Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss foresty journal = Journal forestier suisse

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 125 (1974)

Heft: 7

Artikel: Untersuchungen über die Klimaresistenz der Douglasie

Autor: Dimitri, L. / Karner, L. / Rapp, J.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-766232

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: 16.07.2025

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

Untersuchungen über die Klimaresistenz der Douglasie

Von *L. Dimitri, L. Karner* und *J. Rapp*

Oxf.: 181.2

(Hessische Forstliche Versuchsanstalt, Hann. Münden, BRD)

Einleitung

Die Douglasie [*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco] ist die ertragreichste und am weitesten verbreitete ausländische Nadelbaumart in der Bundesrepublik Deutschland. Sie wurde in mehreren Anbauperioden nach Deutschland eingeführt und wird seit etwas mehr als 100 Jahren bestandesmässig angebaut. Da die Douglasie ein weites Verbreitungsgebiet und damit mehrere Erscheinungsformen hat, ist die Wahl geeigneter Herkünfte sowohl für die Leistung als auch für die Bestandessicherheit von entscheidender Bedeutung. In den ersten, um die Jahrhundertwende angelegten Provenienzversuchen stand die Ermittlung der Unterschiede in der Wuchsleistung an erster Stelle. Nach einer anfänglich problemlosen Anbauerfahrung zeigte es sich aber bald, dass auch bei dieser sehr leistungsfähigen Baumart beträchtliche Verluste durch biotische und abiotische Schadursachen hingenommen werden müssen. Die Steigerung der Ertragssicherheit durch Resistenzforschung rückte deshalb in den Vordergrund der Zuchtziele (*Rohmeder* und *Schönbach,* 1959).

Insbesondere durch die Schäden der beiden Schüttepilze [*Phaeocryptopus gäumannii* (Rohde) Petr. und *Rhabdocline pseudotsugae* Syd.] ist der Anbau der Douglasie in den dreissiger Jahren in Gefahr geraten. Das Problem konnte jedoch durch die Wahl widerstandsfähiger Herkünfte weitgehend geklärt werden.

Heute wird für den Anbau der Douglasie in Mitteleuropa als grösstes Problem die Frostempfindlichkeit im Jugendstadium angesehen (*Schober,* 1963; *Schlegel, Röhrig* und *Huss,* 1972). Dies ist nicht nur eine Frage, die sich allein bei der Einbürgerung stellt, sondern ein wesentlicher Faktor, der auch im Ursprungsgebiet zuweilen empfindliche Schädigungen verursacht (*Schenk,* 1938; zitiert nach *Schönbach,* 1958).

Zwar sind auch über das Frostverhalten der Douglasie zahlreiche Untersuchungen durchgeführt worden, aus denen hervorgeht, dass in der Widerstandsfähigkeit gegen die verschiedenartigen Frosteinwirkungen grosse

Unterschiede in der Erbanlage einzelner Herkünfte bestehen (Schober, 1963), unsere Kenntnisse hierüber sind aber noch bei weitem nicht ausreichend.

Bei der Behandlung der Ertragssicherheit wird die Frage der Dürreresistenz der Douglasie nur selten erwähnt. Dies erscheint insofern unverständlich, als der Anbau dieser Baumart nicht nur in Hessen (*Henne,* 1970), sondern auch anderswo auf Standorten vorgesehen ist, die durch ungünstige Boden-, Relief- und Klimaeigenschaften zumindest zeitweise eine kritische Phase bei der Wasserversorgung aufweisen. Die Untersuchung der Unterschiede der Kälte- und Dürreresistenz verschiedener Douglasien-Herkünfte im Wege einer *Frühtestmethode,* die im Freiland (Saat- und Verschulbeet, Provenienzversuche) bzw. in der Klimakammer durchgeführt wird, war die Aufgabe unserer Versuche, über deren Ergebnisse hier kurz berichtet wird.

Material und Methodik

Durch die IUFRO-Arbeitsgruppe «Douglasien-Provenienzen» wurde 1970 ein internationaler Herkunftsversuch mit zahlreichen Provenienzen aus dem weiten Verbreitungsgebiet dieser Baumart begonnen. Zur Prüfung der Kälteresistenz standen uns 121 Provenienzen aus dem internationalen Versuch und 6 Provenienzen, die aus Kanada selbst besorgt wurden, zur Verfügung.

