

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
Herausgeber: Schweizerischer Forstverein
Band: 123 (1972)
Heft: 12

Artikel: Die Wachstumsreaktionen von jungen Douglasien verschiedener Herkunft auf Beschattungs- und Bodenunterschiede
Autor: Schlegel, F. / Röhrig, E. / Huss, J.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-765083>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 14.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Die Wachstumsreaktionen von jungen Douglasien verschiedener Herkunft auf Beschattungs- und Bodenunterschiede

Von F. Schlegel, E. Röhrig und J. Huss

Oxf.: 232.11 : 181.2/3

(Aus dem Institut für Waldbau der Universität Göttingen)

1. Einleitung

Die Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) wird in Europa wegen ihrer günstigen ökologischen Eigenschaften und ihrer bedeutenden Wüchsigkeit in zunehmend grösserem Umfang angebaut. Während der Jugendstadien von der Baumschule bis zu den ersten Jahren auf der Pflanzungsfläche stellen die oft erheblichen Pflanzenabgänge, deren Gründe bisher noch nicht befriedigend erklärt werden konnten, jedoch eine wesentliche Erschwernis bei ihrer Kultur dar. Es erschien deshalb notwendig, zur Ergründung dieser Verluste wissenschaftliches Grundlagenmaterial über die ökologischen Bedingungen bei der Anzucht zu erarbeiten.

Das grösste Problem für den Anbau der Douglasie in Mitteleuropa ist die *Frostempfindlichkeit* im Jugendstadium. Frühfröste im Herbst schädigen noch nicht völlig ausgereifte Triebe, und Spätfröste können die eben austreibenden Knospen und Triebe abtöten. Winterfrost schädigt Nadeln, Triebe und Knospen. Die Sonnenschein- und Windeinwirkung im Spätwinter bei noch gefrorenem Boden führt zu Vertrocknungserscheinungen und Verfärbung an den Nadeln. Aber auch Wuchsstockungen während der ersten Jahre nach der Verpflanzung, die nicht auf Frostschäden zurückzuführen sind, treten bei der Douglasie oft in Erscheinung.

Erfahrungen der Praxis deuten darauf hin, dass die Douglasie im Jugendstadium ein gewisses Mass an *Beschattung* nicht nur gut verträgt, sondern oft mit einem besonders guten Gedeihen beantwortet. Es lag daher nahe, die Wachstumsreaktionen der Douglasie auf Beschattung näher zu untersuchen.

Aus früheren Untersuchungen ist bekannt, dass die Reaktionen der Baumarten auf Beschattung gleichzeitig von den anderen ökologischen Bedingungen beeinflusst werden. So vertrugen zum Beispiel in Untersuchungen von *Burschel* und *Schmaltz*, 1965, junge Buchen die Beschattung auf nährstoffreichen Kalkböden besser als auf nährstoffärmeren Lösslehmböden. In die hier vorliegenden Versuche wurden daher zwei verschiedene *Boden-substrate* einbezogen, damit die Wechselwirkungen von Boden und Beschattung hinsichtlich der Jugendentwicklung von Douglasien geprüft werden konnten.

Bei wenigen Waldbaumarten scheint die Herkunftsfrage eine so bedeutende Rolle für den praktischen Anbau zu spielen wie bei der Douglasie. Deshalb war es notwendig, verschiedene *Herkünfte* zu den Untersuchungen heranzuziehen. Von den verwendeten Provenienzen stand bei Versuchsabschluss das Material von drei Herkünften für die Auswertung zur Verfügung.

Der Aufbau des Versuchs und das ökologische Messprogramm entsprachen weitgehend den von Burschel und Schmaltz (1965), *Röhrig* (1967) und *Huss* (1971) angewendeten Verfahren. Die Beeinflussung der Beleuchtungsstärke, der Temperatur- und Niederschlagsbedingungen durch die Beschattungsanlagen hat *Schlegel* (1971) dargestellt. Hier sollen in erster Linie die Wachstumsreaktionen der jungen Douglasien beschrieben werden.

2. Material und Methoden

2.1 Pflanzenmaterial

Bei der Auswahl der Herkünfte kam es darauf an, Material aus verschiedenen geographischen Breiten und unterschiedlichen Höhenlagen in den Versuch einzubeziehen. Es sollten Provenienzen sein, die aus wissenschaftlichen Versuchen oder Anbauten in der Praxis bereits bekannt sind. Von den wenigen Originalherkünften, die 1968 im Saatguthandel der Bundesrepublik Deutschland erhältlich waren, wurden folgende verwendet:

1. Tenino (Washington), Westabhang der Kaskaden (0 bis 165 m ü. NN) 46° 45' / 122° 40'
2. Palmer (Oregon), Westabhang der Kaskaden hart südlich des Columbia River (700 bis 850 m ü. NN) 45° 50' / 122° 15'
3. Shuswap lake (Brit. Columbien) aus dem «west belt» bei Kamloops (300 bis 500 m ü. NN) 50° 50' / 119° 50'

Die erstgenannte Herkunft gehört in den Formenkreis der sogenannten «Grünen Küstendouglasien» mit raschem Jugendwachstum und in Mitteleuropa häufigen Schäden durch Früh- und Winterfröste. Die beiden anderen Herkünfte sind mehr dem Typ der «Grauen Douglasien» mit geringerem Jugendwachstum und geringerer Empfindlichkeit gegen Fröste zuzuordnen. Nähere Einzelheiten über die genannten Provenienzen finden sich bei *Schober* (1954, 1955, 1959, 1963), *Strehlke* (1959), *Lacaze* und *Tomassone* (1967), *Pintaric* (1967) und *Dong* (1970).

Das Saatgut wurde aus Originalherkünften durch eine Baumschule beschafft und im Frühjahr 1968 ausgesät.

2.2 Versuchsanlage

Die Versuchsanlage wurde im Pflanzgarten des Niedersächsischen Forstamts *Reinhausen* bei Göttingen in einem vorher mit Nadelbäumen bestande-

In dem einen wurde der unveränderte Lössboden bepflanzt. In dem anderen wurde nach 30 cm tiefem Aushub dieses Bodens Sand eingefüllt und als Anzuchtsubstrat benutzt. Es wurden drei Schattierungsgrade gewählt:

Stufe 2 = mässiger Schatten (1 Lage Metallgitter, darüber 1 Lage grüne Nylonnetze) = 59 % des vollen Lichtes

Stufe 3 = tiefer Schatten (1 Lage Metallgitter, darüber 1 Lage Schilfmatten)
= 14 % des vollen Lichtes



Schema der Versuchsanlage

Die seitliche Abschirmung geschah mit 1 m hohen Schilfmatten. Diese drei Beschattungsstufen wurden auf beiden Substraten, je dreimal wiederholt, jeweils in Form eines lateinischen Quadrats aufgebaut. Der als Spaltflächenanlage ausgelegte Versuch bestand damit aus 18 langgestreckten Beschattungspartzellen, in die die drei Herkünfte mit rund 20 Pflanzen/Unterparzelle verteilt waren (Abbildung 1).

2.3 Statistische Auswertung und Darstellung der Ergebnisse

Die in der dargestellten Form getrennt auf den zwei Substraten aufgebaute Spaltflächenanlage erlaubte die statistische Auswertung der Wirkung der drei Versuchsfaktoren: Beschattung, Bodensubstrat und Provenienz sowie ihrer Wechselwirkungen (dabei wurde die Beschattung als zufälliger, Provenienz und Bodensubstrat jeweils als fixer Effekt unterstellt).

Die Wirkung der Versuchsfaktoren liess sich einzeln und zusammengefasst nach folgendem Schema abschätzen:

1. Untersuchung der Beschattungswirkung getrennt für jede der drei Provenienzen mit Hilfe je einer 2-Wege-Varianzanalyse.
2. Untersuchung des Beschattungs- und Standorteffektes (Bodensubstrates) sowie der Wechselwirkung beider Faktoren mit Hilfe einer 3-Wege-Varianzanalyse.
3. Zusammenfassende Untersuchung der Beschattung auf alle drei Provenienzen sowie ihre Wechselwirkungen, getrennt für die beiden Bodensubstrate, mit Hilfe einer Spaltflächenanalyse.
4. Zusammenfassende Untersuchung aller Faktoren und ihrer Wechselwirkungen mit Hilfe eines nach *Ostle* (1963) hergeleiteten gemischten Modells (Tabelle 1)¹.

Die Ergebnisse der statistischen Auswertungen werden in gesonderten Tabellen dargestellt, in denen nur die generellen Unterschiede, die sich aus den F-Tests ergeben, mit den folgenden Symbolen angegeben werden:

- = nicht signifikante Unterschiede (p. 0,05)
- + = signifikante Unterschiede (p 0,05)
- ++ = hochsignifikante Unterschiede (p 0,01)
- +++ = höchstsignifikante Unterschiede (p 0,001)

Die statistische Analyse der Unterschiede zwischen den einzelnen Mittelwerten wurde mit Hilfe von Duncan-Tests vorgenommen und das Ergebnis in Form von Unterstreichungen der gegeneinander nicht gesicherten Mittelwerte in den entsprechenden Tabellen dargestellt.

¹ Herrn Prof. Dr. Hattemer danken wir für Hilfen bei der Herleitung des Modells.

