen Überwallens der Stöcke entnommener Bäume feststellen. Diese Eigenschaft der Douglasie beweist eine Wurzelverbindung von Nachbarnbäumen in einer Biogruppe, was zur Vergrößerung des wasser-aufnehmenden Wurzelsystems und zur besseren Versorgung der Bäume mit den Nährstoffen beiträgt.



Abb. 27: Völliges Überwallen der Wurzelstöcke entnommener Bäume

Bodenfaktoren

Aus der Klassifikation der Böden, die den Ansprüchen der Douglasie entsprechen, ist zu folgern, dass es sich um eine Baumart handelt, die als bodenvag hinsichtlich des Bodentyps, der Bodengattung und der Bodenart zu bezeichnen ist. Eine Toleranz gegen für sie ungeeignete physikalische Bodeneigenschaften besteht jedoch. Deshalb erreichen Douglasienbestände auf lockeren Sanden, auf Torf-Humusböden, auf schweren Auenböden und auf sehr flachgründigen Skelettböden in der oberen Waldstufe, also auf strukturlosen Böden mit fehlender Luftkapazität sowie auf sehr trockenen Böden und Böden mit Wasserüberschuss die niedrigsten Bonitäten. Auf lockeren Sanden mit einem gewissen Gehalt von schluffigen oder abschlämmbaren Teilchen oder mit Grundwasser im Unterboden wächst jedoch die Douglasie schon besser und leistungsfähiger als die Kiefern- und Fichtenbestände oder andere einheimische Laubholzarten auf vergleichbarem Standort. Diese Eigenschaften machen einen Douglasienanbau auf geeigneten Standorten des Lubuser Landes sehr empfehlenswert, wo wenig leistungsfähige Kiefernmonokulturen zur Degradation der Standorte beigetragen haben. Unter solchen Standortbedingungen, wird der Anbau der schnell wachsenden Douglasie zur erheblichen Steigerung der Produktivität von schwachen Standorten beitragen und der reichliche Abfall der gut zersetzbaren Streu die edaphischen Bodeneigenschaften verbessern. Hierzu können die Bestände in Brójce und Kozuchów als Beispiel dienen.

In der unteren Waldstufe sowohl der Karpaten als auch der Sudeten tritt Massivgestein (Granite, Gneise) nicht selten bis in den Oberboden auf. Auf diesen flachgründigen Böden ist die Anpassung des charakteristischen Wurzelsystems (Senkerwurzelsystem) an die Bergstandorte sehr interessant. Dieser Wurzeltyp verankert die Bäume im felsigen Untergrund sehr gut, Windwurf ist unbekannt. Außerdem nutzen die Feinwurzeln des Senkerwurzelsystems, die vertikal aus den schräg verlaufenden Hauptwurzeln herauswachsen, die flachgründigen Böden der Berggebiete aus. Es scheint, dass das Wurzelsystem der Douglasie an Bergstandorte besser angepasst ist, als das Wurzelsystem der einheimischen Fichte. Außerdem übertrifft die Douglasie die Fichte auch darin, dass sie weniger anfällig für Infektionen des Hallimasch (*Armillaria melea*) und für den Befall durch Buchdrucker (*Ips typographus*) ist.

Trotz der größten Produktivität der Douglasienbestände in den Bergwäldern ist ein Anbau dieser Baumart in den Gebieten, wo die wertvollen Fichten- und Tannenprovenienzen in den Karpaten und Sudeten stocken, nicht zu begründen. Er würde die bisher unberührten natürlichen Pflanzengesellschaften verändern und widerspricht auch den ökonomischen Zielsetzungen der polnischen Forstwirtschaft. Ein Verlassen dieser Zielsetzungen kann nur in Gebieten, in denen die Fichte am meisten bedroht ist, notwendig werden. Es scheint, dass die Douglasie die Fichtenbestände im Tiefland ersetzen kann, insbesondere auf manchen Standorten Westpommerns, wo die Fichte in der II. und III. Altersklasse infolge des Befalls vom Wurzelschwamm (*Trametes radiciperda*) massenweise abstirbt.

Nach der Überzeugung des Verfassers ist der Anbau der Douglasie hauptsächlich im Westteil des Gebiets der großen Ebenen angebracht, wo sie in der Produktivität die einheimischen Baumarten, in erster Linie die Kiefer, übertrifft.

Grundsätzliche Bedeutung für den Anbau der Douglasie in Polen haben, vor allem in der Zone der geringsten ozeanischen Einflüsse, Faktoren, die den auftretenden Niederschlagsmangel, Luftfeuchtigkeitsmangel und Wärmemangel ausgleichen. Im Tiefland sind vor allem physikalisch leistungsfähige Böden zu finden, welche größere Vorräte an die Sorption von Nährstoffen und Wasser fördernden kolloidreichen Fraktionen enthalten. Es sind dies schluffige Lehme und Schluffböden, die an Kalium und Phosphor sowie Feuchte reich sind, sandig-lehmige Böden, die durch einen Stufenübergang vom Sand zu den sandigen Lehmen, mit hohem Grundwasserspiegel gekennzeichnet sind und Moränenböden mit grobkörnigen und Skelettanteilen im Wechsel. Der im Gebirge auftretende Wärmemangel gleichen, wie es scheint, verhältnismäßig reichliche

Niederschläge, günstige Exposition und das Ausgangsgestein mit bedeutendem Anteil von Mineralnährstoffen aus. Der Mangel an Faktoren, welche die geringen Niederschlags- und Wärmesummen ausgleichen könnten, macht den Anbau der Douglasie im nordöstlichen Teil Polens in der Praxis unmöglich.

Pflanzensoziologische Faktoren

Bei der Zusammenstellung der Pflanzengesellschaften von den fruchtbarsten bis hin zu den an Nährstoffen ärmsten Anbauflächen der Douglasie wurde festgestellt, dass die Reihenfolge der Standorte im hohen Grade der Ertragsklassifikation der Douglasie in Polen (Tab. 2) entspricht. Gewisse Abweichungen von dieser Reihe können mit dem Einfluss mancher Provenienzen oder mit weniger günstigen physikalischen Bodeneigenschaften (Struktur, Wasserverhältnisse) und niedrigerer Luftfeuchtigkeit verbunden sein, weil die Douglasie hiergegen besonders empfindlich ist.

Am rentabelsten ist der Douglasienanbau auf Standorten der Buchenwälder der Karpaten (*Dentario-glandulosae-Fagetum*) und der Tieflandbuchenwälder (*Melico-Fagetum*), die den Beständen dieser Baumart die höchste Produktivität sichern. Diese Tatsache ist auch in den Waldkomplexen bestätigt, die in den Bergen im nordwestlichen Deutschland stocken, wo es ähnliche Untersuchungen über die Adaptation der Douglasie unter verschiedenen ökologischen Bedingungen gab (JAHN 1952). Der wirtschaftliche Aspekt, der mit dem Douglasienanbau verknüpft ist, kann jedoch in solchen Wäldern berücksichtigt werden, wo die natürlichen Phytozönosen infolge falscher Wirtschaftsweisen im Laufe von vielen Jahren zerstört oder weitgehend verformt wurden. Der Anbau der Douglasie scheint deshalb auf diesen Standorten zweckmäßig zu sein, wo noch gewisse Elemente der Assoziation von frischen Kiefernwäldern (*Vaccino-myrtilli-Pinetum*) zu identifizieren sind.

Generative Vermehrung

Im saisonalen Rhythmus der Douglasie ist eine sehr frühe Blühphase, der Samenbildung und des Samenfalls besonders auffallend. Diese am besten zu beobachtenden generativen Entwicklungsphasen treten, im Vergleich zur Entwicklung einheimischer Baumarten (wie Fichte und Tanne), fast einen Monat früher auf. Nach ALLEN und OWENS (1972) hat dies seinen Grund in der Anpassung der Provenienz an bestimmte Wärmesummen und einen bestimmten Photoperiodismus. Es darf also nicht verwundern, dass unter den Klimabedingungen Polens, die sich durch große Differenzierung der Wetterbedingungen in einzelnen Jahren und in den verschiedenen geographischen Zonen charakterisieren lassen, ziemlich oft eine Nichtübereinstimmung des biologischen Rhythmus der Douglasie mit

dem Klimarhythmus anzutreffen ist. Dies gilt vor allem für den nordöstlichen Teil des Landes, wo neben den anderen, ungünstigen Faktoren der Pflanzenvegetation die kürzeste Vegetationsperiode im Tiefland und die größte Zahl von Tagen mit leichtem Frost und von ausgesprochenen Frosttagen notiert werden. Unter diesen Bedingungen (östliche Gebiete der Regionen Olsztyn, Białystok, Lublin) stößt die Adaptation der Küstentypen und sogar der Kontinentaltypen (Fraser River) der Douglasie auf Schwierigkeiten. Auf manchen wasserreichen Standorten, in der Nähe von größeren Seen, die eine Milderung der thermischen Extreme bewirken, haben sich aber Bäume herausselektiert, die den Klimaverhältnissen in dieser Region angepasst sind (Oberförsterei Ryn).

Im übrigen Gebiet Polens bewirken die Klimaunterschiede in einzelnen Jahren, mit plötzlichen Wetteränderungen oft das Erfrieren oder die völlige Vernichtung der Blüten und Zapfenanlagen der Douglasie. In diesen Fällen sind die bei uns regelmäßig auftretenden Temperaturstürze in der ersten oder zweiten Dekade des Monats Mai ("Eisheiligen"), also gerade in der Zeit des Aufbrechens der Blütenknospen und der Blühphase besonders gefährlich. Die Kenntnisse des Rhythmus der saisonalen Entwicklung der Douglasie zwingt dazu, auf das unserer Meinung nach wichtigste Problem, das mit dem Anbau der Douglasie bei uns verbunden ist, nämlich das Problem des Ertrages an gesunden, keimfähigen Samen aufmerksam zu machen. Aus den phänologischen Analysen wird deutlich, dass die frühe Aktivierung der Blütenknospen und der lange, 17 Monate dauernde Zyklus der generativen Entwicklung in Jahren mit ungünstiger Witterung beschränkend auf die Adaptivität der Douglasie wirken. Die Zapfenernte in den Douglasienbeständen in Polen wird, in der Regel, zu spät, d.h. Ende September oder im Oktober durchgeführt, wenn die wertvollsten Samen aus dem Spitzen- und Mittelteil der Zapfen schon ausgefallen sind. Diese verspäteten Zapfenernten können mit wenigen Kenntnissen über den Entwicklungszyklus dieser fremdländischen Baumart und auch damit erklärt werden, dass die Phase der Öffnung der Deckschuppen und des Samenfalls, die von den thermischen und Feuchtigkeitsbedingungen sowie von dem Insolationsgrad abhängt, oft unbemerkbar, etappenweise, und manchmal sehr schnell verläuft. Um größere Verluste an wertvollen Samen zu vermeiden, sollte die Zapfenernte in einem nicht ganz reifen Stadium (einseitige Bräunung der Deckschuppen), also in der letzten Dekade August oder Anfang September erfolgen. Die in dieser Zeit gesammelten Zapfen erhalten ihre Reifung unter künstlichen Bedingungen, in einem Speicher, und zeichnen sich durch die höchste Anzahl gesunder Samen aus.

Ein reicher Samenertrag mit ähnlicher Keimfähigkeit wurde vor allem in den geographischen Zonen festgestellt, die sich durch sehr fruchtbare Böden auszeichnen, also in Kraina, Kujawy, Woiwodschaft Rzeszów und den südlichen Teilen der Woiwodschaft Lublin. Allgemein kann man sagen, dass die lehmigen Böden mit hohem Anteil der Schlufffraktion sowie lockere, wasserführende, alluviale Sande (Schwemmsande) mit höherem Schluffanteil den Ansatz gesunder Samen fördern. Bei beiden Standorten steht zudem das Grundwasser hoch an. Ein guter Samenertrag wird auch durch Schluffböden gefördert, deren Eigenschaften ähnlich denen der Löße über Lehmen sind.

Die Bodenanalysen lassen vermuten, dass der Ansatz gesunder Douglasiensamen vor allem auch vom Anteil mineralischer und Humuskolloide abhängt, die Phosphor- und Kalium und Calcium im Unterboden speichern und die nutzbare Wasserspeicherkapazität erhöhen.

Der Einfluss des Lichts auf die Steigerung des Samenertrags der Douglasie ist auf fast jeder Versuchsfläche, vor allem an den Bestandesrändern und auf den Reihenbauflächen ersichtlich. Am effektivsten wirkt er sich aber auf größeren Anbauflächen aus. Die dort vorhandene höhere Baumzahl und die höhere Pollenproduktion begrenzen die Selbstbestäubung zwischen nahe verwandten Bäumen innerhalb der Population und sind für die erwünschte Kreuzbestäubung der weiblichen Blüten notwendig.

Naturverjüngung

Das Gelingen und die Erhaltung der Naturverjüngung der Douglasie in einer fremden Pflanzenassoziation hängt von günstigen Bedingungen eines ganzen Komplexes von Umweltfaktoren ab. Sind nicht alle Bedingungen erfüllt, verschiebt sich die Chance einer flächigen Naturverjüngung um viele Jahre oder wird auf Dauer unmöglich. Von entscheidender Bedeutung für das Gelingen sind vor allem ein guter Samenertrag, ein hoher Grundwasserspiegel, die Fruchtbarkeit der Böden, eine günstige Humusform (z. B. Mull), eine optimale Beschattung des Bodens in den Beständen bei relativ hohem Bestockungsgrad (0,9 – 1,0) und eine optimale Bodengare, die an einer leichten Begrünung zu erkennen ist. Eine Bodenbearbeitung kann sich positiv auf das Gelingen der Verjüngung auswirken. Die Sicherung der Verjüngungsfläche gegen Wildverbiss ist schließlich unverzichtbar.

Weiterer intensiver Forschungsarbeit bedarf die Auswirkung unterschiedlicher Strahlungsmengen, wie sie unter dem Schirm variierender Kronen dichter Kiefernbestände festzustellen sind. Es wurde festgestellt, dass in Douglasienreinbeständen bei vollem oder nur wenig gesenktem Schlussgrad eine flächige Naturverjüngung nicht gelingt, oder, wenn

sie angekommen ist, nach wenigen Jahren wieder vergeht. Es muss offen bleiben, ob diese Entwicklung von stärkeren Durchforstungen mit darauf folgender Vergrasung und verstärktem Krautwuchs und damit von einer Verschlechterung der edaphischen Bedingungen für die Douglasiensämlinge verursacht wird oder mit einem toxischen Einfluss der Douglasiensstreu zusammenhängt.

Gesunde Naturverjüngungen der Douglasie in verschiedenem Alter, die in den Wäldern Polens häufiger anzutreffen sind, werden vom biologischen Standpunkt aus betrachtet, ein sehr interessanter Hinweis auf die Adaptationsfähigkeit der betreffenden Population. Die Stammanalysen junger Bäume, die in naturverjüngten Gruppen gewachsen sind, beweisen, dass diese ohne Eingriffe des Menschen, ohne häufige Pflegehiebe keine Zukunft haben. Es spricht viel dafür, dass die Produktion der Douglasie unter solchen Voraussetzungen unrentabel ist, weil die Dichte der Bäume zur jahrelang andauernden Zuwachshemmungen führen und in der Konsequenz zu einer Verminderung der Gesamtmassenleistung beitragen.

Bessere Ergebnisse werden durch künstliche Verjüngung auf Flächen mit Schirmschutz durchforsteter Bestände einheimischer Baumarten erzielt. Der Bestockungsgrad dieser Bestände sollte nicht über 0,3 – 0,5 liegen. Eine Freiflächenverjüngung durch Pflanzung ist mit gutem Erfolg aber ebenfalls nur dann möglich, wenn sie in Reihenmischung mit einheimischen Baumarten insbesondere Kiefer, Erle und Birke erfolgt. Die Douglasiensverjüngungen sind am meisten durch Wildverbiss und Schälen bedroht. Deshalb ist der Douglasienanbau ohne Zaunschutz der Verjüngung sinnlos.

Das Problem der Herkünfte

Wenn man annimmt, dass die von BERNEY (1972) festgelegten Herkünfte der für Polen geeigneten Douglasienspopulationen richtigen methodischen Voraussetzungen folgen, wofür die Untersuchungen von ALLEN (1960, 1961), SZIKLAI (1964, 1969), EL – LAKANY und SZIKLAI (1971, 1972) und YAO (1970) sprechen, müssen gegenseitige Abhängigkeiten besprochen werden, die sich im Zusammenhang mit dieser Festlegung aufdrängen. Es geht hier um den Einfluss der ungefähren geographischen Lage und der Klimazone, aus der die in Polen angebauten Populationen stammen, auf das Wachstum, den Samenertrag, die Frostresistenz und auf einige morphologische Merkmale. Im Hinblick auf die große Variabilität der Umweltverhältnisse in den analysierten Herkunftsgebieten werden die geprüften Abhängigkeiten den Charakter sehr allgemeiner Hypothesen haben. Aus der Klassifizierungsliste der Bestände mit einer von BERNEY

(Tab. 2) bestimmten Herkunft kann man erkennen, dass sich die Bestände, die aus im südlichen Britisch Kolumbien, im Staat Washington am Fuß der Felsengebirge und in Kalifornien gesammeltem Saatgut entstanden sind, durch ein gutes Wachstum auszeichnen. Bei der kalifornischen Provenienz (geographisch von 38° bis 40° nördlicher Breite), die in Krosno a. Wisłok wächst, ist schwer zu bestimmen, ob der höchste Zuwachs, den die Douglasie in Polen dort erreicht, eine Reaktion auf die größere Tageslänge der geographischen Breite des Rzeszów-Bezirks (photoperiodische Reaktion) oder eine Reaktion auf die sehr fruchtbaren, lößähnlichen Böden ist. Die kontinentalen Provenienzen, die aus dem Staat Washington stammen und sich auf der Anbaufläche in Kowary (Sudeten) sowie in Gołębki befinden, weisen eine sehr unterschiedliche Produktivität und Vitalität auf. Dasselbe kann man über die übrigen Bestände sagen, die aus der Kontinentalzone von Britisch Kolumbien (geographisch von 50° bis 54° nördlicher Breite und von 121° bis 127° westlicher Länge) stammen.

Die Höchstleistung der Küstenprovenienzen (Coastal) ist für Polen charakteristisch. Es wurde festgestellt, dass sich in allen Populationen dieses Typs der Douglasie, also in Krosno und Ujsoły, Pokrzywno und Miradz sowie in Duszniki, Dobrzany und Międzyzdroje (weniger sichere Bestimmung der Provenienz) die Bäume herausselektiert haben, die frostresistent sind und sich durch die höchste Wuchsdynamik, wie im Klima mit größeren ozeanischen Einflüssen (Ujsoły) und wie unter den Bedingungen des Kontinentalklimas (Miradz) auszeichnen. In der besten Gruppe befinden sich auch die Bestände in Kowary, Dolice und Biały Bór, die zu den Kontinentalprovenienzen (Interior) vom Typ Fraser River zu zählen sind. In der Wuchsgeschwindigkeit stehen sie den Küstenprovenienzen mehr oder weniger nach. Eine besondere Ausnahme ist die Küstenprovenienz in Purda Leśna, wo im kühlen Klima der Masurischen Seenplatte, mit einer kurzen Vegetationsperiode und tiefen Wintertemperaturen die überlebenden Bäume einen sehr geringen Massenzuwachs aufweisen. Es scheint, dass für den Erfolg der Adaptation der Küstendouglasie der Auswirkungsbereich des ozeanischen Klimas, also die geographische Länge, aus der die angebauten Populationen stammen, von größerer Bedeutung als die Unterschiede in der geographischen Breite ist.

Die schlechtesten Erfolge hat man mit den kontinentalen Provenienzen (Interior) des Colorado-Typs zu verzeichnen, was bewirkt, dass ihr Anbau keine wirtschaftliche Bedeutung für die Forstwirtschaft hat. Sie können trotzdem eine gewisse Rolle bei der Züchtung frostresistenterer Küstenpopulationen spielen.

Der Einfluss der Douglasienherkunft auf den Samenertrag ist wegen der komplexen Auswirkungen der Umweltfaktoren, von denen das Blühen und der Samenansatz abhängen, schwer zu bestimmen. Erwähnenswert ist jedoch das Vorkommen kontinentaler Provenienzen in Polen, die trotz der Auswirkungen einer großen Anzahl von Frosttagen fast jedes Jahr einen guten, gesunden Samenertrag liefern. Sie sind auf der Pommerschen Seenplatte in den Oberförstereien Sośno und Lutówko sowie auf der Masurischen Seenplatte in der Oberförsterei Ryn zu finden.

Im Hinblick auf die Frostresistenz der vegetativen Organe wurden keine größeren Unterschiede zwischen den Douglasienprovenienzen in Polen beobachtet. Etwas Licht auf die Frostresistenz der Ausgangspopulationen werfen der Bestockungsgrad der Douglasienflächen und die Baumgesundheit. Die aus kontinentalen Provenienzen entstandenen Bestände (Dolice, Kowary, Brójce) haben einen höheren Bestockungsgrad (0,9 – 1,10) als die Bestände aus den Küstenprovenienzen, die in der Jugendzeit gegen tiefe Temperaturen empfindlicher waren und wo der Selektionsdruck seitens der Umwelt größer war ($B^{\circ} = 0,7$).

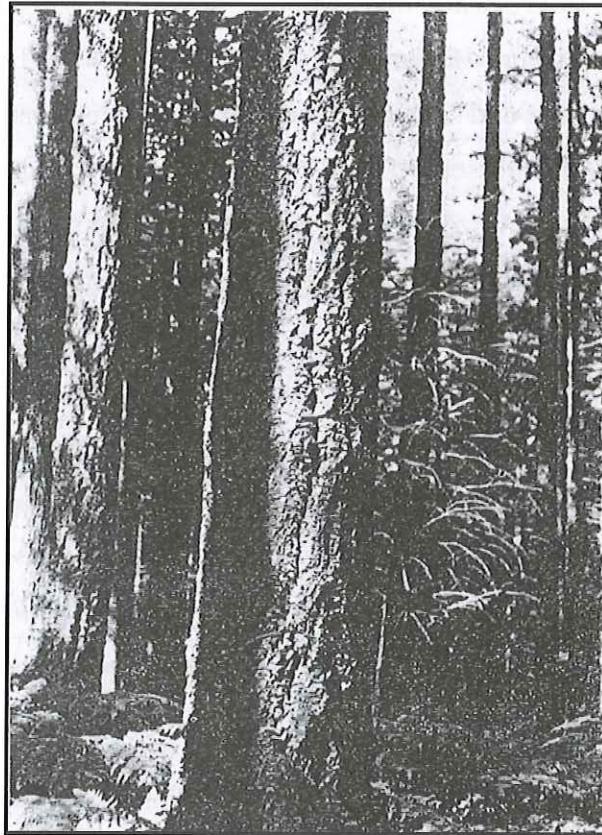


Abb. 28: Typ der Baumrinde der grünen Douglasie in der Oberförsterei Stary Kraków

Die Qualitätsbeurteilung der Bäume nach Stammform und Astreinigung, Kronenausbildung, dem Typ der Rinde (Abb. 28) sowie nach Aststärke und Astwinkel, hat keine Korrelation mit dem Küstentyp (Coastal) oder Kontinentaltyp der Douglasie (Fraser River) ergeben. Der zweite Kontinentaltyp (Colorado) unterscheidet sich dagegen durch eine dünne, kegelförmige Krone und cremebraune, fransig abschuppende Rinde ähnlich der Birke. Außerdem hat man herausgefunden, dass mit hoher Wahrscheinlichkeit zwei grundsätzliche Douglasientypen auf Grund der Zapfenmorphologie unterschieden werden können. Zu den Merkmalen, die die kontinentalen Typen kennzeichnen, gehört unter anderem die Form der Samenschuppen, die im Gegenteil zum Küstentyp wesentlich breiter und auch deutlich länger als die Deckschuppen des Zapfens sind. Der bei der visuellen Beurteilung berücksichtigte diagnostische Wert dieser Merkmale ist in die Klassifikation eingegangen, die sich auf die statistische Analyse von BERNEY (1972) stützt.

Bei der Überprüfung des Einflusses von Standortfaktoren auf das Douglasienwachstum wurde eine Korrelation zwischen der Leistung der untersuchten Bestände und dem ozeanischen Charakter des Klimas einerseits und zwischen der Leistung und den ökologischen Bodenreihen, die nach Nährstoffversorgung, physikalischen Eigenschaften und mechanischer Zusammensetzung aufgestellt wurden, andererseits gefunden (Abb. 17, 20). Diese Korrelation spricht dafür, dass die meisten unserer Provenienzen aus einem nicht großen Gebiet des Verbreitungsareals der Douglasie stammen. Die Variabilität beim Verlauf des Wachstums und der Morphologie der Küstenprovenienzen und der schon im Jugendstadium zu beobachtenden größeren Resistenz gegen tiefe Temperaturen bei den kontinentalen Provenienzen scheinen zur näherungsweise Bestimmung der Herkunft der Douglasienpopulationen Polens, vor allem der Population aus Britisch Kolumbien geeignet zu sein. Hierfür sprechen auch die historischen Daten von FÜRSTENBERG (1904, 1923) über die Unternehmungen, die organisiert wurden, um Douglasiensaatgut zu gewinnen.

Genetische Faktoren

Eine Analyse des Wachstums, der biologischen Eigenschaften und der Möglichkeiten der Douglasienreproduktion in Polen spricht dafür, die Hypothese von DAUBENMIRE (1973) anzunehmen, vor allem, um eine bessere Ernte gesunden Saatgutes zu gewährleisten. Diese stellt sich als grundsätzliches Problem des Anbaus der Douglasie in Polen dar. Es wird angenommen, dass die guten Anbauergebnisse u.a. durch den gleichzeitigen Anbau einer größeren Anzahl von Ökotypen der Douglasie, die unter unseren Bedingungen gute wirtschaftliche Erfolge geben werden, sicher gestellt werden kann. Dann erhöht sich

einerseits die Chance, unter den schon vorhandenen Ökotypen einen geeigneten Typ zu finden, andererseits steigt die Wahrscheinlichkeit, dass infolge einer Kreuzung oder einer natürlichen, standorts-abhängigen Selektion eine besser an das neue Milieu angepasste Population entsteht. Bei der Anwendung dieser Introduktionsmethode kann man nämlich ein hohes Niveau der Heterozygotie und dadurch auch die höchste Variabilität und Adaptationsfähigkeit bei den neuen Populationen erhalten. Die Differenzierung der genetischen Struktur sollte zum größeren Ertrag gesunder Samen, zur Steigerung der Vitalität in der F₁-Generation und zur Steigerung der Vitalität der Naturverjüngung beitragen. Es wird empfohlen, in der Praxis bei der Begründung von Douglasienreinbeständen Saatgut verschiedener Ökotypen zu verwenden, oder in mehreren benachbarten Flächen jeweils unterschiedliche, wertvolle, Ökotypen anzubauen. Die günstigen Standorte des Mischwaldes erleichtern, wie es scheint, die Selektion einer neuen Population, die an unsere Bedingungen bestens angepasst ist.

Weitere Untersuchungen

Für den wirtschaftlichen Erfolg ist, neben der Ökologie der Baumart, auch das Erkennen der besten Populationen der Douglasie in Polen und deren Eignung für die Waldstandorte im westlichen Teil des Landes (Lubuser Land, Westpommern), die während der oben beschriebenen Untersuchungen ausgewählt wurden, von großer Bedeutung. Zu diesem Zweck ist vorgesehen, Versuche über das Wachstum und die Vitalität dieser Populationen unter vergleichbaren Standortsbedingungen und unter Berücksichtigung verschiedener Varianten der Böden und Pflanzen-Assoziationen anzulegen. Die Versuchsanlage erfolgt in drei Zonen des kontinentalen Klimas.

5 Schlussfolgerungen

1. Die wirtschaftliche Bedeutung der Douglasie liegt darin, dass sie fast alle in den polnischen Waldgesellschaften vorkommenden Baumarten in der Massenleistung übertrifft. Der mittlere Vorrat der 80jährigen Bestände beträgt ungefähr 640 fm/ha; dies entspricht dem der besten Fichtenbestände und liegt um 30% über der Leistung der besten Kiefernwälder. Die höchste Produktivität der grünen Douglasie nähert sich mit ihren 850 fm/ha dem Ertrag der besten Weißtannen an (SZYMKIEWICZ, 1971).
2. Man muss annehmen, dass auch beim Anbau der Douglasie als einer schnellwachsenden Baumart, die *Holzqualität vor dem Massenertrag* stehen muss. Die hohen Kreisflächen- Werte, auch in den durchforsteten Beständen, weisen auf die

Möglichkeit hin, die Produktivität der Douglasie durch verstärkte Pflegemaßnahmen (Durchforstungen) in der III. bis V. Altersklassen zu steigern.

3. Bei Bonitierung nach den Ertragsklassen von HENGST (1958) haben sich die Douglasienbestände in: Krosno, Duszniki, Ujsoły, Stary Kraków, Lesko, Kamień Pomorski, Kowary, Gniewowo, Pokrzywno, Rogów, Brody, Biały Bór, Wirty, Lubawka, Dolice und Miradz als die besten in Polen herausgestellt.
4. Der gute Zuwachs ist eng mit den ozeanischen Klimaeigenschaften der Sudeten, Karpaten und der Küstenzone verknüpft. In der Großen Ebene weist die Douglasie hohe Trockenresistenz auf. Die älteren Bestände sind dort auch gegen Kälte und Spätfröste widerstandsfähig. (Es handelt sich um die dem harten Milieudruck gegenüber resistent gebliebenen Teile der Ausgangspopulationen).

Die Standortsansprüche der Douglasie steigen mit dem Sinken des ozeanischen Einflusses. Sie wächst am besten auf strukturreichen Böden mit guter Wasser- und Luftkapazität und wesentlichen Anteilen an abschlämmbaren und schluffigen Fraktionen. Auf fruchtbaren Böden der Kraina-, Kujawy- und Rzeszów-Bezirke erbringt sie keimfähiges Saatgut und bei günstigen Bodenwasserverhältnissen gute Naturverjüngung.

5. Standortstypen der Karpaten- und Tieflandsbuchenwälder (*Dentario glandulosae-Fagetum* und *Melico-Fagetum*) gewährleisten die höchste ökonomische Produktivität und gute Holzqualität der Douglasie. Ihr Anbau dieser Art scheint aber am zweckmäßigsten im westlichen Teil der sog. fichtenlosen Zone, d.h. dem Seenplateau Großpolen-Ziemia Lubuska auf den Standorten der frischen Kiefernwälder (*Vaccinio myrtillii-Pinetum*) zu sein. Die hier durch Kiefernmonokulturen degradierten Standorte können mit dem Douglasienanbau zu besserer Leistungsfähigkeit zurückgeführt werden.
6. Die besten Zuwächse werden in Douglasien-Reinbeständen und die beste Holzqualität in Mischbeständen mit Laubbaumarten (Hainbuche, Linde, Bergahorn) oder Nadelbaumarten (insbesondere Fichte) erzielt. Guten Erfolg erreicht man mit einem Kiefern-Douglasien Mischwald, in den die Douglasie horstweise in verschiedenem Alter eingebracht ist.

Der Käfer *Megastigmus spermatrophus* gehört, durch die Vernichtung wesentlicher Samenanteile zu den gefährlichsten Douglasienschädlingen Polens, da die Reproduktion der Bestände damit bedroht ist.

7. Phänologische Beobachtungen ergaben folgendes: Die sehr frühe Aktivierung der Blütenknospen und der lange 17 Monate dauernde Zyklus der generativen Entwicklung wirken in Jahren mit ungünstiger Witterung beschränkend auf die Adaptivität der Douglasie. Das frühe Reifen der Samen und deren sehr schnelles Ausfliegen erfordern eine Zapfenernte in einem nicht ganz reifen Stadium (August/September), damit größere Verluste vermieden werden.
8. Die gut gedeihende *Naturverjüngung der Douglasie* hängt von Faktoren wie: üppiger Samenertrag, hoher Grundwasserspiegel, Boden mit einem wesentlichen Anteil der Schlufffraktion und mit Mullhumus sowie von einem optimalen Zustand der Bodenvegetation ab. Eine wesentliche Rolle spielen auch die Bodenvorbereitung, der Schirmschutz (bei 0,9-1,0 Bestockungsgrad) und die Einzäunung der Verjüngungsfläche gegen Wild.
9. Steigerung der Vitalität des Saatgutes und die Verwendung der den polnischen Standortsbedingungen gut angepasster Populationen gehören zu den Hauptproblemen des Douglasienanbaus. Der Verfasser fordert eine Vergrößerung der Zahl der angebauten Ökotypen, das heißt der genetischen Variabilität der Populationen, was zu üppiger Fruchtbarkeit, größerer Varianz der Nachkommenschaft und erfolgreicherer Selektion führen sollte (DAUBENMIRE 1973).
10. Die *Erfolge des Douglasienanbaus* in Polen sind weniger auf die Klimaanalogie zum Ursprungsland der Douglasie als vielmehr auf die Breite der Variabilität der Ausgangspopulation zurückzuführen, was zu einer hohen Adaptationsfähigkeit führte. Man kann annehmen, dass diese Eigenschaft unter den verschiedenartigen ökologischen Bedingungen in den Übergangsgebieten ihres natürlichen Verbreitungsareals erworben wurde.

6 Zusammenfassung

Aus der Gesamtzahl von 1136 Douglasienanbauflächen wurden 90 gewählt, die sich im Laufe von 50 bis 100 Jahren unter variablen Klimabedingungen Polens zu hochwertigen Beständen entwickelt haben. Den Untersuchungen nach übertreffen sie mit ihrer gemessenen Massenleistung des stehenden Endbestandes von 640 Fm/ha in 80 Jahren fast alle einheimischen Baumarten (den besten Fichtenbeständen gleich, Kiefernbeständen mit 30% überlegen). Der Maximalvorrat der Douglasie von 850 Fm/ha liegt nahe bei dem der hervorragenden Tannenbestände.

Gemäß den Mc ARDLE 'schen-Ertragstafeln von 1961 liegt die Leistung der Douglasie in Polen überwiegend im Rahmen der III. bis IV. Bonitätsklassen für die Staaten Washington und Oregon, d.h. für die guten Standorte in ihrem Heimatland. Höhen, die der oberen Grenze der II., amerikanischen Bonitätsklasse entsprechen, wurden in Krosno b. Wisłok (41 m in 37 Jahren), Lesko (35 m in 50 Jahren) und Kamień Pomorski (35,5 m in 35 Jahren) erreicht.

Andere strukturelle Merkmale der Versuchsbestände und zwar die *Mittelhöhe* (28,5 m bis 39 m in 88 Jahren), der *Mitteldurchmesser* (35-58 cm) und die *Kreisfläche* (30-65 m²/ha) bestätigen den guten Anbauerfolg der Douglasie. In den tieferen Lagen in den Sudeten, Karpaten und in der Ostsee-Küstenzone gleichen diese Werte den besten englischen Bonitätsklassen (HUMMEL und CHRISTIE 1953) oder übertreffen diese sogar. Die mittleren Werte der obenerwähnten Ertragsdaten stimmen für das ganze Land mit der I. und II. Bonitätsklasse von KANZOW (1937) überein.

Bei Bonitierung nach den Ertragsklassen von Hengst (1958) schneiden die Douglasienbestände in: Krosno, Duszynki, Ujsoły, Stary Kraków, Lesko, Kamień Pomorski, Kowary, Gniewowo, Pokrzywno, Rogów, Brody, Biały Bór, Wirty, Lubawka, Dolice und Miradz als die besten in Polen ab.

Für den Anbau der Douglasie geeignete Klimabedingungen findet man in tieferen Gebirgslagen in den Sudeten und Beskiden und in den durch die Ostsee beeinflussten Küsten- und Diluvialgebieten (wo der Koeffizient der Ozeanität die Werte von 30 bis 56,3 erreicht). Die älteren Douglasienbestände sind *gegen extrem tiefe Wintertemperaturen und Frühfröste unempfindlich*. Es scheint, dass man es in diesen Beständen mit wertvollen frostresistenten Überlebenden der Ausgangspopulation des Küstentyps zu tun hat, die durch den Milieudruck selektiert wurden. Häufig jedoch unterschätzt sind die Schäden, die an den Douglasien durch *Spätfröste* verursacht werden. Sie führen oft zum Erfrieren der Blütenstände und zur Herabsetzung des Samenertrages.

Die Standortsansprüche der Douglasie steigen mit dem Sinken des ozeanischen Klimaeinflusses. Sie wächst am besten auf strukturreichen Böden mit guter wasser- und Luftkapazität und wesentlichen Anteilen von abschlämmbaren und Schlufffraktionen. Dazu gehören hauptsächlich die Geschiebelehme mit einem 0,8 m tiefen sandigen Oberboden und die lehmigen Sande sowie lockere Schwemmsande auf Schluff-Unterlage und die Moränenböden mit Sand und Skelettstruktur in Wechsellagerung.

Die Douglasie ist hinsichtlich des Bodentyps, der Bodengattung und der Bodenart sehr tolerant. Sie weist dagegen diese Toleranz nicht auf, wenn es sich um die physikalischen Eigenschaften des Bodens handelt.

Im Gebirge (Karpaten, Sudeten) sind das Wachstum und die Vitalität der Douglasie vom Relief, der Gründigkeit des Bodens und der Art des Bodensubstrats abhängig. Die höchsten Leistungen wurden in den Synklinen und Mulden der Gebirgstäler und auf den nördlichen und östlichen Hängen festgestellt, auf Böden, die auf einer Kreide- oder Granitunterlage bzw. auf Grauwacken-Schiefern entstanden sind. Die gute Anpassung des Systems gebündelter Nebenwurzeln an Gebirgsstandorte ist zu unterstreichen, wofür das Fehlen von Windwürfen ein guter Nachweis ist.

Einen rentablen Douglasienanbau erzielt man auf Standorten der Buchenwaldassoziationen der Karpaten (*Dentaria glandulosae Fagetum*) und des Tieflands (*Melico-Fagetum*), die ein schnelles Wachstum und eine gute Holzqualität gewährleisten. Das Einbringen der Douglasie in den natürlichen Bereich der besten Herkünfte der Fichte und Weißtanne ist jedoch nicht begründet, weil es dem Prinzip, die ursprünglichen Vegetationsgesellschaften möglichst ungestört zu erhalten, zuwider läuft.

Der Anbau der Douglasie scheint zur Steigerung der Produktivität am zweckmäßigsten auf den Standorten der sog. "Frischen Kiefernwälder" (*Vaccinio myrtilli-Pinetum*) im Gebiet der *Ziemia Lubuska*, wo die ursprünglichen Pflanzengesellschaften weitgehende Deformation aufweisen und die Kiefernmonokulturen zu einer Degradierung des Bodens geführt haben. Im trockenen Klima dieser Gegend wächst die Douglasie, sogar auf lockeren Sanden mit gewissem Anteil von abschlämmbaren Teilen und Schlufffraktionen (Brójce, Kożuchów) oder mit nicht zu tiefem Grundwasserspiegel besser, als die benachbarten Kiefern, Fichten und anderen einheimischen Baumarten.

Unter den variablen *Klimabedingungen* Polens trifft man häufig auf eine Nichtübereinstimmung des biologischen Rhythmus der Douglasie mit dem Klimarhythmus. Das gilt für den nordöstlichen Teil des Landes sowie für einige Gebirgslagen (Sudeten). Die sehr frühe Aktivierung der Blütenknospen und der lange 17 Monate dauernde Zyklus der generativen Entwicklung wirken in Jahren mit ungünstiger Witterung beschränkend auf die Adaptivität der Douglasie.

Üppige *Samenerträge* kommen auf den fruchtbaren Böden in Kraina, Kujawy, Woiwodschaft Rzeszów und südlichen Teilen der Woiwodschaft Lublin vor. Besonders günstig dafür sind lehm- und tonhaltigen Böden mit ausreichender Feuchtigkeit,

Phosphor- und Kalireichtum oder guter Versorgung mit organischen Kalkverbindungen (Lutówko). Der große Einfluss des Lichts auf den Samenertrag setzt sich am besten auf größeren Flächen durch, wo die zu einer Kreuzbestäubung notwendige Baumzahl vorhanden ist und damit die Selbstbestäubung vermieden wird.

Das Hauptproblem des *Douglasienanbaus* in Polen ist die Steigerung ihrer Vitalität und die *Vermehrung der bestangepassten Populationen*. Es ist anzunehmen, dass der Anbau einer größeren Zahl von Ökotypen und damit die Steigerung der Variabilität zu einer Erhöhung des Ertrages an gesunden keimfähigen Samen beitragen können.

Die annähernde Bestimmung der 20 *Provenienzen*, die von BERNEY (1972) auf der Basis der ihm übersandten Zapfen durchgeführt wurde, beweist, dass die *Küstenherkünfte* (coastal) die *höchste Leistung* erbringen. Sowohl in dem seebeeinflussten Klima (Ujsoły) wie auch im kontinentaleren Klimabereich (Miradz) wachsen bei uns Bestände dieser Herkünfte, die aus frostresistenten Bäumen bestehen.