Alle Herkünfte wurden im Frühjahr 1970 *im Freiland* in Nadelstreu bzw. Torf-/Sand-Gemisch (1 : 1) und gleichzeitig 60 Herkünfte in Torf-/Sand-Gemisch in einem *Glashaus* (Stabilex-Haus) ausgesät. Nachdem in der ersten Oktoberhälfte bei jeder Provenienz eine Gesamt- und bei jeweils 20 Pflanzen eine Einzelbonitur durchgeführt worden war, bedeckten wir die Saatbeete im Freiland mit einer starken Fichtenreisig-Schicht.

Bei der Durchführung der Bonitur wurden folgende Merkmale aufgenommen:

Gesamtbonitur

Aufwuchsbild:
1 = gleichmässig
2 = ungleichmässig

Farbe:
1 = grün
2 = graugrün
3 = gelbgrün

Seiten- bzw. Johannistriebe:
1 = nicht vorhanden
2 = teilweise vorhanden
3 = immer vorhanden

Einzelbonitur

Höhe in Millimetern, vom Bodensubstrat bis zur Endknospe

Wurzelhalsdurchmesser in Millimetern, unmittelbar über dem Boden;

Knospe (Abbildung 3):
1 = Knospe geschlossen — deutlich sichtbar, Nadeln seitlich abstehend, tannenförmig

Verholzung:
1 = Haupt- und Johannistriebe im Verholzen
2 = Haupttrieb verholzt, Johannistrieb noch grün
3 = Haupt- und Johannistrieb verholzt

2 = Knospe geschlossen — gut sichtbar, Nadeln nach oben strebend, gedreht oder gerade
3 = Knospe zum Teil nicht geschlossen, undeutlich zu sehen, Nadeln gedreht und gekrümmt

Anzahl der Seiten- und Johannistriebe

Im Frühjahr 1971 wiederholten wir die Aussaat im Freiland im Torf-/Sand-Substrat- einmal und im Nadelstreu-Beet zweimal. Bei der im Herbst durchgeführten Gesamtbonitur wurden wiederum das Aufwuchsbild, die Nadelfarbe, die Seiten- und Johannistriebe, die Verholzung und der Knospenzustand vermerkt. Ausser diesen Daten haben wir bei der Einzelbonitur an 20 zufällig ausgewählten Pflanzen je Herkunft noch die Höhe und den Wurzelhalsdurchmesser gemessen. Unmittelbar nach dem sehr vorsichtigen Ausheben dieser 20 Pflanzen im Herbst 1971 wurden das Frischgewicht des Sprosses sowie das Darrgewicht des Sprosses und der Wurzeln festgestellt. Aus diesen Daten ermittelten wir dann den Wassergehalt des Sprosses und das Spross-/Wurzel-Verhältnis.

Die Pflanzen einer der beiden in Nadelstreu gesäten Serien wurden bereits ab Anfang Oktober gegen Frosteinwirkung durch Zudecken mit Fichtenreisig geschützt.

Alle nach Augenschein im Frühjahr 1972 lebensfähigen, einjährigen Sämlinge wurden in halbschattigen Lagen verschult. Auch im Verschulbeet wurde die Frostbonitur an 20 Einzelpflanzen durchgeführt.

Als Massstab für die Frostbeschädigung wurden die folgenden Stufen verwendet:

1 = keine Frostschäden
2 = geringe Frostschäden, nur etwa 10 Prozent der Pflanzen sind durch den Frost geschädigt, an Einzelpflanzen nur geringe Schäden an Seiten- und Johannistrieben
3 = mittlere Frostschäden, etwa 10 bis 15 Prozent der Pflanzen geschädigt, an Einzelpflanzen etwa die Hälfte der Seiten- und Johannistriebe erfroren
4 = starke Frostschäden, mehr als 50 Prozent der Pflanzen bzw. der Seiten- und Johannistriebe geschädigt, Haupttriebe häufig erfroren
5 = sehr starke Frostschäden, alle Pflanzen erfroren.

Die Frostbonitur erfolgte nach Beginn der nachfolgenden Vegetationsperiode, das heisst, es wurde nicht zwischen den verschiedenen Frostarten (Früh-, Winter- und Spätfrost) unterschieden.