<i>Streuungsursache</i>		<i>FG</i>	<i>EMQ</i>
Gesamt	—	r^2bc-1	
Zeilen	R	$r-1$	$\sigma_1^2 + b\sigma_2^2 + rbc\sigma_R^2$
Substrate	C	$c-1$	$\sigma_1^2 + b\sigma_2^2 + rb\sigma_{R'}^2 + rb\sigma_{AC}^2 + r^2b\sigma_C^2$
Säulen/Substrate	R'	$c(r-1)$	$\sigma_1^2 + b\sigma_2^2 + rb\sigma_{R'}^2$
Beschattung	A	$r-1$	$\sigma_1^2 + b\sigma_2^2 + rbc\sigma_A^2$
Beschattung \times Substrate	AC	$(r-1)(c-1)$	$\sigma_1^2 + b\sigma_2^2 + rbc\sigma_{AC}^2$
Fehler der Grossparzellen	E ₂	$c(r-1)^2-(r-1)$	$\sigma_1^2 + b\sigma_2^2$
Provenienzen	B	$b-1$	$\sigma_1^2 + rc\sigma_{AB}^2 + r^2c\sigma_B^2$
Beschatt. \times Provenienzen	AB	$(r-1)(b-1)$	$\sigma_1^2 + rc\sigma_{AB}^2$
Provenienzen \times Substrate	BC	$(b-1)(c-1)$	$\sigma_1^2 + r\sigma_{ABC}^2 + r^2\sigma_{BC}^2$
Besch. \times Prov. \times Substr.	ABC	$(r-1)(b-1)(c-1)$	$\sigma_1^2 + r\sigma_{ABC}^2$
Fehler der Kleinparzellen	E ₁	$cr(b-1)(r-1)$	σ_1^2

Tabelle 1
Statistisches Modell für die Auswertung

2.4 Die Bodensubstrate in der Versuchsanlage

Der natürliche Lössleimboden ist weitgehend entkalkt. Der Sand stammt von einem benachbarten Sandsteinbruch und wurde beim Einfüllen mit etwa einem Viertel seines Volumens mit Nadelstreu aus einem älteren Fichtenbestand vermischt. Zu Anfang und in der Mitte der Vegetationszeit wurde er mit 30 g/m² Volldünger (Nitrophoska blau = N, P, K, Mg im Verhältnis 12 : 12 : 17 : 2) angereichert. Tabelle 2 zeigt die physikalischen und chemischen Analysenwerte, wie sie sich am Schluss des Versuchszeitraumes (Herbst 1969) ergaben.

Die beiden Substrate unterschieden sich in den physikalischen Eigenschaften, im Humusgehalt, den pH-Werten und im Stickstoffgehalt.

2.5 Zeitpunkt, Dauer und Entwicklung des Versuches

Das frühe Einsetzen starker Fröste 1968 machte die ursprüngliche Absicht, die Bepflanzung der Anlage bereits im Herbst 1968 vorzunehmen, unmöglich. Die Douglasien wurden daher Ende April bis Anfang Mai 1969 im

Verband 15 x 20 cm in die Anlage gepflanzt. Dieser Verband vermied so gut wie gänzlich eine gegenseitige Beschattung der Pflanzen. Der Lehm Boden wurde im Laufe der Versuchsdauer mehrmals mechanisch aufgelockert und von Unkraut freigehalten, im Sandboden erübrigten sich solche Massnahmen. Hier musste lediglich dafür gesorgt werden, dass starke Gewitterregen durch Bodenabspülung keine bleibende Beeinträchtigung der Pflanzen hervorriefen. Immerhin sind durch solche Ereignisse auf dem Sandboden einige Pflanzenverluste entstanden.

Im Herbst 1969 wurden die nun zweijährigen Pflanzen, nachdem sie eine Vegetationszeit in der Versuchsanlage gestanden hatten, bis auf einige Exemplare (nur auf dem Sandboden), an denen mögliche Frosteinwirkungen untersucht werden sollten, herausgenommen, gemessen, getrocknet, gewogen und analysiert.

<i>Textur (in ‰)</i>	<i>Lösslehm</i>	<i>Sand</i>
Ton	9	2
Feinschluff	12	2
Mittelschluff	26	2
Grobschluff	41	3
Feinsand	6	22
Grobsand	6	69
Humusanteil (‰)	5	1
pH (KC1)	3,8	5,0
N (mg/100 g Boden)	112	14
Austauschb. Basen (mg/100 g Boden):		
P ₂ O ₅	2	3
K ₂ O	8	3
CaO	12	8
MgO	4	7

Tabelle 2

Physikalische und chemische Eigenschaften der Versuchsböden

2.6 Messung der ökologischen Faktoren²

Lichtmessungen wurden mit Hilfe von drei Selen-Photoelementen mit angeschlossenem Punktschreiber vorgenommen. Sie waren mit waagerechter Messfläche (15 cm hoch) in der Mitte der Parzellen aufgestellt worden. Zur

² Der Deutschen Forschungsgemeinschaft danken wir für die Überlassung der ökologischen Messgeräte.

Dämpfung des einfallenden Lichtes wurden Platinopalfilter 1 : 100 und 1 : 150 aufgesetzt. Eine Eichung war vorher im Frühjahr auf der Freifläche vorgenommen worden. Über die Allgemeingültigkeit dieser Werte und die Problematik der Messungen sei auf Röhrig (1967) und Huss (1971) verwiesen.

Für Messungen der *Lufttemperaturen* in 10 cm Höhe und der Bodentemperaturen in 10 cm Tiefe stand ein Sechsfarben-Punktschreiber mit sechs elektrischen Widerstandsthermometern zur Verfügung.

Messungen der relativen *Luftfeuchtigkeit* erfolgten an einigen Strahlungstagen mit einem Aspirationspsychrometer nach Assmann, *Verdunstungsmessungen* an mehreren Tagen mit Piche-Evaporimetern, Messungen der *Bodenfeuchtigkeit* in den drei Beschattungsstufen mit Tensiometern, deren Tonzylinder 15 cm tief eingegraben waren.

3. Ergebnisse der ökologischen Messungen

3.1 Witterungsverlauf während des Untersuchungszeitraumes

Nach den Angaben des Wetteramtes Göttingen entsprechen die Monatsdurchschnittstemperaturen der Vegetationszeit 1969 im wesentlichen dem langfristigen Mittel. Demgegenüber zeigten die Niederschläge grössere Abweichungen: Höhere Werte im Frühjahr bis hin zum Juni und im August mit einigen heftigen Gewitterregen, in den Monaten Juli, September und Oktober dagegen niedrigere Mengen als normal.

3.2 Belichtungsverhältnisse

Die Registrierung der Lichtintensitäten ergab für die Zeit vom 1. Juni bis 30. September 1969 die in Tabelle 3 dargestellten Ergebnisse.

Monat	Beschattungsgrad		
	volles Licht	mässiger Schatten	tiefer Schatten
	(1) (1000 Lux)	(2) (% von 1)	(3) (% von 1)
Juni	12 300	59	14
Juli	11 200	62	16
August	9 300	58	14
September	6 400	58	14
Gesamt	39 200	59	14

Tabelle 3
Lichtstärken während der Monate Juni bis September 1969

Im «mässigen Schatten» erhielten die Douglasien mithin 59 Prozent der mit Selenzellen messbaren Freiflächeneinstrahlung, im «tiefen Schatten» dagegen nur 14 Prozent des vollen Lichtes.

Diese Durchschnittswerte werden in allen nachfolgenden Tabellen zur Kennzeichnung herangezogen. Es muss aber darauf hingewiesen werden, dass zum Teil beträchtliche Abweichungen von diesen Mittelwerten auftraten, wie dies bei solchen Beschattungsversuchen die Regel ist (siehe auch Röhrig, 1967).

So findet man allgemein bei hoher Lichtintensität niedrigere relative Lichtwerte in den beschatteten Parzellen, während bei geringerer Helligkeit die relative Beleuchtungsstärke unter der Beschattung höher ist als im Durchschnitt.

In den Parzellen mit «tiefem Schatten» waren nicht nur die Lichtwerte gering, sie blieben auch den ganzen Tag über gleichmässig, während in den Parzellen mit «vollem Licht» grosse Helligkeitsunterschiede auftraten; die Parzellen «mässiger Schatten» zeigten ebenfalls beträchtliche, wenn auch weniger stark ausgeprägte Veränderungen der Beleuchtungsstärke im Tagesgang (siehe auch Röhrig, 1967). Lichtstärken über 50 000 Lux machten in den offenen Parzellen knapp die Hälfte der gesamten Lichtmenge aus, im «mässigen Schatten» nur noch 5 Prozent. Im «tiefen Schatten» stieg die Beleuchtungsstärke nur in den Mittagsstunden an einigen besonders klaren Tagen über 10 000 Lux an.

3.3 Temperaturmessungen

3.3.1 Temperaturverhältnisse in der Vegetationszeit

An stark bewölkten kühlen Tagen war die Einwirkung der Beschattungsvorrichtungen auf den Temperaturverlauf unbedeutend; die *Lufttemperaturen* zeigten in den drei Beschattungsstufen nur geringe Amplituden. An klaren Tagen mit starker Sonneneinstrahlung hingegen stieg die Temperatur in den unbeschatteten Parzellen morgens am raschesten an und erreichte in diesen am schnellsten das Maximum. Bereits in den frühen Vormittagsstunden konnte jedoch die Luft in den mässig beschatteten Parzellen, offenbar als Folge der Behinderung der Zirkulation, höhere Temperaturen erreichen als in den offenen Parzellen. Sie kühlte sich gegen Abend ausserdem langsamer wieder ab. Dementsprechend waren die Tagesamplituden an solchen Tagen im «mässigen Schatten» am grössten (bisweilen über 20°), im «tiefen Schatten» am geringsten (meist weniger als 15°).

Die Tagesgänge der *Bodentemperaturen* zeigten in klaren Strahlungsperioden zwar geringere Amplituden als die der Lufttemperaturen, doch waren auch hier die Einflüsse der Beschattung unverkennbar. Gegenüber einem sehr gleichmässigen Verlauf im tiefen Schatten (Amplitude meist

1 bis 2°) zeigten «volles Licht» und «mässiger Schatten» deutliche Minima am Morgen und Maxima am Spätnachmittag mit Tagesamplituden um 4 bis 5°.

3.3.2 Temperaturverhältnisse ausserhalb der Vegetationszeit

Von besonderem Interesse ist die Frage, ob und in welchem Ausmass die Schattierung der Parzellen frostmindernd wirkte. Es zeigte sich, dass die Beschattungsvorrichtungen das Absinken der Lufttemperaturen etwas verlangsamen. Für den weiteren Verlauf der winterlichen Temperaturen war es dann von Bedeutung, ob während des Beobachtungszeitraumes *Schnee* gelegen hatte oder nicht. An schneelosen Tagen stellten sich keine klaren Beziehungen her, nach Schneefall jedoch wiesen die stark beschatteten Parzellen deshalb tiefere Bodentemperaturen auf, weil der Schnee durch die Schattierungsgitter aufgefangen wurde, der Boden also so gut wie schneefrei blieb. Trotz des Strahlungsschutzes durch die Schattierung und eine darauf lagernde Schneedecke machte sich die fehlende Schneeschicht in der Bodentemperatur deutlich nachteilig bemerkbar.