Zu der Gruppe der "guten" gehören auch die Bestände aus Kowary, Dolice und Biały Bór, die von BERNEY (1972) zu den *kontinentalen Provenienzen* (Interior von British Kolumbien) vom Typ: Fraser River gezählt werden. *Die schlechtesten Erfolge hat man mit der kontinentalen Provenienz des Colorado-Typs aus den südlichen Rocky-Mountains* (Boruszynek), so dass die Einbringung dieser Herkunft im Hinblick auf die wirtschaftliche Bedeutung zwecklos ist.

Das Reh- und Rotwild gehört in Polen zu den *Schädlingen* der jungen Douglasien, die in den Verjüngungen große Schäden verursachen. Auf den älteren, schon reifen Bäumen kommt oft der *Megastigmus spermatrophus* vor, der einen großen Anteil der Samen schädigt und damit die Reproduktionsfähigkeit der unseren Verhältnissen gut angepassten Populationen wesentlich beschränkt.

Gute Anbauerfolge mit der Douglasie erzielt man in Mischbeständen mit der Kiefer (Miradz), mit der Fichte (Dabrawa Opolska), mit der Lärche (Tomaszów Lubelski) und mit Laubbaumarten wie Bergahorn (Hołubla) und Hainbuche (Jarocin).

7 Literatur

ALLEN, G. S., 1961: Testing Douglas-fir seed for provenance. Proc. Int. Seed Test. Ass. 26 (3)

BAGNOULS, D., GAUSSEN H., 1957 : Les climats biologiques et leur classification, Annales de Geographie nr 355, LXVI

- BELLMANN, E., SCHÖNBACH H., 1964: Erfolgsaussichten der Auslesezüchtung auf Forstresistenz bei der grünen Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco). Archiv für Forstwesen. B. 13, H.3
- BELLON, S., 1969: Odnowienie i pielęgnowanie lasu. Introdukcja obcych gatunków drzew leśnych. S.G.G.W. Studium podyplomowe hodowli lasu. Z. 5a
- BERGEL, D., 1969: Ertragskundliche Untersuchungen über die Douglasie in Nordwestdeutschland. Hann. Münden 1969
- BERNEY, J. L., 1972: Studies an the probable origin of some european Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) plantations. M. F. thesis . The University of British Columbia, Vancouver
- BIAŁOBOK, S., 1959: Ausländer Holzarten auf Versuchsflächen in Polen. Arch. F. Forstwesen, z. 10
- BIAŁOBOK, S., CHYLARECKI, H., 1965: Badania nad uprawą drzew obcego pochodzenia w Polsce w warunkach siedliska leśnego, Arbor. Kórnickie 10
- BIEHLER, R., 1935: Dotychczasowe wyniki aklimatyzacji drzew zagranicznych w Wielkopolsce i na kresach północnych. Poznań
- BOROWIEC, S., 1965: Ocena warunków makroklimatycznych i glebowych w Polsce dla hodowli daglezi (*Pseudotsuga taxifolia* Britton). Sylvan 1
- BOUVAREL, O., 1958 : Les repeuplements artificiels – consequences d'ordre genetique. Journal Forestier Suisse 109 (8/9)
- BRODOWICZ, T. M., 1969 : Uprawa daglezi w nasadzeniach leśnych Z.S.R.R. Ministerstwo Gospodarki Rolnej Z.S.R.R. Kijów
- BROOKS, CH. F., CONNOR, A. J., KNOCH, K., LOEWE, F., PETERSEN, H., SAPPER, K., SVERDRUP, H. U., WARD, R. DE C., 1938: Regionale Klimakunde Amerika. Ex: Köppen W., Graz und Geiger, R. Handbuch der Klimatologie. München
- BURZYŃSKI, G., GUTOWSKI, J., 1973: Recent results of provenance experiments with Douglas-fir in the Forest Research Institut in Poland. JUFRO party on Douglas-fir Provenances 92.02-5 Göttingen, Sept. 3-5:17
- BURZYŃSKI, G., 1999: Wyniki badań nad mrozoodpornością i przydatnością hodowlaną wybranych proveniencji daglezi w ramach doświadczeń JUFRO. Rozprawa doktorska przedstawiona Radzie Naukowej Instytutu Badawczego Leśnictwa, Warszawa (promotor prof. M. Giertych)
- CHAPMANN, H. H., MEYER, W. H., 1949: Forest Mensuration, New York
- CHYLARECKI, H., 1976: Badania nad daglezią w Polsce w różnych warunkach ekologicznych. Arboretum Kórnickie. Rocznik XXI - 1976
- CHYLARECKI, H., 1986: Ergebnisse des 100 jährigen Anbaus der Douglasiantanne (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) in Polen. 157 Jahrgang 1986 Heft, 9. September. Sauerländer's Verlag. Frankfurt a/M.
- DAUBENMIRE, R. F., 1973: Plants and Environment. A. Textbook of plant autecology. Washington
- DAY, W. R., 1955: The place of a species in the forest, with spezial reference to Western north American species of conifer used in Britain. Forestry 28

- DECOURT, N., 1973 : Tables de production pour les forêts françaises. Centre National de recherches forestiers. Nancy
- DIETERICH, V., 1923: Ergebnisse der wiederholten Aufnahme von Versuchsflächen fremdländischer Holzarten. Allgem. Forst – u. Jagdztg.
- EL-LAKANY, M. H., SZIKLAI, O., 1971: Intraspecific Variation in Nuclear Characteristics of Douglas-fir. *Advancing Frontiers of Plant Sciences* 28
- FLÖHR, W., 1958: Untersuchungen über Zusammenhänge zwischen Standort u. Ertragsleistung der grünen Douglasie im Gebiet der nordostdeutschen Diluviums. Ex: Gohre, K. Die Douglasie und ihr Holz
- FOWELLS, H. A., 1965: Silvics of forest trees of the United States, U. S. Forest Service, Division of Timber Management Research Department of Agriculture. Washington
- FÜRSTENBERG, M., 1904: Dendrologische Studien im westlichen Canada (British Columbia), Mitt. d. DDG
- FÜRSTENBERG, M., 1923: Die Einführung einer winterharten Form der Douglastanne in Deutschland. Mitt. d. DD
- GALOUX, A., 1956 : Lé Sapin de Douglas aux Etats-Unis, son Introduction en Europe et Specialement en Belgique. Bulletin de la Société Royale Forestiere de Belgique
- GARMANN, E. H., 1970: Pocket guide trees and shrubs of British Columbia. 4-th Ed. Victoria. Department of Lanics, Forest and Water Resources, British Columbia Forest Service. 131 pp
- GAUSSEN, H., 1955 : Les climats analogues á l'echelle du monde. CR. Academie d'Agriculture, t. 41. Paris
- GESSEL, S. P., LLOYD, W. J., 1950: Effect of some physical soil properties on Douglas-fir site quality. *Jour. Forestry* 48
- GUTOWSKI, J., 1979: Ocena produktyjności jedlicy w Polsce na przykładzie wybranych drzewostanów. Referat na symposium "Introdukcja jedlicy w Polsce i problemy badawcze tego gatunku". Instytut Dendrologii PAN w Kórniku, 30-31. maja 1979
- HALLIDAY and BROWN, 1943: Distribution of Some Important Trees in Canada. *Ecology*. 24
- HENGST, E., 1958: Ertragskundliche Untersuchungen der Douglasie. Ex: Göhre, K. Die Douglasie und ihr Holz
- HERMANN, R. K., 1985: The Genus *Pseudotsuga*: Ancestral history and past distribution. Oregon State University, College of Forestry Forest Research Laboratory. Special Publication 2 b.
- HERMANN, R. K., 1993: Verbreitung der Douglasfichte in Northhern und Southern Hemisphere der Welt. Oregon State University, College of Forestry For. Res. Lab.. Corvallis, OR
- HERMANN, R. K., 1999: (*Pseudotsuga menziesii* Mirb.) Franco, 1950. Department of Forest Resources. Oregon State University,. Corvallis, OR. Ex: Schütt, Schuck, Lang, Roloff. *Enzyklopädie der Holzgewächse* – 15. Erg. Lfg. 3/99
- HILL, W. W., ARNST, A., BOND, R. M., 1948: Method of correlation soils with Douglas-fir site quality. *Jour. Forestry* 46

- HUMMEL, F. C., CHRISTIE, J., 1953: Revised Yield Tables for Conifers in Great Britain. Forest Record, nr 24
- HUMEL, F. C., LOCKE, G. M., VEREL, J. P., 1962: Tariff Tables. Forestry commission: Forest Record 110.31.
- IRGENS-MÖLLER, H., 1967: Geographical Variation in Growth Patterns of Douglas-fir., *Silvae Genetica*, vol. XVII, nr 2/3
- JAHN, G., 1958: Standörtliche Grundlagen für den Anbau der grünen Douglasie. Schriftenreihe der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen. Bd. 11. Frankfurt a. Main
- JAHN, G., 1955: Gegenüberstellung deutscher und amerikanischer Douglasien – Provenienzversuche. *Allg. Forst- u. Jagdz.* 126 (4)
- KANZOW, H., WIEDERMANN, E., 1937/46: Die Douglasie. Aufstellung einer Ertragstafel auf Grund der Ergebnisse der Preußischen Probeflächen u. Auswertung von Provenienzversuchen *Z. f. Forst- u. Jagdw.*
- KARLBERG, S., 1961: Development and yield of Douglas-fir (*Pseudotsuga taxifolia* Britt) and Sitka spruce (*Picea sitchensis* Carr.) in southern Scandinavia and on the Pacific coast. *Bulletin of the Royal School of Forestry. Stockholm*
- KOESTLER, J., 1950: *Waldbau*. Berlin u. Hamburg
- KRAMER, H., 1959: Die Oberhöhe als Bestandesmerkmal. *Allgemeine Forst- u. Jagdz.*
- KUSIAK, W., CHYLARECKI, H., KLIMKO, M., KRÓL, S., KUŚWIK, H., JANYSZEK, S., URBAŃSKI, P., SZYCHOWIAK, W., 2000: Występowanie i charakterystyka drzewostanów daglezjowych (*Pseudotsuga Carr.*) w Polsce. Referat na zjeździe Sekcji Dendrologicznej Polskiego Towarzystwa Botanicznego "Bioróżnorodność i synantropizacja zbiorowisk leśnych". *Arboretum Wirty 7-9 czerwca 2000*
- LACAZE, F., 1968 : Comparaisaon de quelques provenances de Douglas dans l'Arboretum des Barres. *Rev. For. Francaise*. I.
- LOWRY, W. P., 1966: Apparent meteorological requirements for Abundant cone crop in Douglas-fir, *Forest Sci.* 12
- MACIEJOWSKI, K., 1951: O przydatności daglezji dla lasów polskich i jej roli w gospodarstwie leśnym, *Sylwan*, Z. 1 – 2
- MARTONNE, E., 1926 : L'indice d'aridite. *Bull. Ass. geogr. franc.* vol. 9
- MAYR, H., 1906: *Fremdländische Wald- und Parkbäume für Europa*, Berlin
- MEJNARTOWICZ, L., 1973: Some results from the JUFRO Douglas-fir provenances experiment in Kórnik. JUFRO Party on Douglas-fir Provenances S2.02-5. Göttingen, Sept. 3-5:150-157
- MEJNARTOWICZ, L., 1976: Genetic investigations on Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) populations. *Arbor. Kórnickie* 21:125-187
- MC ARDLE, R. E., MEYER, W. H., BRUCE, D., 1949: The yield of Douglas-fir in the Pacific Northwest U. S. Dept. Agr. Tech. Bul. 201
- MC DONALD, J. A. B., 1952: The place of northwestern American conifers in British Forestry. *For. Com. Pap. Sixth Brit. Commonwealth For. conf. Canada*
- MERCLE, 1951: Über die Douglasienvorkommen und die Ausbreitung der Adelopus-Nadelschütte in Württemberg – Hohenzollern. *Allgem. Forst- und Jagdzeitung*

- MÖLLER, C. M., 1933: Boniteringstabeller og bonitetsvise tilvæktstoversigter for bøg og rødgran i Danmark. D. S. København
- MORANDINI, R., 1963: L'amélioration des essences exotiques, Unasylva, 18
- MORRIS, W. G., SIKEN R. R., IRGENS-MÖLLER, 1957: Consistency of bud bursting in Douglas fir. Journal of Forestry 55
- MÜNCH, E., 1923: Anbauversuch mit Douglasfichten verschiedener Herkunft und anderen Nadelholzarten. Mitt. d. DDG
- MUNGER, T. T., MORRIS W. G., 1936: Growth of Douglas fir trees of known seed source U.S. Dept. of Agr. Techn. Bull. u. 537 Wash. D. C.
- NEUMANN, A., 1993: National exotic forest description as at 1 April 1991. Ministry of Forest Report, Wellington, New Zealand
- OPPERMAN, A., 1929: Racer of douglasie og sitkagran D. F. F. Bd 10. København
- PARDE, J., 1962 : Un record impressionnant les douglas du Hochwald. Revue Forestière Française 8/9
- PAVARI, A. und PHILLIPPIS A., 1941: La sperimentazione di specie forestali esotiche in Italia. Ann. Sperim. Agraria, vol. XXXVIII
- PEACE, T. R., 1948: The variation of Douglas fir in its native habitat (*Pseudotsuga taxifolia* Brit. syn. *Pseudotsuga douglasii* Carr.) Forestry 22. Oxford
- ROHMEDER, E., 1956: Douglasien – Provenienzversuch. Kaiserslautern, Zeitschr. f. Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung
- ROWE, J. S., 1964: Environmental preconditioning, with special reference to forestry. Ecology 45 (2)
- RUTH, D. S., 1980: A guide to insect pests in Douglas-fir seed orchards. Canadian Forestry Service / Pacific Forest Research Centre. Victoria B. C.: 1-19
- SAETERSDAL, L., 1963: The rate of drying of exised plants of various provenances of Norway. Spruce and Douglas fir. Meddel Vestl. Forstl. forskstasjon
- SCHENCK, C. A., 1939: Fremdländische Wald- und Parkbäume. Berlin
- SCHNEIDER, Z., 1970: Znamionek jedlicowy (*Megastigmus spermotrophus* Wachtl.) na ziemiach Polski w latach 1967 – 1969. Sylvan 11
- SCHOBBER, R., 1951: Zum Einfluss der letzten Dürrejahre auf den Dickenzuwachs. Forstwiss. Centralbl.
- SCHOBBER, R., 1954/1955: Douglasien-Provenienzversuche. Allg. Forst. u. Jagdz. 125, 126
- SCHOBBER, R., 1963: Experiences with the Douglas fir in Europe. FA/Forgen 63/-4/5, III-18
- SCHÖNBACH, H., 1958: Die Züchtung der Douglasie: Ex: Göhre K. Die Douglasie und ihr Holz, Berlin
- SCHWARZ, H., 1933: Wuchsgebiete der Küstendouglasie in Europa. Centralbl. f. d. ges. Forstwesen
- SCHWAPPACH, A., 1901: Die Ergebnisse der in den preußischen Staatsforsten ausgeführten Anbauversuche mit fremdländischen Holzarten

- SCHWAPPACH, A., 1911: Die weitere Entwicklung der Versuche mit fremdländischen Holzarten in Preußen. Mitt. d. DDG
- SCHWAPPACH, A., 1912: Ertragstageln der wichtigeren Holzarten in tabellarischer u. graphischer Form – Neudamm
- SCHWAPPACH, A., 1914: Einfluss der Herkunft des Samens von *Pseudotsuga Douglasii* auf das Wachstum der Pflanzen. Mitt. d. DDG
- SOKOŁOWSKI, S., 1906: O dwóch odmianach daglezji. Sylvan
- STEBBINS, G. J., 1957: Variation and evolution in plants. Columbia University Press, N. J.
- STOATE, T. N., MAHOD, J., CROSSIN, E. C., 1961: Cone production in Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*). Empire Forest Rev. 40
- SUCHOCKI S., 1926: *Pseudotsuga Douglasii* i dotychczasowe wyniki jej aklimatyzacji w Poznańskim. Roczn. Nauk Roln. i Leśnych, t. XV. z. 1. Poznań
- SZIKLAI, O., 1964: Variation and Inheritance Some Physiological and morphological traits in *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco var. *menziesii*. Forestry Chronicle 40 : 252.
- SZYMANOWSKI, T., 1959: Zagadnienie aklimatyzacji drzew obcych w Polsce. Ochrona Przyrody, R. 26. Kraków
- SZYMKIEWICZ, B., 1971: Tablice zasobności i przyrostu drzewostanów ważniejszych gatunków drzew leśnych. Warszawa
- TUMIŁOWICZ, J., 1967: Ocena wyników wprowadzenia niektórych obcych gatunków drzew w lasach Krainy Mazursko-Podlaskiej. XX Rocznik Sekcji Dendr. PTB, Warszawa
- TUSCO, F. F., 1963: A study of variation in certain Douglas-fir populations in British Columbia. Ph. D. Thesis, Dept. of Biol. and Bot., U. B. C.
- TYNIECKI, W., 1891: Wyniki dotychczasowych prób aklimatyzacji obcych drzew w Europie ze szczególnym uwzględnieniem naszego kraju
- TYSZKIEWICZ, S., OBMIŃSKI, Z., 1963: Hodowla i uprawa lasu. Warszawa
- WAGENKNECHT, E., 1958: Waldbauliche Eigenschaften und Behandlung der Douglasie. Ex: Göhre, K. Die Douglasie und ihr Holz
- WOOD, R. F., 1955: Studies of North – West American forest in relation to Silviculture in Great Britain. Forestry Commission. 25
- YAO, C., 1971: Geographic variation in seed weight, some cone scale measurements and seed germination of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* Mirb. Franco) M. F. thesis. The University of British Columbia, Vancouver
- ZIMMERMANN, H., 1972: Zum Anbau von Douglasie in Hessen. Allgemeine Forstzeitschrift 27 (17)

Wurzelstudien an Douglasie

- Ein Literaturüberblick -

Von Richard K. Hermann, Oregon State University, USA

Abstract

Title of the Paper: Studies on the root system of Douglas-fir

Studies on the root system of Douglas-fir in Europe and North America have brought about a significantly better understanding of the factors that influence the formation of the compartments coarse roots, fine roots, and mykorrhizae, and which control their function.

Probably the most important knowledge gained from research activities particularly performed in the past three decades, is the necessity to even more investigate the role of carbon budgets on the growth of the subsurface and overground substance of the trees. An understanding of the effects of silvicultural practices like thinning and fertilization on the partitioning of photosynthetic matter production and their allocation to subsurface biomass must be gained in order to be able to assess the growth reactions following silvicultural treatments sufficiently precisely.

1 Einleitung

Die Literatur über die Douglasie ist umfangreich. Doch befasst sich nur ein verhältnismäßig geringer Anteil der umfangreichen Literatur mit Wurzelstudien. Dies ist einerseits auf den hohen Arbeits- und Kostenaufwand solcher Studien zurückzuführen, andererseits ist es eine Folge der besonderen Schwierigkeiten, die mit solchen Untersuchungen verbunden sind. Die Schwierigkeiten sind dadurch bedingt, dass die Entwicklung des Wurzelsystems durch vielschichtige Wechselbeziehungen von genetischen, physiologischen und Umweltfaktoren beeinflusst wird. Der Literaturüberblick zu Wurzelstudien kann grob eingeteilt werden in Studien über die Morphologie, den Wachstumsablauf, die Biomasse und die Bedeutung der Feinwurzelkomponente.

2 Morphologie und Morphogenese

Form und Entwicklung jedes Wurzelsystems sind unterschiedlich. Die anfängliche Entwicklung scheint unter genetischer Kontrolle zu stehen (SUTTON, 1980), ist aber bald durch Bodeneigenschaften (Bodendichte, Struktur, Feuchtigkeit, Nährstoffe, Temperatur), Wurzelkonkurrenz, Kronenschluss und Assimilatdilatation modifiziert.

Es ist bemerkenswert, dass die ersten Studien über die Ausbildung von Wurzelsystemen der Douglasie in Europa und nicht in Nordamerika gemacht worden sind. Die Wurzelstudien von BADOUX (1926) in der Schweiz und GROTH (1927) in Deutschland stehen wahrscheinlich am Anfang solcher Studien an dieser Baumart. Es folgten die Untersuchungen von HENGST, 1958, in der Dresdner Heide und an Windwürfen in Sachsen

und Thüringen, von KOESTLER et al., 1968, in Süddeutschland, SIKI und MRAZ, 1969, in Böhmen, CHAMPS, 1975, in Frankreich und WILPERT, 1986, in Süddeutschland.

Erste Wurzelstudien an Douglasien in den USA wurden von BERNDT und GIBBONS, 1958, in drei Mischbeständen von Pinus ponderosa und Pseudotsuga menziesii var. glauca in Colorado gemacht. Die Wurzelsysteme je einer 60, 72 und 80 Jahre alten Douglasie, wurden in den drei Beständen freigelegt und beschrieben. Jeder der drei Bäume hatte ein Herzwurzelsystem ausgebildet.

Zwei kanadische Wissenschaftler haben umfangreiche Wurzelstudien an Douglasien in Nordamerika durchgeführt. MCMINN, 1963 und EIS, 1974, 1987, untersuchten mittels hydraulischer Exkavation freigelegte Wurzelsysteme von Küstendouglasie (P. menziesii var. Menziesii) in acht aus Naturverjüngung entstandenen second-growth Beständen auf Vancouver Island, British Kolumbien. Die Bestandesalter reichten von 10 bis 55 Jahren.

Die Studien in Nordamerika und Europa führten zu weitgehend übereinstimmenden Ergebnissen. Sie zeigten, dass die Douglasie als Primärwurzel gewöhnlich eine Pfahlwurzel bildet. Die Pfahlwurzel erreicht das Ende ihres Tiefenwachstums meist in den ersten 10 Jahren (HENGST, 1958, EIS, 1987). Danach geht ihre Wachstumsrate sehr schnell zurück verbunden mit einer Verästelung der Pfahlwurzel. Allerdings fand MCMINN, 1963, dass sich das Wurzelsystem in 30 und 40 Jahre alten zwischenständigen und unterdrückten Bäumen nur spärlich verzweigt hatte und die jugendliche Form einer vorherrschenden Pfahlwurzel erhalten geblieben war.

Die Ergebnisse aller Untersuchungen weisen darauf hin, dass die Entwicklung der Wurzelarchitektur mit zunehmendem Baumalter maßgeblich von den Bodenverhältnissen bestimmt wird. Auf gut durchlüfteten, frischen und tiefgründigen Böden bildet die Douglasie ein herzwurzelartiges Wurzelsystem. Dagegen neigt sie auf trockenen flachgründigen Böden, oder solchen mit verdichteten oder staunassen Horizonten zur Ausbildung eines plattenartigen Wurzelsystems. Die Untersuchungen von WILPERT, 1986, über die Wurzelbildung von Douglasien auf Pseudogleyen im nördlichen Oberschwaben haben jedoch klar werden lassen dass Wurzelprägung auf Böden mit Staunässe abhängig von der Natur des Stauwasserregimes ist. Er fand, dass auf Pseudogleyen mit einer langen Nassphase flachstreichende Wurzelsysteme mit geringer Tiefendurchwurzelung die Folge sind. Dagegen kann die Douglasie in Pseudogleyen mit kurzer Nassphase ein Herzwurzelsystem mit guter Tiefenerschließung ausbilden.

3 Wachstumsablauf

3.1 Wachstumsraten

Die Kenntnis der Wachstumsraten von Wurzeln ist aus mehreren Gründen wichtig. Der Verlauf ihres Vertikal- und Lateralwachstums ist ein bestimmender Faktor für die Entwicklung der Form des Wurzelsystems und damit seines Bodenaufschlussvermögens und seiner Rolle für die Verankerung des Baumes im Boden. Da es aber nicht möglich ist, durch Inaugenscheinnahme auf direkte Weise festzustellen, ob und wie die Entwicklungsrate des Wurzelsystems dessen endgültige Form bestimmt, musste zur retrospektiven Analyse der Entwicklung von Wurzelsystemen auf Jahrringmessungen in Wurzeln zurückgegriffen werden.

3.2 Jahrringe in Wurzeln

Jahrringanalysen bei Wurzeln sind weitaus seltener als Stammanalysen. Das mag daran liegen, dass bis vor kurzem die Bedeutung des Dicken- und Längenwachstums von Wurzeln als weniger wichtig als das des Stammes betrachtet wurde. Dazu kommt, dass Jahrringuntersuchungen in Wurzeln schwieriger als im Stammanalysen sind. SCHULMANN, 1945 war wahrscheinlich der erste der die Jahrringentwicklung in Douglasienwurzeln studiert hat. Er analysierte die Jahrringe der Wurzeln von zwei Inlanddouglasien (P. menziesii var. glauca), die auf trockenen Standorten in Arizona und Colorado gewachsen waren. Der Baum in Arizona hatte ein Alter von 240, der in Colorado von 540 Jahren.

Er stellte dabei fest, dass sowohl falsche als auch unvollständige oder fehlende Jahrringe in Wurzeln festgestellt werden können. Die Analysen dienten aber hauptsächlich dendrochronologischen Untersuchungen und nicht dem Studium der Entwicklung von Wurzelsystemen.

Es blieb EIS, 1974, vorbehalten, die Ergebnisse von Jahrringanalysen von Douglasienwurzeln zu nutzen, um die Rate des Vertikal- und Lateralwachstums von Douglasienwurzelsystemen zu bestimmen. Die Untersuchungen zeigten, dass die Pfahlwurzeln auf tiefgründigen Böden ungefähr 50 % ihres Wachstums in drei bis fünf Jahren, und bis zu 90 % in sechs bis acht Jahren erreicht hatten. Das entspricht einer durchschnittlichen Wachstumsrate von 14cm/Jahr. Die Lateralwurzeln waren zu Beginn der Bildung des Wurzelsystems gleich schnell gewachsen. Im Alter von 10 bis 15 Jahren begann sich dann aber das Wachstum der erstgebildeten Seitenwurzeln zu verlangsamen. Später gebildete Wurzeln erhöhten zu diesem Zeitpunkt ihre Wachstumsrate von 5 bis

10/cm/Jahr auf 40 bis 50 cm/Jahr und wurden die längsten und stärksten Wurzeln des Systems.

Weiter 10 bis 15 Jahre später ging in der Folge das Wachstum auch dieser Wurzel wieder zurück und tertiäre Wurzel entwickelten sich zu den stärksten und längsten. EIS, 1974, folgerte aus diesen Ergebnissen, dass es notwendig ist, eine klare Unterscheidung zwischen dem Wachstum einer einzelnen Wurzel und dem des gesamten Wurzelsystems zu machen.

REYNOLDS, 1983, verwendete Jahrringanalysen zur Untersuchung der Entwicklung des Wurzelsystems von zwei 15jährigen Küstendouglasien im Forest of Dean in Gloucestershire, England. Ringanalysen der Wurzelbasen am Wurzelstock bestätigen, dass alle strukturellen Wurzeln (> 2 cm Durchmesser ohne Rinde) zumindest 9 Jahre alt waren. Wurzeln brauchten 11 oder mehr Jahre, um Durchmesser größer als 5 cm zu erreichen, aber nicht alle Wurzeln in diesem Alter waren zu großen Skelettwurzeln geworden. Horizontalwurzeln hatten ein durchschnittliches Streckenwachstum von 55 cm/Jahr. Dagegen waren die entsprechenden durchschnittlichen Raten von 17 cm/Jahr für das Längenwachstum vertikaler Wurzeln weitaus niedriger. REYNOLDS wies jedoch darauf hin, dass exakte Jahrringzählungen wegen des Vorkommens falscher und unvollständiger Jahrringe und wegen des geringen Dickenwachstums junger Wurzeln schwierig sind.

KUIPER UND COUTTS, 1992, benutzten ebenfalls Jahrringanalysen von Wurzeln, um deren Wachstumsrate zu bestimmen. Sie führten diese Untersuchung an 12 bis 37 jährigen Küstendouglasien in durch Pflanzung begründeten Beständen in den Niederlanden durch. Die Messungen an Wurzelscheiben, die in Abständen von 20 cm geschnitten worden waren, ergaben, dass bedingt durch den Wechsel von Perioden rapiden mit anderen sehr langsamen Wachstums das Längenwachstum der Wurzeln außerordentlich variabel war. Die Wurzeln hatten gemessene Längen von 1 bis 5,2 Metern. Ihre durchschnittliche Längenwachstumsrate war 18 cm/Jahr, wobei das maximale jährliche Längenwachstum 100 cm betrug.

Das durchschnittliche Längenwachstum für die Wurzeln der einzelnen Bäume umfasste eine Spanne von 11 bis 14 cm/Jahr. KUIPER und COUTTS nahmen an, dass die niedrige Zahl von 18 cm/Jahr für das durchschnittliche jährliche Längenwachstum aller Wurzeln deshalb zustande kam, weil mehr als 50% der Daten von den über 30 Jahre alten Bäume stammten. Die Wurzeln dieser älteren Bäume waren in den ersten Jahren nach der Pflanzung nur langsam gewachsen und ihr späteres Wachstum war sehr unregelmäßig. Diese Art von Wachstumsablauf kann auf niedrige Werte durchschnittlicher Wachstumsraten zurück zu

führen sein. Die Wurzelanalysen zeigten weiterhin das Vorkommen einer Differenz von fünf bis neun Jahren zwischen dem Alter des Wurzelstockes und dem Alter der Seitenwurzeln in 20 cm Entfernung. Dies wies darauf hin, dass die Hauptseitenwurzelstränge nicht unbedingt den Boden in der Nähe des Wurzelstockes als erste erschlossen hatten. Diese Aussage steht in Einklang mit der Schlussfolgerung von EIS, 1974, die er aus seinen Untersuchungen in natürlich verjüngten Beständen herleitete. Dabei hatte er gefunden, dass die erstgebildeten Seitenwurzeln sich nicht zwangsläufig zu den hauptsächlich strukturellen Wurzeln des älteren Baumes entwickeln.

Eine Studie, die der Untersuchung der Wachstumsraten von Wurzeln der Inlanddouglasie diente, wurde von RICHARDSON, 2000, in einem Versuchsgebiet der Forstverwaltung von Britisch Kolumbien nahe bei Meritt unternommen. Er benutzte dafür vier über 100 Jahre alte Douglasien, deren Wurzelsysteme durch hydraulische Exkavation freigelegt worden waren. Wurzelscheiben wurden in 50 cm Abständen entlang jeder Wurzel für Jahrringanalysen geschnitten. Die aus der Nähe des Wurzelstockes stammenden Scheiben hatten Jahrringbreiten von 0,67 mm. Die Jahrringbreite verminderte sich um rund 0,03 mm für jeden Meter Entfernung vom Wurzelstock. Die Rate des Streckungswachstums der Wurzeln differierte sowohl zwischen den vier Bäumen als auch beim Vergleich der Wurzeln desselben Baumes. Die Wurzeln wuchsen durchschnittlich 7,4 cm/Jahr. Die Spanne reichte von 3,71 cm bis 15,14 cm Jahr. Die durchschnittliche Wachstumsrate von 7,4 cm/Jahr ist erheblich niedriger als diejenige, die für Wurzeln der Küstendouglasie gefunden wurde. RICHARDSON sah als mögliche Erklärung hierfür die jahreszeitlich bedingte Trockenheit in seinem Untersuchungsgebiet oder grundsätzliche Unterschiede zwischen dem Wurzelwachstum von Küsten- und Inlanddouglasie.

3.3 Vertikale und horizontale Ausdehnung des Wurzelsystems

Die Tiefenausdehnung des Wurzelsystems der Douglasie wird hauptsächlich durch die Textur und Struktur des Bodens bestimmt. Auf lockeren Böden mit gutem Wasserhaushalt erstreckt sich ihr Wurzelsystem gewöhnlich bis in Tiefen von 60 bis 100 cm. Es sind jedoch auch Wurzeltiefen bis 182 cm bei der Küstendouglasie (SMITH, 1964) und 152 cm bei Inlanddouglasien (BERNDT und GIBBONS, 1958) gefunden worden.

Wodurch die horizontale Ausdehnung von Wurzelsystemen beeinflusst wird, ist dagegen weniger klar. Mehrere Autoren haben über einen engen Zusammenhang zwischen Durchmesser der Baumkrone und des Wurzelsystems berichtet. HENGST, 1958, drückte es wie folgt aus: „Der überkronte Bodenraum wird um wenige Dezimeter über den Trauf

hinaus durchwurzelt. An Randbäumen mit einseitiger Krone konnte die Gleichsinnigkeit der Kronenausdehnung und der oberflächigen Wurzelerstreckung gut nachgewiesen werden.“ MCMINN, 1963, kam ebenfalls zu dem Schluss, dass die von den Wurzeln eingenommene Fläche proportional zum Ausmaß der Baumkrone zu sein scheint.

Die Studie von SMITH, 1964, über die Größe der Wurzelsysteme ist die umfangreichste ihrer Art. Der Taifun Frieda im Oktober 1962, der riesige Windwürfe in den Wäldern von nördlichen Kalifornien bis nach Britisch Kolumbien verursacht hatte, bot eine gute Möglichkeit zahlreiche Messungen an Wurzeln und Kronen zu machen. SMITH untersuchte 193 windgeworfene Küstendouglasien in den Universitätsforsten UBC Campus und Haney. Weitere Untersuchungen hatten die Wurzeln von freistehenden (open grown) Douglasien, 84 am Paul Lake nördlich von Kamloops, 12 in Haney Universitätsforst und 18 im Windriver Versuchsforst der US Bundesforstverwaltung im Staat Washington zum Inhalt. Um die Wurzel ausbreitung der freistehenden Bäume zu messen, wurde der Oberboden von einem zufällig gewählten Punkt am Kronenrand aus soweit abgetragen, bis der Wurzelradius der Bäume bestimmt werden konnte. SMITH stellte fest, dass die Ausdehnung von Wurzeln im Bestand weitaus mehr variierte als die von freistehenden Bäumen, die i.d.R. relativ symmetrische Wurzelsysteme hatten. Obwohl das Verhältnis von Wurzel ausdehnung zu Kronenbreite außerordentlich variabel war, geht er davon aus, dass generell ein Verhältnis von 1:1 zwischen beiden angenommen werden kann.

KUIPER und COUTTS, 1992, stimmten der Ansicht nicht zu, dass die vom Wurzelsystem der Douglasie besetzte Fläche im allgemeinen proportional zum Durchmesser der Krone ist (HENGST, 1958, MCMINN, 1963, SMITH, 1964). Sie fanden, dass Kronengröße und -form nur schwach mit der Ausdehnung des Wurzelsystems korrelieren. Auf gut durchlüfteten Sandböden ihrer Studie wurden große und mittelgroße Wurzeln häufig einen Meter über den Kronenrand hinaus gefunden. Die von Wurzeln bis 0,5 cm Durchmesser eingenommene Fläche war im Durchschnitt 1,3mal größer als die projizierten Kronenflächen. Dieses Ergebnisse der Studie von KUIPER und COUTTS steht in Einklang mit der Tatsache, dass das Wurzelsystem von im Bestand erwachsener Douglasien häufig asymmetrisch ist (SMITH, 1964,) und dass die Richtung, in der sich ein asymmetrisches Wurzelsystem erstreckt, nicht von der Kronenausformung abgeleitet werden kann (EIS, 1974). So fanden KUIPER und COUTTS oft Bäume mit asymmetrischen Wurzelsystemen, die symmetrische Kronen hatten.

3.4 Wurzelkontakt

Die Häufigkeit von Kontakten zwischen Wurzeln benachbarter Douglasien in Beständen ist bereits durch die Untersuchungen von HENGST, 1958, MCMINN, 1963, und EIS, 1972, dokumentiert worden. Dieses „Wurzelkampffeld“ des geschlossenen Bestandes, wie es Hengst ausdrückt, ist anfänglich als Wuchsraumkonkurrenz um den Bodenraum betrachtet worden. Im Heimatgebiet der Douglasie hat aber Wurzelkontakt wegen seiner Rolle bei der Infektion mit der sog. laminierten Wurzelfäule (Phellinus weirii) noch eine besondere Bedeutung. Diese Pilzkrankheit verursacht schwerwiegende Verluste in den Douglasienwäldern Nordamerikas. Allein für die Douglasienbestände in Britisch Kolumbien sind die jährlichen Verluste auf 10 Millionen m³ geschätzt worden (REYNOLD und BLOOMBERG, 1982).

Der Pilz ist fast ausschließlich auf das Holz und die Wurzelrinde beschränkt. Daher ist die Verbreitung der Krankheit von Baum zu Baum hauptsächlich auf Wurzelkontaktstellen begrenzt. Oberflächenkontakt zwischen gesunden und kranken Wurzeln genügt für eine Infektion. Die Identifizierung der Faktoren, die Wurzelkontakte in infizierten Beständen beeinflussen und die Quantifizierung ihrer Effekte auf die Kontaktfrequenz ist daher eine notwendige Voraussetzung, um die Ausbreitung des Pilzes vorherzusagen (REYNOLD und BLOOMBERG, 1982).

Die Untersuchungen von REYNOLD und BLOOMBERG, 1982 in zwei durch Naturverjüngung entstandenen second-growth Beständen diente diesem Zweck. Sie untersuchten den Zusammenhang von Wurzelattributen (Durchmesser, Länge), Bestandesmerkmalen (Entfernung zwischen Bäumen und Brusthöhendurchmesser), Standortmerkmalen (Bodenbeschaffenheit, Geländeneigung, Durchwurzelungstief) mit der Häufigkeit und der Art von Wurzelkontakten in freigelegten Wurzelsystemen. Die Analyse ihrer Daten ergab, dass die Anzahl von Wurzeln der bedeutendste Hinweis auf die Gesamtzahl von Wurzelkontakten ist. Darüber hinaus zeigt sich, dass die Wahrscheinlichkeit solcher Kontakte zunimmt mit zunehmenden BHD, Hangneigungsprozent und Gehalt an Steinen im Boden, und abnimmt mit zunehmender Distanz zwischen Bäumen sowie mit der Durchwurzelungstiefe. Wurzelsysteme zeigten eine Tendenz zu größerer Konzentration in Hangrichtung, weshalb eine größere Wahrscheinlichkeit für Wurzelkontakte zwischen Bäumen hangabwärts als hangaufwärts voneinander besteht. Der Einfluss des Steinanteils im Boden hing wahrscheinlich mit der effektiven Tiefendurchwurzelung zusammen, da

Wurzelsysteme mit zunehmendem Steinanteil im Boden weniger frei durchwurzelbaren Boden vorfinden, wodurch sich die Wahrscheinlichkeit von Wurzelkontakten erhöht.

3.5 Wurzelverwachsungen (root grafts)

Überwallte Wurzelstöcke gefällter Bäume sind ein deutlicher Hinweis auf Wurzelverwachsungen. Es gibt aber kaum Veröffentlichungen, die dieses Phänomen mit Bezug auf Douglasie behandeln. HENGST, 1958 ging nur kurz darauf ein, indem er es verstärkter Wurzelkonkurrenz, wie sie zum Beispiel in ungenügend durchforsteten Beständen auftreten kann, zuschreibt. Die Überwallungen der Stöcke können einseitig oder umfassend sein und nach mehrjährigem Wachstum eine Kappe über dem Stock bilden.

SCHULTZ, 1963, untersuchte 2014 Stöcke auf einer 10 ha großen Fläche in einem 45-50 Jahre alten durchforsteten Reinbestand von Küstendouglasie in Oregon auf Kallusbildung. Von den 2014 Stöcken hatten 498 (24,7 %) Überwallungen. Seine Daten zeigten eine Zunahme der Stocküberwallungen von 15 % bei der 5 cm Durchmesserklasse auf 35 % bei der 35 cm Durchmesserklasse. Er fand außerdem Korrelationen zwischen der Anzahl von Stöcken mit Kallusbildung und der Grundfläche und Baumzahl/ha. Die Kallusbildung nahm von 0% bei einer Grundfläche von 16 m²/ha auf 38,7 % bei einer Grundfläche von 50 m²/ha zu. Die Analyse, die die Kallusbildung auf die Zahl der Bäume pro ha bezog, zeigte bei 124 Stämme/ha eine Zunahme der Kallusbildung von 8,4 % auf 46% bei 1730 Stämme/ha. SCHULZ konnte die Passage von Wasser und Nährstoffen in Lösung durch Wurzelverwachsungen hindurch demonstrieren. Seine anatomische Untersuchung von Wurzelverwachsungen ließ erkennen, dass sie durch kambiale und vaskuläre Gewebe verbunden waren. Er konnte jedoch keine signifikante Wachstumszunahme der Wurzelverwachsung zwischen einem Baum und einem überwallten Stock während einer Periode von vier bis acht Jahren nach einer Durchforstung feststellen.

Eine weitere, noch umfassendere Studie, die sich mit dem Zustandekommen von Wurzelverwachsungen befasst, ist die von EIS, 1972. Sie wurde in zwei plenterartigen Beständen auf Vancouver Island, Brit. Kolumbien gemacht. Bei einem handelte es sich um ein Douglasienreinbestand, der andere Bestand war ein Mischbestand von Küstendouglasie, *Tsuga heterophylla* und *Thuja plicata*. Eingriffe waren in den beiden Beständen 1937 und 1947 durchgeführt worden.