Für die Untersuchung der Dürreresistenz standen uns jeweils 20 einjährige Sämlinge 28 verschiedener Douglasienherkünfte zur Verfügung. Die

Herkünfte aus Britisch-Kolumbien (9), Washington (9), Oregon (8) und Kalifornien (2) wählten wir so aus, dass sie sowohl in vertikaler als auch in horizontaler Richtung einen möglichst grossen Teil des Verbreitungsgebietes repräsentieren (Tabelle 4). Die Pflanzen wuchsen im Torf-/Sand-Substrat (1 : 1) in 30 x 30 x 12 cm grossen Plastikbehältern auf. Der Versuch wurde in zwei Serien in einer *Klimakammer* durchgeführt, wobei während des Aufenthaltes in der Klimakammer keine Wasserzufuhr zum Boden erfolgte. Die erste Serie dauerte vom 25. Mai bis 3. Juli und die zweite vom 4. Juli bis 10. August 1973. In der Klimakammer wurden Temperatur, Luftfeuchte und Lichtmenge wie folgt gesteuert:

a) Die Temperatur	Grad Celsius		
	Serie 1	Serie 2	
von 11.00 bis 21.30 Uhr	10	12	
von 21.30 bis 8.00 Uhr	29	30	
von 8.00 bis 9.00 Uhr	25	27	Handschaltung
von 9.00 bis 10.00 Uhr	20	22	Handschaltung
von 10.00 bis 11.00 Uhr	15	16	Handschaltung

Die Spitzentemperatur wurde in der Serie 1 ab 25. Juni auf 32 °C erhöht. In der Serie 2 erreichte diese die Höchstwerte von 34 °C (10./11. Juli), 36 °C (18./19. Juli) und 39 °C (24./25. Juli). Die Temperaturgefälle wurden durch die Handschaltung vom Höchst- auf den Niedrigstwert kontinuierlich herabgesetzt.

b) Die Luftfeuchte betrug bei beiden Serien von 11.00 bis 21.30 Uhr 75 Prozent und von 21.30 bis 11.00 Uhr 30 Prozent.

Bei der Handschaltung der Temperatur variierte die relative Luftfeuchte in der Zeit von 8.00 bis 11.00 Uhr zwischen 30 und 40 Prozent.

c) Die Lichtverhältnisse: In beiden Serien wurden durch automatische Steuerung folgende Lichtverhältnisse eingestellt:

11.00 bis 21.30 Uhr	dunkel
21.30 bis 23.00 Uhr	3 500 Lux
23.00 bis 24.00 Uhr	28 000 Lux
24.00 bis 7.00 Uhr	33 000 Lux
7.00 bis 8.00 Uhr	28 000 Lux
8.00 bis 11.00 Uhr	3 500 Lux

Die Änderung der Bodenfeuchtigkeit wurde während der gesamten Dauer des Versuches mehrmals ermittelt.

Die Farbe, Knospen und ähnliches mehr der Pflanzen bonitierten wir nach dem oben angegebenen Schema. Für die Welkebonitur verwendeten wir die folgenden Stufen:

1 = keine Schäden
2 = geringe Schäden an Nadeln (einzelne Nadeln werden braun)

3 = mittlere Schäden an Nadeln
(mindestens ein Nadelkranz ist braun)
4 = starke Schäden an Nadeln und Schäden an den Trieben
(Nadeln fallen ab, Triebe deutlich welk)
5 = Pflanze abgestorben

Nach Beendigung des Versuches in der Klimakammer wurden die Pflanzen im Freiland aufgestellt, regelmässig beregnet und die Entwicklung des Gesundheitszustandes weiter verfolgt. Die Anzahl der ausgefallenen Pflanzen wurde sowohl nach dem Aufenthalt in der Klimakammer als auch am Ende des Versuches festgestellt.

Die biometrische Auswertung der Versuchsdaten erfolgte nach folgender Methodik:

Für die Datenerfassung wurde je Pflanze eine Lochkarte mit den entsprechenden Ordnungskriterien (Herkunftsland, Breitengrad, Längengrad, Höhe über NN und Behandlungsart) und den erfassten quantitativen und qualitativen Merkmalen erstellt.

Die Verdichtung der Einzelwerte auf Mittelwerte je Herkunft und Behandlungsart erfolgte durch ein eigenes Fortran-Programm, das die arithmetischen Mittelwerte für die quantitativen Werte sowie die Varianz, Standardabweichung und den Variationskoeffizienten errechnete. Für die Ordinalskalenwerte der qualitativen Merkmale ermittelten wir den Medianwert. Die Ergebnisse je Herkunft und Behandlungsart wurden auf eine neue Lochkarte ausgestanzt, auf die die weiteren Berechnungen aufbauten. Die Auswertung des Untersuchungsmaterials wurde auf der UNIVAC-1108-Grossrechenanlage der Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung in Göttingen mit verschiedener Standard- und eigener Software in Fortran-IV und -V durchgeführt. Lediglich kleinere Überprüfungen und ähnliches mehr nahmen wir mit einem hauseigenen Gerät der mittleren Datentechnik vor.