3.4 Verdunstungsverhältnisse

Gegenüber einer Freifläche mit ungehinderter Luftzirkulation wurde die Verdunstung in den unbeschatteten Parzellen (die eine seitliche Begrenzung durch Rohrmatten aufwiesen) geringfügig, bei den anderen jedoch deutlich herabgesetzt. Dabei wiesen die Werte an klaren Tagen ziemlich konstante Unterschiede auf. Bei stark bewölktem Wetter mit hoher Luftfeuchtigkeit jedoch verringerten sich diese Unterschiede zwischen den verschiedenen Beschattungsgraden erheblich.

3.5 Bodenfeuchtigkeit

Während der gesamten Versuchszeit traten Trockenperioden nicht auf. Die mit Tensiometern in der Hauptwurzelzone der Douglasien gemessenen Saugspannungswerte hielten sich innerhalb solcher Grenzen, die keine Beeinträchtigung der Wasserversorgung der Pflanzen bedeuteten. Die Messwerte bewegten sich auf dem Sandboden in einem Bereich zwischen 40 und etwas über 100 mm Wassersäule, im Lehm Boden stiegen sie bis in eine Grössenordnung von 450 mm an. Zwischen den Beschattungsstufen traten nur geringe Differenzen auf, wobei die offenen Parzellen gewöhnlich etwas trockener waren als die mässig beschatteten. Die Niederschlagsinterzeption durch die Schattierungseinrichtungen führte dazu, dass häufig die Bodenfeuchtigkeit in den Parzellen mit tiefem Schatten niedrigere Werte zeigte als in den nur schwach beschatteten, jedoch waren sie immer etwas feuchter als die unbeschatteten. Wesentliche Einflüsse auf das Pflanzenwachstum können von den allgemein geringen Unterschieden der Bodenfeuchtigkeit in den drei Beschattungsstufen nicht ausgegangen sein.

4. Wachstumsreaktionen der Jungpflanzen

Nur im Herbst 1969 konnte eine genügende Menge der im Frühjahr als einjährige Sämlinge gepflanzten Douglasien geerntet werden, die eine volle statistische Bearbeitung der erhobenen Messwerte zuließ. Auf sie soll daher das Schwergewicht bei der Beurteilung der Wuchsergebnisse gelegt werden.

4.1 Wuchsergebnisse in der ersten Vegetationszeit (1969)

4.1.1 Beeinflussung des Wachstumsabschlusses

An den 1+1jährigen Douglasien wurden regelmässige Beobachtungen über den Verlauf des Sprosswachstums und über den Wachstumsabschluss im Herbst 1969 angestellt.

Es zeigte sich, dass die drei Provenienzen unterschiedlich in dieser Hinsicht reagierten und dass der Wachstumsabschluss deutlich durch die Beschattung beeinflusst wurde. Demgegenüber bewirkten die Substratunterschiede keine Veränderungen (Tabelle 4).

Provenienz	Sand			Lehm		
	Beschattungs- $\%$			Beschattungs- $\%$		
	100	59	14	100	59	14
Tenino	30	25	60	10	10	60
Palmer	20	45	90	20	40	89
Shuswap	40	100	100	60	80	85

Tabelle 4

Anteil der Pflanzen mit Endknospe (in %) am 26. August 1969 in Abhängigkeit von den Versuchsfaktoren Beschattung, Provenienz und Bodensubstrat

Bei allen Herkünften hatten Ende August 1969 im tiefen Schatten weit mehr Pflanzen das Wachstum durch Bildung einer Endknospe abgeschlossen, als dies im mässigen Schatten oder gar im vollen Licht der Fall war. Dagegen waren am 26. September 1969, einen Monat nach der in Tabelle 4 angegebenen Aufnahme, die Pflanzen im tiefen Schatten noch kaum verholzt. Die Schattierung behinderte oder verzögerte also offenbar den *Abhärtungsvorgang* bei den Douglasien. In ihrem Wachstumsabschluss unterschieden sich die Provenienzen Tenino und Shuswap deutlich voneinander. Die «grüne» Tenino bildete die Endknospen später aus als die «graue» Shuswap. Die als «graue» Douglasie eingestufte Palmer dagegen nahm eine Mittelstellung ein.

4.1.2 Ergebnisse der Trockengewichtsbestimmungen

Tabelle 5 zeigt die wichtigsten Reaktionen der Douglasien bei den Trockengewichten der Gesamtpflanzen, der oberirdischen Teile, der Wurzeln und der Knospen. Es wird dabei davon ausgegangen, dass die Trockengewichte

als Mass für die Substanzproduktion das beste Kriterium für die Wachstumsbeurteilung sind.

Den stärksten Effekt hatte die *Beschattung*, die in allen Fällen höchstsignifikant differenzierend gewirkt hatte. Allerdings reagierten die drei Provenienzen nicht einheitlich auf die Beschattung, vielmehr trat eine starke Interaktion zwischen diesen beiden Einflussgrössen auf. Dasselbe gilt für die Reaktion auf die *Bodenverhältnisse*. Die gleichfalls starken Wechselwirkungen überlagerten die Einzeleffekte, so dass diese nicht getrennt für sich nachgewiesen werden können. Die Knospengewichte unterschieden sich nach Provenienz und Beschattungsgrad, nicht jedoch nach Substraten.

<i>Streuungsursache</i>	<i>Trockengewichte</i>			
	<i>Gesamt</i>	<i>Spross und Nadel</i>	<i>Wurzel</i>	<i>Knospen</i>
Beschattung	+++	+++	+++	+++
Provenienz	—	—	—	+++
Substrat	—	—	—	—
B × P	+++	+++	+++	—
B × S	+	+	+	—
P × S	+++	+++	—	—
B × P × S	—	—	+	—

Tabelle 5

Die Ergebnisse der statistischen Analysen bei den Trockengewichtswerten im Hinblick auf die Wirkung der Versuchsfaktoren Substrat, Beschattung und Provenienz sowie der nachweisbaren Wechselwirkungen

Die Einzelergebnisse für die vier Trockengewichtskriterien sind in Tabelle 6 zusammengestellt.

1. Die Gesamttrockengewichte

Bei Versuchsbeginn hatten alle Sämlinge ein nahezu gleiches Gewicht. Bereits im Verlauf der ersten Vegetationszeit stellten sich erhebliche Unterschiede in der Substanzproduktion der drei Provenienzen ein. Die «grüne» Douglasienherkunft Tenino produzierte auf beiden Substraten mehr als das Doppelte an Trockenmasse als die «graue» Herkunft Shuswap Lake. Die ebenfalls dem Formenkreis der «grauen» Douglasie zugerechnete Provenienz Palmer (Oregon) hingegen entsprach in ihrer Trockengewichtsleistung — wie übrigens auch bei anderen Kriterien — weit mehr der grünen Herkunft Tenino als der grauen Shuswap und macht damit die Fragwürdigkeit der Abgrenzung zwischen diesen Formenkreisen deutlich (Tabellen 6 und 7).

Die Trockensubstanzproduktion unterschied sich auf den beiden Substraten erheblich. Alle Provenienzen hatten im vollen Licht auf dem Sandboden zwischen 40 und 50 Prozent mehr Trockenmasse erzeugt als auf dem Lehm-

boden. Dementsprechend erreichten Tenino und Palmer auf dem Sand das 15fache ihres Ausgangsgewichtes, auf dem Lehm das 8fache, Shuswap dagegen im Sand nur eine Zunahme auf gut das 6fache, im Lehm auf knapp das 4fache.

Diese Gewichtszunahme wurde durch das schwache Schattengitter zwar offensichtlich etwas, im Extrem sogar um fast 40 Prozent abgesenkt, jedoch war diese Verminderung wegen der erheblichen Abweichungen zwischen den einzelnen Wiederholungen statistisch nicht gesichert. Eindeutig liess sich die Verringerung der Gewichtszunahme erst bei starker Beschattung, und zwar stärker bei den Provenienzen Tenino und Palmer, geringer bei Shuswap Lake, nachweisen.

Während in den offenen Parzellen sich eindeutige Unterschiede zwischen den drei Provenienzen ausgeprägt hatten, liessen sich die Trockengewichte im tiefen Schatten nicht mehr gegeneinander absichern. Aus diesem Sachverhalt resultieren höchstgesicherte Wechselwirkungen zwischen Beschattung und Provenienz, die die Provenienzen als unabhängigen Einzeleffekt überdeckten. Entsprechend unterschieden sich im tiefen Schatten die Trockengewichtszunahmen der drei Provenienzen auf den beiden Substraten nur noch unbedeutend und bedingten eine höchstgesicherte Interaktion zwischen Boden und Provenienz. Dieser gegenüber traten die im vollen Licht so eindeutigen Wachstumsunterschiede als Folge der Substrate zurück.

2. Die Trockengewichte der oberirdischen Pflanzenteile

Die Entwicklung der oberirdischen Substanzproduktion entsprach den für die Gesamtgewichte bereits dargestellten Zusammenhängen. Das gilt auch für die Beziehungen der Mittelwerte zueinander mit der Einschränkung, dass die durch Beschattung bedingte Absenkung des Zuwachses geringfügig weniger stark war. Darauf wird noch einzugehen sein (vergleiche 4.1.2).

3. Die Wurzelgewichte

Gegenüber den bisher beschriebenen statistisch nachweisbaren Reaktionen der jungen Douglasien auf die Versuchsfaktoren zeigte sich bei den Wurzelgewichten ein Zusammenwirken aller drei Effekte: Substrat, Provenienz und Beschattung, wodurch die Abhängigkeit der Gewichtszunahme vom Komplex Boden—Provenienz weiter überdeckt wurde.

Bei mässigem Schatten war die Minderleistung in der Produktion von Wurzelsubstanz gegenüber den Pflanzen in vollem Licht auf Sandboden gering, auf Lehmboden etwas stärker, während bei tiefem Schatten in beiden Substraten in etwa gleicher Weise nur geringe Wurzelgewichte erreicht wurden.