An freigelegten Wurzelsystemen fanden sich Wurzelverwachsungen nur an Starkwurzeln, was darauf hindeutete, dass ein substanzieller Durchmesserzuwachs eine Voraussetzung für Wurzelverwachsungen ist. Alles was zu größerer Häufigkeit von Kontakten führte,

nämlich Baumabstand, flache und steinige Böden und Höhe der Konzentration von Wurzeln, erhöhte die Häufigkeit von Wurzelverwachsungen, eine Beobachtung, die auch von REYNOLDS und BLOOMBERG, 1987 gemacht worden war.

Um die Häufigkeit von Wurzelverwachsungen abzuschätzen, wurden 200 zufällig ausgewählte Stöcke auf Wachstumsnachweise untersucht. Es zeigte sich, dass das Kambium bei 110 dieser Stöcke während des ersten Jahres nach dem Hieb abgestorben war. Bei 44 der Stöcke hielt das Wachstum weniger als 22 Jahre an, während es bei 46 Stöcken noch deutlich aktiv war und zwar i.d.R. im gesamten Stockumfang. Die Mehrzahl dieser Stöcke stammte aus dem Hiebseingriff im Jahre 1937, d. h., sie waren zum Zeitpunkt der Untersuchungen 32 Jahre alt. Dreißig der noch lebenden Stöcke waren weniger als 2 Meter von ihrem „Spenderbaum“ (donor tree) entfernt. Die größte Distanz zwischen einem „Spenderbaum“ und einem lebenden Empfängerstock betrug rund 10 Meter.

Der Volumenzuwachs seit dem Durchforstungseingriff wurde an 22 lebenden Stöcken und ihren Spenderbäumen berechnet. Der Volumenzuwachs der Stöcke betrug durchschnittlich 6 % (Spanne 2-11%) des gemeinsamen Zuwachses von „Spenderbaum“ und lebendem Stock. EIS wies aber darauf hin, dass nicht die gesamte photosynthetische Produktion in Holz umgewandelt wird und dass möglicherweise die vom Spenderbaum zum Empfänger geleitete Gesamtmenge produzierten Kohlenstoffs größer war, als das berechnete Holzvolumen zeigte.

EIS konnte den Prozess der Wurzelverwachsung durch anatomische Untersuchungen in ihren Einzelheiten rekonstruieren. Seine Ergebnisse erlaubten ihm festzustellen, dass Wurzelverwachsungen nur innerhalb derselben Baumart und nicht zwischen verschiedenen Baumarten funktionieren.

Die vorliegenden Untersuchungen haben wesentlich dazu beigetragen ein gutes Bild vom Zustandekommen und Ausmaß der Wurzelverwachsungen bei der Douglasie zu bekommen. Jedoch trifft auch heute noch die abschließende Feststellung von EIS, 1972, zu: „Die genaue Rolle von Wurzelverwachsungen bei der Überleitung von Wasser und Mineralstoffen und der Intensivierung oder Beseitigung von Konkurrenz ist immer noch weitgehend unbekannt und Gegenstand erheblicher Spekulation“.

4 Umwelteinflüsse

4.1 Temperatur

Untersuchungen über den Einfluss der Bodentemperatur auf das Wurzelwachstum liegen nur für Douglasiensämlinge aus einem Wachstumskammer- Experiment vor. Dabei wurde das Wurzelwachstum bei Bodentemperaturen von 4°, 8°, 12° und 16° C und Lufttemperaturen von 8° C bei einer 16 Stunden andauernden Photoperiode gemessen. Die Ergebnisse zeigten, dass eine Bodentemperatur von 4 °C zu tief ist, um Wurzelwachstum zu stimulieren und dass es mit steigenden Temperaturen ansteigt. Die Studie gab aber keinen Hinweis auf die optimale Bodentemperatur für Wurzelwachstum von jungen Küstendouglasien.

Die Untersuchungen von LOPUSHINSKY und MAX, 1990, waren darauf ausgerichtet, die Auswirkungen von niedrigen bis zu hohen Bodentemperaturen auf das Wurzelwachstum von Sämlingen zu untersuchen. Sie setzten 2 jährige Inlanddouglasien in einem Gewächshausexperiment für 5 ½ Wochen konstanten Bodentemperaturen von 5°, 10°, 15°, 20°, 25°, und 30° C aus. Das Wurzelwachstum begann bei Temperaturen von 5° C, erhöhte sich überaus schnell bei mehr als 10° C, erreichte ein Maximum bei 20 ° C und verringerte sich wiederum bei 25°C. Bei Temperaturen von 30°C bildeten nur noch 17% der Pflanzen neue Wurzeln. Die oberirdischen Teile aller Pflanzen in dem Experiment waren während der 5 ½ Wochen einer Tag/Nacht 22/15° C Thermoperiode und einer 16 Stunden Photoperiode ausgesetzt.

Es muss aber im Auge behalten werden, dass die Bodentemperatur nur ein Teil eines Faktorenkomplexes ist, der auf das Wurzelwachstum einwirkt. So können niedrige Bodentemperaturen die Wasseraufnahme durch die Wurzeln begrenzen, den Wasserstress in Sämlingen erhöhen und dadurch wiederum das Wurzelwachstum reduzieren (LOPUSHINSKY und KAUFMANN, 1984). Es gibt auch Hinweise darauf, dass der Einfluss der Bodentemperatur von der genetischen Konstitution der Pflanzen abhängt. Das zeigte sich bei gleichen Bodentemperaturen und Thermoperioden in unterschiedlichen Wachstumsreaktionen junger Douglasien dreier verschiedener geographischer Herkünfte (LAVENDER und OVERTON, 1972).

Es ist offensichtlich, dass sich die Ergebnisse dieser Experimente nicht ohne weiteres auf das Verhalten von Douglasien im Stangenholz- und Baumalter übertragen lassen. Zum einen herrschen im Freiland keine konstanten Temperaturen im gesamten Bodenprofil, sondern es existiert ein ständig wechselnder Temperaturgradient von der Bodenoberfläche

in den Unterboden. Zum andern sind die Wurzeln täglichen und jahreszeitlich wechselnden Temperaturen entlang dieser Gradienten ausgesetzt. Allerdings lassen die Ergebnisse von Untersuchungen über den jahreszeitlichen Verlauf von Feinwurzelwachstum unter Freilandbedingungen annehmen, dass niedrige Temperaturen auch im Baumalter zu einem Wachstumsrückgang führen.

4.2 Bodenfeuchte

Es ist eine altbekannte Tatsache, dass zu hoher als auch zu niedriger Wassergehalt des Bodens sich negativ auf das Wurzelwachstum auswirkt.

Experimentelle Untersuchungen über die Auswirkung unterschiedlichen Feuchtegehaltes auf das Wurzelwachstum sind mir aber nicht bekannt.

Erwähnenswert ist, dass die Messung von Jahrringen an einer 530 Jahre alten Inlandsdouglasie in Colorado eine gute Übereinstimmung zwischen den jährlichen Niederschlagsmengen und der Wurzelchronologie zeigte. SCHULMAN, 1945, hielt dies für einen klaren Beweis, dass die verfügbare Feuchtigkeitsmenge der dominierende Faktor ist, der die von Jahr zu Jahr erkennbaren Schwankungen im Wurzelwachstum dieser auf einem trockenen Standort stehenden Douglasien kontrollierte.

5 Biomasse

Die Untersuchung der Korrelation zwischen oberirdischer und unterirdischer Biomasse eines Bestandes erfordert die Quantifizierung der unterirdischen Biomasse. Während die oberirdische Biomasse direkt gemessen werden kann, ist dies für die unterirdische Biomasse auf Bestandesebene praktisch nicht möglich. Zur Bestimmung der unterirdischer Biomasse sind deshalb auf der Basis von Wurzelmessungen ausgegrabener Bäume allometrische Gleichungen entwickelt worden, die es erlauben, die Wurzelbiomasse aus gemessenen Bestandes- oder Baumdimensionen mit genügender Genauigkeit zu schätzen (HERMANN, 1977).

Biomassestudien sind in Nordamerika und Europa in Beständen durchgeführt worden, die erhebliche Unterschiede hinsichtlich Alter, Stammzahl, Höhe, Grundfläche und Bonität aufwiesen. Weitere Unterschiede bestanden darin, dass es sich in Europa um Douglasienreinbestände handelte, während es sich bei den nordamerikanischen Beständen um Mischbestände mit bis zu 20 % anderen Baumarten handelte. Hinzu kommt, dass die Untersuchungsmethoden nicht einheitlich waren, sodass sich die Frage ergibt, in wieweit

die Ergebnisse vergleichbar sind. Eine Antwort darauf ist in zumindest drei Veröffentlichungen gegeben worden.

Die Untersuchungen in einem 450 jährigen old-growth Bestand in Oregon (SANTANTONIO et al., 1977) mit Brusthöhendurchmessern bis zu 135 cm und Höhen von fast 70 m ergaben für den 10,2 ha großen Bestand eine Biomasse der Grobwurzelkomponente von 197,7 T/ha, der Feinwurzeln (Durchmesser 5-10 mm) von 1,6 T/ha und der Feinwurzeln (Durchmesser < 5mm) von 9,7 T/ha bei einer Gesamtwurzelbiomasse von 209 T/ha. Eine graphische Darstellung des Verhältnisses von Trockengewicht der für diese Untersuchung freigelegten Wurzelsysteme zu Brusthöhendurchmesser der dazugehörigen Stämme, zusammen mit den entsprechenden Daten aus 36 Studien von Douglasienbeständen, zeigten eine klares und konsistentes Verhältnis von Wurzelbiomasse und Brusthöhendurchmesser (Abb.1.). Dieses Ergebnis hat auch die Gültigkeit der These von WHITTAKER und WOODWELL, 1968, bekräftigt, dass eine Dimensionsanalyse für Waldgesellschaften ohne Rücksicht auf ihre Zusammensetzung und Baumgröße angewendet werden kann.

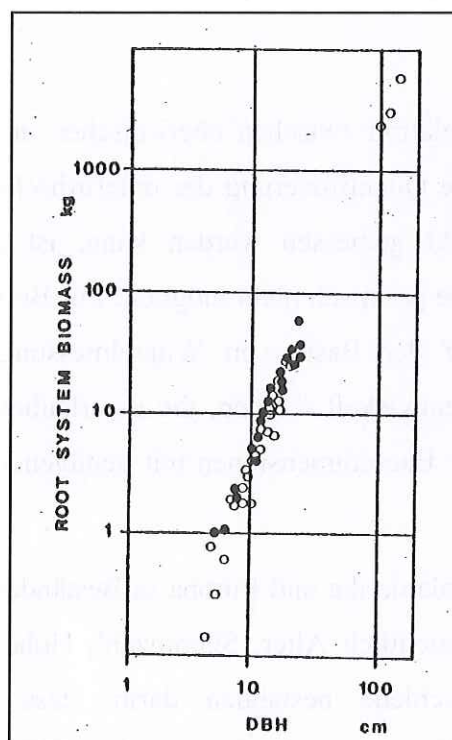


Abb. 1: Verhältnis zwischen Brusthöhendurchmesser und Wurzelbiomasse für Douglasie im pazifischen Nordwesten (zusammengestellt von SANTANTONIO et al., 1977; offene Kreise, n = 36) und in den Niederlanden (schwarze Kreise, n=20). Entnommen aus KUIPER und COUTTS, 1992.

In ihrer Wurzelstudie von 12 bis 37 jährigen gepflanzten Douglasienreinbeständen bestimmten KUIPER und COUTTS, 1992, die Biomasse von Wurzeln mit Durchmesser größer als 5 mm. Die Korrelationskoeffizienten von Wurzelbiomasse und BHD waren so hoch dass sie daraus schlossen, dass der BHD geeignet ist, die Biomasse des Wurzelsystems bei Douglasie zu bestimmen. Die Auswirkungen waldbaulicher Maßnahmen auf den leicht zu messenden BHD und ebenfalls auf das Wurzelsystem können so mit hinreichender Genauigkeit beurteilt werden. Weiterhin betonten die Autoren, dass die Ergebnisse der Ermittlung des Verhältnisses von Wurzelgewicht und BHD bei individuell ausgewählten Bäumen in einem Douglasienbestand im Pazifischen Nordwesten (SANTANTONIO et al., 1977), trotz erheblicher Unterschiede in den Standortverhältnissen und bei der Bewirtschaftungsgeschichte der Bestände, mit ihren Daten für Douglasie in den Niederlanden übereinstimmen (Abb.1).

Eine Studie in einem 47jährigen durch Pflanzungen auf ehemaligen Ackerboden entstandenen Douglasienreinbestand im französischen Beaujolais (RANGER und GELHAYE, 2001) demonstrierte ebenfalls, dass der BHD eine verlässliche Größe für die Schätzung des Wurzelsystemgewichtes ist. Die unterirdische Biomasse des französischen Bestandes belief sich auf 58 T/ha und die oberirdische auf 272 t/ha. Somit repräsentierte die Wurzelbiomasse rund 18 % der Biomasse des gesamten Bestandes. Die Wurzelkomponente gliedert sich auf in 25,5 t/ha für große Wurzeln, 4,6 t/ha für mittelgroße Wurzeln (Durchmesser 10-40 mm) und 2,1 t/ha für Feinwurzeln (Durchmesser < 10 mm).

Die Zusammenstellung von Daten aus der Literatur durch RANGER und GELHAYE, 2001, ihre Studie über das Verhältnis von ober- zu unterirdischer Biomasse für Douglasienbestände auf 38 verschiedenen Standorten eingeschlossen (Abb.2), zeigt dass das Verhältnis zwischen oberirdischer und unterirdischer Biomasse ziemlich konstant bei 20 % liegt. Sie deutet außerdem auf eine relative Unabhängigkeit des Verhältnisses von unterirdischer zu oberirdischer Biomasse von Parametern wie Bestandesalter oder Standortverhältnissen hin.

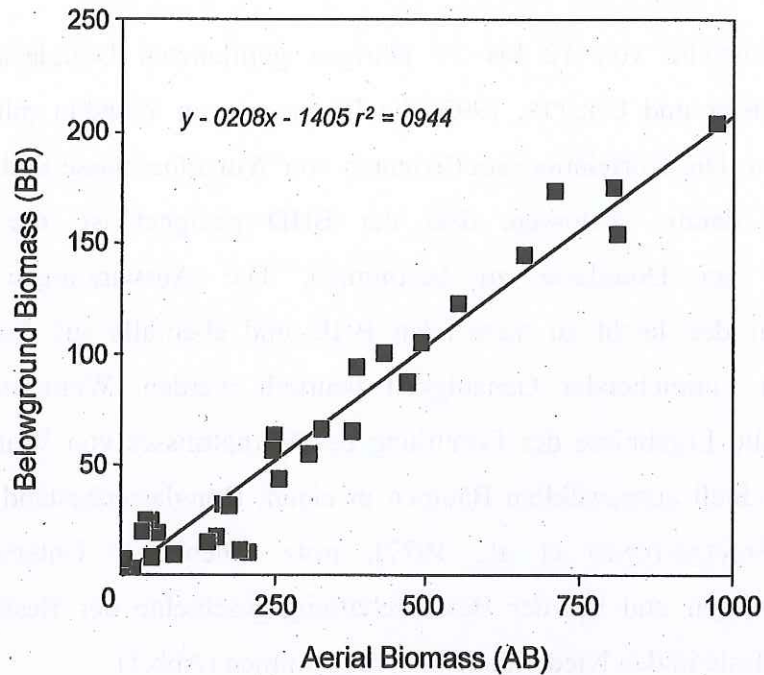


Abb. 2: Verhältnis zwischen oberirdischer und unterirdischer Biomasse, gefunden in 38 in der Literatur veröffentlichten Studien von Douglasienbeständen (entnommen aus RANGER und GELHAYE, 2001)

Die Autoren verglichen auch den Nährstoffgehalt der Wurzeln mit dem im oberirdischen Teil des Bestandes (Tabelle 1). Der Nährstoffgehalt der Wurzelmasse repräsentierte für N, P, K, Ca, und Mg je 14,9 %, 11,8 %, 9,5 %, 14,1 % und 11,8 % des Nährstoffgehaltes der Gesamtbiomasse des Bestandes. Sie betrachten dies als relativ niedrige Werte, die auf die unvollkommene Mineralisation größerer Mengen organischer Stoffe deuteten. Es könnte aber auch die Tatsache widerspiegeln, dass die Feinwurzelkomponente bei ihren Probenahmen nicht berücksichtigt werden konnte.

Tab. 1: Nährstoffgehalt in oberirdischer (A) und unterirdischer (B) Biomasse in einem 47 Jahre alten Douglasienbestand im Beaujolais und in unterirdischer (C) Biomasse eines 450 Jahre alten Douglasienbestandes in Oregon. A und B Daten entnommen aus RANGER und GELHAYE (2001) und C Daten aus SANTANTONIO et al. (1977)

	kg/ha				
	N	P	K	Ca	Mg
A	542	41	353	269	45,6
B	94,8	5,5	37	44,3	6,1
C	230	24	74	330	

Für den old-growth Bestand in Oregon ist ein Vergleich zwischen ober- und unterirdischer Biomasse nicht möglich, da nur die Werte für Wurzelbiomasse verfügbar sind. Ein Vergleich mit dem Nährstoffkapital in dem 47 Jahre alten Bestand ist allein schon wegen der fehlenden Werte für oberirdische Biomasse in dem 450 jährigen Bestand, aber auch wegen der unterschiedlichen Methoden der Probenahme in den beiden Studien nicht gut möglich. Die Daten der Studie in Oregon sind nur hinzugefügt, um eine Größenvorstellung des Nährstoffkapitals in einem old-growth Bestand zu geben.

6 Die Feinwurzelkomponente

Obwohl es keine allgemein gültige Konvention für die Festsetzung der Durchmesserspanne zur Charakterisierung von Feinwurzeln gibt, sind in Douglasienstudien 5 oder 2 mm meist als die obere Durchmessergränze für Feinwurzeln benutzt worden. Feinwurzeln haben eine sehr kurze Lebensspanne, die von wenigen Tagen bis zu wenigen Wochen reicht.

Als eine separate Klasse sollten Mykorrhizen betrachtet werden, wenn auch die Verbindung zwischen Wirt und Pilz so eng ist, dass eine Trennung der beiden praktisch unmöglich ist. Der Mykorrhizentyp bei der Douglasie ist die Ektomykorrhiza. Diese hat Längen von 0,5 – 3,0 mm und Durchmesser von 0,15 – 0,6 mm.

Es ist zwar schon vor langer Zeit erkannt worden, dass Feinwurzeln und Mykorrhizen eine wichtige Rolle bei der Aufnahme von Wasser und Nährstoffen spielen. Hinsichtlich ihrer Funktion sind Mykorrhizen dadurch Erweiterungen des Wurzelsystems, dass sie Oberfläche für die Wasser- und Nährstoffaufnahme, die allgemein den Wurzeln zugeschrieben wird, über eine 1–2 mm Zone vergrößern (FOGEL, 1983).

Untersuchungen über Faktoren, die auf die Produktion und den Stoffumsatz der Wurzeln einwirken, liegen erst seit etwa 25 Jahren vor. KEYS und GRIER, 1981, verglichen erstmals die Produktion von Feinwurzelbiomasse und ihre jahreszeitliche Schwankungen bei Douglasie. Sie hatten für die Untersuchung zwei 40 jährige Douglasienbestände unterschiedlicher Bonität in der Puget Sound Region von Washington ausgewählt. Herrschende Bäume auf dem ärmeren Standort hatten eine mittlere Höhe von 23m. Der Site Index (Bonität) für den Bestand war 24 m Baumhöhe für das Alter 50 (Ertragstafel King 1966). Die herrschenden Bäume auf dem besseren Standort hatten eine mittlere Höhe von 33 m. Der Site Index für den Bestand war Baumhöhe 40 m für Alter 50. Proben wurden bis zu einer Tiefe von 45 cm Bodentiefe genommen und zwar von März 1977 bis März 1978.

Die Autoren fanden ein jahreszeitlich deutliches Fluktuieren der Feinwurzelbiomasse in den Proben aus dem Bestand niedrigerer Bonität. Die lebende Feinwurzelmasse erreichte ein Hoch von 8,3 t/ha im Juni, sank auf ein Tief von 2,1 t/ha im Dezember und stieg wieder auf 7,3 t/ha am Ende März (Abb.3). Die Feinwurzel- Nekromasse schwankte gleichfalls jahreszeitlich. Dies hing mit der Schwankung in Feinwurzelbiomasse zusammen, da die Feinwurzel- Nekromasse mit der Abnahme der lebenden Feinwurzelmasse im Herbst anstieg. Wenn die lebende Feinwurzelmasse im Frühling wieder zunahm, war eine Abnahme toter Feinwurzelmasse die Folge (Abb. 3).

Die Feinwurzelbiomasse auf dem besseren Standort schwankte zwischen den einzelnen Probenahmen kaum, während die Feinwurzel- Nekromasse eine signifikante Zunahme im Herbst zeigte, ehe sie wieder im Winter absank. Außerdem erreichte die lebende Feinwurzelbiomasse auf dem besseren Standort durchschnittlich weniger als die Hälfte der auf dem ärmeren Standort, ausgenommen im Winter, wo beide identisch waren (Abb.3).

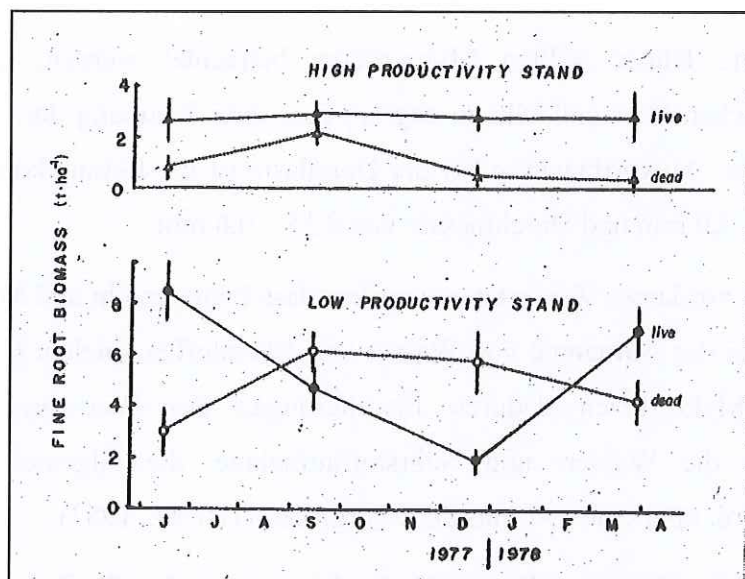


Abb.3: Jahreszeitliche Präsenz lebender und toter Feinwurzelbiomasse (< 2 mm Durchmesser) in zwei 40jährigen Douglasienbeständen, die auf Böden kontrastierender Produktivität wuchsen. Ergebnisse \pm SE (n = 20), (entnommen aus KEYS und GRIER, 1981)

Feinwurzelproduktion und -umsatz auf dem ärmeren Standort waren ungefähr das 2,5 fache der gleichen Komponenten auf dem besseren Standort. Die Produktion der Feinwurzel- Nekromasse wurde als Differenz zwischen 8,3 t/ha lebender Feinwurzelmasse im Juni und 2,1 t/ha im Dezember auf 6,2 t/ha geschätzt. Da keine signifikante jahreszeitliche Unterschiede in der lebenden Feinwurzelbiomasse auf dem besseren

Standort gefunden wurden, wurde die Feinwurzelproduktion auf dem besseren Standort zumindest auf 1,6 t/ha geschätzt.

Der Zuwachs von oberirdischer und Grobwurzelbiomasse auf dem ärmeren Standort war ungefähr die Hälfte (6,4 t/ha) von dem auf dem besseren Standort (12,1 t/ha). Aber der Bestand auf dem ärmeren Standort benutzt einen weitaus größeren Teil seiner Trockenmassenproduktion als der Bestand auf dem besseren Standort für den Feinwurzelumsatz. Das bedeutet, dass der letztere den Großanteil seiner Netto-primärproduktion (NPP=net primary production) in den Biomassezuwachs lenkte. Für die Douglasien, die auf dem besseren Standort wuchsen, war die Produktion von Feinwurzeln und Nadeln um genügend Wasser, Nährstoffe und Licht aufnehmen zu können, nur ein kleiner Bruchteil (26%) der während des Jahres produzierten Gesamttrockenmasse. Im Gegensatz dazu sammelte sich auf dem ärmeren Standort fast 60 % der jährlichen Nettoprimärproduktion (NPP) nicht als Biomasse (i.e.Holzzuwachs) an, sondern wurde genutzt um kurzlebig Feinwurzeln zu bilden. Diese Verschiebung in der Kohlenstoffzuteilung von der oberirdischen Baumkomponente zu den Feinwurzeln ist anscheinend ein Mechanismus, um unzureichende Nährstoffmengen und Begrenzungen im Wasserhaushalt auf armen Standorten zu kompensieren.

Die Entwicklung von Feinwurzel- (Durchmesser < 2mm) und Mykorrhizenbiomasse und ihre Abhängigkeit von Bestandesalter und Nährstoffgehalt wurde von VOGT et al., 1983, untersucht. Sie wählten dafür 16 Douglasienbestände, die vier Gruppen unterschiedlicher Altersklassen (11-14, 33-49, 65-75, 150-163 Jahre) auf Standorten zweiter und vierter Bonität (Ertragstafel King 1966) repräsentierten. (Anmerkung des Autors: Auf site II, die ich 2. Bonität nannte, würden die herrschenden Bäume im Alter 50 Höhen von 35-41 m und in site IV Beständen von 23-28 m erreichen. KING von der Weyerhäuser Company hat diese Altershöhenkurven für seine Ertragsstafel 1966 konstruiert. Sie ist mir leider nicht zugänglich. Damit ist ein Vergleich mit den Ergebnissen von KEY und GRIER, 1981 und VOGT et al., 1983 nicht möglich. KEY und GRIER haben bei ihren Kurven nur eine Höhe angegeben, während VOGT et al. Spannen angaben). In jeder der vier Altersklassengruppen waren jeweils zwei Bestände auf den Standorten höherer (2x4=8) und niederer Bonität (2x4=8) zu finden. Feinwurzel- und Mykorrhizenproben wurden im Oktober 1979 genommen und waren auf die O₁ und O₂ Horizonte, die eine Maximaltiefe von 7 cm hatten, beschränkt.

In den Beständen zweiter Bonität erhöhte sich die Biomasse lebender und toter Feinwurzeln bis zur Altersklassengruppe 33-49 und ging danach erheblich zurück. Die Entwicklung verlief deutlich anders in den Beständen 4. Bonität. Hier stieg die Biomasse lebender und toter Feinwurzeln ständig mit steigendem Alter und zeigte erst eine Abnahme in der 150-163 Altersklassengruppe (Tabelle 2).

Tab. 2: Feinwurzel- und Mykorrhizenmenge (kg/ha in den O₁ und O₂ Bodenhorizonten in einer Matrix von Bestandesalter und Douglasienbonitäten (abgeändert aus VOGT et a., 1983)

		Altersgruppe (Jahre)			
		11-14	33-49	65-75	150-163
Bonität	Feinwurzel kg/ha				
II	lebend	124	272	46	51
	tot	80	222	52	24
IV	lebend	46	381	400	203
	tot	70	136	251	144
	Mykorrhizen kg/ha				
II	lebend	50	464	47	37
	tot	14	218	45	13
IV	lebend	36	690	688	290
	tot	37	188	374	149

In den Beständen 2. Bonität war die Biomasse lebender und toter Mykorrhizenwurzeln bedeutend höher in der 33-49 als in den übrigen Altersklassengruppen zwischen denen kein signifikanter Unterschied bestand. In den Beständen 4. Bonität nahm die Biomasse lebender und toter Mykorrhizenwurzeln mit steigendem Bestandesalter zu, um erst in der ältesten Altersklassengruppen eine Abnahme zu zeigen (Tabelle 2).

Diese Ergebnisse machten offenbar, dass das Bestandesalter eine Rolle bei der Bildung von Fein- und Mykorrhizenwurzeln und ihrem Umsatz spielt. Besonders deutlich waren die Unterschiede in der Bildung der Biomasse von Feinwurzeln und Mykorrhizenwurzeln zwischen den Beständen höherer und niedrigerer Bonität. Diese Unterschiede deuteten darauf hin, dass sie wahrscheinlich auf unterschiedliche Verfügbarkeit von Nährstoffen

zurückzuführen sind. Dass Unterschiede in der Standortgüte offenbar einen Einfluss auf die Bildung von Feinwurzeln haben, wurde bereits in der Studie von KEYS und GRIER, 1981, gefunden und durch die Ergebnisse der Studie von VOGT et al., 1983, untermauert.

Die Tatsache, dass Bestände auf ärmeren Standorten einen höheren Anteil des durch Photosynthese produzierten Kohlenstoffs den Fein- und Mykorrhizenwurzeln zuleiten, scheint ein Mittel zu sein, um Bäumen auf solchen Standorten die nötigen Nährstoffe für Wachstum zu liefern, sobald sie den verfügbaren Raum völlig ausgefüllt haben.

In einer weiteren Studie untersuchten VOGT et al., 1987, den Verlauf der Entwicklung der Gesamtbiomasse von Feinwurzeln der Koniferen und aller Laubbäume, Sträucher und Kräuter mit fortschreitendem Bestandesalter in den Beständen, die Gegenstand einer früheren Untersuchung waren (VOGT et al., 1983). Die Proben wurden im März 1981 bis zu einer Tiefe von 15 cm genommen. Der März war für die Probenahme gewählt worden, weil um diese Zeit ein Maximum an Feinwurzelbiomasse der Koniferen zu erwarten war, wie andere Studien (KEY und GRIER, 1981, SANTANTONIO und HERMANN, 1985) in Douglasienwäldern im Pazifischen Nordwesten gezeigt hatten.

Die maximale Feinwurzelbiomasse der Koniferen wurde in Beständen 2. Bonität bei niedriger Grundfläche (13-52 m²/ha) in jüngerem Bestandesalter als bei denen der 4. Bonität mit höherer Grundfläche (27-91 m²/ha) in höherem Alter erreicht. Diese Unterschiede erklären sich dadurch, dass der Kronenschluss bereits in den 13 jährigen Beständen 2. Bonität erfolgte, in den Beständen 4. Bonität aber bis zu Alter 33-49 brauchte. Vor dem Kronenschluss hatten sowohl die Bestände der 2. als auch der 4. Bonität verglichen mit der Feinwurzelbiomasse eine größere Nadelbiomasse. Die Feinwurzelbiomasse betrug nur 13-27% der Nadelbiomasse. In der Phase der Bestandesentwicklung war anscheinend mehr Kohlenstoff für die Bildung von photosynthetisch wirksamer Zellen, als für Zellstrukturen, die der Nährstoffaufnahme dienen konnten, bereitgestellt worden.

Die Bestände der 4. Bonität hatten in jedem Bestandesalter weitaus mehr Gesamtfuinwurzelbiomasse (Koniferen und Angiospermen zusammen) als die 2. Bonität. Zum Zeitpunkt des Kronenschlusses und in den späteren Phasen der Bestandesentwicklung unterhielten verglichen mit denen 2. Bonität die Koniferen in den Beständen der 4. Bonität eine weit höhere Feinwurzelbiomasse. Dies zeigte, wie auch schon in der früheren Studie von VOGT et al., 1983, dass in Beständen mit nährstoffarmen Böden anscheinend mehr Kohlenstoff in die Wurzeln, als in die oberirdischen Baumteile geleitet wird, um, damit

genügend Nährstoffe für das Wachstum der Bäume aufgenommen werden kann, die Feinwurzelbiomasse zu erhöhen.

SANTANTONIO et al., 1977, bestimmten den aktuellen Zustand von Feinwurzeln mit Durchmessern von < 5 mm in einem 10,2 ha old growth Bestand in Oregon Kaskaden. Als sie die aktuelle Wurzelmasse der vorgefundenen Habitattypen im Bestand berechneten, fanden sie doppelt soviel Wurzelmasse im trockenen Typ entlang der Kammhöhen und am oberen Teil von Südhängen als in dem Nassstyp in der Nähe eines Baches. Ob dieser Unterschied eine generell höheren Anteil von Feinwurzeln im trockenen Habitat oder Unterschiede in der Periodizität des Wurzelwachstums ausdrückt, blieb unbekannt. Um eine Antwort darauf zu finden, begannen SANTANTONIO und HERMANN 1985 eine dreijährige Studie in drei durch Naturverjüngung entstandenen Beständen (Tabelle 3) im westlichen Oregon. Um Produktion und Umsatz der Feinwurzel zu verfolgen, wurden monatliche Proben in den drei Beständen bis zu einer Bodentiefe von 75 cm genommen.

Tab. 3: Merkmale der drei Bestände der Wurzelstudie im Oregon Kaskadengebirge (SANTANTONIO und HERMANN 1985)

	Standort		
	trocken	feucht	nass
Alter (Jahre)	70	170	120
Bonität ¹	III	III	III
Stammzahl/ha	602	556	648
Mittlerer BHD (cm)	34	40	34
Mittlere Bestandeshöhe (m)	35	49	46
Grundfläche (m ² /ha)	60	78	74
Oberirdische Biomasse (t/ha)	464	627	548
Nadelbiomasse (t/ha)	12	18	19
¹ Ertragstafel McArdle et al. (1949)			

Die jahreszeitlichen Änderungen im aktuellen Zustand der lebenden Feinwurzeln im Laufe der drei Jahre ließ zwei hauptsächliche Perioden des Anwachsens der Feinwurzelmenge während eines jährlichen Kreislaufes erkennen. Die Feinwurzelmenge war hoch im Frühjahr und Herbst und niedrig im Sommer und Winter.

Ebenfalls signifikant war in allen drei Beständen die Veränderung des Anteils toter Feinwurzeln. Der langzeitliche Trend war ähnlich in den drei Beständen. Die Menge toter

Feinwurzeln blieb gleich auf dem trockenen Standort, während sie auf den feuchten und nassen Standorten bis zum Spätsommer 1978 sanken und im Herbst wieder stiegen.

Lebende Feinwurzeln wurden im Durchschnitt 1,7 bis 2,8 mal im Jahr ersetzt, wobei der Umsatz am niedrigsten im nassen und am höchsten im trockenen Habitat war (Tabelle 4).

Tab. 4: Schätzung von Feinwurzelproduktion und Umsatz in den obersten 75 cm des Bodens. Der Umsatz-Index zeigt, wie oft die Feinwurzeln jedes Jahr ersetzt wurden

Standort	jährliche Periode	Produktion (t/ha/Jahr)	Umsatz (t/ha/Jahr)	Umsatz-Index* mal/Jahr
Trocken	März 77-März 78	4,5	5,6	1,8
	März 78-März 79	8,5	8,6	4,0
	Sept. 77-Sept. 78	5,2	5,6	2,2
	Sept. 78-Sept. 79	7,9	8,6	5,2
	Durchschnitt	6,5	7,2	2,8
Feucht	März 77-März 78	5,8	6,9	1,6
	März 78-März 79	8,6	8,7	2,8
	Sept. 77-Sept. 78	2,8	4,2	1,2
	Sept. 78-Sept. 79	9,0	10,3	5,0
	Durchschnitt	6,3	7,2	2,0
Nass	März 77-März 78	4,4	5,3	1,3
	März 78-März 79	6,3	6,5	2,5
	Sept. 77-Sept. 78	2,8	3,9	1,2
	Sept. 78-Sept. 79	6,5	7,1	3,5
	Durchschnitt	4,8	5,5	1,7

Umsatz (t/ha/Jahr)

* Umsatz-Index = -----

durchschnittlich stehender Stand von Feinwurzeln

Bei einem Vergleich mit dem Nadelabfall in den drei Beständen für die Dauer der Studie zeigte sich, dass der Feinwurzelsatz den Umsatz der Nadeln mit einem Faktor von 2,5 bis 4,2 übertraf. Das war ein deutlicher Hinweis darauf, dass der größte Eintrag organischer Substanz durch den Umsatz von Feinwurzeln in den Boden kommt.

In einer Studie auf Vancouver Island, Britisch Kolumbien, untersuchten KURZ und KIMMINS, 1987, den Einfluss von Standortgüte und Jahreszeit auf die Bildung von Feinwurzeln in fünf second-growth Beständen von Küstendouglasien unterschiedlicher Bonität. Probenahmen in den fünf Beständen, deren site indices von 25 bis 41 m für Alter

50 reichten, erfolgten 6 mal von Mai 1985 bis Mai 1986. Angaben über die von den Autoren benutzte Ertragstafel fehlen.

Die Autoren stellten in jedem der fünf Bestände nur wenig jahreszeitliche Unterschiede in der Menge aller gebildeten Feinwurzelmasse, der lebenden Feinwurzelbiomasse einschließlich der Feinwurzel- Nekromasse (Abb. 4), fest, dagegen aber erhebliche jahreszeitliche Unterschiede im Verhältnis von lebenden zu toten Feinwurzeln. Die lebende Feinwurzelbiomasse war am höchsten im Mai 1985, sank erheblich im August und Oktober und stieg wieder im Mai 1986. Die Feinwurzel- Nekromasse zeigte einen entgegengesetzten Trend; sie war niedrig im Mai 1985, hoch im August und Oktober und wieder absinkend im Mai 1986.

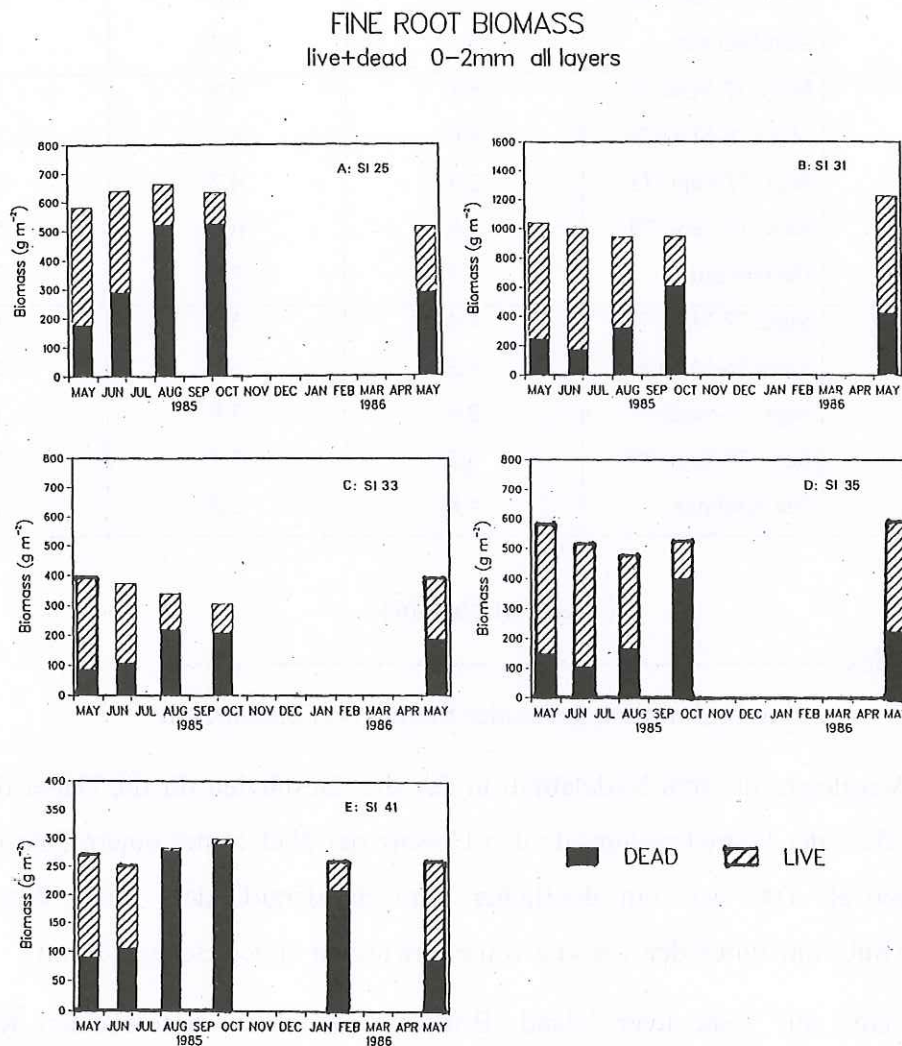


Abb. 4: Gesamte (lebende und tote) Feinwurzel- Biomasse in jedem der fünf untersuchten Standorte, (entnommen aus KURZ und KIMMINS, 1987)

KURZ und KIMMINS fanden in ihrer Studie, dass sich Feinwurzelproduktion und Feinwurzelsterblichkeit mit steigender Standortgüte verringern, wie schon die Untersuchungen in Washington und Oregon gezeigt hatten. Diese Ergebnisse lassen mit ziemlicher Sicherheit annehmen, dass Unterschiede in der Standortgüte große Unterschiede bei der Allokation von Assimilaten in die Wurzeln zur Folge haben.

Im Zuge des AFICORN (Acidification of Forests in the Netherlands) Projektes wurde 1991 lebende Feinwurzelbiomasse (Durchmesser < 2mm) in zwei Douglasienbeständen (Tabelle 5) in den Niederlanden bestimmt. Proben wurden im Juni 1987, Mai 1988 und Juni 1989 jeweils bis zu einer Bodentiefe von 80 cm genommen. Da Länge und Dichte der Feinwurzeln das Potenzial der Aufnahme von Wasser und Nährstoffen besser ausdrücken als Biomasse allein, wurden diese Faktoren zusätzlich zum Trockengewicht der Wurzel bestimmt.

Auch in dieser Untersuchung zeigte sich, dass der Bestand auf dem ärmeren Standort in Kootwijk bedeutend mehr Feinwurzelbiomasse als der Bestand auf dem besseren Standort in Speuld hatte (Tabelle 5).

Tab. 5: Durchschnittliche Feinwurzelbiomasse (Trockengewicht) in t/ha und spezifische Wurzellänge (SRL) in m/g, (Daten entnommen aus OLSTHOORN, 1991)

	Biomasse (t/ha)			SRL (m/g)		
	1987	1988	1989	1987	1988	1989
Kootwijk	39,4	43,3	10,7	6,19	5,56	3,18
Speuld Ost	27,7	32,2	9,3	6,90	6,67	4,12
Speuld West	-	27,6	10,5	-	6,63	3,93

Die Feinwurzeldichte in den obersten 40 cm des Bodenprofils auf dem ärmeren Standort erreichte in den Jahren 1987 und 1988 eine Spanne von 0,3 bis 0,7 cm/cm³.

Die Wurzeldichte betrug etwa 0,3 cm/cm³ in 40 cm Tiefe und nahm in 80 cm Tiefe auf beinahe null ab. Die spezifische Wurzellänge (Specific root length = SRL) der Feinwurzeln betrug auf dem ärmeren Standort in den obersten 2 cm ungefähr 10 m/g Wurzelrockenmasse und verringerte sich auf 3 bis 4 m/g in 80 cm Tiefe. Die Feinwurzeldichte in Speuld war etwas geringer und die SRL war durch das gesamte Bodenprofil größer als in Kootwijk. Dichte und Trockengewicht der Feinwurzeln waren im Juni 1989 erheblich niedriger als in den beiden Vorjahren (Tabelle 5), was auf eine Trockenperiode im Mai 1989 zurückgeführt wurde.

OLSTHOORN verglich seine Ergebnisse seiner Untersuchungen über die spezifischer Wurzellänge mit Ergebnissen früherer Studien und fand sie in Übereinstimmung mit Daten über Feinwurzelbiomasse in Douglasienbeständen im pazifischen Nordwesten Nordamerikas. Er führte aus, dass unter der Annahme einer spezifischen Wurzellänge von 10m/g Trockenmasse die Feinwurzellänge in den nordamerikanischen Untersuchungen von 20×10^6 m/ha bis zu 60×10^6 m/ha durch das gesamte durchwurzelte Bodenprofil reichte (SANTANTONIO und HERMANN, 1985, EIS, 1987). VOGT et al., 1983, fanden etwas geringere Längen im Oktober, sie reichten von 2×10^6 m/ha auf guten bis 35×10^6 m/ha auf armen Standorten.

OLSTHOORN und TIKTAK, 1991, untersuchten auch die Periodizität des Feinwurzelwachstums in den Beständen in Kootwijk und Speuld, um die jährliche Kohlenstoffallokation in das Wurzelsystem schätzen zu können. Da die Gesamtmenge an Kohlenstoff, die dem Wurzelsystem zugewiesen wird, vom Wachstum der Feinwurzeln abhängt, war es notwendig nicht nur Information über die Menge an Feinwurzeln, sondern auch über ihre Sterblichkeit und ihre Neubildung zu bekommen.

Für die Untersuchung der Periodizität des Feinwurzelwachstums benutzten OLSTHOORN und TIKTAK die Perforonmethode von BOSCH 1984, die die direkte Beobachtung des Wurzelwachstums im Boden erlaubt. Weiße Wurzelspitzen wurden in monatlichen Abständen gezählt und als Indikatoren für Wachstumsaktivität genommen.

Im ersten Beobachtungsjahr 1988 erreichte die Anzahl weißer Wurzelspitzen einen Höhepunkt kurz vor dem Öffnen der Knospen und verringerte sich allmählich bis zum Herbst. Obwohl die Temperaturen in den oberen 15 cm des Bodens meist über 5°C lagen, erschienen nur wenige weiße Wurzeln zwischen Oktober 1988 April 1989. Die Periodizität des Wurzelwachstums zeigte 1989 einen abweichenden Verlauf von dem des Vorjahres, besonders in Kootwijk, dem Standort mit dem ungünstigeren Wasserhaushalt. Diese Ergebnisse weisen daraufhin, dass Fluktuationen im Wetter und der Bodenfeuchte einen erheblichen Einfluß auf die Periodisierung des Feinwurzelwachstums hatten und zwar mehr noch auf trockenen als auf feuchten Standorten, wie schon ein Forschungsprojekt in Oregon (SANTANTONIO und HERMANN, 1985) gezeigt hatte.

Auf Grund von Berechnungen auf der Basis der Daten der AFICORN Douglasienbestände kamen OLSTHOORN und TIKTAK zu dem Schluss, dass der durchschnittliche Umsatz der Feinwurzeln in den beiden Beständen in der Tat mit ihrer Überlegung übereinstimmt, dass die jährliche Produktion von Feinwurzeln der Feinwurzelbiomasse im Frühsommer gleicht.

OLSTHOORN und TIKTAK, 1991, berechneten, auf der Basis der Daten von OLSTHOORN, für die Jahre 1988-1991 auch die Allokation von Kohlenstoff in die Wurzeln der Bestände in Kootwijk und Speuld. Die für die Erhaltung und das Wachstum ihrer Wurzelsysteme notwendige Gesamtmenge an Assimilaten belief sich für beide Bestände auf 10 Tonnen $\text{CH}_2\text{O}/\text{ha}/\text{Jahr}$. In dem weniger produktiven Bestand Kootwijk wurde jedoch den Feinwurzeln mehr Kohlenstoff pro Hektar zugewiesen als in dem produktiveren Bestand Speuld, während die Zuweisung von Kohlenstoff zu den Grobwurzeln in dem produktiveren Bestand größer war (Tabelle 6).

Tab. 6: Geschätzte Allokation von Kohlenstoff in die Wurzelsysteme der beiden AFICORN Douglasienbestände in 1988. Daten für Fein- und Grobwurzelbiomasse aus OLSTHOORN, 1991, (Tabelle entnommen aus OLSTHOORN und TIKTAK, 1991)

	Grobwurzeln	Feinwurzeln	Gesamtmenge
Kootwijk			
Biomasse (t/ha)			
Wachstum (t/ha/Jahr)	12,4	4,3	
Bedarf für	1,0	4,3	
Unterhalt Atmung *			
Wachstum *	0,3	1,6	1,9
Gesamt C Bedarf *	1,5	6,6	8,1
	1,8	8,2	10,0
Speuld			
Biomasse (t/ha)			
Wachstum (t/ha/Jahr)	15,5	3,0	
Bedarf für	2,6	3,0	
Unterhalt Atmung *			
Wachstum *	0,3	1,1	1,4
Gesamt C Bedarf *	4,0	4,6	8,6
	4,3	5,7	10,0
* in Tonnen $\text{CH}_2\text{O}/\text{ha}/\text{Jahr}$			

MCDOWELL et al., 2001, untersuchten zwischen August 1996 und Oktober 1997 die Produktion und den Umsatz von Feinwurzeln und Mykorrhizen in zwei 98 Jahre alten

Beständen von Inlandsdouglasie (*Pseudotsuga menziesii* var. *glauca*) in der Kettle River Range im Nordosten des Staates Washington. Beide Bestände waren 1975 durchforstet worden. Einer der Bestände war 1987 mit 230 kg N/ha und 196 kg K/ha gedüngt worden. Der gedüngte Bestand hatte eine höhere Grundfläche vor der Düngung im Jahre 1987 (37,3 m²/ha) und im Jahr 1997 (47,5 m²/ha) als der ungedüngte Bestand mit 31,8 m²/ha in 1987 und 37,0 m²/ha in 1997. Die Stammzahl /ha des Bestandes mit der höheren Grundfläche betrug 619 Stämme, der Bestand mit der niedrigeren Grundfläche wies 644 Stämme /ha auf.

MCDOWELL et al. schlugen mit der Anwendung der sog. „Carbon balance approach“-Methode einen bisher nicht benutzten Weg zur Untersuchung von Produktion und Umsatz von Feinwurzeln und Mykorrhizen ein.

Diese Methode besteht aus zwei hauptsächlichen Komponenten:

- (1) Ermittlung der jährlichen Allokation von Kohlenstoff für Atmung und Wachstum allen unterirdischen Pflanzengewebes und
- (2) Separate Ermittlung der jährlichen Wurzelatmung

Die Menge der Kohlenstoffallokation zur Bildung von Feinwurzeln und Mykorrhizen ist die Differenz zwischen diesen beiden Komponenten.

Die Ermittlung der gesamten jährlichen unterirdischen Kohlenstoffallokation (total belowground carbon allocation (TBCA)) für das Jahr 1996/97 ergab eine Zuteilung von 711 g C/m² für den gedüngten Bestand und 733 g C/m² für den ungedüngten Bestand. Davon entfielen auf die Produktion von Feinwurzeln (< 5 mm Durchmesser) und Mykorrhizen (NPPfw) im gedüngten Bestand 334 Gramm Kohlenstoff. Das ist fast die Hälfte der jährlichen unterirdischen Kohlenstoffallokation (NPPfw:TBCA=47%). Die entsprechenden Zahlen für den ungedüngten Bestand sind 431 Gramm Kohlenstoff, 59 % der jährlich unterirdischen Kohlenstoffallokation.

MCDOWELL et al. wiesen darauf hin, dass der Mittelwert für NPPfw von 383 g C/m²/Jahr für die beiden Bestände höher zu sein scheint, als die Werte, die aus Ergebnissen früherer Untersuchungen im westlichen Nordamerika vorlagen. Die Werte für NPPfw lagen im Durchschnitt für Douglasien im pazifischen Nordwesten bei 290 g C/m²/Jahr und 143 g C/m²/Jahr für Inlanddouglasie in New Mexico, unter Annahme einer Kohlenstoffkonzentration von 0,5. Die Autoren führten die Unterschiede zwischen ihren Werten und denen früherer Untersuchungen darauf zurück, dass diese die Kohlenstoffallokation zur Mykorrhiza nicht miteinbezogen hatten.

Die durchschnittlich vorhandene Feinwurzelbiomasse (< 5mm Durchmesser) im Jahr 1997 war 840 g/m² für den Bestand mit der höheren und 500 g/m² für den mit der niedrigeren Grundfläche. Die Resultate sind vergleichbar zu denen für Douglasie im pazifischen Nordwesten (380 – 920 g/m², KEYS und GRIER, 1981; 710 – 1900 g/m², SANTANTONIO und HERMANN, 1985, sowie Douglasie in New Mexico; 400 g/m², GOWER et al., 1992).

Der Umsatz von Feinwurzeln und Mykorrhizen, berechnet als NPPfw geteilt durch die durchschnittlich stehende Biomasse von Wurzeln mit <5 mm Durchmesser, war 1,8 für den Bestand mit niedrigerer und 0,8 für den mit höherer Grundfläche.

Die Unterschiede in der gesamten Wurzelbiomasse (Fein- plus Grobwurzeln) zwischen den beiden Beständen, 6300 g/m² (63 t/ha) für den mit der höheren und 4800 g/m² (48 t/ha) für den mit der niedrigeren Grundfläche wirkten sich ganz erheblich auf die Allokation von Kohlenstoff in den Unterboden aus. Im gedüngten Bestand mit der höheren Wurzelbiomasse wurde mehr Kohlenstoff für die Atmung, im ungedüngten Bestand mit der niedrigeren Wurzelbiomasse jedoch mehr für die Feinwurzelproduktion und den Feinwurzelumsatz verwendet. MCDOWELL et al. vermuteten, dass derartige Unterschiede in der unterirdischen Aufteilung des Kohlenstoffs auf eine langfristige Auswirkung der Düngungsmaßnahme zurückzuführen sind, die diese Verschiebung der Verteilung des Kohlenstoffs im Wurzelbereich zur Erhaltung, anstatt für die Produktion von Wurzelbiomasse zur Folge haben. Auf die möglichen nachteiligen Folgen einer derartigen Verschiebung in der Kohlenstoffallokation zur Erhaltung und Produktion von Wurzelbiomasse haben bereits OLSTHOORN und TIKTAK, 1991, hingewiesen. Der erhöhte atmosphärische Stickstoffeintrag in die niederländischen Waldböden während der letzten Jahrzehnte hat das Wachstum der oberirdischen Biomasse stimuliert und die Zuteilung zu der Feinwurzelkomponente vermindert. Wenn die Feinwurzelbiomasse abnimmt, nimmt die Feinwurzelichte ebenfalls ab. Das Resultat ist eine erhebliche Verschiebung des funktionellen Gleichgewichts des Spross-Wurzelverhältnisses. Die Stimulierung des oberirdischen Wachstums hat den Nachteil, dass die Kapazität der Aufnahme von Wasser und Nährstoffen zum gleichen Zeitpunkt verringert wird, in dem sich der Bedarf der oberirdischen Biomasse an Wasser und Nährstoffen, Stickstoff ausgenommen, erhöht. Dies wiederum kann zu einer Verminderung der Widerstandsfähigkeit der Bestände gegen Trockenheit und Nährstoffmangel führen.

7 Zusammenfassung

Untersuchungen über das Wurzelsystem der Douglasie in Europa und Nordamerika haben zu einer erheblichen besseren Kenntnis der Faktoren geführt, die die Bildung der Kompartimente Grobwurzeln, Feinwurzeln und Mykorrhizen beeinflussen und deren Funktion bestimmen.

Vielleicht die wichtigste Erkenntnis, die besonders aus den Forschungen der letzten drei Jahrzehnte gewonnen wurde, ist die Notwendigkeit noch mehr über die Rolle von Kohlenstoff- Budgets auf das Wachstum der unter- und oberirdischen Substanz der Bäume zu erforschen. Die Auswirkung waldbaulicher Praktiken, wie Durchforstung und Düngung auf die Verteilung der photosynthetischen Stoffproduktion und ihre Allokation zur unterirdischen Biomasse muss verstanden werden, damit es möglich wird, die Wachstumsreaktionen auf waldbauliche Maßnahmen hinreichend genau abzuschätzen.

8 Literatur

BADOUX, H., 1926: Observations sur le douglas vert en suisse.

Mittlg. der Schweizerischen Zentralanstalt f. d. Forstl. Versuchswesen, 14 (1) S. 3-27

BERNDT, H. W., GIBBONS, R. D., 1958: Root distribution of some native trees and understory plants growing on three sites within ponderosa pine watersheds in Colorado.

USDA, For. Serv., Rocky Mountain Forest and Range Exp. Station, Station Paper Nr. 37, 14 S.

CHAMPS, M., 1975: Etude de l'enracinement en place sur jeune douglas.

AFOCEL, S. 253-357

EIS, S., 1972: Root grafts and their silvicultural implications.

Can. J. For. Res. 2(2), S. 111-120

EIS, S., 1974: Root system morphology of western hemlock, western red cedar and Douglas-fir.

Can. J. For. Res. 4(1), S. 28-38

EIS, S., 1987: Root systems of older immature hemlock, cedar and Douglas-fir.

Can. J. For. Res. 17(11), S. 1348-1354

GOWER, S. T., VOGT, K. A., GRIER, C. C.: Carbon dynamics of Rocky Mountain Douglas-fir: Influence of water and nutrient availability.

Ecological Monographs 62(1), S. 43-65

GROTH, P., 1927: Die Wurzelbildung der Douglasie und ihr Einfluss auf die Sturm- und Schneefestigkeit dieser Holzart.

Allg. Forst- und Jagdztg. 103, S. 186-205, 217-231, 268-285

HENGST, E., 1958: Wurzelstockuntersuchungen an der Douglasie.

Archiv für Forstwesen 7 (4/5), S. 338-351

- HERMANN, R. K., 1977: Growth and production of tree roots. S. 7-28 in (J. K. Marshall, ed.) The belowground ecosystem: A synthesis of plant-associated processes. Colorado State University, Range Science Dept. Science Series Nr. 26
- KEYS, M. R., GRIER, C. C., 1981: Above- and belowground net production in 40-year-old Douglas-fir stands on low and high productivity sites. *Can. J. For. Res.* 11(3), S. 599-605
- KÖSTLER, J. N., BRÜCKNER, E. und BIEBELRIETHER, H., 1968: Die Wurzeln der Waldbäume. P. Parey, Hamburg, 284 S.
- KUIPER, L. C., COUTTS, M. P., 1992: Spatial disposition and extension of the structural root system of Douglas-fir. *For. Ecol. and Management* 47(1/4), S. 111-125
- KURZ, W. A., KIMMINS, J. P., 1987: The influence of site quality on tree resource allocation to fine roots and its effect on harvestable productivity of coastal Douglas-fir stands. Faculty of Forestry, University of British Columbia, Vancouver, B. C., FRDA Report Nr. 034, 103 S.
- LAVENDER, D. P., OVERTON, W. S., 1972: Thermoperiods and soil temperatures as they affect growth and dormancy of Douglas-fir seedlings of different geographic origin. Res. Paper 13, Forest Res. Laboratory, Oregon State Univ., Covallis, Oregon, 26 S.
- LOPUSHINSKY, W., KAUFMANN, M. R., 1984: Effect of cold soil on water relations and spring growth of Douglas-fir seedlings. *For. Science* 30(3), S. 628-634
- LOPUSHINSKY, W., MAX, T. A., 1990: Effect of soil temperature and shoot growth and on budburst timing in conifer seedling transplants. *New Forests* 4(2), S. 107-124
- McDOWELL, N. G., BALSTER, N. J. and MARSHALL, J. D., 2001: Belowground carbon allocation of Rocky Mountain Douglas-fir. *Can. J. For. Res.* 31(8), S. 1425-1436
- McMINN, R. G., 1963: Characteristics of Douglas-fir root systems. *Can. J. Botany* 41, S. 105-122
- OLSTHOORN, A. F. M., 1991: Fine root density and root biomass of two Douglas-fir stands on sandy soils in the Netherlands. 1. Root biomass in early summer. *Netherlands J. Agricultural Science* 39, S. 49-60
- OLSTHOORN, A. F. M., 1991: Fine root density and root biomass on sandy soils in the Netherlands. 2. Periodicity of fine root growth and estimation of belowground carbon allocation. *Netherlands J. Agricultural Science* 39, S. 61-77
- RANGER, J., GELHAYE, D., 2001: Belowground biomass and nutrient content in a 47-year-old Douglas-fir plantation. *Ann. For. Sci.* 58, S. 423-430
- REYNOLDS, E. C., 1983: The development of root systems analyzed by growth rings *Plant and Soil* 71(1/4), S. 167-170

- REYNOLDS, K. M., BLOOMBERG, W. J., 1982: Estimating probability of intertree root contact in second-growth Douglas-fir.
Can. J. For. Res. 12(3), S. 493-498
- RICHARDSON, A., 2000: Coarse root elongation rate estimates for interior Douglas-fir.
Tree Physiology 20(12), S. 825-829
- SANTANTONIO, D., HERMANN, R. K., OVERTON, W. S., 1977: Root biomass studies in forest ecosystems.
Pedobiologia 17(1), S. 1-31
- SANTANTONIO, D., HERMANN, R. K., 1985: Standing crop, production and turnover of fine roots on dry, moderate and wet sites of mature Douglas-fir in western Oregon.
Ann. Sci. for. 42(2), S. 113-142
- SCHULMAN, E., 1945: Root growth rings and chronology.
Tree Ring Bull. 12, S. 2-5
- SCHULTZ, R. P., 1963: Occurrence of stump callusing in second-growth Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco).
M. S. thesis, School of Forestry Oregon State University, Corvallis, Oregon
- SIKA, A., MRAZ, K., 1969: Ekologie korenoveho systemu douglasky (*Pseudotsuga menziesii*) (Ecology of the root system of Douglas-fir).
Prace Vyzkum Ust. Lesn. Hosp. Mysl. Nr. 37, S. 87-108
- SMITH, J. H. G., 1964: Root spread can be estimated from crown width of Douglas-fir, lodgepole pine and other British Columbia species.
For. Chronicle 40(4), S. 456-473
- SUTTON, R. F., 1990: Root growth capacity in coniferous forest trees.
Hort Science 25(3), S. 259-266
- TABBUSH, P. N., 1986: Rough handling, soil temperature and root development in outplanted Sitka spruce and Douglas-fir.
Can. J. For. Res. 16(6); S. 1385-1388
- VOGT, K. A., VOGT, D. G., MOORE, E. E., FATUGA, M. B., REDLIN, M. R., EDMONDS, R. L., 1987: Conifer and angiosperm fine-root biomass in relation to stand age and site productivity in Douglas-fir forests.
J. of Ecology 75, S. 857-870
- VOGT, K. A., MOORE, E. E., VOGT, D. G., REDLIN, M. R., EDMONDS, R. L., 1983: Conifer fine-root mycorrhizal root biomass within the forest floors of Douglas-fir stands of different ages and site productivities.
Can. J. For. Res. 13(3); s: 429-437
- WHITTAKER, R. H., WOODWELL, G. M. 1968: Dimension and production relations of trees and shrubs in the Brookhaven Forest, New York. J. of Ecology 57(1), S.155-174
- WILPERT, K. von, 1986: Wurzelbildung von Douglasien auf Pseudogleyen im nördlichen Oberschwaben.
Mittlg. d. Vereins f. Forstl. Standortskunde, Nr. 32, S. 57-71, Eugen Ulmer, Stuttgart

Ergebnisse genetischer Untersuchungen an Vorkommen der Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* Mirb. Franco) in Rheinland-Pfalz

von Werner D. Maurer

Abteilung Genressourcen und Forstpflanzenerzeugung
Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz

Abstract

Title of the paper: Results of genetic studies on Douglas-fir populations (*Pseudotsuga menziesii* MIRB. FRANCO) in Rhineland-Palatinate.

This contribution summarizes the results of genetic investigations that have been carried out, in view of the increasing damaging, on occurrences of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) in the German Federal State of Rhineland-Palatinate since the mid-1990's. These studies performed by applying isozyme gene markers include stand pairs with and without damaging, seed orchards, seed stands, and a provenance test. Prime objective is the examination of the Douglas-fir populations present in the forests of Rhineland-Palatinate for clearly assigning them to either the coastal race (which comprises those Douglas-fir provenances which are suitable for cultivation under the local site conditions) or the interior race (which includes those provenances that are not suited here). The isozyme gene marker 6-PGDH-A in particular allows relevant race discrimination by differing allelic variants.

Regarding the damaging situation caused particularly by manganese toxicity, the genetic background apparently plays a role in view of the race affiliation of the distinct provenances. An immediate relationship between the genetic structuration and damaging of individual trees, however, cannot be revealed by this type of genetic markers.

1 Einleitung

1.1 Die Douglasie in Rheinland-Pfalz – ein Neophyt als willkommene Gastbaumart

Trotz der gegenwärtig recht kontrovers geführten Diskussion hinsichtlich einer möglichen Beeinträchtigung und Verfälschung des heimischen Florenspektrums durch die so genannten "Neophyten" (vgl. hierzu KOWARIK & STARFINGER 2002), d.h. über solche Pflanzen, welche von Natur aus nicht in Deutschland vorkommen, sondern erst durch menschliches Zutun hierher gelangt sind und zu denen auch eine Reihe von fremdländischen Baumarten wie die Edelkastanie (*Castanea sativa*), die Roteiche (*Quercus rubra*), die Japanische Lärche (*Larix kaempferi*) und auch die Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*) zugerechnet werden (KNOERZER & REIF 2002), stellt die Douglasie in Teilen der Waldlandschaft von Rheinland-Pfalz eine durchaus willkommene und wohlgeleitene nichtheimische Nadelbaumart dar. Aus forstlicher Sicht sprechen hierfür mehrere gute Gründe: obgleich die Douglasie naturgemäß nicht zu den ursprünglichen regionalen natürlichen Waldgesellschaften gehört, lässt sie sich doch aufgrund ihrer spezifischen waldbaulichen Eigenschaften wie auch ihres überragenden Wuchspotenzials

allen anderen heimischen Baumarten gegenüber leicht in das Konzept der ökologisch orientierten naturnahen Waldbewirtschaftung integrieren. Zudem ist sie in der Lage, außerordentlich stabile Bestände zu bilden, und letztlich ist sie Garant für hohe Erträge (SCHMITT *et al.* 2003).

1.2 Die Douglasie im Ursprungsgebiet und ihre natürliche, genetisch nachweisbare Differenzierung in Rassen

Allerdings ist Douglasie nicht gleich Douglasie (HERMANN 1981, LEINEMANN & HOSIUS 2004) – die Ursache hierfür ist bei dem enorm großen Ursprungsareal¹ der Douglasie zu finden. Insofern ist es, wie bereits weiter vorne im Beitrag von DONG & EDER ausdrücklich betont wird, eher einem glücklichen Zufall zu verdanken, dass das in den Jahren 1880 bis 1900 in die Eifel sowie in den Hunsrück und den Pfälzerwald gelangte und dort erfolgreich angebaute Vermehrungsgut von nordamerikanischen Douglasien-Herkünften solchen Regionen entstammte, in denen auch nach heutigem Kenntnisstand die in Mitteleuropa wüchsigsten Provenienzen bzw. Standortrassen beheimatet sind (vgl. hierzu auch SCHWAPPACH 1901, JESTAEDT 1980). Bei diesen handelt es sich um die von der Unterart Grüne Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* var. *viridis*) geprägte sog. Douglasien-Küstenrasse.

Aufgrund des außerordentlich großen Douglasien-Verbreitungsgebiets mit seinen extrem unterschiedlichen standörtlichen Bedingungen (Boden, Höhenlage, klimatischen Einflüsse etc.) verwundert es keinesfalls, dass sich infolge von evolutiven Anpassungsprozessen großräumig Rassen (*syn.* Varietäten) bei der Douglasie ausgebildet haben. In der nordamerikanischen Literatur wird hierbei zwischen zwei Rassen unterschieden, nämlich der „*coastal Douglas-fir*“ („Küstendouglasie“ bzw. „Grüne Douglasie“; *P. menziesii* var. *viridis*) und der „*interior Douglas-fir*“ („Inlandsdouglasie“; *P. menziesii* var. *glauca*) (HERMANN 1981).

Die Trennlinie zwischen den Arealen verläuft entlang der Kaskadenkammlinie, zwischen den beiden Rassen bestehen naturgegebene Übergangszonen.² Zudem ist davon

¹ Die Douglasie besitzt eines der größten Verbreitungsgebiete aller Baumarten. Es erstreckt sich über ca. 3.500 km vom 55. bis zum 23. nördlichen Breitengrad von den Rocky Mountains in der kanadischen Provinz British Columbia über die US-Bundesstaaten Montana, Wyoming, Colorado und New Mexico bis ins nördliche Mexiko und entlang der Pazifikküste vom 51. bis 38. Breitengrad über ca. 1.500 km von der Nordspitze von Vancouver Island über die US-Bundesstaaten Washington und Oregon bis nach Central California). Die West-Ost-Ausdehnung kann bis zu 1.000 km erreichen – zum Vergleich: Entfernung Südspitze Sizilien – Nordkap: ca. 3.800 km.

² Die Inlandsdouglasie wird in der deutschsprachigen Literatur noch weiter unterteilt in eine nördliche graue Gebirgsform (*P. menziesii* var. *caesia*) und eine südliche blaue Gebirgsform (*P. menziesii* var. *glauca*),

auszugehen, dass auch innerhalb der Rassenareale eine Ausformung von Ökotypen bzw. Standortrassen mit entsprechender Anpasstheit, d.h. genetisch bedingten und fixierten Eigenschaften an die jeweilig vorherrschenden ökologischen Bedingungen erfolgt ist (KLEINSCHMIT, 1973). Die faktische Ausprägung dieser vermuteten geografischen Variabilität konnten zum einen mit Untersuchungen zum Wuchsverhalten und zur Sensitivität/Toleranz gegenüber biotischen und abiotischen Einflussfaktoren in nativen Douglasienbeständen vorgefunden (HERMANN 1997) wie auch *ex situ* in Provenienzversuchen aufgezeigt werden (z.B. SCHOBER, 1973, KLEINSCHMIT *et al.*, 1990, KLEINSCHMIT & SVOLBA, 1997). Zum anderen lieferten LI & ADAMS (1989) mit Isoenzym-Genmarkern sowie AARGARD *et al.* (1997) mit molekulargenetischen RAPD-Markern (Abk. für ‚Random Amplified Polymorphic DNA‘) wesentliche Beiträge auf der Ebene der genetischen Differenzierung von Douglasienpopulationen in der Ursprungsregion sowie zur Diskriminierung der beiden Douglasienrassen Inlands- bzw. Küstenrasse.

Diese Untersuchungen bestätigten letztlich auf genetischer Ebene die eindeutige Differenzierung der Douglasie im Ursprungsgebiet in die beiden vorgenannten Rassen und zeigten zudem das unterschiedliche Ausmaß der genetischen Variabilität innerhalb der einzelnen Herkünfte auf.

Die Arbeit von LI & ADAMS (1989) ist auch dahingehend als von grundlegender Bedeutung zu bewerten, als mit ihr zudem die methodischen Voraussetzungen für standardisierte und aussagerelevante genetische Untersuchungen mit Isoenzym-Genmarkern an der Douglasie geschaffen worden sind. Diese Isoenzym-Genmarker sind auch bei uns zu vergleichenden Untersuchungen zur genetischen Strukturierung von autochthonen Douglasienbeständen der nordamerikanischen Ursprungsregion und in Südwestdeutschland angepflanzten Beständen von HOFFMANN (1994), HOFFMANN & GEBUREK (1995) sowie von KLUMPP (1995, 1999) eingesetzt worden. Sie stellen zudem die methodische Basis für die Untersuchungen dar, die nachfolgend zur genetischen Charakterisierung bzw. zur Abklärung der Herkunft von rheinland-pfälzischen Douglasienpopulationen (Bestände, Samenplantagen, Herkunftsversuch) beschrieben werden.

wobei die graue Variante auch als Übergangsform zwischen Grüner und Blauer Douglasie angesehen wird (MEYER, 1992).

1.3 Anlass der genetischen Untersuchungen an rheinland-pfälzischen Douglasienvorkommen

Seit Mitte der 1960er Jahre traten in einigen Douglasienbeständen jüngeren Alters Schadsymptome auf, die offensichtlich nicht auf die Einwirkung von Tieren, Nadel- oder Wurzelpilzen oder anderen Organismen zurückzuführen waren. Vielmehr wiesen umfangreiche Nadel- und Bodenanalysen auf einen Manganüberschuss (sog. „Mangantoxizität“) als Krankheitsursache hin. Solche Schadbestände waren in den 1990er Jahren in allen Höhenstufen und Expositionen wie auch auf ganz unterschiedlichen Bodensubstraten anzutreffen.

Aus diesem Anlass wurde im April 1997 ein zweitägiges Fachkolloquium unter dem Leitgedanken *„Stand der Ursachenforschung zu Douglasienschäden – derzeitige Empfehlungen für die Praxis“* in Adenau/Eifel veranstaltet, bei dem die beobachteten Krankheitsmerkmale und Schadsymptome durch Fachreferenten aus Forschung, Wissenschaft und Praxis von allen Seiten beleuchtet und diskutiert wurde (vgl. hierzu MAURER & TABEL, 1997, TABEL & MAURER, 1997). Die zeitliche Entwicklung dieser Douglasienerkrankung in Rheinland-Pfalz, deren Symptomatik und Ausmaß sowie die vorgenommenen Untersuchungen und Ergebnisse sind bei BLOCK (1997) detailliert zusammengestellt und werden dort auch eingehend diskutiert.

Allerdings wurden in einer Reihe von Fällen in nächster Nachbarschaft zu erkrankten Beständen der 2. Alterklasse in etwa gleichaltrige Douglasienbestände ohne Schadsymptome vorgefunden. Zudem waren innerhalb erkrankter Bestände wiederum Bäume vorhanden, die vital und ungeschädigt erschienen. Aufgrund dieser räumlichen Nähe konnte bei solchen Beständen somit ein Einfluss des Standorts als eher unwahrscheinlich ansehen werden.

Damit stellte sich dann zwangsläufig die Frage, inwieweit bei diesem Phänomen dem genetischem Hintergrund der beobachteten erkrankten bzw. gesund erscheinenden Douglasienpopulationen und -bäume eine bestimmte Rolle zugeordnet werden muss. Folgerichtig musste die Frage nach der Herkunft des für diese Bestände verwendeten Vermehrungsguts angesprochen und dieser nachgegangen werden (MAURER & TABEL, 1996). Solche Informationen lagen für diese rheinland-pfälzischen Bestände nicht bzw. in nur unzureichendem Maße vor, wie grundsätzlich der Ursprung von Douglasienbeständen auch andernorts in Deutschland nur selten zweifelsfrei dokumentiert ist (KLEINSCHMIT & BASTIEN, 1992) bzw. Nachforschungen letztlich bei amerikanischen Samenhändlern

enden, von denen keine näheren Herkunftsangaben zum geernteten und vertriebenen Douglasiensaatgut erhalten werden konnten (BURGBACHER & GREVE, 1996).

Aufgrund dieser problematischen Situation erschien es zwingend erforderlich, in Rheinland-Pfalz mittels genetischer Charakterisierung vor allem zur Saatgutbeerntung zugelassene Douglasienpopulationen auf deren Rassenzugehörigkeit zu überprüfen, wird es doch als erklärtes Ziel angesehen, wenn irgend möglich, in Zukunft den eigenen Saatgutbedarf ausschließlich durch Nutzung dieser heimischen Ressourcen abzudecken.

In einem weiteren Teilprojekt sollten zudem mit der isoenzymatischen Untersuchung eines Douglasien-Provenienzversuchs im FA Sobernheim mit 14 definierten Herkünften aus den Ursprungsgebieten zusätzlich isoenzymatische Referenzdaten für weiterführende genetische Untersuchungen an heimischen Douglasienpopulationen gewonnen werden.

2 Material und Methoden

2.1 Douglasienpopulationen und genetisches Untersuchungsmaterial

Die im Folgenden beschriebenen isoenzymatischen Untersuchungen wurden in Zusammenarbeit der FAWF Trippstadt mit dem Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung der Georg-August-Universität Göttingen sowie mit der Fa. ISOGEN, Reckerhausen durchgeführt.

Die zur genetischen Untersuchung herangezogenen rheinland-pfälzischen Douglasienpopulationen (Bestandespaare Schadbestand/gesunder Bestand und teilweise geschädigte Bestände; Saatguterntebestände sowie zwei Samenplantagen und ein internationaler Herkunftsversuch sind im Anhang 6 mit ihren jeweiligen Kenndaten zusammengestellt.

Als Referenzen für die genetischen Untersuchungen wurden 16 definierte Küsten- und Inlandsherkünfte in der Herkunftsversuchsfläche Gahrenberg bei Hann. Münden (Teilversuch des *IUFRO*-Provenienzversuchs von 1974) herangezogen (LEINEMANN, 1996, 1997).

Für die genetischen Untersuchungen per Isoenzym-Genmarker fanden zumeist während der Vegetationsruhe einzelbaumweise geworbene Nadelruheknospen Verwendung. Diese wurden dann einer auf Douglasie angepassten Standard-Extraktionsmethode zur Freisetzung der zu analysierenden Enzyme aus dem Knospengewebe unterworfen (Details siehe bei LEINEMANN, 1998).

Pro Douglasienbestand wurden jeweils 50 Einzelbäume zur repräsentativen genetischen Bestandescharakterisierung analysiert. Vollaufnahmen wurden bei den Samenplantagen vorgenommen. Beim Provenienzversuch Sobernheim mit 14 Herkünften wurden jeweils 75 Individuen untersucht bzw. die Isoenzymatische Untersuchung mit so vielen Individuen vorgenommen, wie zum Zeitpunkt der Probenahme noch unterhalb der Baumzahl 75 vorhanden waren.

2.2 Isoenzymanalyse und Datenauswertung

Die Methoden zur elektrophoretische Auftrennung der Isoenzyme auf Stärkegelelen und die enzymspezifische Sichtbarmachung der Bandenmuster (sog. Zymogramme), ihre Auswertung sowie die Berechnung der populationsgenetischen Daten (wie Vielfalt, Diversität, Differenzierung etc.) sind bei LEINEMANN (1998) detailliert beschrieben und sollen hier nicht weiter dargestellt werden.

Tab.1: Übersicht über die bei den genetischen Untersuchungen an rheinland-pfälzischen Douglasienpopulationen verwendeten Enzymsysteme [mit Enzym-Nomenklaturnummer EC] und die als Genmarker analysierten kontrollierenden Genorte (in alphabetischer Reihenfolge); Enzymsysteme in Kursivschrift nicht bei allen Untersuchungen analysiert.

Enzymsysteme [Abk., EC-Nomenklaturnummer]	untersuchte Isoenzym-Genmarker
Aconitase [ACO, EC 4.2.3.1]	ACO-A, ACO-B
<i>Glucose-6-Phosphat Dehydrogenase [G6PDH, EC 1.1.1.49]</i>	<i>G6PDH-A</i>
Glutamat-Oxalacetat Transaminase <i>syn</i> Aspartat Aminotransferase [GOT <i>syn.</i> AAT, EC 2.6.1.1]	GOT-A, GOT-B, GOT-C <i>syn.</i> AAT-A, AAT-B, AAT-C
Isocitrat Dehydrogenase [IDH, EC 1.1.1.42]	IDH-A
<i>Leucinaminopeptidase [LAP, EC 3.4.11.1]</i>	<i>LAP-A, LAP-B</i>
Malat Dehydrogenase [MDH, EC 1.1.1.37]	MDH-B, MDH-C
<i>Phosphoenolpyruvat Carboxylase [PEPCA, EC 4.1.1.38]</i>	<i>PEPCA</i>
Phosphoglucomutase [PGM, EC 2.7.5.1]	PGM-A, PGM-B
6-Phosphogluconat Dehydrogenase [6-PGDH, EC 1.1.1.44]	6-PGDH-A
<i>Shikimat Dehydrogenase [SKDH, EC 1.1.1.25]</i>	<i>SKDH-A</i>

Die in der Tab. 1 aufgeführten Isoenzym-Genmarker wurden bei den vorliegenden Untersuchungen zur Bestimmung der Multilocus-Genotypen³ der individuellen Douglasien verwendet sowie für weitere, hier im Detail nicht weiter erläuterte populationsstatistische Parameter (vgl. hierzu HATTEMER *et al.*, 1993).

³ „Multilocus-Genotyp“ bezeichnet den Genotyp eines Individuums – hier eines jeden untersuchten Douglasien-Einzelbaums; er beinhaltet die an allen untersuchten Genorten eines Individuums vorgefundenen allelischen Strukturen.

Hierbei kommt dem Genort 6-PGDH-A dahingehend eine ganz wesentliche, weil vorteilhafte Bedeutung als Markergenort zu, nämlich dass er sich zur Unterscheidbarkeit zwischen Küstenrasse und Inlandsrasse mit den allelischen (d.h. genetisch bedingten) Varianten A3 und A6 durch die nachweisliche disjunkte, d.h. die nicht überlappende Variationsbreite der Allelhäufigkeiten in Douglasienpopulationen besonders eignet (LEINEMANN 1998). So dominiert das Allel 6-PGDH-A3 in Herkünften der Küstenrasse, wohingegen in Herkünften der Inlandsrasse das Allel 6-PGDH-A6 vorwiegt [vgl. hierzu LEINEMANN & MAURER (1999) sowie Abb. 1 und Abb. 2].

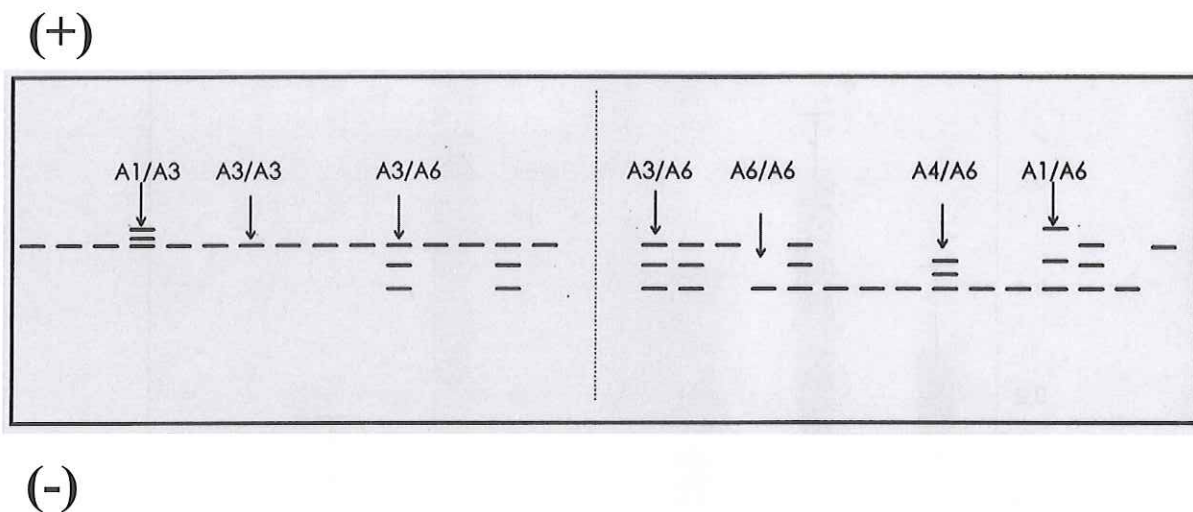


Abb. 1: Schematische Darstellung typischer Bandenmuster des Isoenzym-Genorts 6-PGDH-A und den daraus abgeleiteten typischen Genotypen für Douglasien der Küstenrasse (links) und der Inlandsrasse (rechts); Laufrichtung der Isoenzym-Banden bei der Stärkegelelektrophorese von (-) nach (+) [aus: MAURER *et al.*, 2003].