4. Trockengewichte der Endknospen

Nach Versuchen ähnlicher Art mit anderen Baumarten spiegeln die Trockengewichte der Endknospen die ökologischen Bedingungen der jeweils letz-

ten Vegetationszeit wider und erlauben gewisse Rückschlüsse auf den Sprosszuwachs in der kommenden Vegetationszeit.

Bei den jungen Douglasien scheint dieser Sachverhalt jedoch nicht voll zuzutreffen: Bei den Endknospengewichten traten nämlich keine gesicherten Wechselwirkungen auf. Die Faktoren Beschattung und Provenienz liessen sich höchstsignifikant nachweisen. Die Substratunterschiede wurden offenbar durch starke Streuungen zwischen den Einzelwerten völlig überdeckt.

Prozentual waren die durch die Beschattung verursachten Unterschiede geringer als bei den anderen Gewichtskriterien. Ausserdem kehrte sich die bisher dargestellte Rangfolge in der Trockensubstanzleistung Tenino—Palmer—Shuswap (wobei sich Palmer mehrmals nicht gegen Tenino absichern liess) bei den Endknospengewichten um: Hier wies die Provenienz Shuswap Lake die höchsten Werte auf, Tenino die niedrigsten; Palmer, wiederum in der Mitte, liess sich nicht gegen Shuswap absichern. Demzufolge müssen die oben geäusserten Erwartungen, dass die Endknospengewichte mit den anderen Trockengewichtskriterien hoch korreliert sind und für die weitere Entwicklung Hinweise geben, zumindest bei der Douglasie kritisch überprüft werden.

<i>Trockengewichte</i>	<i>Provenienz</i>	<i>Sand</i>	<i>Lehm</i>
Gesamt (g/Pfl.)	Tenino	2,3	1,2
	Palmer	2,0	1,1
	Shuswap	1,0	0,7
Oberirdisch (g/Pfl.)	Tenino	1,7	0,9
	Palmer	1,5	0,8
	Shuswap	0,7	0,5
Wurzel (g/Pfl.)	Tenino	0,6	0,3
	Palmer	0,5	0,3
	Shuswap	0,3	0,2
Endknospen (mg/Pfl.)	Tenino	3,2	2,4
	Palmer	3,6	3,1
	Shuswap	4,0	3,4

Tabelle 6

Die mittleren Trockengewichte der Provenienzen (über die Beschattungsstufen hinweg) in Abhängigkeit von den Substraten (durch Strich miteinander verbundene Werte sind bei 5 % Irrtumswahrscheinlichkeit statistisch nicht verschieden)

4.1.3 Veränderungen des Pflanzenaufbaus

Es ist bekannt, dass eine Beschattung nicht nur die Wachstumsleistung junger Forstpflanzen generell mindert, sondern auch zu Veränderungen im *Aufbau* der jungen Pflanzen führt. So reduziert eine starke Schattierung die Entwick-

lung der Wurzeln stärker als die der oberirdischen Teile. Diese Zusammenhänge werden deutlich durch die Betrachtung der Relationen der einzelnen Pflanzenteile (Nadeln, Sprosse und Wurzeln) zum Gesamtgewicht.

Provenienz	Trockengewicht Anfang 1969 g/Pfl.	Sand				Lehm					
		Belichtungs-% 100 59 14				Belichtungs-% 100 59 14					
		g/Pfl.	%	%	%	g/Pfl.	%	%	%		
		Trockengewichtszuwachs Gesamtpflanze									
Tenino	0,20	3,00	=	<u>100</u>	92	17	1,68	=	<u>100</u>	61	12
Palmer	0,17	2,53	=	<u>100</u>	103	13	1,30	=	<u>100</u>	87	17
Shuswap	0,19	1,20	=	<u>100</u>	82	18	0,72	=	<u>100</u>	74	24
		Trockengewichtszuwachs Spross + Nadeln									
Tenino	0,14	2,23	=	<u>100</u>	91	20	1,27	=	<u>100</u>	60	15
Palmer	0,11	1,82	=	<u>100</u>	107	16	0,91	=	<u>100</u>	93	21
Shuswap	0,13	0,79	=	<u>100</u>	80	21	0,45	=	<u>100</u>	71	35
		Trockengewichtszuwachs Wurzeln									
Tenino	0,06	0,77	=	<u>100</u>	92	6	0,41	=	<u>100</u>	66	5
Palmer	0,06	0,71	=	<u>100</u>	91	7	0,39	=	<u>100</u>	73	6
Shuswap	0,06	0,41	=	<u>100</u>	86	12	0,27	=	<u>100</u>	79	7
		Knospentrockengewicht (Herbst 1969)									
Tenino	—	4,7	=	<u>100</u>	84	22	3,7	=	<u>100</u>	63	38
Palmer	—	4,4	=	<u>100</u>	119	26	4,3	=	<u>100</u>	60	27
Shuswap	—	5,2	=	<u>100</u>	93	40	4,1	=	<u>100</u>	93	41

Tabelle 7

Trockengewichte der jungen Douglasien im Frühjahr und ihr Zuwachs bis zum Herbst 1969 sowie deren prozentuale Änderung durch Beschattung
(Unterstrichene Mittelwerte sind bei 5 % Irrtumswahrscheinlichkeit statistisch gesehen nicht verschieden)

Es ergibt sich, dass die Faktoren Beschattung und Provenienz verändernd auf die Gewichtsanteile von *Nadeln* und *Wurzeln* einwirkten; die Sprossanteile wurden nicht betroffen, die Substrate hatten keinen Einfluss, und Wechselwirkungen irgendwelcher Art traten nicht auf.

Mit zunehmender Beschattung erhöhte sich der prozentuale Nadelanteil, jedoch in unterschiedlichem Masse bei den einzelnen Provenienzen. Der Wurzelanteil jedoch wurde überproportional abgesenkt, während die Sprossanteile gleich blieben. Wesentliche Änderungen traten allerdings in allen Fällen erst bei der starken Beschattungsstufe auf. Die mittlere Beschattung hatte demgegenüber keinerlei erkennbare Wirkung gehabt.

<i>Streuungsursache</i>	<i>Anteil am Gesamttrockengewicht von</i>		
	<i>Nadel</i>	<i>Spross</i>	<i>Wurzel</i>
Beschattung	+	—	+++
Provenienz	+	—	+++
Substrate	—	—	—
B × P	—	—	—
B × S	—	—	—
P × S	—	—	—
B × P × S	—	—	—

Tabelle 8

Die Ergebnisse der statistischen Analysen hinsichtlich der Veränderungen der Gewichtsanteile von Nadel, Spross und Wurzel in der Gesamtpflanze in Abhängigkeit von den Versuchsfaktoren

<i>Provenienz</i>	<i>Pflanzenteil</i>	<i>Sand</i>			<i>Lehm</i>		
		<i>Belichtungs-%</i>			<i>Belichtungs-%</i>		
		<i>100</i>	<i>59</i>	<i>14</i>	<i>100</i>	<i>59</i>	<i>14</i>
Tenino	Nadel	45	46	48	46	57	61
	Spross	29	28	36	29	16	19
	Wurzel	26	26	16	25	27	20
Palmer	Nadel	42	37	51	42	41	49
	Spross	30	38	29	27	32	30
	Wurzel	28	25	20	31	27	21
Shuswap	Nadel	37	40	47	38	40	46
	Spross	29	25	25	25	22	31
	Wurzel	34	35	28	37	38	23

Tabelle 9

Veränderung der Gewichtsanteile von Nadeln, Sprossen und Wurzeln am Gesamttrockengewicht (ausgedrückt in %) als Folge von Beschattung und Substrat bei drei 1+1j. Douglasienherkünften

(Unterstrichene Werte sind bei 5 % Irrtumswahrscheinlichkeit statistisch nicht voneinander unterschieden)

Die im vollen Licht erwachsenen Pflanzen aller drei Provenienzen hatten übereinstimmend Sprossanteile von knapp 30 Prozent. Sie unterschieden sich deutlich jedoch bei den Nadel- und Wurzelanteilen. So hatten Tenino und

Palmer einen gegenüber den Wurzeln sehr viel höheren Nadelanteil. Bei der Provenienz Shuswap entsprachen sich beide ungefähr. Die Shuswap-Pflanzen wiesen also, wenn man allgemeine Qualitätsnormen für Forstpflanzen zugrunde legt, ein sehr viel günstigeres Verhältnis der Wurzel- zur Nadelmasse auf. Diese Beziehungen blieben übrigens auch unter dem Einfluss der Beschattung erhalten: Stets hatten die Shuswap-Exemplare das relativ höchste Wurzelgewicht.

4.1.4 Ergebnisse der Ermittlung morphologischer Merkmale am Spross

Gebräuchlicher, weil einfacher zu messen, ist die Bestimmung von Sprosslänge und Sprossbasisdurchmesser, deren Mittelwerte und statistische Ergebnisse in den Tabellen 10 und 11 enthalten sind.