An dieser Stelle sei nochmals nachdrücklich betont, dass beide Allelformen A3 und A6 bei beiden Douglasienrassen vorzufinden sind. Dies hat für Fragen der genetischen Identifizierung und Charakterisierung der Douglasie zur Folge, dass auf der Basis der unterschiedlichen Häufigkeiten von A3 und A6 zwar mit hoher Sicherheit die Zuordnung von Populationen zu einer der beiden Rassen mit hinreichend vielen, an diesem Genort identifizierten Einzelbäumen erfolgen kann, jedoch die Zuordnung von individuellen Bäumen entweder zur Küstenrasse oder zur Inlandsrasse ausgeschlossen ist.

Vermutete **Bestandesmischung aus Küsten- und Inlandsherkünften** der Douglasie lassen sich mit dem Programm „MIX“ überprüfen und die jeweiligen Anteile schätzen (LEINEMANN & MAURER 1999, LEINEMANN *et al.* 2001). Hierbei werden am für die Douglasienrassen diskriminierenden Genort 6-PGDH-A hypothetische Mischungen aus

den allelischen Strukturen der Küsten- und der Inlandsdouglassie berechnet. Ausgehend von einer der Küstendouglassie entsprechenden Allelstruktur wird schrittweise der Mischungsanteil der Allelstruktur der Inlandsdouglassie bis zum Erreichen der für die Inlandsrasse charakteristischen Häufigkeitsverteilung der Allelstruktur erhöht. Die berechneten hypothetischen Mischungsstrukturen der Allelhäufigkeiten werden dann mit dem empirisch ermittelten Allelhäufigkeiten eines Untersuchungsbestands verglichen und für jede der hypothetischen Mischungsstrukturen der genetische Abstand d_0 nach GREGORIUS (1974) errechnet.

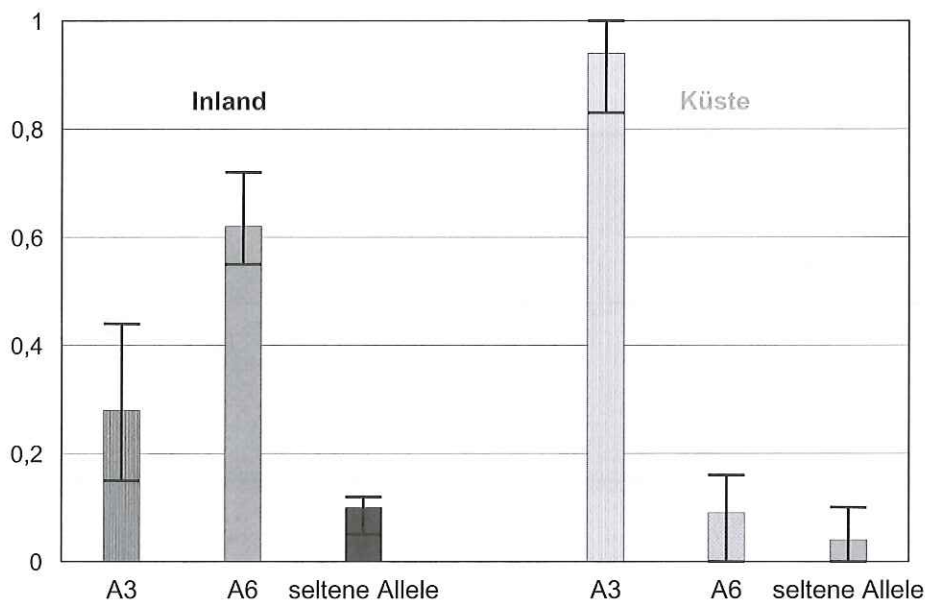


Abb. 2: Charakteristische Häufigkeitsverteilungen der Allele 6-PGDH-A3 und 6-PGDH-A6, nachgewiesen bei Douglasien-Herkünften der Inlandsrasse (links) sowie der Küstenrasse (rechts) [aus: MAURER *et al.*, 2003].

In der grafischen Darstellung ergibt sich eine Kurve, deren Minimum den wahrscheinlichen Mischungsanteil von Küsten- bzw. Inlandsrasse widerspiegelt. Dies ist in der nachstehenden Abb. 4 zur Verdeutlichung anhand eines auch visuell als Mischbestand erkennbaren Douglasienbestands in Nordrhein-Westfalen, für den eine Mischung von 55% an Küstendouglassie und 45% an Inlandsdouglassie ermittelt wurde, beispielhaft dargestellt.

Der **genetische Abstand d_0** nach GREGORIUS (1974) ist ein Maß zur quantitativen Erfassung und Verdeutlichung von Unterschieden zwischen einzelnen Douglasienpopulationen hinsichtlich ihrer genetischen (allelischen) Strukturierungen. Er variiert zwischen 0 und 1. Wenn in zwei Populationen bei etwa gleicher Größe der Individuenzahl im direkten Vergleich d_0 den Wert Null annimmt, dann sind ihre allelischen Strukturen identisch, während der Wert 1 anzeigt, dass die beiden Populationen kein Allel gemeinsam besitzen.

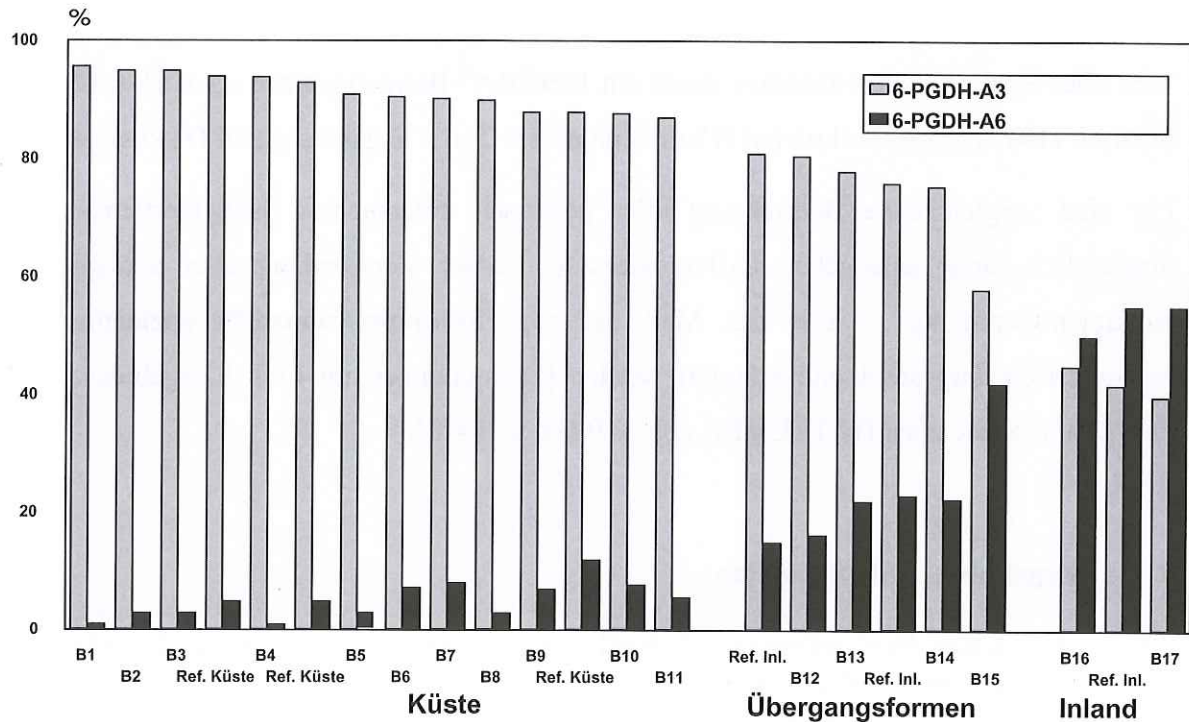


Abb.3: Typische Häufigkeiten der Allele 6-PGDH-A3 und 6-PGDH-A6 in Douglasienbeständen, nachgewiesen bei Douglasien-Herkünften der Küstenrasse („Küste“, links) sowie der Inlandsrasse („Inland“, rechts); dazwischen „Übergangsformen“, die Mischbestände aus Küsten- und Inlands-Douglasien darstellen; Ordinate: relative Häufigkeiten in % [aus: MAURER *et al.*, 2003].

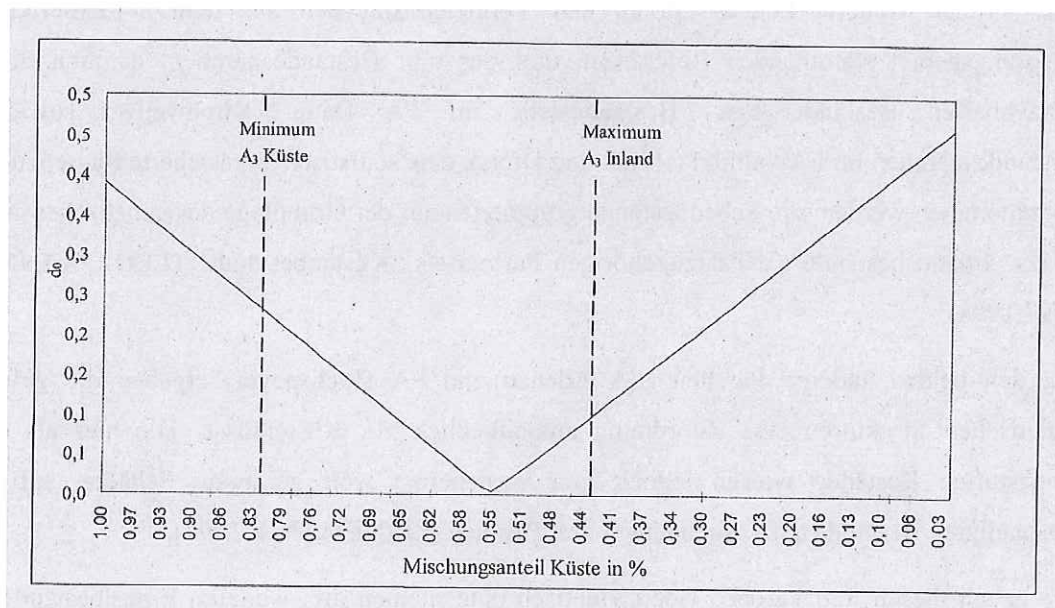


Abb. 4: Exemplarische grafische Darstellung der Ermittlung des Anteils an Küsten- und Inlands-Douglasien in einem Douglasien-Mischbestand mit dem Programm „MIX“ [aus: LEINEMANN *et al.*, 2001].

Das Ausmaß der Ähnlichkeit oder Unterschiedlichkeit zwischen mehreren Populationen wird über eine Ähnlichkeitsmatrix durch ein **UPGMA⁴-Dendrogramm** nach SNEATH & SOKAL (1973) grafisch illustriert (Darstellungen im Teil 3 Ergebnisse und Diskussion).

Für eine vergleichende Betrachtung aller genetisch untersuchter Saatguterntebestände hinsichtlich ihrer genetischen Differenzierung – unter Verwendung aller analysierten Isoenzym-Genmarker – soll das Maß der sog. **Subpopulationsdifferenzierung D_j** exemplarisch dargestellt und erläutert werden [Darstellungen im Teil 3 Ergebnisse und Diskussion; siehe auch HATTEMER *et al* (1993), S.274ff.].

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Douglasien-Bestandespaare Schadbestand / vitaler Bestand sowie Douglasienbestände mit Teilschädigung

vgl. hierzu Übersicht 6.1 Douglasien-Bestandespaare Schadbestand-vitaler Bestand sowie Übersicht 6.2 Teilgeschädigte Douglasienbestände im Anhang

Die genetischen Untersuchungen zur Frage nach der Herkunft von geschädigten und schadfreien Beständen wurden 1995/1996 schwerpunktmäßig im Eifelraum, also dem Gebiet, wo Douglasienbestände vermehrt geschädigt vorzufinden waren, durchgeführt sowie zusätzlich an einem Bestandespaar im nördlichen Pfälzerwald.

Auf der Grundlage des Genorts 6-PGDH-A sowie weiterer, in der Tab. 1 aufgeführten polymorphen Genorte konnten durch den Vergleich mit den aus dem nordamerikanischen Ursprungsgebiet stammenden Referenzen drei der fünf Bestandespärchen, nämlich die direkt benachbarten Bestände bzw. Bestandesteile im FA Daun (Kirchweiler) sowie beide Bestandespärchen im FA Salmtal (Bruch und Dreis), eine statistisch abgesicherte Rassenzuordnung vorgenommen werden: die Schadbestände gruppieren auf der Grundlage des genetischen Abstands d_0 als „Inlandsbestände“, die dazugehörigen Partner als „Küstenbestände“ (LEINEMANN, 1996, 1997, 1998).

Bei den beiden anderen Pärchen (FA Adenau und FA Hochspeyer) ergaben die gefundenen genetischen Strukturen eine Zuordnung ausschließlich zur Küstenrasse. Die hier als erkrankt eingestuft Bestände wiesen jedoch von vorneherein weit geringere Schäden auf als die geschädigten Bestände der vorgenannten drei Pärchen (LEINEMANN, 1997).

Die neben diesen fünf Pärchen isoenzymatisch untersuchten drei weiteren Einzelbestände im FA Mayen mit mittlerem Schädigungsgrad (Bestände Mayen Abt. 7a1, Baar Abt. 70a0 und Herresbach

⁴ UPGMA, Unweighted Pair-Group Method by Arithmetic Averages (Methode ungewichteter gruppierter Paare mittels arithmetischer Mittelwerte)

Abt. 12a2) lassen wegen der deutlichen Abweichungen gegenüber den genetischen Mustern der Referenzbestände keine eindeutigen Zuordnung entweder zur Küstenrasse oder zur Inlandsrasse zu.

Eine Aufgliederung der untersuchten Bäume in die Bestandes-Unterkollektive „geschädigte Bäume“ und „vitale Bäume“ lässt jedoch vermuten, dass es sich bei diesen Douglasienbeständen mit größter Wahrscheinlichkeit um Mischbestände handelt, die, da keine Nachbesserungen bekannt sind, aufgrund von vermischtem Douglasien-Vermehrungsgut bei der Bestandesbegründung zustande gekommen sind. Allerdings kann a priori nicht vollkommen ausgeschlossen werden, dass bestimmte Allele oder Genotypen an bestimmten Genorten direkt oder indirekt über gekoppelte Genorte an der Ausprägung erhöhter Toleranz bzw. Sensitivität gegenüber den einwirkenden Stressfaktoren mit ihrer Schadsymptomatik beteiligt sind (LEINEMANN 1998, 2002).

Die im Frühjahr 2002 erfolgte isoenzymatische Untersuchung zweier jüngerer, im südlichen Hunsrück (FA Saar-Hochwald) stockender Douglasienbestände (Klink Abt. 148a und Waldweiler Abt. 7a) war mit dem Ziel durchgeführt worden, mögliche Gründe für die Abgängigkeit der beiden Bestände zu finden. Der Vergleich mit den Referenzen der Inlands- und Küstenrasse identifizierte den gänzlich abgehenden Bestand Klink als eine eindeutige Inlandsherkunft. Der Bestand Waldweiler hingegen erwies sich als eine Küstenherkunft - auch die hiervon gebildeten Unterkollektive „vitale Bäume“ und „Bäume kurz vor dem Absterben“ ergaben keinen Hinweis auf mögliche Inlandsbeimischungen. Für diesen Bestand wird daher vermutet, dass von den standörtlichen Bedingungen ein schädigender Einfluss auf die Bäume ausgeht, hier womöglich durch Hallimaschbefall und infolge einer nur gering ausgeprägten Mykorrhiza. Zur deutlicheren Differenzierung dieses Schadbilds sind weitere differentialdiagnostische Untersuchungen erforderlich (ISOGEN, 2002a).

Nach Auskunft des zuständigen Revierleiters im Frühjahr 2005 ist das Absterben von Bäumen in diesem Bestand als deutlich rückläufig anzusehen.

3.2 Douglasien-Samenplantagen⁵

Für die Douglasie sind in Rheinland-Pfalz zwei Plusbaum-Samenplantagen (neuerdings als Samengärten bezeichnet) angelegt worden:

- (i) die **Samenplantage Bremerhof im FA Kaiserslautern**, eingerichtet im November 1986 und bis heute für die Saatguternte genutzt, und

⁵ „Samenplantagen“ sollen neuerdings als „Samengärten“ bezeichnet werden (vgl. hierzu HAASE, 2004). Wegen des Alters der hier genannten Douglasien-Flächen wird die bis dato übliche Bezeichnung „Samenplantage“ ausnahmsweise weiter verwendet.

- (ii) die **Samenplantage Ruppertsweiler im vormaligen FA Pirmasens (nunmehr FA Wasgau)**, die bereits im November 1956 angelegt worden war, zwischenzeitlich aber aus der unmittelbaren Nutzung herausgenommen wurde.

Grundsätzlich ist es bei der Anlage von Klon-Samenplantagen von Bedeutung zu wissen, welche Genotypen mit dem Pflanzmaterial in eine solche Fläche einzubringen ist und auch festzulegen, mit wie vielen Geschwisterpflanzen (sog. Ramets) vegetativ vermehrte Klone vertreten sein sollen. Allerdings waren zum Zeitpunkt der Etablierung der beiden rheinland-pfälzischen Samenplantagenflächen Isoenzym-Genmarker für die Baumart Douglasie in den 1950er Jahren noch nicht entwickelt bzw. befanden sich diese in den 1980er Jahren gerade erst im Anfangsstadium der Entwicklung für Routineuntersuchungen in forstgenetischen Labors (ADAMS 1983).

Mit einer genetischen Inventur, d.h. einer Vollaufnahme aller in einer Samenplantagenfläche vorhandenen Bäume hinsichtlich ihrer jeweiligen Multilocus-Genotypen im Nachhinein kann eine Überprüfung der korrekten Zugehörigkeit der Ramets zum jeweiligen Klon und damit eine Gewährleistung der eindeutigen genetischen Deklaration des resultierenden Saatguts vorgenommen werden.

Eine solche Kontrolle ist auch deswegen ratsam, weil beispielsweise bei der Werbung von Pfropfreisern von ausgewählten Mutterbäumen oder bei der Anfertigung von Pfropflingen und Stecklingen unbeabsichtigt eine fehlerhafte Etikettierung erfolgen kann. Bei gepfropften Pflanzen kann aber auch die Unterlage unerkannt durchgewachsen sein. Hierbei ist dann entweder das eigentliche Pfropfreis abgestoßen worden oder aber vom Unterlagen-Pflanzenteil und dem aufgepfropften Edelreis eine gemeinsame Krone ausgebildet worden, deren beide Anteile folglich genetisch verschieden sind.

Während eine falsch gekennzeichnete Pflanze mit ihrem genetischen Steckbrief, dem Multilocus-Genotyp, dem korrekten Klon (mit identischem Multilocus-Genotyp) wieder zugeordnet werden kann, müssen Bäume mit nachgewiesener durchgewachsener Unterlage bzw. eindeutig von der Unterlage stammende Kronenäste natürlich sofort entfernt werden.

3.2.1 Douglasien-Samenplantage Bremerhof

vgl. hierzu Übersicht 6.3.1 Douglasien-Samenplantage Bremerhof im Anhang

In der mit vegetativ vermehrtem Douglasienmaterial (Pfropflinge, Stecklinge) und mit Sämlingen aus Einzelbaum-Nachkommenschaften angelegten Douglasien-Samenplantage war im Herbst 1997 eine wie unter 3.2 beschriebene genetische Inventur durchgeführt

worden (Probenahme im Oktober des Jahres, unmittelbar danach isoenzymatische Laboruntersuchung (ISOGEN 1997, LEINEMANN *et al.* 2002).

Mit den einzelbaumweise ermittelten Multilocus-Genotypen konnten für die Teilfläche Feld D (54 Douglasienklone mit 124 Pfropflingen) 5 Pflanzen mit fehlerhafter Nummerierung festgestellt und dem jeweils zugehörigen Klon nach Vergleich mit den anderen Pflanzen durch korrekte Umbenennung zugeordnet werden. Für 15 weitere Pflanzen hingegen war keine Zuordnung zu vorhandenen Klonen möglich. Bei diesen Douglasien handelte es sich offensichtlich um durchgewachsene Unterlagen, die aus der Fläche entfernt wurden.



Abb. 5: Gepfropfte Douglasien im Feld D; kleine eingesetzte Bilder oben links: typische Pfropfstelle; oben rechts: Zapfenbehang im Juli 2004.

Bei den im Feld C eingebrachten Stecklingen wiesen ausschließlich je zwei Individuen einen identischen Multilocus-Genotyp auf. Sie wurden als jeweilige Kloneschwister gekennzeichnet, alle übrigen 115 Pflanzen sind jeweils nur einmal vertreten.

Die etwas schwieriger durchzuführende Überprüfung der Verwandtschaftsverhältnisse der Douglasien in den Sämlingsflächen A und B auf der Basis des Ausschlussprinzips machte

deutlich, dass im Feld A kein Baum als entsprechender Halbgeschwister ausgeschlossen werden konnte. Hingegen mussten nach dieser Methode im Feld B sechs Bäume wegen ihrer nicht zu erkennenden Verwandtschaft mit den restlichen Douglasien entfernt werden.

3.2.2 Douglasien-Samenplantage Schnepfenberg

vgl. hierzu Übersicht 6.3.2 Douglasien-Samenplantage Schnepfenberg im Anhang

Die mit Pfropflingen von Plusbäumen eines im Forstamt Kaiserslautern stockenden Douglasienbestandes der Herkunft Snoqualmie⁶ etablierte Douglasien-Samenplantage Schnepfenberg wurde im Herbst 2003 einer genetischen Überprüfung mittels Isoenzym-Genmarkern unterzogen. Der zu diesem Zeitpunkt fast 50 Jahre alte Douglasienbestand war seit längerem aus verschiedenen Gründen nicht mehr gepflegt wie auch nicht mehr beerntet worden. Gemäß einer im Mai 2003 vorgenommenen Begehung der Samenplantage wurde jedoch festgelegt, anhand der nachgewiesenen genetischen Strukturen in allen in der Samenplantage noch vorzufindenden Douglasien zu überprüfen, inwieweit der aktuell vorgefundene Douglasienbestand weiterhin als potenzielle Saatgutquelle beibehalten werden kann.

Die auf der Basis von 14 verschiedenen Isoenzym-Genmarkern für die einzelnen Douglasien erhaltenen Multilocus-Genotypen erbrachten eine wesentlich höhere Anzahl gegenüber der ursprünglich bei der Begründung der Samenplantage eingebrachten 26 Klone [26 ist die beim Nachweis maximal zu findende Anzahl von Multilocus-Genotypen, wenn alle eingebrachten Klone an den untersuchten Genorten unterschiedliche Strukturen besitzen] (ISOGEN 2003a). Dieses Ergebnis lässt den Schluss zu, dass die Unterlage bei einer Vielzahl von Pfropflingen durchgewachsen sein musste. Eine plausible Erklärung für die erhöhte Anzahl der vorgefundenen einzelnen Genotypen ergibt sich letztlich aus der Tatsache, dass die als Unterlagen beim Pfropfen verwendeten Pflanzen in der Regel kein genetisch einheitliches Material darstellen, wie es beispielsweise die von einem Mutterbaum gewonnenen Stecklinge sind.

Den vorhandenen Unterlagen zufolge waren im vormaligen Institut für Forstsamenkunde und Pflanzenzüchtung von Professor Rohmeder in München für die Begründung der Samenplantage die *Snoqualmie*-Douglasienpfropfreiser auf „*viridis*-Unterlagen“ gepfropft worden, d.h. also, auf Douglasien der Küstenrasse. Dies bestätigt ganz deutlich die

⁶ „Snoqualmie“, eine Küstenherkunft, die sich nachgewiesenermaßen hinsichtlich ihrer außerordentlich guten Wüchsigkeit und Nichtanfälligkeit gegenüber Schütte bei uns bewährt hat.

genetische Untersuchung bei Betrachtung des die Küsten- und die Inlandsrasse diskriminierenden Genorts 6-PGDH-A mit dem von Allel A3 dominierten Verhältnis A3/A6 infolge des Vorhandenseins von 97% A3 und nur 3% A6.

Aufgrund der Vorgaben des zu Beginn 2002 in Kraft getretenen Forstvermehrungsgesetzes (FoVG), welches für die Zulassung einer Samenplantage zur Beerntung und den Vertrieb von qualifiziertem Vermehrungsgut eine Mindestzahl von 40 Klonen vorschreibt (ANONYMUS 2002) wie auch durch den Befund, dass auf durchgewachsene Unterlagen zurückgehende vorhandene Bäume zwar der Küstenrasse zugeordnet werden müssen, hinsichtlich ihres Ursprungs jedoch nicht eindeutig beschrieben sind, ist eine Nutzung des Douglasienbestands als Samenplantage nicht länger möglich.

Ausgewiesen als Klonarchiv mit der darin enthaltenen großen Anzahl an Genotypen der Küstenrasse, insbesondere als genetischer Douglasien-Referenzbestand wie auch mit Blick auf zukünftige weitergehende genetische Untersuchungen, z.B. die Phänotyp-Genotyp-Wechselwirkung betreffend, soll der Bestand künftig, ggf. nach einer angemessenen, auf der Grundlage der isoenzymatischen Untersuchung durchzuführenden Durchforstung weiter erhalten bleiben.

3.3 Douglasien-Saatguterntebestände

vgl. hierzu die Übersicht 6.4 Douglasien-Saatguterntebestände mit 6.4.1 Ältere Saatguterntebestände („Vorkriegsbegründungen“) und 6.4.2 Jüngere Saatguterntebestände („Nachkriegsbegründungen“) im Anhang

In Rheinland-Pfalz stehen für die Gewinnung und den Vertrieb von Douglasien-Vermehrungsgut an gemäß des FoVG zugelassenen Beständen im kollinen Höhenstufenbereich (Herkunftsgebiet 853 04) insgesamt 261 Bestände mit einer Gesamtfläche von 449 ha sowie im montanen Bereich (Herkunftsgebiet 853 05) 29 Bestände mit einer Gesamtfläche von 39 ha zur Verfügung (TABEL 2002).

Angesichts der insbesondere bei Douglasienbeständen jüngeren Alters vorgefundenen Schädigung bzw. Erkrankung von Bäumen war es unumgänglich, die wesentlichsten im Erntezulassungsregister aufgeführten Saatguterntebestände einer genetischen Überprüfung zu unterziehen. Damit sollte bewirkt werden, Bestände mit Inlandsherkünften der Douglasie zu erkennen und hinsichtlich der Verwendung des darin entstehenden Saatguts aus der Zulassung als Saatguterntebestand auszuschneiden.

Diese Kontrolluntersuchung wurde im Winter 2001 eingeleitet, wobei schwerpunktmäßig zunächst 28 Saatguterntebestände jüngeren Alters (sog. ‚Nachkriegsbegründungen‘, d.h. Bestandesbegründungen nach dem 2. Weltkrieg) isoenzymatisch analysiert wurden und nachfolgend im Frühjahr 2002 in 10 älteren Beständen, den sog. Vorkriegsbegründungen die genetischen Untersuchungen fortgesetzt wurden (ISOGEN 2001, 2002b).

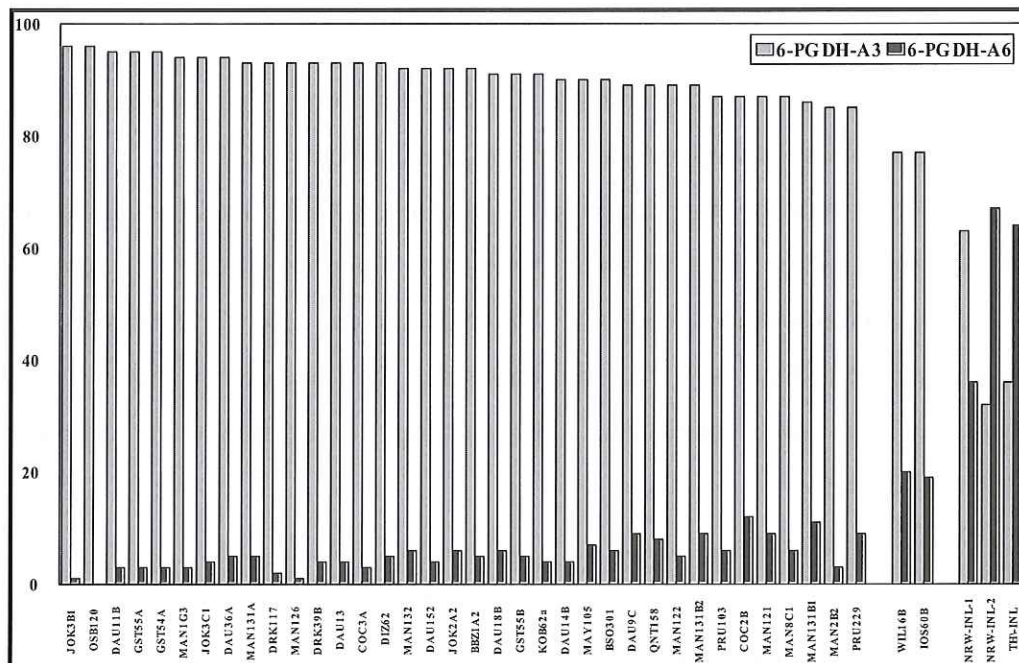


Abb. 6: Übersicht über die in den 38 isoenzymatisch überprüften rheinland-pfälzischen Douglasien-Saatguterntebeständen gefundenen Häufigkeiten der Allele 6-PGDH-A3 und 6-PGDH-A6.

Ganz rechts: 3 Referenzbestände mit Inlandherkünften aus Nordrhein-Westfalen [NWR-INL-1 (Mischbestand aus Küsten- und Inlandsdouglasie) und NWR-INL-2 (Inlandsdouglasienbestand)] sowie aus Thüringen [TH-INL (ebenfalls Inlandsdouglasienbestand)] (aus: ISOGEN 2002b).

Abkürzungen der Bestände: vgl. hierzu im Anhang die Übersichten 6.4.1 und 6.4.2, Spalte „Abk. Bestandsbezeichnung“.

Das Ergebnis der genetischen Überprüfung dieser 38 zur Saatguternte zugelassenen Douglasienbestände ist in der Abb. 6 zusammenfassend auf der Basis der in den einzelnen Untersuchungsbeständen nachgewiesenen Häufigkeiten der die Küsten- und Inlandsdouglasienrasse diskriminierenden Allele 6-PGDH-A3 und 6-PGDH-A6 dargestellt..

Demzufolge weisen 36 der 38 isoenzymatisch analysierten Douglasien-Saatguterntebestände eindeutig ein A3/A6-Verhältnis auf, das für die Küstenrasse charakteristisch ist.

Die beiden Bestände im FA Wittlich bzw. FA Idar-Oberstein besitzen einen deutlich erhöhten Anteil des Allels A6 von etwa 20%, welcher auf eine Einmischung von Douglasien der Inlandsrasse in die beiden Küstenrassebestände hinweist. Keiner der isoenzymatisch überprüften rheinland-pfälzischen Saatguterntebestände zeigt hingegen die für Inlandsdouglasienbestände typischen Muster mit dem dominierenden Allel A6, wie für NRW-INL-1 und TH-INL dargestellt.

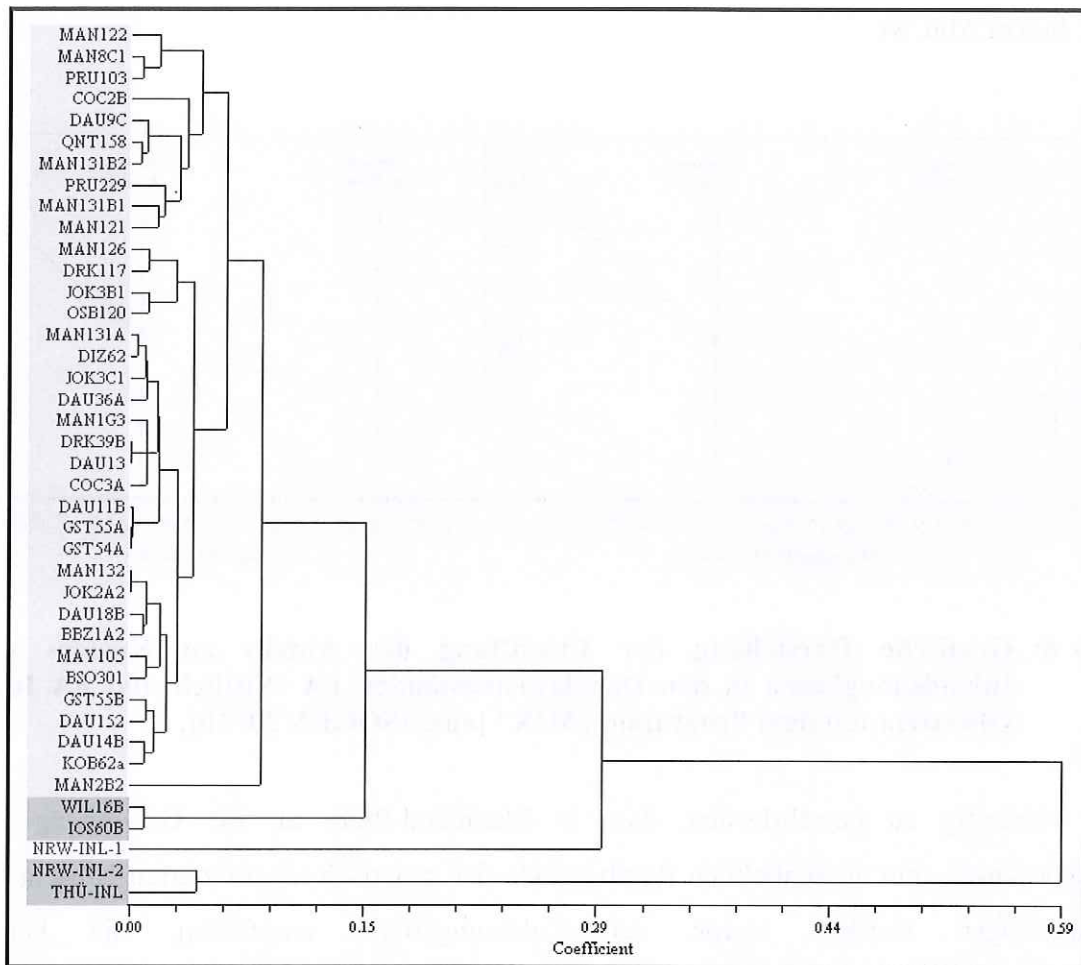


Abb. 7: UPGMA-Dendrogramm auf der Basis des genetischen Abstands d_0 am Genort 6-PGDH-A für die untersuchten rheinland-pfälzischen Douglasien-Saatguterntebestände sowie Referenzbestände (vgl. hierzu Abb. 6) [aus: ISOGEN 2002b].

Abkürzungen der Bestände: vgl. hierzu im Anhang die Übersichten 6.4.1 und 6.4.2, Spalte „Abk. Bestandsbezeichnung“.

Auch die graphische Darstellung mittels einer Ähnlichkeitsmatrix durch ein UPGMA-Dendrogramm, welches das Ausmaß der Ähnlichkeit bzw. Unterschiedlichkeit zwischen den untersuchten Saatguterntebeständen und den Referenzbeständen aus Nordrhein-Westfalen und Thüringen auf der Basis des genetischen Abstands d_0 am Genort

6-PGDH-A aufzeigt, macht deutlich, dass sich die beiden Douglasienbestände im FA Wittlich und FA Idar-Oberstein separat von den übrigen rheinland-pfälzischen Beständen und unmittelbar bei den Referenzbeständen mit Inlandrassecharakter gruppieren (vgl. Abb. 7).

Die Überprüfung der beiden Bestände mit erhöhtem Anteil am Allel 6-PGDH-A6 mit dem Programm „MIX“ ergab einen geschätzten Anteil mit beigemischter Inlandsdouglasie von 27% für den Bestand im FA Wittlich und von 26% für den Bestand im FA Idar-Oberstein (vgl. hierzu Abb. 8).

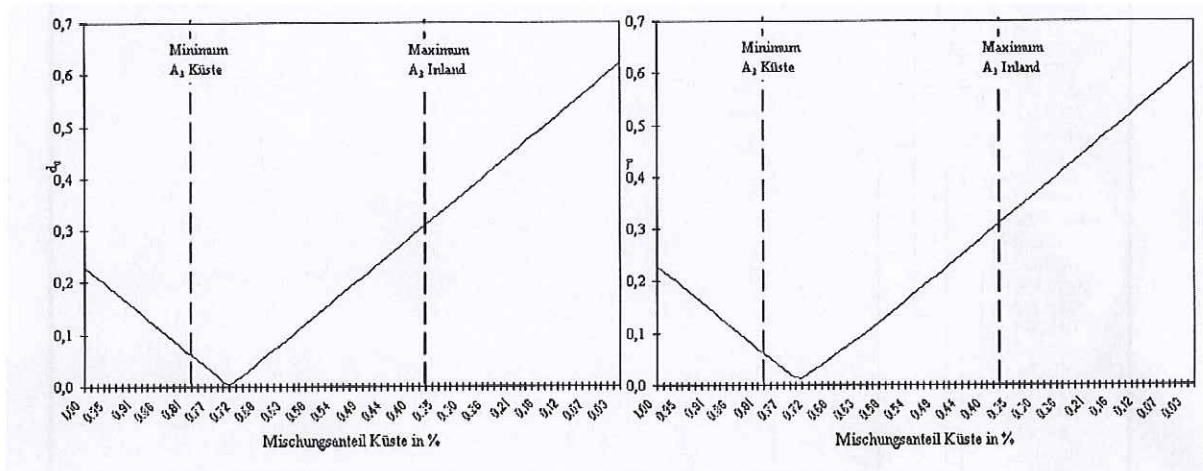


Abb. 8: Grafische Darstellung der Ermittlung des Anteils an Küsten- und Inlandsdouglasien in den Douglasienbeständen FA Wittlich und FA Idar-Oberstein mit dem Programm „MIX“ [aus: ISOGEN 2002b].

Um zukünftig zu gewährleisten, dass in Rheinland-Pfalz für die Gewinnung von Douglasien-Saatgut ausschließlich Reinbestände der genetisch identifizierten Küstenrasse herangezogen werden, wurde der Zulassungsstelle empfohlen, die beiden Douglasienbestände mit ihrem per genetischer Untersuchung nachgewiesenen Inlandsanteilen aus dem Erntezulassungsregister (EZR) zu entfernen. Diese Maßnahme ist mittlerweile erfolgt.

3.4 Potenzielle Douglasien-Generhaltungsbestände

Die Ausweisung von *in situ*-Generhaltungsbeständen zur Förderung, Erhaltung und Sicherung der forstgenetischen Ressourcen unserer Waldbäume ist für die heimischen Hauptbaumarten wie Buche und Eiche die Maßnahme der Wahl (vgl. hierzu MAURER & TABEL 2000).

Auch wenn die Douglasie „nur“ Gastbaumart und keine echte heimische Gehölzart ist, so rechtfertigt, ja mehr noch erfordert ihre wichtige Rolle in Rheinland-Pfalz entsprechende Anstrengungen der Generhaltung. Mit den hier aufgeführten isoenzymatisch als Küstenrassenherkünfte identifizierten Douglasien-Saatguterntebeständen steht diesbezüglich ein großes Potenzial zur Verfügung steht.