<i>Streuungsursache</i>	<i>Sprossbasis- durchmesser</i>	<i>Spross- länge</i>
Beschattung	+++	+
Provenienz	+++	+++
Substrat	++	—
B × P	—	—
B × S	—	—
P × S	+	+
B × P × S	—	—

Tabelle 10

Die Ergebnisse der statistischen Analysen bei den Sprossbasisdurchmesser- und -längenwerten

<i>Provenienz</i>	<i>Ausgangs- werte Frühj. 1969</i>	<i>Sand</i>			<i>Lehm</i>		
		<i>Belichtungs-%</i>			<i>Belichtungs-%</i>		
		<i>100</i>	<i>59</i>	<i>14</i>	<i>100</i>	<i>59</i>	<i>14</i>
		<i>absol.</i>	<i>%</i>	<i>%</i>	<i>absol.</i>	<i>%</i>	<i>%</i>
<i>Sprossbasisdurchmesser (mm/Pfl.) (Herbst 1969)</i>							
Tenino	—	3,8 = 100	92	47	2,9 = 100	83	66
Palmer	—	3,6 = 100	94	50	2,8 = 100	86	57
Shuswap	—	3,0 = 100	87	53	2,5 = 100	88	60
<i>Sprosslängenzuwachs 1969 (cm/Pfl.)</i>							
Tenino	4,4 cm	19,0 = 100	110	68	15,2 = 100	84	59
Palmer	4,2 cm	16,2 = 100	106	63	10,2 = 100	96	61
Shuswap	3,8 cm	8,7 = 100	106	64	7,0 = 100	74	60

Tabelle 11

Sprossbasisdurchmesser- und Sprosslängenwerte der jungen Douglasien im Frühjahr und Herbst 1969

Die *Sprossbasisdurchmesser* wurden nur im Herbst 1969 gemessen, nicht jedoch am Beginn der Versuchszeit. Deshalb konnten die Zuwachswerte nicht berechnet werden. Trotz der bekannten engen Korrelationen zwischen Änderungen der Sprossbasisdurchmesser und solchen der Trockengewichte zeigten sich aufgrund der statistischen Analysenergebnisse (vergleiche Tabellen 5 und 10) gewisse Unterschiede in der Reaktionsnorm. Bei den Trockengewichten wurde die Wirkung der drei Versuchsfaktoren weitgehend durch Interaktionen überlagert, bei den Sprossbasisdurchmessern konnte sie klarer einzeln nachgewiesen werden. So bewirkte die Beschattung zwar eine prozentual insgesamt weniger gravierende Verminderung, aber die Streuung im Material war offensichtlich geringer, und in zwei Fällen erbrachte sogar die schwache Beschattungsstufe eine gesicherte Minderleistung. Der Lehm Boden hatte über alle Beschattungsgrade hinweg das Dickenwachstum gleichmässig vermindert. Die Provenienzen schliesslich unterschieden sich bei diesem Kriterium, wie es bei den Trockengewichten bereits erläutert worden war.

Bei der *Sprosslänge* waren die Wirkungen der Beschattung und der Bodensubstrate sehr gering, jedoch ausgeprägt die Unterschiede zwischen den Provenienzen.

Der Sprosslängenzuwachs erfolgte während der Vegetationszeit 1969 in mehreren deutlich unterscheidbaren *Wachstumsschüben*. Nach einem stärkeren Sprosswachstum im Frühjahr wurde eine Gipfelknospe gebildet, die nach kurzer Zeit der Wachstumsruhe wieder austrieb. Insgesamt liessen sich drei solcher Wachstumsschübe beobachten.

Bei der Herkunft Tenino war der erste Schub stets der weitaus grösste, der dritte machte nur wenige Prozent des Gesamt-Sprosslängenzuwachses aus. Bei der Herkunft Palmer nahm der erste Schub zwar noch meist mehr als 50 Prozent des Gesamtzuwachses ein, doch war er relativ geringer als derjenige von Tenino, während der letzte Schub relativ grösser war. Die Herkunft Shuswap hatte im allgemeinen ein ausgeglicheneres Verhältnis in den drei Wachstumsschüben, wenn man davon absieht, dass hier unter der Wirkung des tiefen Schattens überhaupt nur zwei Schübe erfolgten. Ganz allgemein waren bei Tenino und Palmer die Anteile der ersten Wachstumsschübe am Gesamtzuwachs auf Sandboden grösser als auf Lehm Boden, während die Herkunft Shuswap umgekehrt reagierte. Es mag sein, dass die grösseren und wuchskräftigeren Pflanzen der Provenienzen Tenino und Palmer auf dem Lehm Boden grössere Anwuchsschwierigkeiten zu überwinden hatten als die der Herkunft Shuswap mit ihrem signifikant höheren Wurzelanteil.

4.1.5 Ergebnisse von Nadelmessungen

Von jeder Pflanze des Versuchs wurden an vier Nadeln aus der Mitte des letztjährigen Triebes Länge, Breite und Dicke gemessen; ferner wurden die Zahl der Nadeln je Pflanze und das Gewicht von jeweils 1000 Nadeln einer

Pflanze bestimmt. Das Ergebnis der statistischen Auswertung dieser Messungen zeigt Tabelle 12.

<i>Streuungsursache</i>	<i>1000-Nadel-Gewicht</i>	<i>Nadelzahl</i>	<i>Nadel-länge</i>	<i>Nadelbreite</i>	<i>Nadeldicke</i>	<i>Nadeldicke : Nadelbreite</i>
Beschattung	+++	+++	++	++	+++	+++
Provenienz	—	+++	+++	—	—	+
Substrat	+++	—	+++	++	—	—
B × P	—	—	—	+++	—	—
B × S	—	+	—	—	—	—
P × S	—	+	—	—	—	—
B × P × S	—	—	—	—	—	—

Tabelle 12

Die Ergebnisse der statistischen Analysen bei den Messkriterien an Nadeln der jungen Douglasien

Die starke Beschattung verringerte die Daten für alle fünf Kriterien ganz eindeutig, die geringe dagegen nicht.

Die *Nadelgewichte* waren auf dem Lehm Boden geringfügig, aber gesichert niedriger als auf dem Sandboden, während sich zwischen den Provenienzen in dieser Hinsicht kein Unterschied zeigte. Bei den *Nadelzahlen* gab es gesicherte Provenienzunterschiede, Wechselwirkungen von Provenienz und Substrat sowie Beschattung und Substrat. Die *Nadellängen* wurden durch die Beschattung, durch das Substrat und die Herkunft verhältnismässig gering, doch gesichert beeinflusst. Hier gab es keine eindeutigen Wechselbeziehungen der Einflussfaktoren Beschattung, Substrat und Herkunft.

Die *Nadelbreiten* wurden zwar eindeutig, aber prozentual sehr viel weniger durch Lichtentzug reduziert als die Nadeldicke. Dadurch veränderte sich das Verhältnis von etwa 3 : 1 auf 4 bis 5 : 1, die Nadeln wurden also deutlich flacher. Allerdings reagierten die Provenienzen etwas unterschiedlich.

Die im vollen Licht etwas schmalere Nadeln der Douglasien von Shuswap Lake wurden durch die Beschattung deutlich weniger beeinflusst als die der beiden anderen Herkünfte. Bei den Änderungen der Nadeldicken hingegen entstanden keine durch den Faktor Herkunft erklärbare Differenzen. Die verschiedenen Substrate schliesslich bewirkten bei den Nadelbreiten gesicherte Reaktionen, bei den Nadeldicken nicht (Tabelle 13).

4.2 Wuchsergebnisse in der zweiten Vegetationszeit (1970)

In allen Versuchspartzen des Sandbodens wurden bei der ersten Ernte am Ende der Vegetationszeit 1969 etwa zehn Pflanzen zurückgelassen. Sie blieben ein weiteres Jahr in der Versuchsanlage stehen, damit einzelne Resultate noch einmal überprüft werden konnten. Infolge starken Winterfrosts

Provenienz	Sand				Lehm			
	Belichtungs-‰ 100 59 14				Belichtungs-‰ 100 59 14			
	absol.	‰	‰	‰	absol.	‰	‰	‰
1000-Nadel-Gewicht (g/1000 St.)								
Tenino	2,8	=	<u>100</u>	<u>99</u>	39	2,6	=	<u>100</u> <u>94</u> <u>38</u>
Palmer	2,9	=	<u>100</u>	<u>98</u>	50	2,5	=	<u>100</u> <u>93</u> <u>56</u>
Shuswap	2,7	=	<u>100</u>	<u>101</u>	54	2,2	=	<u>100</u> <u>102</u> <u>57</u>
Nadelzahl (St./Pfl.)								
Tenino	510	=	<u>100</u>	<u>91</u>	48	330	=	<u>100</u> <u>82</u> <u>75</u>
Palmer	400	=	<u>100</u>	<u>93</u>	44	260	=	<u>100</u> <u>90</u> <u>51</u>
Shuswap	180	=	<u>100</u>	<u>91</u>	69	160	=	<u>100</u> <u>80</u> <u>82</u>
Nadellänge (mm/Nadel)								
Tenino	31,6	=	<u>100</u>	<u>107</u>	<u>89</u>	30,0	=	<u>100</u> <u>93</u> <u>71</u>
Palmer	30,8	=	<u>100</u>	<u>107</u>	<u>85</u>	27,4	=	<u>100</u> <u>87</u> <u>83</u>
Shuswap	24,5	=	<u>100</u>	<u>106</u>	<u>89</u>	21,4	=	<u>100</u> <u>100</u> <u>77</u>
Nadelbreite (mm)								
Tenino	1,33	=	<u>100</u>	<u>98</u>	<u>86</u>	1,33	=	<u>100</u> <u>94</u> <u>77</u>
Palmer	1,34	=	<u>100</u>	<u>99</u>	<u>87</u>	1,30	=	<u>100</u> <u>97</u> <u>78</u>
Shuswap	1,22	=	<u>100</u>	<u>99</u>	<u>93</u>	1,15	=	<u>100</u> <u>91</u> <u>88</u>
Nadeldicke (mm)								
Tenino	0,40	=	<u>100</u>	<u>90</u>	<u>65</u>	0,43	=	<u>100</u> <u>77</u> <u>44</u>
Palmer	0,46	=	<u>100</u>	<u>89</u>	<u>57</u>	0,39	=	<u>100</u> <u>92</u> <u>54</u>
Shuswap	0,44	=	<u>100</u>	<u>93</u>	<u>59</u>	0,38	=	<u>100</u> <u>79</u> <u>58</u>
Nadelbreite : Nadeldicke (‰)								
Tenino	3,3	=	<u>100</u>	<u>110</u>	<u>134</u>	3,1	=	<u>100</u> <u>124</u> <u>176</u>
Palmer	2,9	=	<u>100</u>	<u>110</u>	<u>145</u>	3,4	=	<u>100</u> <u>107</u> <u>145</u>
Shuswap	2,8	=	<u>100</u>	<u>110</u>	<u>163</u>	3,1	=	<u>100</u> <u>115</u> <u>152</u>

Tabelle 13

Die absoluten und prozentualen Nadelmesswerte der jungen Douglasien in Abhängigkeit von den Versuchsfaktoren Beschattung, Provenienz und Bodensubstrat im Sommer und Herbst 1969

(Unterstrichene Mittelwerte unterschieden sich statistisch bei 5 ‰ Irrtumswahrscheinlichkeit nicht)

1970 überdauerten bei einigen Provenienzen nur sehr wenige Pflanzen den Winter. Eine statistische Auswertung schied damit aus. Trotz dieser Einschränkungen lässt sich über die Reaktion der nur auf dem Sandboden noch

übriggebliebenen Pflanzen auf die Versuchsfaktoren Beschattung und Provenienz folgendes sagen:

1. Die Herkunft Tenino und Palmer vervierfachten ihr Endgewicht 1969 im Laufe der Vegetationszeit 1970, Shuswap Lake verfünffachte es. Damit nahm der prozentuale Abstand zwischen den Provenienzen ab. Die Wuchsverzögerung durch die Beschattung hatte sich nicht weiter verstärkt.