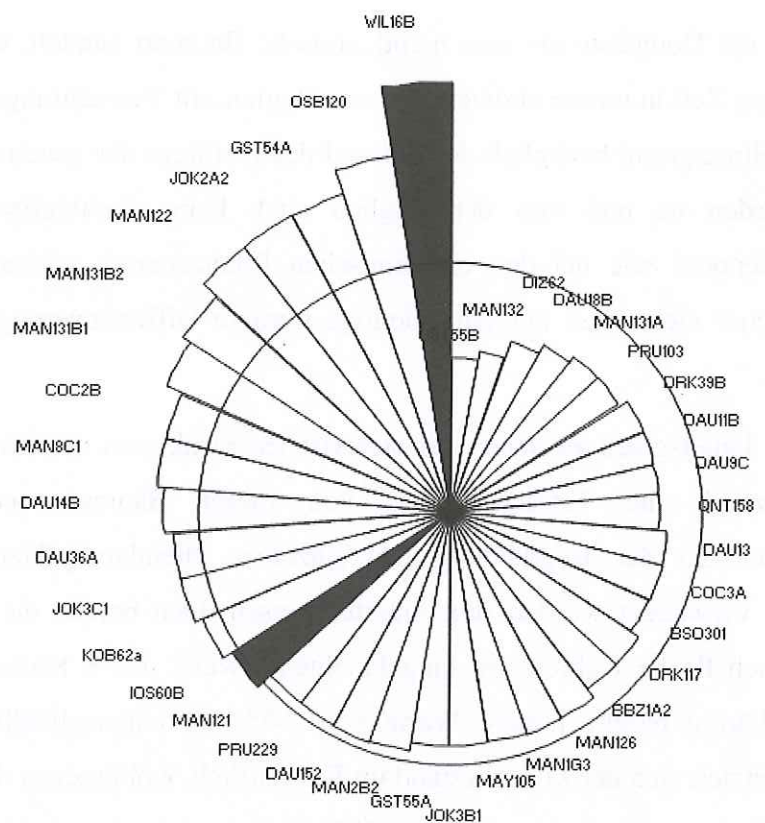


Abb. 9: Graphische Darstellung mittels Differenzierungsschnecke der Subpopulationsdifferenzierung D_j und der mittleren Differenzierung δ (durchgezogene Kreislinie) für alle hier isoenzymatisch untersuchten rheinland-pfälzischen Saatguterntebestände (in dunkler Farbe: die beiden Douglasien-Mischbestände im FA Idar-Oberstein und FA Wittlich) [aus: ISOGEN, 2002b]. Abkürzungen der Bestände: vgl. hierzu im Anhang die Übersichten 6.4.1 und 6.4.2, Spalte „Abk. Bestandsbezeichnung“.

Inwieweit sich diese Bestände hierzu im Einzelnen eignen, hängt zum einen vom phänotypischen Erscheinungsbild der Bäume in den Einzelbeständen ab und zum anderen von der vorhandenen genetischen Diversität und Differenzierung. Ein solches genetisches Maß stellt u.a. die Subpopulationsdifferenzierung D_j dar, das auf dem genetische Abstand zwischen den einzelnen Beständen und ihrem jeweiligen Komplement, dem Durchschnittswert aus allen übrigen Beständen beruht. Unterschiede in den genetischen

Strukturen von Einzelbeständen im Vergleich zueinander können so quantifiziert und grafisch in Form einer so genannten „Differenzierungsschnecke“ dargestellt werden.

In der Abb. 9 sind die 38 genetisch untersuchten Saatguterntebestände solchermaßen dargestellt. Dabei sind die Einzelbestände jeweils mit einem Kreissektor durch dessen Größe entsprechend repräsentiert. Der durchgezogene Vollkreis entspricht der mittleren Differenzierung δ über alle Bestände hinweg.

Da es sich bei der Douglasie um eine nichtheimische Baumart handelt, welche auch erst seit relativ kurzer Zeit in unsere südwestdeutsche Region mit Vermehrungsgut von oftmals unbekanntem Hintergrund bezüglich der Art und des Umfangs der genetischen Strukturen eingeführt worden ist und von der folglich auch kein charakteristischer natürlich entwickelter Genpool wie bei den einheimischen Pflanzenarten vorhanden sein kann, überrascht es eher nicht, dass nur eine niedrige mittlere Differenzierung von knapp 3% vorzufinden ist.

Dieser geringe Unterschied zwischen den genetischen Strukturen der einzelnen Bestände reflektiert letztlich die Tatsache, dass von dieser Baumart recht homogenes Vermehrungsgut bei der Begründung der einzelnen rheinland-pfälzischen Bestände importiert und verwendet worden sein musste, weisen doch bereits die in der *IUFRO*-Herkunftsversuchsfläche Gahrenberg eingebrachten jeweils nur 8 Küsten- und Inlands-Douglasienherkünfte bereits höhere Werte von 7-8% an Unterschiedlichkeit auf. Am meisten differenziert sich der Mischbestand im FA Wittlich, wohingegen der Mischbestand im FA Idar-Oberstein eher eine mittlere Differenzierung besitzt; beide Bestände sind jedoch für Maßnahmen der Generhaltung ohne Bedeutung, da ja Inlandsanteile nachgewiesen worden sind.

Der gesamte Genpool aller untersuchten Bestände wird am besten durch die Bestände repräsentiert, die den kleinsten D_j -Wert besitzen, d.h. die grafisch die kleinsten Kreissektoren ergeben. Dies trifft hier an vorderster Stelle für die Bestände Abt. 55b1 im FA Gerolstein (GST155) und Abt. 132b im FA Manderscheid (MAN132) zu. Für eine letztendliche Entscheidung bezüglich der Ausweisung von Generhaltungsbeständen ist jedoch zudem die Variabilität des Genpools mit den entsprechenden genetischen Maßen zu berücksichtigen. Eine solche Evaluierung ist für die nahe Zukunft vorgesehen.

3.5 Douglasien-Provenienzversuch Sobernheim

vgl. hierzu die Übersicht 6.5 Douglasien-Provenienzversuch Sobernheim im Anhang

Die genetische Charakterisierung der in die Douglasien-Herkunftsversuchsfläche Abt. 41a im FA Sobernheim eingebrachten Provenienzen mittels der vorgenannten Isoenzym-Genmarker bestätigte die eindeutige Differenzierung der nur einmal auf der Fläche vertretenen Herkunft der Inlandrasse von allen anderen Herkünften der Küstenrasse. Zudem sind ähnliche genetische Strukturen bei geografisch benachbarten Herkünften zu erkennen.

Nach BÜTTNER & KEHR (2002) besitzen alle Küstenherkünfte in dieser Versuchsanlage die gleiche deutlich erkennbare Schadanfälligkeit gegenüber Mangan. Eine mit der Probenahme des Untersuchungsmaterials einhergehende Beurteilung des Vitalitäts- bzw. Erkrankungszustands der Bäume ließ 2003 eine offenkundige Verbesserung gegenüber der Beurteilung von 1990 wie auch eine Verlagerung des Schadensschwerpunkts auf der Gesamtfläche deutlich werden (ISOGEN 2003b).

Diese Boniturergebnisse dokumentieren zudem das ausgeprägte Reaktionsvermögen von Küstenherkünften, dass sich infolge von Manganüberschuss erkrankte Bäume in einem gewissen Zeitraum erholen bzw. revitalisieren können.

Das für die einzelnen Herkünfte ermittelten Datenmaterial wird bei zukünftigen Untersuchungen von Douglasienbeständen zweifelhaften Ursprungs als Referenzmaterial zur Verfügung stehen.

4 Zusammenfassung

Der vorliegende Beitrag fasst die Untersuchungsergebnisse zusammen, die seit Mitte der 1990er Jahren vor dem Hintergrund der zunehmenden Schäden an Vorkommen der Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*) in Rheinland-Pfalz auf der genetischen Ebene durchgeführt werden. Die mittels Isoenzym-Genmarker durchgeführten Untersuchungen umfassen Bestandespaare mit und ohne Schädigung, Samenplantagen, Saatguterntebestände sowie einen Herkunftsversuch. Oberstes Ziel ist die Überprüfung der in rheinland-pfälzischen Wäldern eingebrachten Douglasienpopulationen hinsichtlich ihrer eindeutigen Zuordnung zur Küstenrasse (mit für die heimischen Standortverhältnisse zum

Anbau geeignete Douglasienherkünften) oder zur Inlandsrasse (mit hier ungeeigneten Herkünften). Insbesondere der Isoenzym-Genmarker 6-PGDH-A ermöglicht mit unterschiedlichen Allelvarianten eine entsprechende Differenzierung.

Hinsichtlich der vor allem durch die sog. Mangantoxizität hervorgerufenen Schadsituation kommt dem genetischen Hintergrund offensichtlich eine Rolle bei der Rassenzugehörigkeit der einzelnen Herkünfte zu, ein direkter kausaler Zusammenhang zwischen genetischen Strukturen und der Schädigung der Einzelbäume ist mit dieser Art genetischer Marker jedoch nicht möglich.

Danksagung

Die hier beschriebenen und von der Abt. B federführend betreuten genetischen Studien an der Baumart Douglasie sind Teil der seit den 1990er Jahren an der FAWF Rheinland-Pfalz durchgeführten vielseitigen Untersuchungen zum Phänomen der neuerlich aufgetretenen Douglasienerkrankung.

Der Autor bedankt sich „hausintern“ insbesondere beim vormaligen Leiter der FAWF-Abt. B, FD i.R. UWE TABEL und dem vormaligen Waldbaureferenten im Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz in Mainz, MR i.R. Dr. WALTER EDER für deren überzeugende Initiative, angesichts der offensichtlichen Douglasienerkrankung genetischen Untersuchungen an den heimischen Douglasienpopulationen deutlich mehr Gewicht zukommen zu lassen sowie FD Dr. JOACHIM BLOCK, Leiter der FAWF-Abt. C Waldschutz für dessen fachkundliche Beratung zur Problematik der Mangantoxizität, Nährstoffversorgung, Imbalancen in physiologischen Stoffwechselreaktionen etc.

Dank der externen und äußerst effizienten Kooperation im Rahmen von Forschungsaufträgen mit dem Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung der Georg-August-Universität Göttingen sowie von Werkverträgen mit der Fa. ISOGEN Reckershausen – hier seien namentlich allen voran die fachlich kompetenten Kollegen Dr. LUDGER LEINEMANN und Dr. BERNHARD HOSIUS genannt – konnten bis heute eine Vielzahl von rheinland-pfälzischen Douglasienpopulationen genetisch charakterisiert werden. Auch diesen Personen will der Autor hier seinen großen Dank zum Ausdruck bringen.

Dankende Anerkennung möchte der Autor zudem auch dem Kreis von Forstamtsleitern und Revierbeamten der rheinland-pfälzischen Landesforstverwaltung zollen, die vor Ort durch ihre tatkräftige Unterstützung im Vorfeld und im Verlauf der umfangreichen Probenahmen an den ausgewählten Douglasienbeständen deren genetische Untersuchung letztlich ermöglicht haben.

5 Literaturverzeichnis

- AARGARD, J.E.; VOLLMER, S.S.; SORENSEN, F.C. & STRAUSS, S.H. (1995): Mitochondrial products among RAPD profiles are frequent and strongly differentiated between races of Douglas-fir. *Molecular Ecology*, 4, pp.441-447.
- ADAMS, W.T. (1983): Application of isozymes in tree breeding. In: S.D. TANKSLEY & T.J. ORTON (eds.): *Isozymes in Plant Genetics and Breeding*. Elsevier Science Publishers B.V. Amsterdam – New York, Part A, pp.381-400.
- ANONYMUS (2002): Forstvermehrungsgutgesetz. Bundesgesetzblatt Jg. 2002, Teil I, Nr. 32.
- BLOCK, J. (1997): Schadsituation der Douglasie in Rheinland-Pfalz. In: W.D. MAURER & U. TABEL (Hrsg.): *Stand der Ursachenforschung zu Douglasienschäden – derzeitige Empfehlungen für die Praxis*. Proceedings zum Douglasien-Kolloquium am 15.-16.4.1997 in Adenau (Eifel). Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz, Nr.41/97, S.46-75.
- BURGBACHER, H. & GREVE, P. (1996): 100 Jahre Douglasienanbau im Stadtwald Freiburg. *AFZ-Der Wald*, 51.Jg., Nr.20/1996, S.1109-1111.
- DONG, P. H. & EDER, W. (2005): Zum Anbau und Wachstum der Douglasie in Rheinland-Pfalz. Mitteilung aus der Versuchsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft, im vorliegenden Band.
- GREGORIUS, H.-R. (1974): Genetischer Abstand zwischen Populationen. Zur Konzeption der genetischen Abstandsmessung. *Silvae Genetica*, 23, S.22-27.
- HAASE, B. (2004): Bereitstellung und Vertrieb von hochwertigem Vermehrungsgut. *AFZ-Der Wald*, 18/2004, S.977-979.
- HATTEMER, H.H.; BERGMANN, F. & ZIEHE, M. (1993): Einführung in die Genetik. Lehrbuch für Studierende der Forstgenetik. Zweite, neubearbeitete und erweiterte Auflage, Sauerländer's Verlag Frankfurt/M., 492 Seiten.
- HERMANN, R.K. (1981): Die Gattung *Pseudotsuga* – Ein Abriss ihrer Systematik, Geschichte und heutigen Verbreitung. *Forstarchiv*, 52.Jg., S.204-212.
- HERMANN, R.K. (1997): Die Situation der Douglasie in Nordamerika. In: W.D. MAURER & U. TABEL (Hrsg.): *Stand der Ursachenforschung zu Douglasienschäden - derzeitige Empfehlungen für die Praxis*. Proceedings zum Douglasien-Kolloquium am 15.-16.4.1997 in Adenau (Eifel). Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz, Nr.41/97, S.9-29.
- HOFFMANN, CH. (1994): Populationsgenetischer Vergleich von autochthonen Douglasienbeständen und künstlichen deutschen Douglasienpopulationen. Dissertation am Forstwissenschaftlichen Fachbereich der Georg-August-Universität Göttingen, 83 Seiten.
- HOFFMAN, CH. & GEBUREK, TH. (1995): Allozyme variation of indigenous Douglas-fir [*Pseudotsuga menziesii* (MIRB.) FRANCO] populations and their descendants in Germany. *Silvae Genetica*, 44(5-6), pp.222-225.
- ISOGEN (1997): Biochemisch-genetische Charakterisierung der Douglasien-Samenplantage Bremerhof (Forstamt Kaiserslautern) mittels Isoenzym-Genmarkern. FAWF-interner Abschlussbericht November 1997, 16 Seiten + 20 Seiten Tabellenanhang.

ISOGEN (2001): Isoenzymatische Untersuchung von 20 rheinland-pfälzischen zugelassenen Douglasien-Saatgut-Erntebeständen jüngeren Alters zwecks genetischer Charakterisierung dieser Bestände bezüglich ihrer Rassenzugehörigkeit sowie Ermittlung ihrer genetischen Vielfalt. FAWF-interner Abschlussbericht Dezember 2001, 16 Seiten + 26 Seiten Tabellenanhang.

ISOGEN (2002a): Genetische Charakterisierung zweier visuell geschädigter Douglasienbestände und Ermittlung ihrer Rassenzugehörigkeit. FAWF-interner Abschlussbericht April 2002, 10 Seiten.

ISOGEN (2002b): Isoenzymatische Untersuchung von 18 rheinland-pfälzischen zugelassenen Douglasien-Saatgut-Erntebeständen zwecks genetischer Charakterisierung dieser Bestände bezüglich ihrer Rassenzugehörigkeit sowie Ermittlung ihrer genetischen Vielfalt. FAWF-interner Abschlussbericht Mai 2002, 18 Seiten + 34 Seiten Tabellenanhang.

ISOGEN (2003a): Isoenzymatische Untersuchung der Douglasien-Samenplantage Abt. II 7a im Forstamt Pirmasens zwecks Identifizierung der eingebrachten Klonpflanzen sowie Charakterisierung der Samenplantage hinsichtlich ihrer genetischen Diversität und Differenzierung. FAWF-interner Abschlussbericht November 2003, 17 Seiten + 10 Seiten Tabellenanhang.

ISOGEN (2003b): Isoenzymatische Untersuchung des Douglasien-Herkunftsversuchs im Forstamt Sobernheim (Entenpfuhl) zwecks Charakterisierung der genetischen Diversität und Differenzierung der aus den Ursprungsgebieten eingebrachten 14 Herkünfte sowie Ansprache der analysierten Bäume hinsichtlich ihres Vitalitätszustands. FAWF-interner Abschlussbericht Mai 2003, 21 Seiten + 41 Seiten Tabellenanhang.

JESTAEDT, M. (1980): Untersuchungen über die Jugendentwicklung von Douglasienprovenienzen in Hessen. Mitteilungen der Hessischen Landesforstverwaltung, J.D. Sauerländer's Verlag Frankfurt/M., 106 Seiten.

KEHR, I. & BÜTTNER, G. (2002): Mangan-Schäden an Douglasie im Provenienzversuch Sobernheim. *Forstarchiv*, 74, S.53-61.

KLEINSCHMIT, J. (1973): Zur Herkunftsfrage bei der Douglasie. *Der Forst- und Holzwirt*, 28.Jg., Nr.11, S. 209-213.

KLEINSCHMIT, J. & BASTIEN, J.CH. (1992): IUFRO's role in Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (MIRB.) FRANCO) tree improvement. *Silvae Genetica*, 41, pp.161-173.

KLEINSCHMIT, J.; SVOLBA, J.; WEISGERBER, H.; RAU, H.M.; DIMPFLMEIER, R.; RUETZ, W. & FRANKE, A. (1990): Results of the IUFRO Douglas-fir provenance experiment in the Federal Republic of Germany at age 20. In: Proceedings of the Meeting of the IUFRO Working Parties S.02-05, 06, 12, 14. Olympia, WA, August 20-24, 1990, Section 2.195, 21 pages.

KLEINSCHMIT, J. & SVOLBA, J. (1997): Ergebnisse von Douglasien-Provenienzversuchen unter besonderer Berücksichtigung von Douglasienschäden. In: W.D. MAURER & U. TABEL (Hrsg.): Stand der Ursachenforschung zu Douglasienschäden - derzeitige Empfehlungen für die Praxis. Proceedings zum Douglasien-Kolloquium am 15.-16.4.1997 in Adenau (Eifel). Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz, Nr.41/97, S.128-144.

KLUMPP, R. (1995): Area-specific variations of isozyme gene markers in Douglas-fir. In: PH. BARADAT, W.T. ADAMS & G. MÜLLER-STARCK (eds.): Population genetics and genetic conservation of forest trees. SPB Academic Publishing, Amsterdam (NL), pp.193-198.

KLUMPP, R. (1999): Untersuchungen zur Genökologie der Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* [MIRB.] FRANCO). Dissertation an der Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie der Georg-August-Universität Göttingen, 289 Seiten.

KNOERZER, D. & REIF, A. (2002): Fremdländische Baumarten in deutschen Wäldern. In: I. KOWARIK & U. STARFINGER (Hrsg.): Biologische Invasionen: Herausforderung zum Handeln? *Neobiota*, Band 1, S.27-35.

KOWARIK, I. & STARFINGER, U. [Hrsg.] (2002): Biologische Invasionen: Herausforderung zum Handeln? Proceedings zur 1. Berliner NEOBIOTA-Tagung am 4.-7. Oktober 2000. *Neobiota*, Band 1, 376 Seiten.

LEINEMANN, L. (1996): Genetic differentiation of damaged and healthy Douglas-fir stands in Rheinland-Pfalz with respect to their origin. *Silvae Genetica*, 45, pp.250-256.

LEINEMANN, L. (1997): Genetische Strukturen in gesunden und kranken Douglasienbeständen in Rheinland-Pfalz. In: W.D. MAURER & U. TABEL (Hrsg.): Stand der Ursachenforschung zu Douglasienschäden - derzeitige Empfehlungen für die Praxis. Proceedings zum Douglasien-Kolloquium am 15.-16.4.1997 in Adenau (Eifel). Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz, Nr.41/97, S.145-160.

LEINEMANN, L. (1998): Genetische Untersuchungen an Rassen der Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) am Beispiel gesunder und geschädigter Bestände. Göttinger Forstgenetische Berichte Nr. 23, 151 Seiten.

LEINEMANN, L. (2002): Genetische Untersuchungen zur Viabilitätsselektion stark geschädigter Douglasienbestände. In: W.D. MAURER (Hrsg.): Vom genetischen Fingerabdruck zum gesicherten Vermehrungsgut: Untersuchungen zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung forstlicher Genressourcen in Rheinland-Pfalz. Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, Nr.49/02, S.89-98.

LEINEMANN, L. & HOSIUS, B. (2004): Douglasie ist nicht gleich Douglasie: Beiträge der Genetik zum Anbau der Douglasie in Rheinland-Pfalz. In: W.D. MAURER (Hrsg.): Zwei Jahrzehnte Genressourcen-Forschung in Rheinland-Pfalz: Umsetzung des Konzepts zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung forstlicher Genressourcen am Beispiel des Bundeslandes Rheinland-Pfalz. Proceedings zum Fachkolloquium auf dem Hambacher Schloss am 28./29. Oktober 2003. Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft, Nr. 52/04, S.71-80.

LEINEMANN, L.; HOSIUS, B. & SCHMITT, H.P. (2001): Genetische Untersuchungen zur Früherkennung ungeeigneter Douglasienbestände. In: H. WOLF (Red.) & Sächsische Landesanstalt für Forsten (Hrsg.): Nachhaltige Nutzung forstgenetischer Ressourcen. Tagungsband zur 25. Internationalen Tagung der Arbeitsgemeinschaft für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung am 14.-16.3.2000 in Pirna, S.216-222.

LEINEMANN, L. & MAURER, W.D. (1999): Bedeutung von Isoenzymgenmarkern für den Anbau der Douglasie. *AFZ-Der Wald*, 54.Jg., 5/1999, S.242-243.

- LEINEMANN, L.; HOSIUS, B.; TABEL, U. & MAURER, W.D. (2002): Genetische Kontrolle von Samenplantagen mit Hilfe von Isoenzym-Genmarkern. In: W.D. MAURER (Hrsg.): Vom genetischen Fingerabdruck zum gesicherten Vermehrungsgut: Untersuchungen zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung forstlicher Genressourcen in Rheinland-Pfalz. Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, Nr.49/02, S.45-58.
- LI, P. & ADAMS, W.T. (1989): Range-wide patterns of allozyme variation in Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*). *Canadian Journal of Forestry Research*, 19, pp.149-161.
- MAURER, W.D. & TABEL, U. (1996): Die zentrale Herkunftsfrage – Beispiel Douglasie. *Forstinfo* 1/96, S.4.
- MAURER, W.D. & TABEL, U. [Hrsg.] (1997): Stand der Ursachenforschung zu Douglasienschäden - derzeitige Empfehlungen für die Praxis. Proceedings zum Douglasien-Kolloquium am 15.-16.4.1997 in Adenau (Eifel). Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz, Nr.41/97, 176 Seiten.
- MAURER, W.D. & TABEL, U. (2000): Einrichtung und Bewirtschaftung forstlicher Generhaltungsbestände am Beispiel der Buche (*Fagus sylvatica* L.) In: Forstliche Genreservate (R. FINKELDEY, P. BONFILS & R. LANDOLT, Hrsg.), *Forest, Snow and Landscape Research*, 75(1/2), S.213-225.
- MAURER, W.D.; SCHMITT, H.P.; ARENHÖVEL, W.; BERGMANN, F.; HOSIUS, B. & LEINEMANN, L. (2003): Unterscheidung zwischen der Küsten- und der Inlands-Douglasie anhand genetischer Merkmale. *AFZ-Der Wald*, 58.Jg., 25/2003, S.1290-1293.
- MEYER, H. (1992): Waldbau auf soziologisch-ökologischer Grundlage. 4. bearbeitete Auflage, Gustav Fischer Verlag Stuttgart, 522 Seiten.
- SCHOBBER, R. (1973): Ergebnisse von Douglasien-Provenienzversuchen in Deutschland. Proceedings IUFRO Meeting Working Party on Douglas-fir provenances. Göttingen, S.1-13.
- SCHMITT, H.P.; MAURER, W.D.; ARENHÖVEL, W.; BERGMANN, F.; HOSIUS, B. & LEINEMANN, L. (2003): Genetische Inventuren an Douglasienbeständen. *AFZ-Der Wald*, 58.Jg., 25/2003, S.1287-1289.
- 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, S.137-169; S.195-222 und S.261-292.
- SNEATH, P.H.A. & SOKAL, R.R. (1973): Numerical Taxonomy: the principles and practice of numerical classification. H.W. Freeman & Son, San Francisco, 573 pages.
- TABEL, U. (2002): Woher stammen unsere Douglasien? Ergebnisse isoenzymatischer Untersuchungen. Vortrag im Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz im Rahmen der Veranstaltung „Aktuelle Berichte aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz am 10. Juni 2002.
- TABEL, U. & MAURER W.D. (1997): Douglasien-Kolloquium“. *Forstinfo* 2/97, S.19.

6 Anhang

Übersichten über die isoenzymatisch charakterisierten Douglasienpopulationen in Rheinland-Pfalz (Stand März 2005)

Übersicht 6.1: Douglasien-Bestandespaare Schadbestand/gesunder Bestand
(o.A., keine Herkunftsangabe vorhanden)

Forstort	Wuchsbezirk	Vitalität:	Alter 1995	Herkunft
<i>Bestandespaare Schadbestand (-) /gesunder Bestand (+)</i>				
FA Adenau:	Ahreifel			
Abt. 95c1		-	37	o.A.
Abt. 95c		+	31	Darrington (?)
FA Daun:	Kalkeifel			
Abt. 13b		-	25-31	o.A.
Abt. 13b		+	25-32	o.A.
FA Hochspeyer:	Nördlicher Pfälzerwald			
Abt. 33b		-	15	Darrington (?)
Abt. 33c		+	16	o.A.
FA Salmtal:				
Bruch Abt. 12c	Wittlicher	-	32	o.A.
Bruch Abt. 12a2	Senke	+	16-21	o.A.
Dreis Abt. 13a2	Moseleifel	-	35/29	z.T. Ashford/Washington
Dreis Abt. 13a1		+	27-29	o.A.

Übersicht 6.2: Teilgeschädigte Douglasienbestände
(o.A., keine Herkunftsangabe vorhanden)

Forstort	Wuchsbezirk	Vitalität:	Alter	Herkunft
<i>Bestände mit darin enthaltenen unterschiedlich geschädigten Douglasien</i>				
FA Mayen:			(1995)	
Baar Abt. 70a0	Östl. Eifelrand	+/-	42	o.A.
Herresbach Abt. 12a2	Östl. Eifelrand	+/-	36	o.A.
Mayen Abt. 7a1	Östl. Hocheifel	+/-	43	o.A.
FA Saar-Hochwald:			(2002)	
Klink Abt. 148a	Hoch- und Idar- wald	+/-	37/41; 39	o.A.; Pflanzung
Waldweiler Abt. 7a		+/-	24/28; 26	o.A.; Pflanzung

Übersicht 6.3: Douglasien-Samenplantagen (Samengärten)

Übersicht 6.3.1: Douglasien-Samenplantage Bremerhof

Douglasien-Samenplantage Bremerhof (FA Kaiserslautern, Flächengröße 8 ha) Anlage: Felder A und B 1974, erweitert 1976 mit Feld C und 1978 mit Feld D Stand: Oktober 1997				
Teilfläche	Struktur der Teilfläche	eingebraachte Individuen	Anzahl Bäume je Familie bzw. je Klon	isoenzymatisch identifizierte Einzelbäume
Feld A	37 Familien	Sämlinge (Zuchtbaum-Ab-saaten), ursprünglich Mischung aus den Herkunftsgebieten 853 01 und 853 02, nach im Jahr 1989 erfolgter Durchforstung Reduzierung auf Herkunftsgebiet 853 02	variiert familienweise zwischen 1 und 9	161
Feld B	44 Familien			182
Feld C	117 Klone	Stecklinge von verschiedenen nordwestamerikanischen und deutschen Herkünften sowie von kontrollierten Kreuzungen	2 Klone mit je 2 Ramets vertreten, für alle übrigen Klone nur ein Individuum vorhanden	121
Feld D	58 Klone	Pfropflinge der Küstenherkunft <i>Humptulips</i> (Twin Harbor, US - Samenzone 030) mit Darrington Vicinity als Unterlage	variiert klonweise zwischen 1 und 5	124
<i>gesamt:</i>				588

Weitere Angaben:

Die **Sämlingsfamilien** stellen die ausgelesenen besten 30% von deutschen Plusbaumabsaaten dar, die im Alter 3 aufgenommen worden sind.

Die **Stecklingsklone** sind ebenfalls im Alter 3 aus Herkünften, Bestandesabsaaten und kontrollierten Kreuzungen nach Wuchsleistung und Vitalität ausgewählt worden.

Die **Pfropflinge** wurden von den 60 besten der 15 Feldversuche der Spitzenherkunft „*Humptulips*“ der SCHÖBER'schen Douglasien-Herkunftsversuche abgepfropft.

Sowohl die Sämlingsfamilien als auch die Stecklinge werden gleichzeitig auf verschiedenen Versuchsflächen geprüft.

Durchforstungen wurden 1989 und 1995 vorgenommen.

Zulassung der Douglasien-Samenplantage Bremerhof als Ausgangsmaterial zur Gewinnung von Geprüftem Vermehrungsgut ab 1993 (Herkunftsgebiet: West- und Süddeutsches Hügel- und Bergland sowie Alpen, kolline Stufe), vorläufig Beerntung befristet auf 10 Jahre; Beerntung durch die Samenklänge Elmstein, Erneuerung geplant.

Isoenzymatische Untersuchung der Samenplantage im Herbst 1997 an 588 noch vorgefundenen Douglasien..

Übersicht 6.3.2: Douglasien-Samenplantage Schnepfenberg

Douglasien-Samenplantage Schnepfenberg (FA Pirmasens, FR Ruppertsweiler, Abt. II 7a; Flächengröße 2,6 ha) Anlage: Mai 1956 <i>Stand: November 2003</i>			
<i>Struktur der Fläche</i>	<i>eingebraachte Individuen</i>	<i>Anzahl Bäume je Klon</i>	<i>isoenzymatisch identifizierte Einzelbäume</i>
bei Begründung der Samenplantage Einbringen von 26 Klonen mit insgesamt 1.396 Pflanzen sowie 10 Pflanzen ohne Klonangabe	Pfropflinge der Küstenherkunft <i>Snoqualmie</i> mit „Douglasie viridis“ als Unterlage	variiert zwischen 6 und 106 Individuen je Klon bei der ursprünglichen Pflanzung	432

Weitere Angaben:

Das **Douglasien-Pfropfmateri**al entstammte einem Bestand der Küstenherkunft *Snoqualmie* im vormaligen Forstamt Kaiserslautern-Ost.

Bei der **Pfropfung** im Frühjahr 1955 im vormaligen Institut für Forstsamenkunde und Pflanzenzüchtung (Prof. Dr. Rohmeder) in München kam „*Douglasie viridis*“ (ohne weitere detaillierte Herkunftsangabe) zur Verwendung.

Die **Anlage der Samenplantage** wurde auf einer Fläche eines ehemaligen Reichsarbeitsdienst- (RAD-) Lagers vorgenommen, auf der während des 2. Weltkriegs der Mutterboden mittels Planierraupe abgeschoben worden war.

Die **Pflanzung** der Pfropflinge erfolgte im Mai 1956.

Schäden (oberirdische Vergilbungs- und unterirdische Wurzelfäuleerscheinungen an Pfropflingen) traten im Frühjahr 1970 auf. Die im März 1971 durchgeführte Nadel- und Bodenanalyse machte einen **Mangel an Stickstoff- und Phosphor** deutlich. Nachfolgend **Düngung und Nachbesserungen** durch Freilandpfropfung auf der Fläche.

Erste Beerntung von Douglasiensamen im August 1972.

Beantragung der Zulassung als Plusbaum-Samenplantage mit Klonen aus einheitlichem Herkunftsgebiet im März 1984.

Wipfelköpfung in 3 m Höhe im November 1985.

Bereisung der Samenplantage im Mai 2003 zwecks Überprüfung, inwieweit der aktuell vorgefundene Douglasienbestand nach genetischer Überprüfung als potenzielle Saatgutquelle beibehalten werden kann.

Isoenzymatische Untersuchung der Samenplantage im Herbst 2003 an 432 noch vorgefundenen Douglasien.

Übersicht 6.4: Douglasien-Saatguterntebestände

Übersicht 6.4.1: Ältere Saatguterntebestände („Vorkriegsbegründungen“)

Douglasien-Saatguterntebestände – „Vorkriegsbegründungen“ (Auszug aus dem Erntezulassungsregister) Stand: Mai 2002							
Forstamt und Bestand	Besitzer	Höhen- lage [m] von-bis	Fläche [ha]	Begrün- - dung von-bis	Zulas- sungs- jahr	Abk. Bestands- bezeich- nung	Bemerkung
FA Bad Bergzabern							
VI 1a2	Staat	350-430	1,35	1908	1989	BBZ1A2	
FA Bad Sobernheim							
301a	Staat	190-350	2,70	1932- 1935	1980	BSO301	
FA Cochem							
3a	Stadt Cochem	220-320	8,60	1938	1974	COC3A	
FA Johanniskreuz							
XXIX 2a2	Staat	400-420	2,20	1906	1974	JOK2A2	Sonder- herkunft (SHK)
XXIX 3b1		400-420	1,10	1906	1974	JOK3B1	
XXIX 3c1		400-420	2,50	1906	1974	JOK3C1	
FA Gerolstein							
54a	Staat	530	0,80	1899	1974	GST54	
55a		540	0,40	1899	1974	GST55	
FA Osburg							
120a	Staat	565-590	5,00	1935	1985	OSB120	
FA Schneifel							
229a	Staat	600	0,30	1902	1974	PRU229	

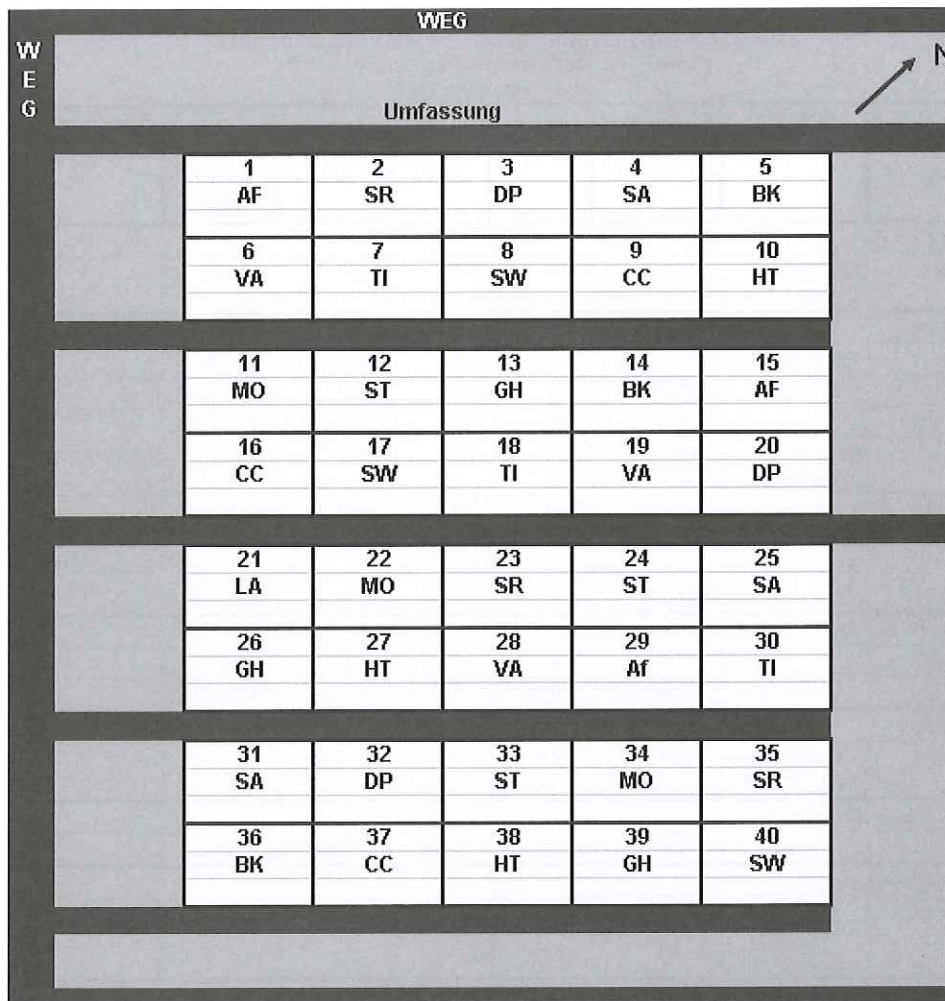
Hinweis:

In den beiden Übersichten 6.4.1 Ältere Saatguterntebestände („Vorkriegsbegründungen“) und 6.4.2 Jüngere Saatguterntebestände („Nachkriegsbegründungen“) gibt die jeweilige vorletzte Spalte „Abk. Bestandsbezeichnung“ die in den Abb. 6, Abb. 7 und Abb. 9 angeführten Abkürzungen für die isoenzymatisch untersuchten Douglasienbestände wieder.

Übersicht 6.4.2: Jüngere Saatguterntebestände („Nachkriegsbegründungen“)

Douglasien-Saatguterntebestände – „Nachkriegsbegründungen“ (Auszug aus dem Erntezulassungsregister EZR) Stand: Dezember 2001							
Forstamt und Bestand	Besitzer	Höhen- lage [m] von-bis	Fläche [ha]	Begrün- dung von-bis	Zulas- sungs- jahr	Abk. Bestands- bezeich- nung	Bemerkung
FA Cochem							
2b	Gde. Bruttig- Fankel	180-260	0,70	1954	1997	COC2B	
FA Daun							
9c	Stadt Daun	440	1,40	1957	1985	DAU9C	
11b	Gde. Üders- dorf	340-380	5,10	1955	1999	DAU11B	
14b1		420	2,40	1955	1999	DAU14B	
13c	Gde. Wallenborn	590-640	3,70	1951	1999	DAU13	
18b	Staat	440-490	7,60	1950	1999	DAU18B	
36a2		440-490	1,80	1936- 1949	1999	DAU36A	z.T. Vorkriegs- begründung
152a		560-620	3,30	1949	1998	DAU152	
FA Dhronicken							
39b2	Staat	565-610	0,80	1952	1991	DRK39B	
117b		520-560	0,70	1954	1985	DRK117	
FA Diez							
62b3	Gräfin von Plettenberg	300-335	0,80	1951	1998	DIZ62	
FA Gerolstein							
55b1	Staat	520-550	2,90	1950	1994	GST5B	
FA Idar-Oberstein							
60b2	Forstver- waltung Winterhauch	500	3,50	1958	1974	IOS60B	
FA Koblenz							
62a1	Stadt Koblenz	100-210	0,50	1945	1964	KOB62A	
FA Manderscheid							
8c1	Forstver- waltung von Berghes	400	0,80	1960	2000	MAN8C1	
126a1		330	1,60	1959	2000	MAN126	
1g3		430	2,50	1951	1999	MAN1G3	
2b2		370	0,90	1955	1999	MAN2B2	
131a		340	3,10	1954	1999	MAN131	
132b		320	1,60	1958	1999	MAN132	
122		430	0,50	1951	1999	MAN122	EZR vormals 140
121b1		320-335	2,80	1948	1999	MAN121	EZR vormals 122c
131b1		320-335	3,10	1948	1999	MAN131 b1	EZR vormals 122c
131b2		320	ohne Angabe	1933- 1953	2000	MAN131 b2	EZR vormals 133b1; z.T. Vorkriegs- begründung
FA Mayen							
105a1	Staat	410-500	3,40	1953	1997	MAY105	
FA Prüm							
103b	Staat	540-570	0,60	1951	1985	PRU103	
FA Quint							
158 b2	Staat	350	0,70	1948	1985	QNT158	
FA Wittlich							
16b1	Staat	326-383	1,00	1950	1966	WIL16B	

Übersicht 6.5: Douglasien-Provenienzversuch Sobernheim



Schematische Darstellung der Anlage der Douglasien-Herkunftsversuchsfläche [aus: ISOGEN, 2003b) mit Nr. 1-40, Parzellenummern sowie

Abk.: AF, Ashford; BK, Baker; CC, Conrad Creek; DP, Duncan Paldi; GH, Gold Hill; HT, Humptulips; LA, Louella; MO, Molalla; SA, Salmon Arm; SR, Santiam River; SW, South; ST, Stella; TI, Timber; VA, Vader

Weitere Angaben:

Die Douglasien-Versuchsfläche in der Abt. 41a1 ist einer von 14 Teilversuchen des Douglasien-Provenienzversuchs von 1958 in Norddeutschland

Von 38 Herkünften des Gesamtversuchs sind hier 14 eingebracht: davon sind 13 Küstenherkünfte, während einzig die **Herkunft Salmon Arm (SA)** der **Inlandsrasse** zugehörig ist.

Alle Herkünfte sind auf jeweils 3 Parzellen von 0,1 ha Größe vertreten ausgenommen die Herkunft Louella (LA) mit nur einer einzigen Wiederholung. Die Fläche wurde bisher zweimal durchforstet.

Ende der 1980er Jahre kam es teilweise erhebliche Ausfälle, begleitet von Vergilbungserscheinungen, Schütte sowie starkem Harzfluss.

1990 wurde die Versuchsfläche zudem durch die Winterstürme Vivian und Wibke durch Windwurf in Mitleidenschaft gezogen.

Nachfolgend Durchführung einer Bonitur des Gesundheitszustands, dann Boden- und Nadelanalysen durch die NFV Göttingen. KEHR & BÜTTNER (2003) führen Schäden auf die sog. Mangantoxizität zurück.

Die Douglasie in Österreich

von Raphael Th. Klumpp

Institut für Waldbau, Universität für Bodenkultur Wien

Abstract

This paper deals with the growing of Douglas-fir in Austria. The analysis of historical records and papers provides the results of the early growing experiments of Hempel as a first time and elucidates the background for the missing interest of Austrian forest owners during the first period of growing Douglas-fir in Europe. The current status of Douglas-fir in Austria is reported with the help of the latest national forest inventory, which shows an increasing interest in using Douglas-fir for afforestations during the last three decades. Furthermore the results of provenance trials as well as from a study of population genetics of four old Douglas-fir stands are reported. Compiling the experience from forest practice the urgent need for revising the recommendations of potential growing areas as well as the silvicultural afforestation technique is stressed.

1 Einleitung

Gastbaumarten spielen traditionell nur eine untergeordnete Rolle in der Forstwirtschaft Österreichs. Der Waldreichtum des Landes allgemein, der nach neuesten Erhebungen bei 47,2% der Landesfläche liegt, die besonderen Standorte des Alpenraumes sowie der hohe Anteil der ertragreichen Nadelholzarten (81%, ANONYMUS 2004) mögen sachliche Gründe hierfür sein, die Mentalität der Bewohner des Ostalpenraumes jedoch darf als Einflußfaktor nicht unterschätzt werden. Kein geringerer als CIESLAR, einer der Begründer der modernen Forstgenetik und hochgeachteter Forstwissenschaftler, hat bereits im 19. Jahrhundert seine Landsleute auf diese Mentalitätsfrage hingewiesen und zusätzlich eine übertriebene Vorsicht und Zurückhaltung beim Anbau von Gastbaumarten in Österreich kritisiert: "Während die Douglastanne von unseren Nachbarn solch vorzügliche Conduiten erhielt, scheint sie bei uns in Österreich, wie die Ausländer überhaupt, nicht überall derselben Liebe zu begegnen" (CIESLAR 1898).

Die Besitzstruktur des Waldes in Österreich zusammen mit einigen Besonderheiten in der Organisation der Forstwirtschaft hat zusätzlichen Einfluss auf die Möglichkeiten, Neuerungen einzuführen bzw. Forschung durchzuführen. Mehr als die Hälfte des Waldbesitzes ist sogenannter Kleinwald (53,8%) mit Flächengrößen unter 200 ha pro Eigentümer. Privatbetriebe mit Flächen über 200 ha finden sich auf weniger als einem Drittel (31,3%) der Gesamtwaldfläche, wobei die Betriebe mit einer Größe von über 1000 ha immerhin 17,9% des Gesamtwaldes einnehmen. Der Staatswaldanteil beträgt nur 14,9% der Waldfläche Österreichs. Er wird traditionell, d.h. seit dem Bestehen der Donaumonarchie, hauptsächlich nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten geführt, wie das in der

jüngsten Änderung der Rechtsform (1996: Österreichische Bundesforste AG) lediglich offen zum Ausdruck kommt. Mit anderen Aufgaben waren und sind die österreichischen Bundesforste kaum belastet. Für die Wissenschaft sind sie, ebenso wie die anderen Großbetriebe, stets ein wertvoller Ansprechpartner, da sie zentral eine Fülle unterschiedlicher Standorte für Untersuchungen anbieten können. Forstpolizeiliche Aufgaben sowie Förderungsfragen werden in Österreich durch die Bezirksforstinspektionen wahrgenommen, welche selbst ein Teil der Bezirkshauptmannschaften sind (vergleichbar den Landkreisen in Deutschland). Die forstliche Beratung erfolgt weitgehend über die Landwirtschaftskammern, einer alten Ständeorganisation mit gesetzlichen Zwangsmitgliedschaften.

Auch wenn eine solche Zersplitterung in Aufsichtsorgane, Beratungsorganisation und Wirtschaftsbetriebe historisch gewachsen und für die Besitzstruktur Österreichs mit geringem Anteil an Staatswald angepaßt erscheint, so ist sie u. a. für einen schnellen Wissenstransfer grundsätzlich hinderlich (vgl. CIESLAR 1901). Diese Nachteile können heute selbst durch den Einsatz von modernen Kommunikationsmitteln nur begrenzt gemildert werden. Nach Bekanntwerden der Reorganisationspläne für die Landesverwaltungen in den südlichen Bundesländern Deutschlands, lassen sich daher die negativen Folgen für die Wissenschaft und den Wissenstransfer und damit letztlich für den dortigen Wald, seine Besitzer und die Bevölkerung in Süddeutschland unschwer erahnen...

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, einen Überblick über den Stand von Forschung und Anbau der Douglasie in Österreich zu geben. Hier war in den letzten beiden Jahrzehnten des vergangenen Jahrhunderts eine erfolgreiche Aufklärungs- und Forschungskampagne mit Schwerpunkt in Niederösterreich zu verzeichnen. Diese ist mit der Initiative und dem Wirken von A. KOHL (Landwirtschaftskammer Niederösterreich), J. NATHER (Forstl. Bundesversuchsanstalt FBVA: Waldbau) und L. GÜNZEL (FBVA: Forstgenetik) verbunden und wäre ohne die Unterstützung von R. WURZ (Kooperation Forst Platte Papier FPP, ARGE Waldveredelung) nicht zu realisieren gewesen. Die Versuchsanlagen aus dieser Periode haben bereits wertvolle Erkenntnisse für den Anbau der Douglasie in Österreich geliefert. Der nachfolgende Überblick wird durch eigene Studien des Verfassers ergänzt.

2 Material und Methode

Für den Überblick über den Stand der Forschungsarbeiten wird der heuristisch - hermeneutische Ansatz gewählt (MOMMSEN 1968), der einen steten Vergleich der

unterschiedlichen Arbeiten, der Einzelergebnisse und der daraus folgenden Schlüsse in den Mittelpunkt der wissenschaftlichen Analyse stellt (vgl. KLUMPP 1987). Ferner werden zusätzlich zur verfügbaren Literatur auch historische Quellen ausgewertet, darunter der Anbaukatalog des Versuchsgartens der Universität für Bodenkultur (BOKU) für die Periode 1884-1992 (Q 1) sowie die Korrespondenzbücher des Institutes für Waldbau der BOKU aus den Jahren 1889-1992 (Q 2).

Für die Herkunftsrekonstruktion von Versuchsbeständen aus der Zeit der Jahrhundertwende vom 19. zum 20. Jahrhundert wird auf Datenmaterial einer Isoenzymanalyse zurückgegriffen, die im Rahmen einer Diplomarbeit (BÖCK 1998) unter Anleitung des Verfassers durchgeführt worden war. Einzelheiten über Material und Methode der Isoenzymanalyse sind der genannten Arbeit zu entnehmen (BÖCK 1998). Die Herkunftsrekonstruktion selbst bedient sich des Vergleiches allelischer Profile (FINKELDEY 1993) von Beständen mit Referenzvektoren für Teilareale aus dem Verbreitungsgebiet der Douglasie (KLUMPP 1999).

3 Die Geschichte des Douglasienanbaues in Österreich

Die Geschichte des Anbaues von Gastbaumarten in Österreich ist zuletzt von RANNERT (1979) ausführlich erläutert worden. Die frühen Jahre der forstlichen Versuche auf diesem Gebiet lassen jedoch nach den vorliegenden Auswertungen historischer Quellen eine Neubewertung für notwendig erscheinen.

Zu Beginn der 80er Jahre des 19. Jahrhunderts war die Forstwissenschaft in Österreich von grundlegenden Reformen geprägt. Die forstliche Hochschule Mariabrunn war 1875 an die Hochschule für Bodenkultur angegliedert worden (DIMITZ 1888). Daneben existierte seit 1874 eine "k. k. forstliche Versuchsleitung" als Verwaltungsstab des zuständigen "Ackerbauministeriums". Das Institut für forstliche Produktionslehre (heute: Institut für Waldbau) der Hochschule für Bodenkultur führte die Nutzung des Forstgartens in Mariabrunn zunächst fort. 1884 schließlich erhält die Hochschule für Bodenkultur einen neuen Forstgarten auf dem nahegelegenen Wolfersberg, die sogenannte "Knödelhütte". Die "k.k. Versuchsleitung" bezieht erst im Jahr 1887 den Gebäudekomplex in Mariabrunn (DIMITZ 1888) und wird später zur "k.k. forstlichen Versuchsanstalt" umorganisiert.

Die k.k. Versuchsleitung befaßt sich erstmals 1882 mit dem Fremdländeranbau und sendet Fragebögen an die Forstdienststellen aus, um Erfahrungen zu dokumentieren. CIESLAR publiziert 1888 die erste österreichische Notiz auf diesem Gebiet, und beklagt sich dabei über die "etwas knappen Mittel" im Vergleich zur preußischen Versuchsanstalt in

Eberswalde. Erst ab 1893 kann die Versuchsanstalt in Mariabrunn selbst Saatgut beziehen und anbauen (CIESLAR 1901). Zuvor hatte das Ackerbauministerium 1891 die Anlage sogenannter "Exotengärten" in den nachgeordneten Dienststellen der "k.k. Forst- und Domänenverwaltung" zur Anzucht von Pflanzmaterial einrichten lassen (CIESLAR 1901).

Tab. 01: Lieferanten von Saatgut, Anbauverfahren und Anzuchterfolge für den forstlichen Versuchsgarten Knödelhütte (Wien) 1884-1892.

Jahr	Lieferant	Menge [kg]	Saatverfahren	Pflanzen [Stück]
1884	James Booth, Klein Flottbeck (Hamburg, DE)	0,25	Vollsaat	(1050) 40 Übersiedelung
1885	James Booth, Klein Flottbeck (Hamburg, DE)	0,505	Rillensaart, 15cm	(1500) 166 Überwinterung
1886	James Booth, Klein Flottbeck (Hamburg, DE)	2	Rillensaart, Freiland 2, Schirm 1	(1385) 564 Überwinterung
	Heinrich Keller & Sohn, Darmstadt (DE)	1,5	Breitsaat und Rillensaart	(982) Überwinterung
1887	k.k. Ministerium d. Äußeren: Wisconsin!	2,64	Rillensaart 13 cm Stratifikation	22.000
	John Booth, Berlin (DE)	2	Rillensaart Stratifikation	8.000
	Heinrich Keller & Sohn, Darmstadt (DE)	2	Rillensaart 13 cm Stratifikation	7.000
1888	Heinrich Keller & Sohn, Darmstadt (DE)	2	Rillensaart 13cm	14.250
1889	Thomas Meehan and Son (USA) Korresp.: Germantown, Philadelphia	0,916	Rillensaart, Stratifikation	0
1890	"direkt aus Amerika v. Fernow (Colorado)" Korrespondenz: W. Fernow, Chief Forestry Division USDA, Washington	2,7	Rillensaart, Vorquellen	28.000
1891	Kein Eintrag			25.000
1892	"B. Tensow, Washington" offensichtlich Schreibfehler: W. Fernow (Korresp.)	5	Herbstaart	79.800

Quellen: Anbaukatalog 1884-1892 (Q 1) und Korrespondenzbuch 1889-1892 (Q 2)

In der Zeit vor 1893 leistet das Institut für forstliche Produktionslehre der Hochschule für Bodenkultur die Pionierarbeit beim Anbau von Gastbaumarten. Am heutigen Institut für Waldbau ist das Kulturbuch erhalten, in welchem die Versuche mit unterschiedlichen Baumarten in der Zeit zwischen 1884 und 1892 festgehalten sind (Q 1). Der damalige Leiter des Institutes, Prof. Gustav HEMPEL, erhält vom Ackerbauministerium 1886 einen großen Forschungsauftrag (vgl. CIESLAR 1901), die Anzucht exotischer Baumarten

zentral für die österreichische Reichshälfte durchzuführen. Die Akten des Institutes für Waldbau belegen, daß Hempel 1884 u.a. 0,25 kg Saatgut der Douglasie anbaut, davon 1050 Sämlinge erhält und diese jedoch zum großen Teil während des Umzuges von Mariabrunn auf die Knödelhütte verliert (Q 1). Die Tabelle 1 zeigt eine Übersicht über die Forschungsaktivitäten Hempels an der Douglasie in der Zeit von 1884 bis 1892. Zunächst bezieht er Saatgut von der Baumschule BOOTH in Hamburg, die auch im Arbeitsplan des deutschen Versuches als Saatgutlieferant vorgesehen war (DANCKELMANN 1884). Die Erfolge sind mäßig. Er variiert die Anbaumethode und läßt die einjährigen Sämlinge im Herbst ausheben und einschlagen, wodurch er regelmäßig einen großen Teil der Pflanzen über den Winter verliert. Erst der direkte Bezug aus den USA, verbunden mit einer warmnass Stratifikation (Q 1) liefert 1887 eine brauchbare Pflanzenausbeute (Tab. 1). Das Stratifizieren oder zumindest ein Vorquellen des Saatgutes erweist sich als Schlüssel zu einer erfolgreichen Pflanzenproduktion, wobei die direkte Lieferung durch die Forstabteilung des USDA nicht nur hohe Auflaufraten garantiert, sondern auch ein Eingrenzung der Abstammung ermöglicht. So notiert Hempel für die Lieferung des Jahres 1890 den Hinweis "Colorado", wodurch ein früher Bezug der Inlandsdouglasie erstmals für Österreich nachgewiesen werden kann (Tab. 1). CIESLAR berichtet später von einer Mischung unterschiedlicher Douglasienvarietäten (*viridis* und *glauca*), welche in einem 1888 begründeten Versuchsbestand auf dem heutigen Feld "B" des Versuchsgartens „Knödelhütte“ zu finden waren (CIESLAR 1920). Der Versuch fiel schließlich im Jahre 1946 einem Sturm zum Opfer.

Aus der zeitgenössischen Literatur läßt sich somit folgern, daß es zum einen einzelne Initiativen zum Anbau von Gastbaumarten in Österreich vor 1886 gegeben hatte und zum anderen, daß zwischen 1886 und 1891 das Material für die Staatsforste allein im Versuchsgarten „Knödelhütte“ offiziell herangezogen worden war. Dies schließt nicht aus, daß in jener Zeit Versuche mit anderem Material durchgeführt worden sind. Die Aussendung der Fragebogen durch die "k.k. Versuchsleitung" ist zweifelsohne als Reaktion auf die Veröffentlichung der Ergebnisse der Fragebogenaktion des deutschen Forstvereines im gleichen Jahr durch WEISE zu sehen (WEISE 1882). Während in Deutschland die preußische Versuchsanstalt schrittweise die Federführung unter den Landesversuchsanstalten des neu gestalteten Kaiserreiches übernimmt, ist die Forstwissenschaft in Österreich noch durch die Umstrukturierung gelähmt und eine Modernisierung der "k.k. Versuchsleitung" nicht nur durch knappe Mittel gebremst. Auch die Entscheidung des "k.k. Ackerbauministeriums" von 1891, den Anbau von

Gastbaumarten zu intensivieren, ist weder mit den Versuchen HEMPELS alleine zu begründen, noch mit der kurzen Übersichtsnotiz von CIESLAR aus dem Jahr 1888. Vielmehr scheint der positive Bericht SCHWAPPACHS (1891) über die preußischen Versuche zusammen mit der Tatsache, dass HEMPEL 1890 erstmals eine größere Zahl an Forstpflanzen an die "k.k. Forst- und Domänenverwaltung" liefern kann (Q 1), den Ausschlag zu geben. Gleichzeitig gelingt der "k.k. Versuchsanstalt" der Durchbruch in der Konkurrenz zur Universität. Endlich darf sie eine aktive Rolle spielen, die bisherigen Versuche sichten und die Neuanlage nach eigenen Plänen lenken (vgl. SALVADORI 1893, CIESLAR 1901). Cieslar zieht die Konsequenzen aus den bisher unveröffentlichten Anzucht-Erfahrungen HEMPELS (s.o.) und fordert den Bezug des Saatgutes zentral und direkt aus den Heimatländern der jeweiligen Holzart durch Vermittlung dortiger Forstorgane (CIESLAR 1891, s.a. CIESLAR 1901). Außerdem entwirft er erstmals für Österreich Arbeitspläne für die Neuanlage von Versuchen (CIESLAR 1891). Es ist zweifelsfrei das Verdienst CIESLARS, die Anbauversuche mit Gastbaumarten geordnet und regelmäßig ausgewertet zu haben. Die ersten Versuche und Anbauten in Österreich wurden jedoch von einzelnen Praktikern und von seinem Vorgänger auf dem Lehrstuhl für Waldbau, Prof. HEMPEL, durchgeführt.

Über die Auswertungen der Versuche mit Gastbaumarten haben die Mitglieder der forstlichen Versuchsanstalt dann unregelmäßig berichtet (CIESLAR 1901, ZEDERBAUER 1919, MELZER 1958, RANNERT 1979, KRISTÖFEL 2003). Regionale Auswertungen wurden nach 1958 für die einzelnen Bundesländer Burgenland, Kärnten, Niederösterreich, Salzburg und Vorarlberg publiziert (zur Übersicht vgl. RANNERT 1979). MAYER und SCHREIBER (1970) bewerteten die speziellen Versuche im Versuchsgarten „Knödelhütte“ der Universität für Bodenkultur.

4 Aktueller Stand des Douglasienanbaues

Österreich gehört mit einer Waldfläche von knapp 4 Mio. Hektar zu den walddreichen Ländern der Europäischen Union, auch wenn die Gebirgsverhältnisse nur auf 85,1% der Fläche Ertragswälder bzw. auf 82,8% der Fläche Hochwälder zulassen (ANONYMUS 2004). Wie die Tabelle 02 zeigt, finden sich die Nadelhölzer erwartungsgemäß auf zwei Drittel der Waldfläche. Das Inventurergebnis listet den Flächenanteil der Douglasie nicht separat, sondern nur im Kollektiv der "sonstigen Nadelhölzer" auf, die mit 5.000 ha bzw. mit 0,2% nur einen unbedeutenden Flächenanteil erreichen. Die Gastbaumarten finden sich

hauptsächlich in den Bundesländern Niederösterreich und Oberösterreich, wo sie Flächenanteile von 0,4% bzw. 0,3% erreichen (Tab. 02).

Tab. 02: Ergebnisse der nationalen Waldinventur Österreich 2002 - Flächenumfang im Ertragswald

Baumarten	Österreich		Land Niederösterreich		Land Oberösterreich	
	[10 ³ ha]	[%]	[10 ³ ha]	[%]	[10 ³ ha]	[%]
Douglasie						
Sonst. Nh	5	0,2	3	0,4	1	0,3
Summe Nh	2.255	66,9	396	54,4	280	63,2
Summe Lh	802	23,8	272	37,4	137	30,9
sonstiges	314	9,3	60	8,2	26	5,9
Gesamt	3.371	100	728	100	443	100

Quelle: ANONYMUS 2004

Tab. 03: Ergebnisse der nationalen Waldinventur Österreich 2002 - Vorratsumfang im Ertragswald

Baumarten	Österreich		Land Niederösterreich		Land Oberösterreich	
	[10 ³ Vfm]	[%]	[10 ³ Vfm]	[%]	[10 ³ Vfm]	[%]
Douglasie	335	0,0	256	0,1	80	0,1
Sonst. Nh	228	0,0	61	0,0	66	0,0
Summe Nh	886.759	81,0	148.398	68,5	117.723	74,8
Summe Lh	207.971	19,0	68.397	31,5	39.762	25,2
Gesamt	1.094.730	100	216.795	100	157.486	100

Quelle: ANONYMUS 2004

Betrachtet man die Vorratsverhältnisse (Tab 03), so fällt der vergleichsweise geringe Vorratsanteil der Gastbaumarten auf, der für Douglasie, Weymouthskiefer und "sonstige Nadelhölzer" (ANONYMUS 2004: 721 tsd Vfm entsprechend 0,07%) getrennt angegeben wird. Die Douglasie weist in Österreich mit 335 tsd Vfm den größten Vorrat unter den Gastbaumarten auf (Tab 03), der sich jedoch hauptsächlich aus den Beständen der ersten beiden Altersklassen ergibt. So erreicht die Douglasie bundesweit mit 86.000 Vfm, entsprechend 0,8% des Vorrates, in der ersten Altersklasse eine beachtliche Größenordnung (Anonymus 2004), die im wesentlichen auf die Wiederaufforstungen nach den großen Sturmkatastrophen der Jahre 1990 bis 2000 und den nachfolgenden Schäden durch Borkenkäfer zurück zu führen ist. Entsprechend dem Flächenvorkommen ist der Vorratsumfang in Niederösterreich dreimal so hoch wie im Bundesland Oberösterreich (Tab 03). Die anteilige Berücksichtigung der Douglasie in der Kulturarbeit erreicht in beiden Bundesländern allerdings vergleichbare Dimensionen: in Niederösterreich hat sie

einen Vorratsanteil von 1,3% in der ersten Altersklasse und einen solchen von 0,5 in der zweiten (ANONYMUS 2004). In Oberösterreich erreicht die Douglasie einen Vorratsanteil von 3,2% in der ersten Altersklasse und 0,2% in der zweiten (ANONYMUS 2004). Verfahrensbedingt scheinen die wenigen Altbestände der Douglasie nicht in der Statistik der österreichischen Waldinventur auf. Entsprechend bescheiden ist auch die Auswahl der Erntebestände, die nach dem forstlichen Vermehrungsgutgesetz in Österreich als "ausgewähltes Vermehrungsgut" zugelassen sind. Lediglich 43 Bestände mit einer Gesamtfläche von 57 ha stehen zur Verfügung, während alleine im deutschen Bundesland Nordrhein-Westfalen auf Erntebestände der gleichen Kategorie mit einer Flächenausdehnung von insgesamt knapp 128 ha zurückgegriffen werden kann (ANONYMUS 2002).

Die steigende Wertschätzung der Douglasie in den vorangegangenen zwei Jahrzehnten ist nicht alleine auf die Aufklärungsarbeit von FBVA, Vereinen und Landwirtschaftskammern zurückzuführen, sondern auch ein Ergebnis der Förderungspolitik. So war es beispielsweise von 1979 bis 1998 in Niederösterreich möglich, beim Anbau der Douglasie Fördermittel zu erhalten, da sie als Mischbaumarten vergleichbar der Weißtanne eingestuft war (SCHUSTER 2002). Seit 1999 kann bei Mischwaldaufforstungen nur mehr ein Anteil von maximal 50% Gastbaumarten gefördert werden, wobei dieser als Ersatz für die Verwendung der Fichte betrachtet wird. Die Fördersätze orientieren sich an den natürlichen Waldgesellschaften und sind deutlich nach Gesichtspunkten der Naturnähe gestaffelt (SCHUSTER & GOTSMY 2001). Die Abbildung 01 zeigt den Umfang der verwendeten Douglasienpflanzen in der Kulturarbeit für Österreich bzw. für das Bundesland Niederösterreich beginnend mit dem Jahr 1989. Die Grafik verdeutlicht, dass im Bundesvergleich der Schwerpunkt des Douglasienanbaues eindeutig in Niederösterreich liegt.

Tab. 04: Zur Beerntung n. d. Österr. Vermehrungsgutgesetz zugelassene Bestände

Bundesland	Zahl der Bestände	Flächengröße [ha]	Gesamtfläche [ha]
Burgenland	2	1,62 - 3,4	5,02
Kärnten	4	0,15 - 1,12	1,72
Niederösterreich	32	0,18 - 5,04	48,86
Oberösterreich	1	0,3	0,3
Salzburg	-		
Steiermark	4	0,18 - 0,51	1,22
Tirol	-		
Vorarlberg	-		
Wien	-		
SUMME	43		57,12

Quelle: NATREG 2004

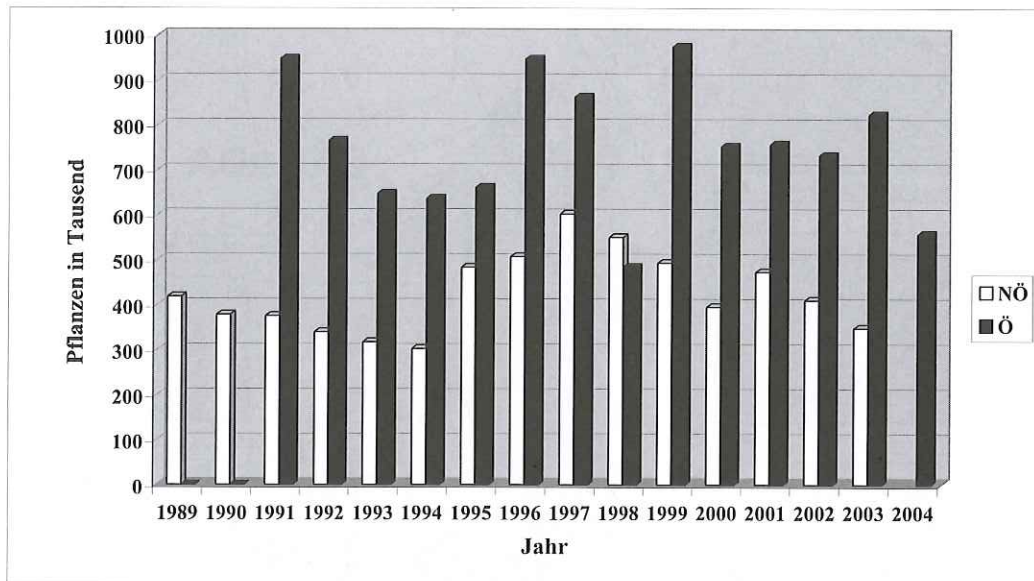


Abb. 01: Umfang des Douglasienanbaues in Österreich sowie im Bundesland Niederösterreich seit 1989 (nach Schuster 2002 erweitert auf Basis v. Quelle 03)

5 Forstgenetische Arbeiten und Herkunftsempfehlungen

Besonders in der zweiten Hälfte des vorangegangenen Jahrhunderts wurden in Österreich zahlreiche Provenienzversuche mit Douglasie angelegt, die allerdings oft nur kleine Flächen umfassen. GÜNZL (1986) erwähnt 45 Versuchsflächen, SCHULTZE und RASCHKA (2002) erwähnen 40, von denen sie 30 bei ihren Auswertungen berücksichtigen. Darüber hinaus gibt es noch einzelne Flächen, die von den Kammern bzw. von Privatpersonen angelegt worden sind. In der Vergangenheit hat GÜNZL immer wieder zusammenfassend darüber berichtet (zur Übersicht vgl. GÜNZL 1987). Allen Ergebnissen gemeinsam ist, daß besonders die Provenienzen der Westkaskaden gut abschneiden und dies sowohl im nördlichen Oberösterreich (HEIS et al. 1984), als auch am Rande des Kärntner Beckens (NEUPER 1998), als auch im Weinviertel (GÜNZL 1986) bzw. nach längerer Beobachtung im sommerwarmen Osten Österreichs (SCHULTZE und RASCHKA 2002). Damit sind die Provenienzen der nordamerikanischen Samenzonen 402/403, wie beispielsweise "Darrington" oder "Concrete" aus Höhenlagen zwischen 350 und 800m sehr gut für Österreich geeignet (HEIS et al. 1984, NEUPER 1998, SCHULTZE & RASCHKA 2002). Ferner können die Provenienzen der Samenzonen 411, 412, 421 und 422, ebenfalls aus einem Höhengürtel zwischen 350 und 800m empfohlen werden (HEIS et al. 1984, SCHULTZE & RASCHKA 2002). Für den sommerwarmen Osten Österreichs werden darüber hinaus die Provenienzen der Samenzonen 430 und 440 empfohlen (SCHULTZE & RASCHKA 2002).

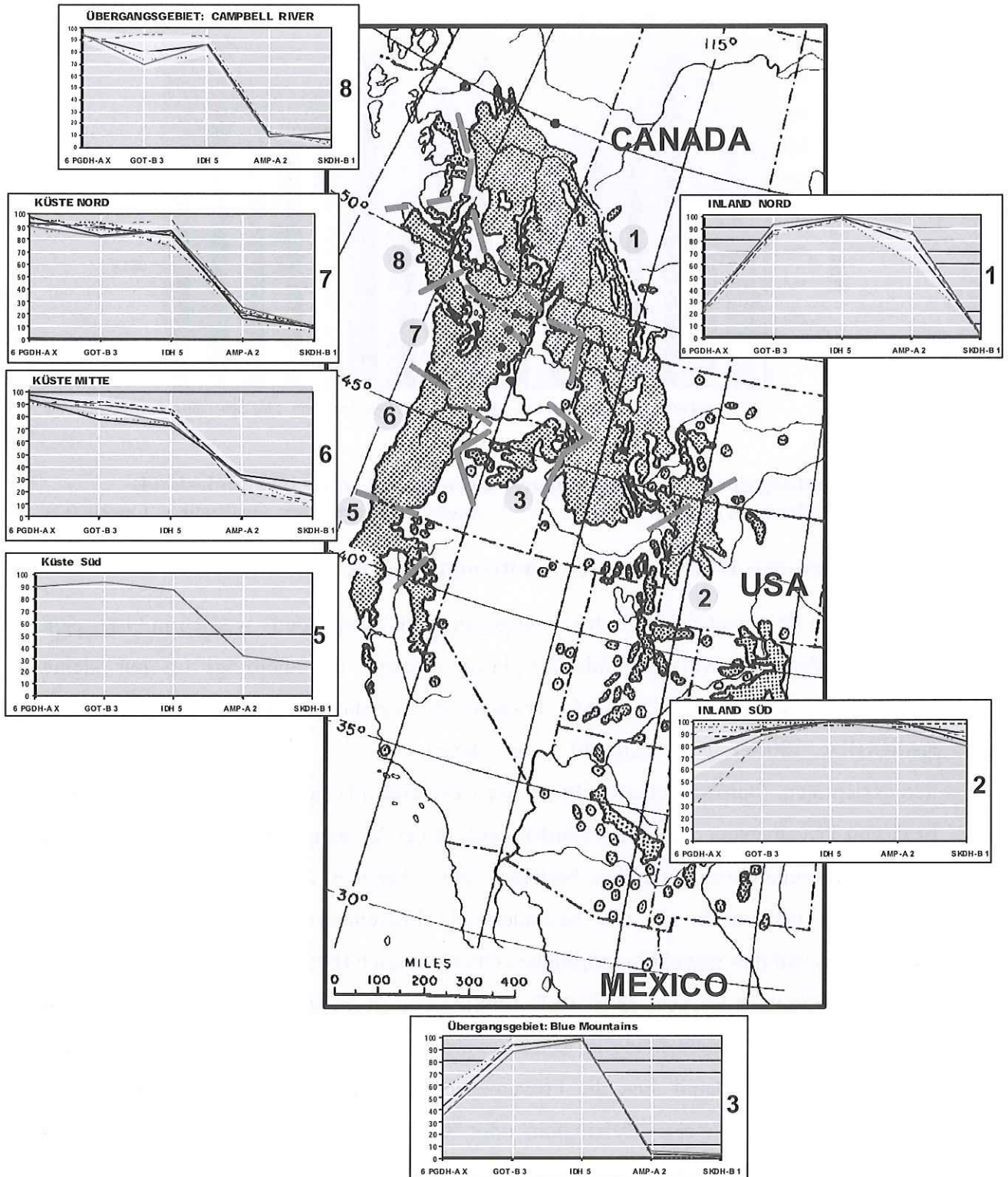


Abb. 04: Untergliederung des Vorkommens der Douglasie in Teilareale auf Grund von Referenzvektoren (aus Klumpp 1999) (Weitere Erläuterungen im Text)

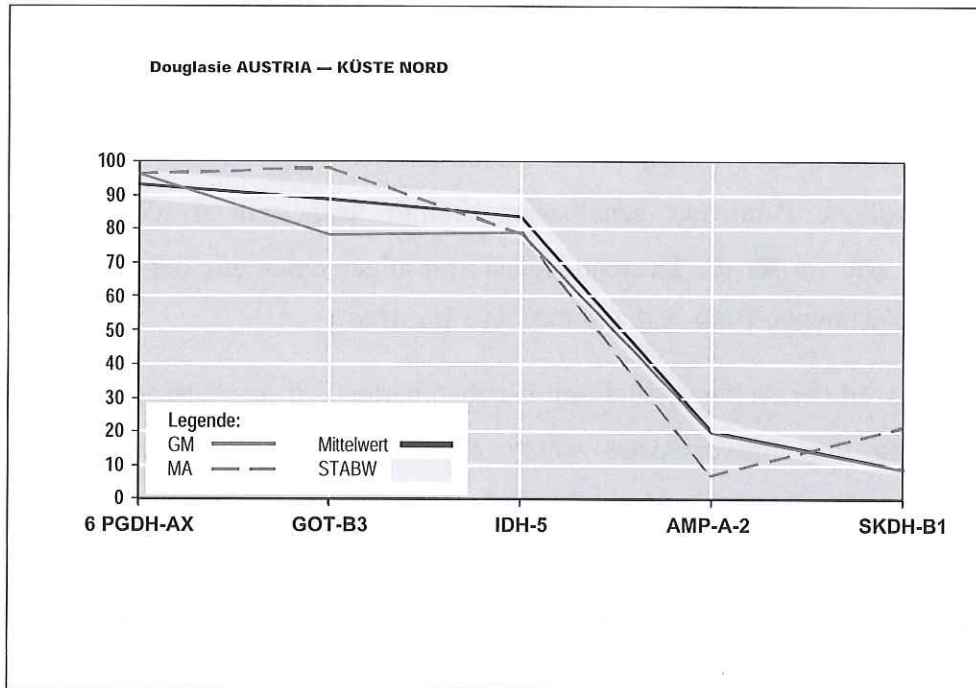


Abb. 04: Referenzvektor für den Ökotyp der Douglasie aus dem Teilareal "Küste-Nord" (Mittelwert-Linie; nach Klumpp 1999) im Vergleich mit den Referenzvektoren ausgewählter Douglasien-Altbestände in Österreich (GM-, MA-Linie)
(Weitere Erläuterungen im Text)

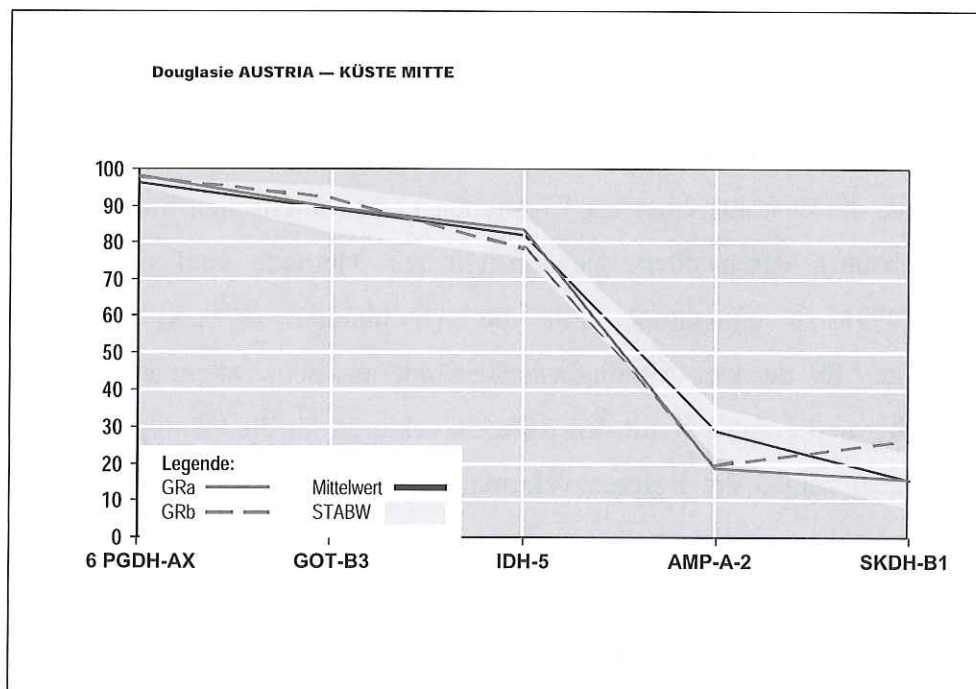


Abb. 05: Referenzvektor für den Ökotyp der Douglasie aus dem Teilareal "Küste-Mitte" (Mittelwert-Linie; nach Klumpp 1999) im Vergleich mit den Referenzvektoren ausgewählter Douglasien-Altbestände in Österreich (GRa-, GRb-Linie) (Weitere Erläuterungen im Text)

Populationsgenetische Analysen an Douglasienbeständen aus Österreich mit Hilfe der Isoenzymanalyse hat BÖCK (1998) durchgeführt. Untersucht wurden die bekannten Altdouglasienbestände aus Großreifling (Anlage 1883 bzw. 1913), Reindlmühl (Anlage 1890) und Manhartsberg (Anlage 1888). Dabei konnten vergleichbare Größenordnungen für unterschiedliche Parameter genetischer Vielfalt festgestellt werden (KLUMPP & BÖCK 1998), wie sie für die Küstendouglasie im allgemeinen aus der Literatur bekannt sind (vgl. LI & ADAMS 1989, YEH & O'MALLEY 1980).

In der Anfangszeit der Anbauversuch mit Gastbaumarten war das Wissen um die Existenz und Bedeutung von Provenienzen wenig entwickelt. Fehlende bzw. unvollständige Unterlagen über die damaligen Versuche waren der Anlass für unterschiedliche Versuche der Herkunftsrekonstruktion in der Vergangenheit. Der Einsatz der Isoenzymgenmarker ist hierfür in dem zurückliegenden Jahrzehnt erheblich weiterentwickelt worden (z.B. allelische Profile: Finkeldey 1993). Bei der Douglasie wurden durch die arealweite Studie von Li und ADAMS (1989) wesentliche Impulse gegeben. Später entwickelten KLUMPP (1993) und LEINEMANN (1998) Methoden, um die Varietäten der Douglasie zu unterscheiden.

Mithilfe einer arealweiten Studie an der Douglasie und unter Einsatz des Datenmaterials von Li und Adams (1989) gelang es schließlich Klumpp (1999) mit Hilfe von Isoenzymgenmarkern eine Unterscheidung von bis zu 9 unterschiedlichen Ökotypen durchzuführen. Die Abbildung 03 zeigt die Abgrenzung der Teilareale der einzelnen Ökotypen sowie die jeweiligen Referenzvektoren (KLUMPP 1999). Die Referenzvektoren ermöglichen es, die charakteristischen Eigenarten in den allelischen Strukturen mehrerer Genloci gleichzeitig darzustellen. Einzelheiten zur Methode sind der Originalarbeit (KLUMPP 1999) zu entnehmen. Für die Abbildungen 04 und 05 wurden die Referenzvektoren für die vier Altdouglasienbestände aus dem Datenmaterial von BÖCK (1998) abgeleitet und graphisch mit den Referenzvektoren für die Ökotypen der Douglasie verglichen. Dabei zeigen die Referenzvektoren der Bestände "Reindlmühl" (GM) sowie "Manhartsberg" (MA) eine weitgehende Übereinstimmung mit dem Referenzvektor des Douglasienökotypes "Küste-Nord", während die beiden Bestände aus Großreifling (Gra, GRb) eine Affinität zum Referenzvektor des Ökotypes "Küste Mitte" zeigen. Damit kann angenommen werden, daß das Ausgangsmaterial für die Bestände von Großreifling im westlichen Teil von Oregon und das der Bestände Manhartsberg und Reindlmühl im westlichen Teil Washingtons bzw. im südlichen Teil Vancouver Islands gewonnen wurde.

KRISTÖFEL (2003) gibt für den Bestand in Reindlmühl an, er wäre mit dreijährigen Pflanzen begründet worden. Geht man davon aus, daß der Versuchsgarten der Universität für Bodenkultur der Lieferant des Materials ist, so sind für 1887 drei verschiedenen Bezugsquellen aktenkundig (Tab. 01). Bei der Probennahme für die Isoenzymanalyse hingegen deuteten die phänotypischen Merkmale (Nadelfarbe, Aststellung etc.) auf eine Küstenprovenienz (vgl. BÖCK 1998). Wie bereits in einer früheren Arbeit ausgeführt, muß generell davon ausgegangen werden, daß eine Reihe von Altbeständen mit Material aus unterschiedlichen Mutterbeständen begründet wurde (KLUMPP 1999, LEINEMANN 1998).

6 Waldbauliche Erfahrungen und Konsequenzen

Die potentiellen Anbauggebiete Österreichs für die Douglasie finden sich hauptsächlich im nördlichen Alpenvorland, im gesamten Alpenrandbereich sowie nördlich der Donau im Bereich der böhmischen Masse. Bisherige Empfehlungen zum Anbau (GÜNZL 1987, KOHL & NATHER 1991) basieren noch auf den frühen Erfahrungen aus den Praxisversuchen, die gegen Ende der sechziger Jahre des vorigen Jahrhunderts (vgl. GÜNZL 1987) angelegt worden waren. Vor allem die seither zu beobachtenden Änderungen der klimatischen Bedingungen verbunden mit ehemals optimistischen Fehleinschätzungen bezüglich der Verwendungsmöglichkeit einzelner Provenienzen machen dringend eine Neubewertung der Anbauempfehlung notwendig. Außerdem wurde die damals gültige Wuchsgebietsgliederung nach TSCHERMACK (1953) inzwischen überarbeitet und durch eine Neugliederung ersetzt (KILIAN et al. 1994), wodurch die Nachvollziehbarkeit der bisherigen Empfehlungen heute eingeschränkt ist.