2. Wie bei den Trockengewichten verstärkte sich auch bei den Sprossdurchmessern und -längen die Auswirkung der Beschattung offenbar nicht. Die im Vorjahr festgestellten Unterschiede zwischen den Provenienzen vergrösserten sich gleichfalls nicht, der absolute Sprosslängenzuwachs war in allen Fällen gleich.

3. 1970 lagen die 1000-Nadel-Gewichte etwas niedriger als 1969, zwischen den Provenienzen hatten sich wiederum keine Unterschiede eingestellt. Die Nadellängen, 1969 ein informatives Kriterium, hatten sich 1970 weder nach Provenienz noch Beschattungsstufe differenziert. Auch die Nadelbreiten- und -dickenmessungen ergaben weniger aussagekräftige Werte gegenüber dem Vorjahr. Das wird besonders deutlich bei dem Verhältnis der beiden Grössen zueinander. Sie erbrachten nämlich 1970 keinerlei Veränderungen, während 1969 die Nadeln bei Beschattung eindeutig flacher geworden waren.

4.3 Versuche mit 2 + 2jährigen Douglasien

Ursprünglich sollte das Schwergewicht der Untersuchungen auf etwas ältere Versuchspflanzen gelegt werden. Hierzu wurden im Frühjahr 1968 zweijährige Verschulpflanzen nicht bekannter Herkunft des Formenkreises *viridis* in eine ebensolche Schattierungsanlage gepflanzt wie vorstehend beschrieben. Auf diese Weise sollte für Versuche 1969 mit denselben veränderten Lichtverhältnissen durch Beschattung vorbehandeltes Pflanzenmaterial angezogen werden.

Im Herbst 1968 setzte ein früh einsetzender starker Frost diesem Vorhaben ein unerwartetes Ende. Bereits Ende Oktober sank die Temperatur während mehrerer Nächte auf etwa -8°C ab. Bald danach zeigten sich Graufärbungen bei vielen Pflanzen, und im Frühjahr 1969 waren abgestorben: im vollen Licht 0 Prozent, in mässigem Schatten 36 Prozent, in tiefem Schatten 68 Prozent.

Die Annahme, dass sich in den Beschattungsanlagen Kaltluftstau gebildet hätten, liess sich durch Temperaturmessungen im folgenden Winter ausschalten: Nirgends verursachten die Schattierungsvorrichtungen nennenswerte Temperaturdifferenzen während des Winters.

Der Schlüssel zum Verständnis dieser unterschiedlich starken Schäden dürfte vielmehr in der in Kapitel 4.1.1 beschriebenen, durch Beschattung verursachten *Verzögerung der Verholzung* gelegen haben.

5. Diskussion

Die meisten Douglasienherkünfte leiden während der ersten Lebensjahre in Mitteleuropa mehr oder weniger häufig unter *Frostwirkungen*. Frühere Erfahrungen in Europa sind unter anderem von Schober 1963 dargestellt worden; Zusammenhänge zwischen Provenienz und Frostschäden haben in neuester Zeit Dong (1970) sowie Lacaze und Tomassone (1967) in einem französischen Provenienzversuch untersucht.

Vielfach wird in der Praxis empfohlen, zur Verminderung der Winter- und Frühjahrsfrostschäden die Douglasie während der ersten Lebensjahre im *Schatten* wachsen zu lassen. So raten Bitter (1967) und Zeyher (1959) zur Anzucht der Douglasie in sogenannten Halbschattenkämpfen. Zeyher empfiehlt ausserdem die Abdeckung junger Douglasienpflanzen während des Winters mit Hilfe von Matten und Gittern. Hesmer (1953) schildert günstige Erfahrungen von Douglasienanbauten unter Schirm und am Altbestandsrand.

Frostschäden traten in den vorliegenden Versuchen nur in Form von *Winterfrösten* auf. Hier ist besonders auffällig die starke Wirkung der Beschattung. «Tiefer Schatten» brachte die 2+2jährigen Küstendouglasien bei dem frühen Wintereintritt 1968 zu einem fast völligen Ausfall, und auch der «mässige Schatten» ergab schwere Verluste. Das weist darauf hin, dass die bisweilen empfohlene Schattierung von Douglasien unter ungünstigen Witterungsverhältnissen sehr *gefährlich* sein kann. Sicherlich ist es zweckmässig, die Schattierungseinrichtungen in der zweiten Sommerhälfte von den Anzuchtbeeten zu entfernen und sie allenfalls erst im Spätwinter wieder anzubringen.

Es ist anzunehmen, dass die Schattierungen den Abhärtungsvorgang der Douglasien verhinderten oder verzögerten (siehe auch Scheumann und Börtitz, 1965). Gleichfalls wird aber vermutet, da die Schattierung die Schneeeablagerung auf den Beeten stark verminderte bzw. ganz verhinderte, während im vollen Licht eine schützende Schneedecke lag, dass die starken Winterfrostauffälle im mässigen und tiefen Schatten auch auf diesen Umstand zurückzuführen sind. Eccher (1963) berichtet über Versuche im nördlichen Apennin, wo mit künstlichen Schneeverwehungen die Douglasienanzucht erfolgreich vor Winterfrost geschützt wurde.

Beschattung führte aber in aller Regel zu einer *Verminderung des Wachstums*, ganz besonders bei den Wurzeln.

Da für alle Vergleiche die Wuchsergebnisse der unbeschatteten Pflanzen den Massstab bilden, gilt es zu untersuchen, ob die Wachstumsleistungen dieser Pflanzen des Versuchs ungefähr allgemeiner *Norm* entsprechen.

Am leichtesten ist das Merkmal «Sprosslänge» zu prüfen. Die Herkunft Tenino, eine sogenannte Küstendouglasie, brachte bei Anzucht in vollem Licht auf Sandboden eine durchschnittliche Sprosslänge von 23,4 cm, auf Lehmboden eine solche von 19,8 cm. Die Herkunft Palmer wies 20,6 bzw.

16,2 cm auf. Die gewerblichen Baumschulen bieten 1 + 1-jährige Küstendouglasien mit einer Sprosslänge von 15 bis 35 cm (im Durchschnitt 25 cm) an. Die dort üblichen Böden sind meist humose Sande. Es ist allgemein bekannt, dass auf Lehm Böden die Wuchseleistungen der Verschulpflanzen geringer sind. Nicht zuletzt deswegen werden sandige Böden für die Forstpflanzen bevorzugt (siehe auch *Dimpflmeier*, 1970).

Auch *Aksoy* und *Weber* (1966) nennen für 1 + 1-Douglasien eine durchschnittliche Sprosslänge von 25,9 cm bei einem Sprossbasisdurchmesser von 4,3 mm; *Röhrig* (1958) gibt für 1 + 1-Pflanzen vom Mineralboden eine durchschnittliche Sprosslänge von 23,7 cm an.

Im Gesamttrockengewicht liegen die untersuchten Douglasien vom Sandboden mit 3,2 g für die Herkunft Tenino und 2,7 g für die Herkunft Palmer zwischen den von *Röhrig* mitgeteilten Werten gleich alter Douglasien (2 Jahre Mineralboden = 4,9 g, 1 Jahr Streu, 1 Jahr Mineralboden = 2,0 g).

Aus diesen Daten lässt sich entnehmen, dass die Douglasien unter den Bedingungen «volles Licht» normal gewachsen waren und als Vergleichsbasis für den dargestellten Versuch geeignet sind.

Untersuchungen über die Wirkung von unterschiedlichem *Lichtgenuss* auf das Wachstum junger Forstpflanzen sind in den letzten Jahrzehnten in grösserer Zahl angestellt worden. *Röhrig* (1967) und *Huss* (1971) haben dargestellt, dass die Voraussetzungen solcher Untersuchungen nur in wenigen Fällen miteinander vergleichbar sind. Betrachtet man die Ergebnisse derjenigen Arbeiten, die in ihren Versuchsbedingungen und der Art der Auswertung einigermaßen mit den hier vorliegenden Untersuchungen übereinstimmen (zum Beispiel *Burschel* und *Schmaltz*, 1965; *Jarvis*, 1964; *Fairbairn* und *Neustein*, 1970; *Lyr* und Mitarbeiter, 1963, 1964; *Ovington* und *McRae*, 1960; *Röhrig*, 1967; *Huss*, 1971), so zeigt sich, dass in allen Fällen schon bei relativ geringer Beschattung eine Reduktion der *Stoffproduktion* gegenüber der bei vollem Licht eintritt, die sich besonders bei der Ausbildung der Wurzeln äussert. Diese Erscheinung ergab sich auch bei den vorliegenden Untersuchungen. Der *Sprosslängenzuwachs* dagegen ist bei geringer Beschattung oft nicht reduziert, sondern bisweilen (wenn auch meist nur geringfügig und selten statistisch gesichert) gegenüber dem bei vollem Licht erhöht. Ähnlich wie die Trockengewichtsproduktion wird auch der *Sprossbasisdurchmesser* bereits durch mässige Beschattung der Pflanzen vermindert. Starke Beschattung (im vorliegenden Fall: Verminderung des relativen Lichtgenusses auf etwa 15 Prozent der Aussenhelligkeit) brachte auch bei der Douglasie starke Verminderungen aller Zuwachskriterien. In dieser Hinsicht bestehen nicht in der Tendenz, wohl aber im Ausmass einige Divergenzen zu den Ergebnissen, die *Lyr*, *Hoffmann* und *Dohse* (1963) bei ihren Versuchen mit 1 + 1-jährigen Douglasien erzielten.