Die Abbildung 2 zeigt die Ausdehnung der potentiellen Anbauggebiete der Douglasie vor dem Hintergrund der heute gültigen Wuchsgebietseinteilung in Österreich. Gravierende Änderungen gegenüber früheren Anbauempfehlungen (GÜNZL 1987, KOHL & NATHER 1991, Schuster 2002) mußten im Bereich Ostösterreichs vorgenommen werden, wo die Jahresniederschläge im Beobachtungszeitraum 1961-1990 teilweise um mehr als 100 mm im Vergleich zu älteren Berechnungen abgesunken sind (vgl. SKODA & LORENZ 2003). Betroffen sind die Gebiete des nördlichen und östlichen Weinviertels (WG VIII TSCHERMACK 1953) sowie das nördliche Burgenland (WG VII4 TSCHERMACK 1953), die heute im Wuchsgebiet 8.1 (Kilian et al. 1994) zusammengefaßt sind, und das oststeirische Hügelland (WG VII6 TSCHERMACK 1953; heute WG 8.2 KILIAN et al. 1994).

Am Beispiel des nördlich von Wien gelegenen Weinviertels wird die Klimaänderung während der vergangenen drei Jahrzehnte besonders deutlich. Die Karte der mittleren Jahressummen des Niederschlages im Atlas von Niederösterreich (AMBERGER 1952), der die Periode 1891-1950 berücksichtigt, weist für das Weinviertel auf etwa einem Viertel der Fläche eine mittlere Jahressumme von 600-700mm sowie auf der übrigen Fläche einen Wert von 500-600mm Niederschlag auf (STEINHAUSER 1952). Für die nachfolgende Periode von 1961-1990 ergeben sich jedoch im Norden sowie im Osten (GÄNSERNDORF) eine mittlere Jahressumme von 400-500mm Niederschlag auf etwa einem Viertel der Fläche, während das übrige Areal Werte von 500-600mm erreicht (SKODA & LORENZ 2003).

Da das Mindestkriterium für einen erfolgreichen Anbau der Douglasie bei 690 mm Jahresniederschlagssumme nach FOERST (1981) anzusetzen ist, kann in weiten Teilen des Weinviertels unter den herrschenden klimatischen Bedingungen der Anbau der Douglasie nicht mehr empfohlen werden. Dies gilt auch für das Leithagebirge, wo die Douglasie ursprünglich für die Umwandlung von Mittelwäldern vorgesehen war (KOHL & NATHER 1977, GÜNZL 1987). Hier sind die mittleren Jahresniederschläge von 700 -800mm auf 500-600mm bzw. von 800-900mm auf 600-700mm in den genannten Perioden zurückgefallen (vgl. STEINHAUSER 1952, SKODA & LORENZ 2003). Aus dem gleichen Grund mußten ferner die Regionen um Oberpullendorf und Güssing im südlichen Burgenland aus einem potentiellen Anbauggebiet ausgeschlossen werden (vgl. Abb. 3). Es wird an dieser Stelle angeregt, die Anbauempfehlung für Douglasie einer intensiven Diskussion zu unterziehen, bei der nicht nur die sich ändernden Klimabedingungen, sondern auch aktuelle ökosystemare Überlegungen zum Management der Biodiversität der österreichischen Waldgesellschaften Berücksichtigung finden müssen.

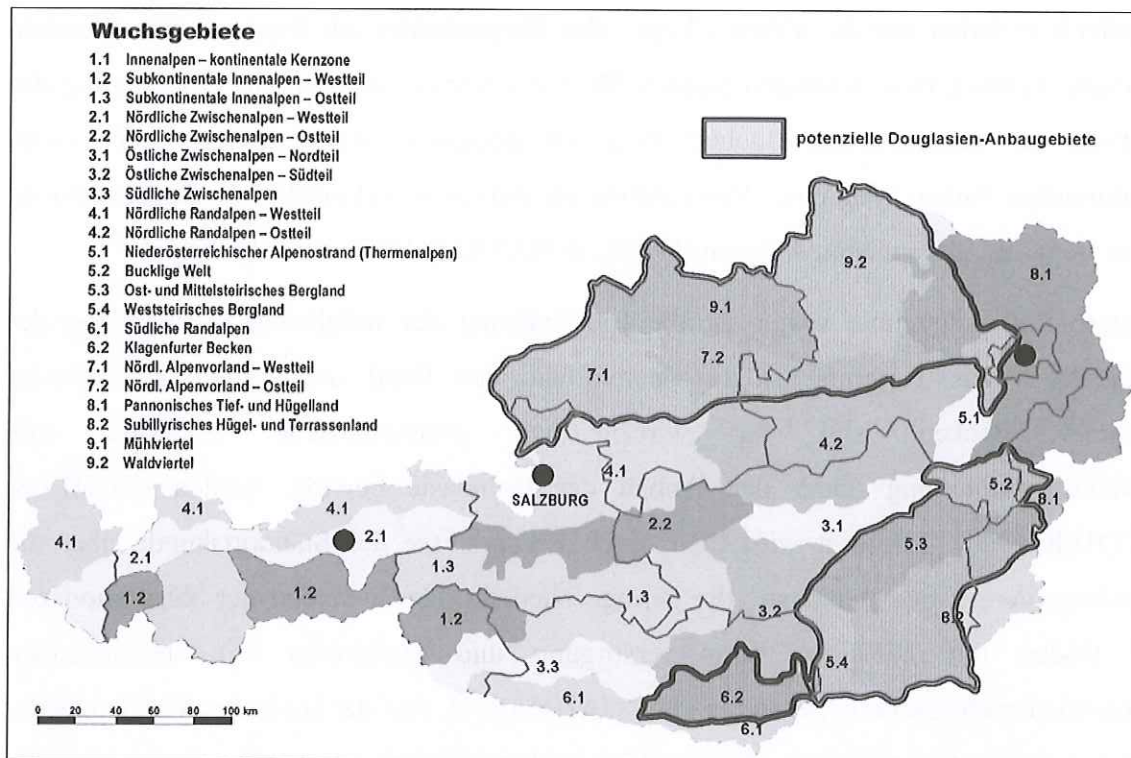


Abb. 3: Potentielle Naturräume für den Anbau der Douglasie in Österreich (schraffiert) vor dem Hintergrund der forstlichen Wuchsgebietsgliederung (erstellt im Anhalt an: KOHL & NATHER 1977 sowie GÜNZL 1986 - veraendert; Wuchsgebiete nach KILIAN et al. 1994)

Erste Ratschläge zum Anbau der Douglasie gibt CIESLAR (ders.1901) nach Auswertung der Versuchsanbauten. Dabei empfiehlt er den Anbau zusammen mit der Fichte bzw. Fichten-Lärchen-Mischung sowie den Einsatz in der Buchen-, Tannen- und Tannen-Fichtenverjüngung. Ferner wird der Anbau auf der Kahlfläche ebenso empfohlen, wie der unter Schirm, im Reinbestand, sowie in Mischung und letztlich der Anbau in höheren Lagen ebenso wie der in Tieflagen. Nur bei der Frage des Standortseigenschaften beginnt CIESLAR (1901) zu differenzieren: er empfiehlt die besseren, milden und frischen Standorte und rät vom Anbau auf naßkalten Böden sowie auf trocken-mageren Standorten ab (CIESLAR 1901).

Drei Jahrzehnte später nimmt SCHREIBER zum Anbau der Douglasie in Österreich Stellung und geht dabei ausführlich auf Anbaumöglichkeiten im Burgenland ein (SCHREIBER 1931). Er rät zum Anbau der grünen Varietät, das Wissen um die drei Varietäten ist spätestens seit der Publikation von MAYR (1906) allgemein bekannt, und empfiehlt Gebiete mit reichlich Niederschlägen im Frühjahr. Damit kommt SCHREIBER dem heutigen Wissen um beschränkende Klimafaktoren beim Douglasienanbau bereits recht nahe. Auf Grund der bekannt niedrigen Jahresniederschläge von 600-900 mm,

empfiehlt er ferner nur die höheren Lagen des Burgenlandes mit frischen, humusreichen sandigen Lehmen bzw. lehmigen Sanden für einen Anbau, und gibt zur Orientierung das Leitbild der tannenreichen Buchenwälder als geeignete Waldgesellschaft für einen erfolgreichen Anbau. Von einer Verwendung im südlichen und nördlichen Burgenland rät er im Gegensatz zu späteren Autoren (KOHL & NATHER 1977) ausdrücklich ab.

Weitere fünf Jahrzehnte später ist die Einschätzung der möglichen Verwendung der Douglasie weitaus euphorischer. Im Alpenvorland, dem Wald- und Weinviertel sowie im Kärntner Becken, soll für wirtschaftlich problematische Standorte eine Produktionssteigerung durch den Anbau der Douglasie bewirkt werden (KOHL & NATHER 1977). Ermutigt wird man durch Erkenntnisse der Standortkunde über die Standortstoleranz der Douglasie, die geringe Niederschläge während der Vegetationszeit auf Böden mit günstiger Wasserversorgung und Standorten mit ausreichenden Winterniederschlägen kompensieren kann (JAHN 1954). Auf der Basis des Vergleichs der Standortparameter zwischen Anbaugbiet und möglichen Herkunftsgebieten werden Provenienzen ausgewählt und zum Anbau empfohlen. Das Spektrum der für den Einsatz der Douglasie vorgesehenen Waldgesellschaften reicht vom kollinen Eichen-Hainbuchenwald bis zum submontanen Buchen-Tannenwald und erstreckt sich in Höhenzonen von 200 / 300m ü.N.N. bis auf 900m ü.N.N. (KOHL & NATHER 1977). Man wagt sich dabei in Niederschlagsbereiche von 500 bis 600 mm Jahresniederschlag, nicht berücksichtigend, dass nur weitere zwei Jahrzehnte später die Jahresniederschlagsmengen durch eine Klimaschwankung noch geringer ausfallen könnten.

GÜNZEL gibt eine weit differenziertere Anbauempfehlung, die er mit ersten Ergebnissen aus den Provenienzversuchen untermauern kann, welche seit dem Ende der 60er Jahre des vorigen Jahrhunderts in Österreich durch die FBVA angelegt worden waren (GÜNZEL 1987). Aus seiner Sicht soll die Douglasie dort eingesetzt werden, wo die Fichte im Anbaugrenzbereich ist bzw. auf den guten Kiefernbonitäten, wo die Mehrleistung der Douglasie deutlich sichtbar wird. Diese Grundregel stand in deutlicher Übereinstimmung mit den damaligen Vorstellungen in Nordwestdeutschland (OTTO 1987) und Baden-Württemberg (WEIDENBACH 1980). GÜNZEL hebt weiter die Möglichkeit hervor, die sekundären Kiefernwälder auf devastierten Standorten (Streunutzung!), mit Hilfe der Douglasie in leistungsfähigere Wälder umzuwandeln (GÜNZEL 1987).

Erfahrungsberichte aus der forstlichen Praxis haben als Ergänzung zu den auf wissenschaftlichen Erkenntnissen theoretisch abgeleiteten Regeln einen besonderen

Stellenwert. Hier sind besonders in Österreich die Bemühungen der Landes-Landwirtschaftskammer Niederösterreich hervorzuheben, die im Kleinprivatwald die Herkunftsempfehlungen umgesetzt hat und deren Wirkung in Form von über 200 Praxisversuchen an kleinen Reinbeständen (0,2 ha) weiter beobachtet. Eine erste Auswertung hat KILLINGER im Rahmen einer Diplomarbeit durchgeführt (KILLINGER 2000, HOCHBICHLER & KILLINGER 2002). Eine Reihe von waldwachstumskundlich und historisch bekannten Zusammenhängen konnte statistisch belegt werden. Beispielsweise waren die in den 70er Jahren des vorigen Jahrhunderts angepflanzten Bestände mit höheren Stammzahlen begründet worden und zeigten bei der Untersuchung einerseits die schwächeren Aststärken und andererseits jedoch größere Oberhöhen (KILLINGER). Die verwendeten Pflanzanzahlen schwankten zwischen 560 St/ha und 5000 St/ha. Ferner hatten die Bestände aus Rechtecksverbänden die stärkeren Äste im Vergleich zu Beständen, die aus Quadratverbänden erwachsen waren (KILLINGER 2000). Interessant hingegen war die Feststellung, dass Weitverbände im Wuchsgebiet „Bucklige Welt“ (WG 5.2) bevorzugt werden und im Waldviertel hingegen die engeren Verbände (KILLINGER 2000). Aus den Ergebnissen wird ein optimaler Pflanzverband von 2x2m abgeleitet sowie die Empfehlung bei kleineren Pflanzanzahlen die natürliche Verjüngung von Laubholz als Füllbestand zu fördern (KILLINGER). Der Einfluss der Herkunft auf die Astentwicklung war gering (KILLINGER 2000). Die Gruppe der Provenienzen aus den Westhängen der Kaskaden zeigten allerdings im Wuchsgebiet "Bucklige Welt" bessere Wuchsleistungen als die übrigen Provenienzen, während im kontinental getönten Waldviertel die Provenienzen aus dem Übergangsbereich besser abschnitten (KILLINGER 2000). Grundsätzlich war der Einfluß der verfügbaren Niederschlagsmenge deutlich beim Vergleich der Oberhöhen nachzuweisen. Bedenklich war der Befund, dass etwa 50% der ursprünglich angelegten Praxisversuche fehlgeschlagen waren (KILLINGER 2000). Der Autor führt hier neben falscher Standortwahl besonders eine mangelnde Pflege als mögliche Ursache an (KILLINGER 2000). Demgegenüber muß eindeutig festgestellt werden, dass eine mangelnde Konkurrenzfähigkeit der Douglasie gegenüber der Buche bzw. der Begleitvegetation auch durch eine schlechte Wasserversorgung (Niederschläge!) ausgelöst werden kann. Die vorhandenen Dokumente sollten hinsichtlich des verfügbaren Niederschlages im Untersuchungszeitraum dringend nochmals überprüft werden, um einen Hinweis auf die oben angeregte Neuabgrenzung des potentiellen Douglasienanbaugebietes zu erhalten.

Über besonders gute Erfahrungen bei der Umwandlung von sekundären Kiefernforsten mit Hilfe der Douglasie werden aus dem Forstbetrieb Krems der österr. Bundesforste AG berichtet (CHALOUPEK 2002). Vorhandene 60 jährige Baumhölzer der Douglasie ermutigen die dortigen Wirtschaftsführer zu einem verstärkten Einsatz der Douglasie, obwohl auch dieses Gebiet mit derzeit 500mm Jahresniederschlag eigentlich nicht für den Anbau geeignet erscheint. Das waldbauliche Konzept sieht eine Bestandesbegründung mit 2500 Pflanzen/ ha vor, wobei auf Nachbesserungen zugunsten der ankommenden Naturverjüngung verzichtet wird. Die Kosten für die gesicherte Kultur belaufen sich derzeit inkl. Astung und Stammzahlreduktion, aber ohne Schlagräumung und Bodenvorbereitung auf 4.200,- EUR/ha. (CHALOUPEK 2002). Der Vorteil besteht darin, dass die natürliche Eichen-Hainbuchen Waldgesellschaft mit eingebunden wird. Anflug und Hähersaat stellen sich trotz zum Teil großer Entfernung von Mutterbäumen ein und müssen im Dickungsstadium nur noch gefördert werden. Im Vergleich zur bisherigen Bestockung mit Waldkiefer im Reinbestand bieten sich damit wirtschaftlich interessante Alternativen, die auch ökologisch wertvoll sind, weil sie der natürlichen Waldgesellschaft Raum zur Rückkehr bietet. Die bisherige Kritik von Seiten des Umweltschutzes (ELLMAUER 2002) ist völlig verfehlt, da die bestehenden kleinen Reste der natürlichen Eichen-Hainbuchen-Waldgesellschaft nicht betroffen sind. Entscheidend für eine künftige breite Akzeptanz wird allerdings die erfolgreiche Pflege des beigemischten Laubholzes im Dickungsstadium sein!

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass vor dem Hintergrund des sich abzeichnenden Klimawandels und einer steigenden Aktivitätsrate von Insekten an Douglasien im Trockenstress (BUBLER & BLASCHKE 2004), die Ausweisung potentieller Anbaugelände für die Douglasie in Österreich neu überdacht werden muss. Bewährt hat sich offensichtlich der Einsatz bei der Umwandlung sekundärer Kiefernbestände sowie der Anbau in submontanen Buchen-Tannen-Wäldern bzw. Eichen-Buchen-Wäldern mit Tanne im gesamten Alpenvorland. Nach heutiger Auffassung ist besonders hier in den Buchenmischwaldgesellschaften die Douglasienaturverjüngung durch Lichtdosierung steuerbar (TEUFEL & KASTRUP 1998). Gruppen bis kleinflächige Mischungen sind daher und nicht zuletzt auf Grund der Wuchsdynamik zu empfehlen (HUSS 1996). Damit soll eine Abkehr von der Empfehlung zur Begründung im Reinbestand (KOHL & NATHER 1991, KOHL & NATHER 1993) deutlich zum Ausdruck gebracht werden! Eine Erweiterung der natürlichen Mischwaldgesellschaft um die Douglasie eröffnet dem

Waldbesitzer eine Vielzahl waldbaulicher (Femeln) und wirtschaftlicher Möglichkeiten ohne Gefahr zu laufen, die vorhandenen Biozönosen zu überprägen.

7 Schlussbetrachtungen und Ausblick

Unverändert scheint die vorsichtige Mentalität der forstlichen Entscheidungsträger Österreichs bei der Baumartenwahl für Aufforstungen: hauptsächlich nach Katastrophen wird auf die Douglasie und ihre Wuchsleistung zurückgegriffen. Das Land Niederösterreich fällt insgesamt durch eine stetigere Verwendung der Douglasie und einen offensichtlich weitgehend standortgerechten Einsatz in den Kulturen auf, der in der Gesamtvorratsstatistik des Landes bereits sichtbar wird (Vorratsanteil 0,1%; ANONYMUS 2004). Es ist dies nachweislich das Ergebnis jahrzehntelanger intensiver Beratung aller Waldbesitzer durch die Forstorgane des Landesforstdienstes und der Landwirtschaftskammern. Obwohl noch lange nicht von einem Durchbruch in der Anerkennung der Douglasie als wirtschaftlich bedeutende und ökologisch wertvolle Mischbaumart gesprochen werden kann, ist doch deutlich eine Trendwende in den Bundesländern Oberösterreich und Niederösterreich erkennbar.

Die Konzentration des Douglasienanbaues im Bereich des nördlichen Alpenvorlandes wird es in Zukunft erleichtern, einen regionalen Absatzmarkt aufzubauen und damit neben der Volumenleistung auch die Wertleistung der Douglasie für den Waldbesitzer zu sichern. Die bestehenden Resentiments von Seiten des Naturschutzes können allerdings nur dann entkräftet werden, wenn auch in Österreich die Großbetriebe auf flächige Reinbestände verzichten und dem autochthonen Baumartenspektrum einen höheren Anteil bereits in den Jungbeständen zugestehen. Das Beispiel des Freiburger Stadtwaldes (BADEN-WÜRTTEMBERG), wo die Douglasie ihren selbstverständlichen Platz im Fichten-Tannen-Buchenwald sowie im Buchenmischwald gefunden hat (BURGBACHER 1996), kann hier als Vorbild für künftige Aktivitäten in Österreich dienen.

8 Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit dem Anbau der Douglasie in Österreich. Ausgehend von historischen Analysen von Quellen und zeitgenössischer Literatur werden die frühen Anbauversuche durch Hempel erstmals vorgestellt und die Hintergründe für das geringe Interesse an der Douglasie während der ersten Anbauwelle in Europa erörtert. Das Zahlenmaterial der jüngsten Waldinventur Österreichs wird zur Beschreibung der gegenwärtigen Situation herangezogen, wobei ein zunehmendes Interesse an der Verwendung der Douglasie in den Kulturen der zurückliegenden zwei bis drei Jahrzehnten

dokumentiert werden kann. Die Ergebnisse der Provenienzversuche sowie populationsgenetische Analysen an Altdouglasienbeständen werden vorgestellt. Die Analyse der waldbaulichen Erfahrung deckt einen dringenden Handlungsbedarf auf bei der Ausweisung potentieller Anbauggebiete in Österreich auf Grund der laufenden Klimaänderung sowie bei der Adaptierung der waldbaulichen Verwendung auf heutige Bedürfnisse und Erkenntnisse.

Quellen

- Q 01** Anbaukatalog des Versuchsgartens der Universität für Bodenkultur für die Periode 1884-1992
- Q 02** Korrespondenzbücher des Institutes für Waldbau der Universität für Bodenkultur aus den Jahren 1889-1992
- Q 03** Österreichische Forstpflanzenstatistik; Listen des Forstpflanzenbilanzkomitees im Bundesministerium für Landwirtschaft, Forsten, Umwelt und Wasser (BM:LFUW)

9 Literatur

- AMBERGER, E. (Hrsg.), 1952: Atlas von Niederösterreich. 3. Doppellieferung. Freytag-Berndt und Artaria, Wien.
- ANONYMUS 2002: MUNLV NRW Landeswaldbericht 2002.
<http://www.munlv.nrw.de/sites/arbeitsbereiche/forsten/waldbericht/stabilitaet.htm>
- ANONYMUS 2004: Österreichische Waldinventur 2000/02.
<http://web.bfw.ac.at/i7/oewi.oewi0002>
- BÖCK, E., 1998: Untersuchungen zur Genetik von Altdouglasienbeständen in Österreich. Institut für Waldbau, Universität für Bodenkultur Wien, unveröff. Diplomarbeit, 55 S.
- BURGBACHER, H., 1996: Der Stadtwald Freiburg, Waldwirtschaft im Wandel gesellschaftlicher Anforderungen. AFZ 51(20): 1094-1099.
- BUßLER, H. und BLASCHKE, M., 2004: Die Douglasie - (k)ein Baum für alle Fälle - Waldschutzaspekte bei der Douglasie. LWF aktuell 46: 14-15.
- CHALOUPEK, W., 2002: Douglasienanbau im Großwald. In: Anonymus 2002: Waldbautage der Österr. Bundesforste AG: Erster Österr. Douglasientag in Krems an der Donau. 25. April 2002. CD-ROM Publikation der Vorträge.
- CIESLAR, A., 1888: Über Anbauversuche mit fremdländischen Holzarten. Cbl.ges. Forstw. 24: 59-60.
- CIESLAR, A., 1898: Vergleichende Studien über Zuwachs und Holzqualität von Fichte und Douglastanne. Cbl. ges. Forstw. 24: 355-372.
- CIESLAR, A., 1901: Über Anbauversuche mit fremdländischen Holzarten in Österreich. Cbl. ges. Forstw. 27: 101-116 und 150-209.
- CIESLAR, A., 1920: Die grüne Douglasie (*Pseudotsuga douglasii* Carr.) im Wienerwalde. Cbl. ges. Forstw. 46: 3-26.
- DANCKELMANN, 1884: Arbeitsplan für die Anbauversuche mit ausländischen Holzarten. 2. Ausgabe. Lange /Berlin. 16 S.
- DIMITZ, L., 1888: Mariabrunn. Ein Beitrag zur Geschichte des Hauses. Cbl.ges. Forstwes. 14: 261-268.
- ELLMAUER, Th., 2002: Die Douglasie im Rahmen der aktuellen Naturschutzrichtlinien. In: Anonymus 2002: Waldbautage der Österr. Bundesforste AG: Erster Österr. Douglasientag in Krems an der Donau. 25. April 2002. CD-ROM Publikation der Vorträge.
- FINKELDEY, R., 1993: Die Bedeutung allelischer Profile für die Konservierung genetischer Ressourcen bei Waldbäumen. Göttinger Forstgenet. Berichte Nr. 14, 176 Seiten
- FOERST, K., 1981: Empfehlungen zum Douglasienanbau in Bayern. AFZ 36: 1071-1072
- GÜNZL, L., 1986: Anbauerfahrungen aus den österreichischen Douglasien-Provenienzversuchen der letzten 20 Jahre. Allgem. Forstzeitung Wien 97 (2): 32-33
- GÜNZL, L., 1987: Empfehlungen für den Douglasienanbau in Österreich. ÖFZ 98 (4): 24-25.

- HEIS, H., RUETZ, W. und BENTZ, F., 1984: Auswertung von drei Douglasienprovenienzversuchen im Alter von zehn Jahren in Oberösterreich. Allgem. Forstzeitung Wien 95: 325-328.
- HOCHBICHLER, E. und KILLINGER, A., 2002: Waldbauliche Untersuchungen in Douglasien-Jungbeständen - Praxisversuchsflächen der LLWK Niederösterreich. In: Anonymus 2002: Waldbautage der Österr. Bundesforste AG: Erster Österr. Douglasientag in Krems an der Donau. 25. April 2002. CD-ROM Publikation der Vorträge.
- HUSS, J., 1996: Die Douglasie als Mischbaumart. Zum hundertjährigen Jubiläum ihres Anbaues im Freiburger Stadtwald. AFZ 51 (20): 1112-1116.
- JAHN, G., 1954: Standörtliche Grundlagen für den Anbau der grünen Douglasie unter besonderer Berücksichtigung des nordwestdeutschen Mittelgebirges. Schriftenreihe d. Forstl. Fakultät d. U. Göttingen Bnd. 11, Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M. 112 S.
- KILIAN, W., MÜLLER, F., STARLINGER, F., 1994: Die forstlichen Wuchsgebiete Österreichs. Eine Naturraumgliederung nach waldökologischen Gesichtspunkten. Band 82 der Berichte der Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 60 S. broschiert.
- KILLINGER, A., 2000: Waldbauliche Untersuchungen in Douglasien-Jungbeständen im niederösterreichischen Bauernwald (Herkunft, Pflanzverband und Qualität). Diplomarbeit, Institut für Waldbau, Universität für Bodenkultur Wien. 88 S.
- KLUMPP 1987: Die Einbringung der Douglasie im Forstbezirk Sulzburg unter Karl Philipp (1897 bis 1910). Forstwissenschaftliche Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Diplomarbeit, 141 S.
- KLUMPP, R. & BOECK, E., 1998: On the allozyme variation of four „old“ Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] FRANCO) stands in Austria. Poster presented at the joint meeting of the NAFB, WFGA and IUFRO 2.02.05 working groups entitled „Frontiers of forest biology“. Victoria / B.C. Book of abstracts Nr. 270.
- KLUMPP 1999: Untersuchungen zur Genökologie der Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] FRANCO). Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie der Universität Göttingen, Dissertation, 289 S.
<http://webdoc.sub.gwdg.de/diss/2000/klumpp/index.htm>
- KOHL, A. und NATHER, J., 1977: Douglasienherkünfte für Österreich aus der kontrollierten Beerntung 1976. - Eine kurze Beschreibung und Verwendungsempfehlung. Holz-Kurier 32 (7): 11-12
- KOHL, A. und NATHER, J., 1991: Die Douglasie. Kooperationsabkommen Forst-Platte-Papier, Wien, broschiert.
- KOHL, A. und NATHER, J., 1993: Die Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*). ÖFZ 103 (4): 31-34.
- KRISTÖFEL, F., 2003: Über Anbauversuche mit fremdländischen Baumarten in Österreich. Schriftenreihe des Bundesamtes und Forschungszentrums für Wald, Wien, BFW-Berichte Nr. 131, 81 S.
- LEINEMANN, L., 1998: Genetische Untersuchungen an Rassen der Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* [MIRB.] FRANCO) am Beispiel gesunder und geschädigter Bestände. Göttingen Res. Notes in Forest Genetics Nr. 23. 141 S.

- LI, P. & ADAMS, W.T. 1989: Range-wide patterns of allozyme variations in Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* [MIRB.] FRANCO). *Can.J.For.Res.* 19:149-161.
- MAYER, H. und SCHREIBER, M., 1970: Ergebnisse von Anbauversuchen mit ausländischen Baumarten im forstlichen Versuchsgarten der Hochschule für Bodenkultur. *Cbl. ges. Forstw.* 87 (3): 145-165.
- MAYR, H., 1906: Fremdländische Wald- und Parkbäume in Europa. Paul Parey / Berlin. 622 S. und 20 Tafeln.
- MELZER, H., 1958: Über Anbauversuche mit fremdländischen Baumarten in Österreich. *Cbl. ges. Forstw.* 75: 281-283.
- MOMMSEN, H., 1968: Historische Methoden. S.78-91 in: Besson, W., (Hrsg.): *Fischer-Lexikon Geschichte*. 5. Aufl. (1. Aufl.1961), Frankfurt, Fischer.
- NATREG 2004: Nationales Register für zur Beerntung nach dem FVG zugelassene Bestände. Bundesamt und Forschungszentrum für Wald (BFW), Wien / Österreich. <http://bfw.ac.at/natreg/natr.verzeichnis/>
- NEUPER, A., 1998: Waldbauliche Untersuchungen auf Douglasien- und Fichtenversuchsflächen der Gutsverwaltung Eberstein (Kärnten). Diplomarbeit, Institut für Waldbau, Universität für Bodenkultur Wien. 115 S.
- OTTO, H.-J., 1987: Skizze eines optimalen Douglasienwaldbaues in Nordwestdeutschland. *Der Forst- u. Holzwirt* 42 (19): 515-522.
- RANNERT, H., 1979: Über den Anbau fremdländischer Baumarten in Österreich. *Cbl. ges. Forstw.* 96 (2): 86-120.
- SALVADORI, O.v., 1893: Anbau von fremdländischen Holzarten in den Staats- und Fondsförsten. *Jahrbuch der Staats- und Fondsgüterverwaltung* 1: 80ff.
- SCHREIBER, M., 1931: Der Anbau der Douglasie in Österreich. *Wiener Allgem. Forst- u. Jagdzeitung*. 49 (49): 296-297.
- SCHULTZE, U. und RASCHKA, H.-D., 2002: Douglasienherkuenfte fuer den "sommerwarmen Osten" Oesterreichs - Ergebnisse aus Douglasien-Herkunftsversuchen des Institutes fuer Forstgenetik FBVA-Wien *Schriftenreihe der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien, FBVA-Berichte Nr. 126, 95 S.*
- SCHUSTER, K., 2002: Douglasienanbau im Kleinprivatwald - Erfahrungen in Niederösterreich. In: Anonymus 2002: *Waldbautage der Österr. Bundesforste AG: Erster Österr. Douglasientag in Krems an der Donau. 25. April 2002. CD-ROM Publikation der Vorträge.*
- SCHUSTER, K. und Gotsmy, K., 2001: *Forstliche Förderung Niederösterreich. NÖ Landes-Landwirtschaftskammer St. Pölten, Druckerei Hofer, Retz.*
- SCHWAPPACH, A., 1891: *Denkschrift betr. Die Ergebnisse der in den Jahren 1881 bis 1890 in den preußischen Staatsforsten ausgeführten Anbauversuche mit ausländischen Holzarten. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen* 23.
- SKODA, G. & LORENZ, P., 2003: Mittlere Jahresniederschlagshöhe (1961-1990) - Modellrechnung mit korrigierten Daten. Blatt 2.2 in: *Nachtnebel, H.P. & Fürst, J. (Hrsg.), 2003: Hydrologischer Atlas Österreichs. Österr. Kunst- u. Kulturverlag, Wien. Loseblattsammlung.*

- STEINHAUSER, F., 1952: Mittlere Jahressummen des Niederschlages in Niederösterreich (1891-1950). Blatt 4 (1:500.000) in: Amberger, E. (Hrsg.), 1952: Atlas von Niederösterreich. 3. Doppellieferung. Freytag-Berndt und Artaria, Wien.
- TSCHERMACK, L., 1953: Zur Karte der Wuchsgebiete des österreichischen Waldes. Österr. Vierteljahresschr. Forstw. Wien 94:29-35.
- TEUFEL, K. v. und Kastrup, M., 1998: Die Douglasie in Baden-Württemberg. Situation, waldbauliche Behandlung und Planung im öffentlichen Wald. AFZ 53 (6): 283-287.
- WEIDENBACH, P., 1980: Die Douglasie in Baden-Württemberg - Waldbauliche Zielsetzung und zukünftige Produktion. Hzb1 106 (18): 277-279.
- WEISE, W., 1882: Das Vorkommen gewisser fremdländischer Holzarten in Deutschland. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen 14 (2): 81-103.
- YEH, F.CH.-H., & O'Malley, D., 1980: Enzyme variations in natural populations of Douglas-fir, *Pseudotsuga menziesii* (MIRB.) FRANCO, from British Columbia. I. Genetic variation patterns in coastal populations." *Silvae Genetica* 29: 83-92.
- ZEDERBAUER, E., 1919: Über Anbauversuche mit fremdländischen Baumarten in Österreich. Cbl. ges. Forstw. 45: 153-169.

Bisher sind folgende Mitteilungen aus der *Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz* erschienen:

55/2005	DONG (Hrsg.) [AUTORENKOLLEKTIV]: Zum Anbau und Wachstum der Douglasie ISSN 0931-9662	€ 10,--
54/2004	DONG (Hrsg.) [AUTORENKOLLEKTIV]: Kiefer im Pfälzerwald ISSN 0931-9662	€ 10,--
53/2004	JAHRESBERICHT 2003 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
52/2004	MAURER (Hrsg.) Tagungsband Genressourcen ISSN 1610-7705	€ 15,--
51/2003	JAHRESBERICHT 2002 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
50/2003	MAURER (Hrsg.): Ökologie und Waldbau der Weißtanne – <i>Tagungsbericht zum 10. Internationalen IUFRO Tannensymposium</i> am 16-20. September 2002 an der FAWF in Trippstadt ISSN 1610-7705	€ 15,--
49/2002	MAURER (Hrsg.): Vom genetischen Fingerabdruck zum gesicherten Vermehrungsgut: Untersuchungen zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung forstlicher Genressourcen in Rheinland-Pfalz ISSN 1610-7705	€ 15,--
48/2002	JAHRESBERICHT 2001 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
47/2001	JAHRESBERICHT 2000 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
46/1999	JAHRESBERICHT 1999 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
45/1999	DELB, BLOCK Untersuchungen zur Schwammspinnerkalamität von 1992–1994 in Rheinland-Pfalz ISSN 0931-9662	€ 13,--
44/1998	JAHRESBERICHT 1998 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
43/1997	JAHRESBERICHT 1997 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	

42/1997	BÜCKING, EISENBARTH, JOCHUM Untersuchungen zur Lebendlagerung von Sturmwurfholz der Baumarten Fichte, Kiefer, Douglasie und Eiche ISSN 0931-9662	€ 10,--
41/1997	MAURER, TABEL (Hrsg.) [AUTORENKOLLEKTIV]: Stand der Ursachenforschung zu Douglasienschäden – derzeitige Empfehlungen für die Praxis ISSN 0931-9662	€ 10,--
40/1997	SCHRÖCK (Hrsg.): Untersuchungen an Waldökosystemdauerbeobachtungsflächen in Rheinland- Pfalz – <i>Tagungsbericht zum Kolloquium am 04. Juni 1996 in Trippstadt</i> - ISSN 0931-9662	€ 8,--
39/1997	JAHRESBERICHT 1996 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
38/1996	BALCAR (Hrsg.) [AUTORENKOLLEKTIV]: Naturwaldreservate in Rheinland-Pfalz: Erste Ergebnisse aus dem Naturwaldreservat Rotenbergshang im Forstamt Landstuhl ISSN 0931-9662	€ 13,--
37/1996	HUNKE: Differenzierte Absatzgestaltung im Forstbetrieb - Ein Beitrag zu Strategie und Steuerung der Rundholzvermarktung ISSN 0931-9662	€ 10,--
36/1996	JAHRESBERICHT 1995 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
35/1995	BLOCK, BOPP, BUTZ-BRAUN, WUNN: Sensitivität rheinland-pfälzischer Waldböden gegenüber Bodendegradation durch Luftschadstoffbelastung ISSN 0931-9662	€ 8,--
34/1995	MAURER, TABEL (Hrsg.) [AUTORENKOLLEKTIV]: Genetik und Waldbau unter besonderer Berücksichtigung der heimischen Eichenarten ISSN 0931-9662	€ 8,--
33/1995	EISENBARTH: Schnittholzeigenschaften bei Lebendlagerung von Rotbuche (<i>Fagus sylvatica</i> L.) aus Wintersturmwurf 1990 in Abhängigkeit von Lagerart und Lagerdauer ISSN 0931-9662	€ 6,--
32/1995	AUTORENKOLLEKTIV Untersuchungen an Waldökosystem-Dauerbeobachtungsflächen in Rheinland- Pfalz ISSN 0931-9662	€ 6,--
31/1995	JAHRESBERICHT 1994 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
30/1994	SCHÜLER: Ergebnisse forstmeteorologischer Messungen für den Zeitraum 1988 bis 1992 ISSN 0931-9662	€ 6,--
29/1994	FISCHER: Untersuchung der Qualitätseigenschaften, insbesondere der Festigkeit von Douglasien-Schnittholz (<i>Pseudotsuga Menziesii</i> (Mirb.)Franco), erzeugt aus nicht-wertgeästeten Stämmen ISSN 0931-9662	€ 6,--

28/1994	SCHRÖCK: Kronenzustand auf Dauerbeobachtungsflächen in Rheinland-Pfalz - Entwicklung und Einflußfaktoren - ISSN 0931-9662	€ 6,--
27/1994	OESTEN, ROEDER: Zur Wertschätzung der Infrastrukturleistungen des Pfälzerwaldes ISSN 0931-9662	€ 6,--
26/1994	JAHRESBERICHT 1993 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
25/1994	WIERLING: Zur Ausweisung von Wasserschutzgebieten und den Konsequenzen für die Forstwirtschaft am Beispiel des Pfälzerwaldes ISSN 0931-9662	€ 6,--
24/1993	BLOCK: Verteilung und Verlagerung von Radiocäsium in zwei Waldökosystemen in Rheinland-Pfalz insbesondere nach Kalk- und Kaliumdüngungen ISSN 0931-9662	€ 6,--
23/1993	HEIDINGSFELD: Neue Konzepte zum Luftbildeinsatz für großräumig permanente Waldzustandserhebungen und zur bestandesbezogenen Kartierung flächenhafter Waldschäden ISSN 0931-9662	€ 10,--
22/1993	JAHRESBERICHT 1992 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
21/1992	AUTORENKOLLEKTIV: Der vergleichende Kompensationsversuch mit verschiedenen Puffersubstanzen zur Minderung der Auswirkungen von Luftschadstoffeinträgen in Waldökosystemen - Zwischenergebnisse aus den Versuchsjahren 1988 - 1991 - ISSN 0931-9662	€ 6,-- vergriffen
20/1992	JAHRESBERICHT 1991 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
19/1991	AUTORENKOLLEKTIV: Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen Sturm- und Immissionsschäden im Vorderen Hunsrück - "SIMS" - ISSN 0931-9662	€ 6,--
18/1991	SCHÜLER, BUTZ-BRAUN, SCHÖNE: Versuche zum Bodenschutz und zur Düngung von Waldbeständen ISSN 0931-9662	€ 6,--
17/1991	BLOCK, BOPP, GATTI, HEIDINGSFELD, ZOTH: Waldschäden, Nähr- und Schadstoffgehalte in Nadeln und Waldböden in Rheinland-Pfalz ISSN 0931-9662	€ 6,--
16/1991	BLOCK, BOCKHOLT, BORCHERT, FINGERHUT, HEIDINGSFELD, SCHRÖCK: Immissions-, Wirkungs- und Zustandsuntersuchungen in Waldgebieten von Rheinland-Pfalz - Sondermeßprogramm Wald, Ergebnisse 1983-1989 ISSN 0931-9662	€ 6,--
15/1991	JAHRESBERICHT 1990 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	

14/1990	BLOCK: Ergebnisse der Stoffdepositionsmessungen in rheinland-pfälzischen Waldgebieten 1984 - 1989 ISSN 0931-9662	€ 6,-- vergriffen
13/1990	SCHÜLER Der kombinierte Durchforstungs- und Düngungsversuch Kastellaun - angelegt 1959 - heute noch aktuell ? ISSN 0931-9662	€ 6,--
12/1990	JAHRESBERICHT 1989 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
11/1989	BLOCK, DEINET, HEUPEL, ROEDER, WUNN: Empirische, betriebswirtschaftliche und mathematische Untersuchungen zur Wipfelköpfung der Fichte ISSN 0931-9662	€ 6,--
10/1989	HEIDINGSFELD: Verfahren zur luftbildgestützten Intensiv-Waldschadenserhebung in Rheinland-Pfalz ISSN 0931-9662	€ 13,--
9/1989	JAHRESBERICHT 1988 ISSN 0936-6067	
8/1988	GERECKE: Zum Wachstumsgang von Buchen in der Nordpfalz ISSN 0931-9662	€ 13,--
7/1988	BEUTEL, BLOCK: Terrestrische Parkgehölzschadenserhebung (TPGE 1987) ISSN 0931-9662	€ 6,--
6/1988	JAHRESBERICHT 1987 ISSN 0931-9662	
5/1988	Die Forstliche Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz im Dienste von Wald und Forstwirtschaft - Reden anlässlich der Übergabe des Schlosses Trippstadt als Dienstsitz am 10.04.1987 - ISSN 0931-9662	€ 6,--
4/1987	BEUTEL, BLOCK: Terrestrische Feldgehölzschadenserhebung (TFGE 1986) ISSN 0931-9662	€ 6,-- vergriffen
3/1987	BLOCK, FRAUDE, HEIDINGSFELD: Sondermeßprogramm Wald (SMW) ISSN 0931-9662	€ 6,--
2/1987	BLOCK, STELZER: Radioökologische Untersuchungen in Waldbeständen ISSN 0931-9662	€ 6,--
1/1987	JAHRESBERICHT 1984-1986 ISSN 0931-9662	vergriffen