Diese Autoren hielten verschiedene Arten von jungen Waldbäumen, darunter auch einjährige Douglasien, nicht gekennzeichnete Herkunft in Töpfen

mit einem Gemisch von 1 Teil Sand, 1 Teil Lehm und 4 Teilen Humus unter vier verschiedenen Schattenstufen (I = 100 bis 85 Prozent, II = 70 bis 55 Prozent, III = 45 bis 30 Prozent, IV = 15 Prozent des vollen Freilandlichtes). Das verwendete Pflanzenmaterial war nach den von ihnen mitgeteilten Trockengewichten zu Beginn des Versuchs erheblich grösser. Beim Vergleich der in den vorliegenden Untersuchungen und von Lyr, Hoffmann und Dohse ermittelten Gewichtszuwachswerte ergibt sich folgendes Bild:

Im «vollen Licht» liegen bei den Pflanzen vom Sandboden die Werte für Gesamt-Trockengewichtszunahme je nach Provenienz zwischen 1,2 und 3,0 g/Pfl. bzw. rund 650 bis 1500 Prozent des Gewichtes bei Versuchsbeginn, bei den Pflanzen vom Lehm Boden dagegen zwischen 0,8 und 1,7 g/Pfl. bzw. 420 bis 820 Prozent des Anfangsgewichtes. Lyr und Mitarbeiter, die nicht nach Provenienzen und Böden differenziert haben und deren relativer Lichtgenuss infolge einer Zusammenlegung von zwei Beschattungsstufen als 100 bis 85 Prozent angegeben wird, erzielten einen Gesamtzuwachs an Trockensubstanz von 2 g/Pfl. bzw. 610 Prozent des Anfangsgewichtes der Pflanzen.

Im «tiefen Schatten», der in beiden verglichenen Versuchen fast übereinstimmt, war der Gesamtzuwachs an Trockensubstanz bei den hier beschriebenen Untersuchungen allgemein wesentlich niedriger als bei den Versuchen von Lyr, Hoffmann und Dohse. Er lag je nach Herkunft der Douglasien auf Sandboden bei 0,2 bis 0,5 g/Pfl. bzw. 130 bis 250 Prozent der Anfangsgewichte und auf Lehm Boden bei 0,18 bis 0,22 g/Pfl. bzw. 90 bis 130 Prozent der Anfangsgewichte, während Lyr und Mitarbeiter 1,0 bzw. 310 Prozent angeben. Eine Erklärung dafür mag im Unterschied der Anzuchtsubstrate liegen: In den hier beschriebenen Untersuchungen wurde entweder Sandboden oder Lehm Boden mit einem relativ geringen Humusanteil verwendet, während Lyr und Mitarbeiter einen überwiegend humosen Boden benutzten. Es ist wahrscheinlich, dass die besonders gute Versorgung der Pflanzen mit Nährstoffen und Feuchtigkeit in einem solchen Boden die Wirkung des starken Schattens in gewissem Ausmass kompensieren können. Hinweise für eine derartige Reaktion bei der Buche hatten auch Burschel und Schmaltz (1965) gefunden.

Bei Beschattungsversuchen von Fairbairn und Neustein (1970) hatten zweijährige Douglasien (die offenbar nicht verschult waren) bei vollem Licht deutlich grössere Sprosslängen, Sprossbasisdurchmesser und Trockengewichte als bei den hier geschilderten Experimenten. Durch die Beschattung auf 12,5 Prozent des vollen Lichtes traten Reduktionen in der Sprosslänge, im Sprossbasisdurchmesser und im Trockengewicht ein, die grösser waren als hier geschildert, so dass die Pflanzen in diesen Messgrössen etwa denen entsprachen, wie sie hier bei 14 Prozent des vollen Lichtes erwachsen waren.

Das Gesamt-Trockengewicht zweijähriger Douglasien, die die zweite Vegetationszeit in starkem Schatten verbracht hatten, betrug im Durchschnitt nur etwa 25 Prozent (19 bis 37 Prozent) derjenigen, die in vollem Licht er-

wachsen waren. Im Vergleich dazu: Burschel und Huss (1964) fanden für einjährige Buchensämlinge und Burschel und Schmaltz (1965) bei dreijährigen verschulten Buchen bei ähnlichem relativem Lichtgenuss etwa 50 Prozent der Substanzproduktion vom vollen Licht; Ovington und McRae (1960) erzielten an dreijährigen *Quercus petraea* bei 15 Prozent relativem Lichtgenuss 41 Prozent des Gesamtgewichtes von voll beleuchteten Pflanzen; in den Versuchen von Röhrig (1967) verminderte der zweijährige Bergahorn bei 24 Prozent des vollen Lichtes seine Substanzproduktion auf 29 Prozent und bei 8 Prozent des vollen Lichtes auf 18 Prozent, er reagierte damit etwa so wie die Douglasien mittlerer Wüchsigkeit im vorliegenden Versuch. Huss (1971) fand bei zwei-, drei- und vierjährigen Fichten, die als Sämlinge in eine Beschattungsanlage gepflanzt worden waren, einen sich von Jahr zu Jahr verstärkenden Beschattungseffekt. Ein solcher konnte im hier vorliegenden Versuch nicht bestätigt werden.

Lacaze und Tomassone (1967) haben in dem von ihnen ausgewerteten Provenienzversuch mit 26 Douglasienherkünften beobachtet, dass sich das Sprosslängenwachstum der Douglasie (insbesondere bei jüngeren Pflanzen) in Schüben vollzieht, die von Ruhepausen unterbrochen sind. Es traten dabei Provenienzunterschiede auf, die allerdings, wie die beiden Autoren selbst bemerken, sicherlich deutlicher gewesen wären, wenn nicht extreme Trockenheit im Frühjahr und Sommer des Beobachtungsjahres diese Effekte vermindert hätte. Bei den vorliegenden Untersuchungen ergibt sich ein deutlicher Unterschied zwischen den Herkunftsorten Shuswap einerseits sowie Tenino und Palmer andererseits, weniger in der Anzahl der Wachstumsschübe als in ihren Anteilen am Gesamt-Sprosslängenzuwachs, während die Wirkung der Beschattung nicht erkennbar ist. Mit einiger Vereinfachung lässt sich sagen: Je wüchsiger die Herkunftsorte, desto grösser ist der Anteil des ersten Wachstumsschubes am Gesamt-Sprosslängenzuwachs.

6. Zusammenfassung

Die Douglasie gewinnt in der mitteleuropäischen Forstwirtschaft zunehmend an Bedeutung. Die ökologischen Bedingungen bei der Anzucht, besonders die Frostempfindlichkeit und die Ursachen der zum Teil beträchtlichen Pflanzenabgänge im Jugendstadium, sind noch nicht befriedigend geklärt. Mit der hier dargestellten Beschattungsversuchsanlage (drei Beschattungsstufen) auf zwei Substraten (Sand und Lehm) sollten die Wuchsreaktionen von drei Douglasienprovenienzen untersucht werden. Der Versuch wurde im Frühjahr 1969 mit einjährigen Sämlingen angelegt. Eine umfassende Auswertung erfolgte nach einer Vegetationszeit im Herbst 1969. Im Herbst 1970 stand nur noch wenig Pflanzenmaterial zur Verfügung, so dass eine statistische Analyse nicht mehr möglich war.

Durch die Beschattungsvorrichtungen wurden die ökologischen Faktoren folgendermassen verändert:

1. In den mässig beschatteten Parzellen wurden 59 Prozent, in den stark beschatteten 14 Prozent des Lichtes der offenen Parzellen gemessen.
2. Die Temperaturgänge unterschieden sich in den Beschattungsstufen nur an klaren Tagen. Im tiefen Schatten waren die Tagesamplituden stets am geringsten. Die beschatteten Parzellen blieben im Winter wegen der Beschattungsgitter weitgehend schneefrei; die Jungpflanzen waren daher weniger geschützt.
3. Die Wasserversorgung war in der ganzen Vegetationszeit 1969 gleichmässig und ausreichend. Zwischen den drei Beschattungsstufen waren nur geringe und wahrscheinlich irrelevante Unterschiede feststellbar.

Bei den Jungpflanzen liessen sich nach einer Vegetationszeit in der Versuchsanlage folgende Reaktionen nachweisen:

1. Die Herkunft «Tenino» hatte auf dem Lehm Boden höhere Ausfälle als die beiden anderen Provenienzen.
2. Die Beschattung beschleunigte im Herbst 1969 die Ausbildung einer Endknospe, sie verzögerte aber offenbar die Verholzung. Die «grüne» Douglasienherkunft Tenino schloss das Wachstum eher ab als die «graue» Shuswap Lake.
3. Die Entwicklung der Trockengewichte wurde am stärksten durch die Beschattung beeinflusst, alle anderen Einflussgrössen standen in Wechselbeziehungen zueinander. Lediglich bei den Knospengewichten ergaben sich eindeutig auf die Provenienz zurückzuführende Unterschiede, Wechselwirkungen traten nicht auf.
4. Durch die Beschattung erhöhte sich der prozentuale Nadelanteil am Gesamtgewicht. Der Wurzelanteil wurde überproportional abgesenkt. Die Sprossanteile wurden nicht betroffen. Die Substrate hatten keinen verändernden Einfluss. Die drei Provenienzen unterschieden sich in ihrem Aufbau etwas. Diese Unterschiede blieben auch bei starker Beschattung erhalten.
5. Bei den Sprossbasisdurchmessern bewirkten die drei Versuchsfaktoren prozentual geringere Unterschiede als bei den Trockengewichten. Es traten keine Interaktionen auf: Die Faktoren Beschattung, Provenienz und Substrat konnten einzeln nachgewiesen werden.
6. Die Sprosslängen differenzierten sich nur in geringem Masse. Der Sprosslängenzuwachs erfolgte in mehreren Wachstumsschüben, deren Anteile sich bei den drei Provenienzen deutlich unterschieden.
7. Die Nadeldurchschnittsgewichte wichen bei den drei Provenienzen nicht voneinander ab, lagen aber generell auf Sandboden niedriger als auf Lehm Boden. Unterschiede der durchschnittlichen Gesamtnadelgewichte erfolgten nur zum Teil über die Änderung von Dimension und Gewicht

der Einzelnadeln, in starkem Masse vielmehr durch Veränderung der Nadelzahlen je Pflanze.

8. Die Beschattung veränderte das Verhältnis von Nadelhöhe und Nadelbreite: Die Nadeln wurden im tiefen Schatten deutlich flacher.

Nach einer weiteren Vegetationszeit (1970) verstärkten sich die im Vorjahr festgestellten Reaktionen der drei Douglasienherkünfte offenbar nicht.

Die Ausfälle bei vierjährigen Douglasien, die beschattet worden waren, legen den Schluss nahe, dass die Schattierung neben der Wachstumsreduzierung den Abhärtungsvorgang verzögert und damit gefährlich werden kann. Ausserdem spricht das Fernhalten einer schützenden Schneedecke im Winter gegen die Schattierungen.

In einem abschliessenden Vergleich mit in der Literatur beschriebenen Versuchsergebnissen wird gezeigt, dass die hier dargestellten Resultate zwar in der Tendenz mit den meisten früheren Arbeiten übereinstimmen, dass sich aber in der Grössenordnung einige Abweichungen und zum Teil auch differenziertere Einblicke ergeben.

Résumé

Influence d'ombrages et de sols différents sur la croissance de jeunes douglas de diverses provenances

Le douglas prend dans l'économie forestière d'Europe moyenne une place toujours plus importante. Les conditions écologiques de sa culture, en particulier la sensibilité au gel et les causes de la mortalité souvent élevée notée dans les premiers stades du développement, n'ont pas encore été définies de façon satisfaisante. Le présent travail tente d'établir les réactions de la croissance de trois provenances de douglas soumises à trois niveaux d'ombrage sur deux substrats (sable et lehm).

L'essai fut mis en place au printemps 1969 avec des semis d'une année. Un dépouillement complet fut effectué après une période de végétation en automne 1969. Le matériel restant en automne 1970 était trop réduit pour permettre une analyse statistique.

Le dispositif d'ombrage modifiait les facteurs écologiques comme suit:

1. Les parcelles moyennement ombragées recevaient 59%, les parcelles fortement ombragées 14% de la lumière enregistrée dans les parcelles découvertes.
2. Les courbes de température ne différencient les unes des autres que par temps clair. Les amplitudes quotidiennes les plus réduites ont été enregistrées sous l'ombrage le plus fort. Le dispositif d'ombrage ayant retenu la neige, les jeunes plants ombragés n'ont pas bénéficié de la même protection hivernale que les plants découverts.

3. L'approvisionnement en eau fut régulier et suffisant durant toute la période de végétation 1969. Les différences enregistrées entre les trois niveaux d'ombrage furent minimales et probablement non pertinentes.

Il fut possible de noter au terme de la période de végétation les réactions suivantes des jeunes plants:

1. La provenance «Tenino» a subi sur le lehm des pertes plus élevées que les deux autres provenances.

2. L'ombrage accéléra en automne 1969 la formation d'un bourgeon terminal, il retarda par contre apparemment la lignification. La provenance «verte» Tenino acheva plus tôt de croître que la provenance «grise» Shuswap Lake.

3. Le développement des poids de matière sèche fut le plus nettement influencé par l'ombrage, les autres facteurs n'agissant qu'interactivement. Seuls les poids des bourgeons mirent en évidence des différences relevant avec certitude de la provenance, en l'absence d'interaction.

4. La part des aiguilles dans le poids total s'accrut avec l'augmentation de l'ombrage, celle des racines s'abaissant de manière disproportionnée. La part des pousses ne fut pas modifiée. Les substrats n'eurent aucune influence modificatrice. Les trois provenances se différencièrent quelque peu dans leur constitution. Ces différences demeurèrent également sous l'ombrage le plus élevé.

5. Les trois facteurs expérimentaux occasionnèrent sur les diamètres de base des pousses des variations moindres que sur les poids de matière sèche. On ne releva aucune interaction: les facteurs ombrage, provenance et substrat purent être mis en évidence individuellement.

6. Les largeurs de pousse ne se différencièrent que faiblement. L'accroissement de la longueur des pousses s'opéra en plusieurs à-coups dont l'importance fut nettement différente chez les trois provenances.

7. Les poids d'aiguilles moyens des trois provenances ne différencièrent pas les uns des autres; ils furent cependant généralement plus bas sur le sol sablonneux que sur le lehm. Les différences entre poids totaux moyens des aiguilles ne furent qu'en partie engendrées par la diversité des dimensions et des poids individuels, elles proviennent principalement de la variation du nombre d'aiguilles par plante.

8. L'ombrage modifia la relation épaisseur/largeur des aiguilles: celles-ci se montrèrent nettement plus minces sous le fort ombrage.

Les réactions relevées chez les trois provenances de douglas ne s'accrochèrent manifestement pas au terme d'une seconde période de végétation (1970).

Les pertes enregistrées chez les douglas de 4 ans ombragés font conclure que l'ombrage entraîne à côté d'une réduction d'accroissement le retardement du processus de durcissement, ce qui peut le rendre dangereux, de même que l'absence d'une couche de neige protectrice en hiver.

La comparaison des résultats obtenus avec les données de la littérature met en évidence leur concordance, du moins quant aux tendances. Certaines différences dans les ordres de grandeur et, en partie également, des vues différenciées peuvent également être relevées.

Traduction: J.-F. Matter

- Aksoy, H., und Weber, E., 1966: Untersuchungen zur Bewertung von Jungpflanzen verschiedener Nadelbaumarten. Forstwiss. Cbl. 85, 219—245
- Bitter, B., 1967: Praktische Erfahrungen mit dem Anbau von Fremdholzarten im Moselforstamt Quint. Allg. Forstzeitschr. 22, 657—660
- Burschel, P., und Huss, J., 1964: Die Reaktion von Buchensämlingen auf Beschattung. Forstarchiv 35, 225—233
- Burschel, P., und Schmaltz, J., 1965: Die Bedeutung des Lichtes für die Entwicklung junger Buchen. Allg. Forst- u. Jagdzeitg. 136, 193—210
- Dimpflmeier, R., 1970: Zur Anzucht der Douglasien. Allg. Forstzeitschr. 25, 812—813
- Dong, P., 1970: Wuchsleistung und biologisch-waldbauliches Verhalten der Douglasien in Kulturversuchen der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt. Diss. Göttingen, 213 S.
- Eccher, A., 1963: Some methods of giving winter protection to Douglas Fir seedlings in the nursery. Ital. for. mont. 18, 113—118
- Fairbairn, W. A., und Neustein, S. A., 1970: Study of response of certain coniferous species to light intensity. Forestry, 57—72
- Hesmer, H., 1953: Minderung von Spätfrostschäden an Douglasienkulturen. Allg. Forstzeitschr. 8, 350—353
- Huss, J., 1971: Untersuchungen über die Wirkung von Beschattung und Düngung auf das Wachstum junger Fichten. Unveröffentl. Habilitationsschrift, Göttingen, 251 S.
- Jarvis, G. P., 1964: The adaptability to light intensity of seedlings of *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. Journ. Ecol. 52, 545—571
- Kleinschmit, J., 1970: Forstliche Produktionssteigerung, insbesondere durch Baumartenwahl und Züchtung. Allg. Forstzeitschr. 25, 688—692
- Lacaze, J. F., und Tomassone, R., 1967: Contribution à l'étude de la variabilité du Douglas caractéristiques juveniles. Ann. Sci. Forest, 24, 85—105
- Lyr, H., Hoffmann, G., und Dohse, K., 1963: Über den Einfluss unterschiedlicher Beschattung auf die Stoffproduktion von Jungpflanzen einiger Waldbäume. Flora 153, 291—311
- Lyr, H., Hoffmann, G., und Engel, W., 1964: Über den Einfluss unterschiedlicher Beschattung auf die Stoffproduktion von Jungpflanzen einiger Waldbäume. II. Mitteilung, Flora 154, 305—330
- Ostle, B., 1963: Statistics in research. Ames, Iowa
- Ovington, J. D., and McRae, C., 1960: The growth of seedlings of *Quercus petraea*. Journ. of Ecol. 48, 549—555
- Pintaric, K., 1967: Das Höhenwachstum verschiedener Herkünfte der Douglasie (*Q. Menziesii*) in den ersten Lebensjahren. Allg. Forst- u. Jagdzeitg. 138, 198—205
- Röhrig, E., 1958: Die Anzucht von Forstpflanzen in Nadelstreubeeten. Schriftenr. Forstl. Fak. Univ. Göttingen, Bd. 22, 49 S.

- Röhrig, E.*, 1967: Wachstum junger Laubholzpflanzen bei unterschiedlichen Lichtverhältnissen. Allg. Forst- u. Jagdzeitg. 138, 224—239
- Scheumann, W.*, und *Börtitz*, 1965: Studie zur Physiologie der Frosthärtung bei Koniferen. Biol. Zentralbl. 85, 469—500
- Schlegel, Fr.*, 1971: Die Wachstumsreaktion von drei jungen Douglasienherkünften auf Beschattung und Boden. Diss. Göttingen. 88 S.
- Schober, R.*, 1954: Douglasien-Provenienzversuche I. All. Forst- u. Jagdzeitg. 125, 160—178
- Schober, R.*, und *Meyer, H.*, 1955: Douglasien-Provenienzversuche II. Allg. Forst- u. Jagdzeitg. 126, 221—243
- Schober, R.*, 1959: Ergebnisse von Douglasien-Provenienzversuchen in Deutschland, Holland und Dänemark. Allg. Forstzeitschr. 14, 145—152
- Schober, R.*, 1963: Erfahrungen mit der Douglasie in Europa. Allg. Forstzeitschr. 18, 473/474, 487—489, 515—519
- Zeyher, D.*, 1959: Die Verschulung der Douglasie in Halbschattenkämpfen. Allg. Forstzeitschr. 14, 174/175