Die jeweiligen Zusammenhänge bzw. Wechselbeziehungen ermittelten wir mit den in der Tabelle 1 aufgeführten Programmen.

Tabelle 1. Die geprüften Zusammenhänge bzw. Wechselbeziehungen und die verwendeten Programme

Beziehung	*Programm*		*Autor*
Normalitätsprüfung	DRZ-Programm	NRMP	F. Gebhardt
Korrelationen	DRZ-Programm	KOR 3	D. Lörincz
		MIS 1	L. Pöcker
		RANG	F. Gebhardt
Regressionen	DRZ-Programm	LIPR	F. Gebhardt
		REGT	F. Gebhardt
		REGR 1	unbekannt
Diskriminanzanalyse	DISGRU		D. Steiner
	IBM-Standardprogramm	MDISC	

Die parameterfreien Verteilungen der Dürreresistenzbonituren wurden durch eine Kontingenztafel (rxc-Tafel) auf Unabhängigkeit getestet. Hierbei wurde das UNIVAC-Standardprogramm CHICNT verwendet. Es wird untersucht, ob die empirische Verteilung der Kontingenztafel in den Zeilen oder Spalten proportional vorhanden ist. In sämtlichen Fällen ergaben sich dabei Chi-Quadratwerte, die wesentlich über den Tafelwerten liegen, so dass auf Unterschiede zwischen den Herkünften hinsichtlich der Ausprägung der Anteile in den einzelnen Boniturstufen geschlossen werden darf.

Ergebnisse

Die einzelnen Provenienzen unterschieden sich, wie erwartet, sowohl in den morphologischen Merkmalen (Farbe, Höhe, Vorhandensein von Seiten- und Johannistrieben, Knospenhabitus) als auch im physiologischen Verhalten sehr deutlich voneinander.

In der durchschnittlichen Höhenwuchsleistung der Pflanzen derselben Provenienz ergab sich zwischen dem Nadelstreu- und dem Torf-/Sand-Substrat eine Differenz von 100 bis 200, im Durchschnitt von 160 Prozent, das heisst, die Pflanzen derselben Herkunft waren am Ende der Vegetationsperiode in Nadelstreu im Durchschnitt 2,5mal so hoch wie diejenigen im Torf-/Sand-Gemisch (Abbildung 1).

Da zwischen der Höhe und dem relativen Wassergehalt (bezogen auf das Darrgewicht des Sprosses) einerseits und zwischen dem Wassergehalt und der Frostempfindlichkeit anderseits enge Beziehungen zu bestehen schienen, wurden diese mit besonderer Aufmerksamkeit untersucht.

In der Höhenwuchsleistung wurde die genetische Komponente vom Einfluss des Substrates bei weitem übertroffen. Demgegenüber ist die Rolle des Substrates beim Wassergehalt der Pflanzen wesentlich geringer als diejenige der Herkunft. Unabhängig vom Substrat können alle untersuchten Herkünfte nach dem relativen Wassergehalt in zwei Gruppen eingeteilt werden:

1. Herkünfte mit einem Wassergehalt unter 200 Prozent;
2. Herkünfte mit einem Wassergehalt über 200 Prozent.

Als Beispiele sind in Abbildung 2 für jede der beiden Gruppen je 10 Herkünfte aufgeführt, wobei die grossen, herkunftsspezifischen und die geringen, substratbedingten Unterschiede im Wassergehalt deutlich ersichtlich sind. Herkünfte, deren Pflanzen einen durchschnittlichen Wassergehalt unter 200 Prozent haben, zeigten durchweg eine hohe Frostresistenz. Diese Gruppe wird regelmässig von Herkünften gebildet, deren Pflanzen eine sogenannte «tannenähnliche» Form bei der Nadelordnung aufweisen (Schönbach, 1958). Die Nadeln sind hier dunkel- bis graugrün, relativ kurz und starr abstehend, die völlig ausgebildeten und geschlossenen Endknospen sind deutlich sichtbar (Abbildung 3), es sind keine Johannis- und nur sehr selten Seitentriebe vorhanden.

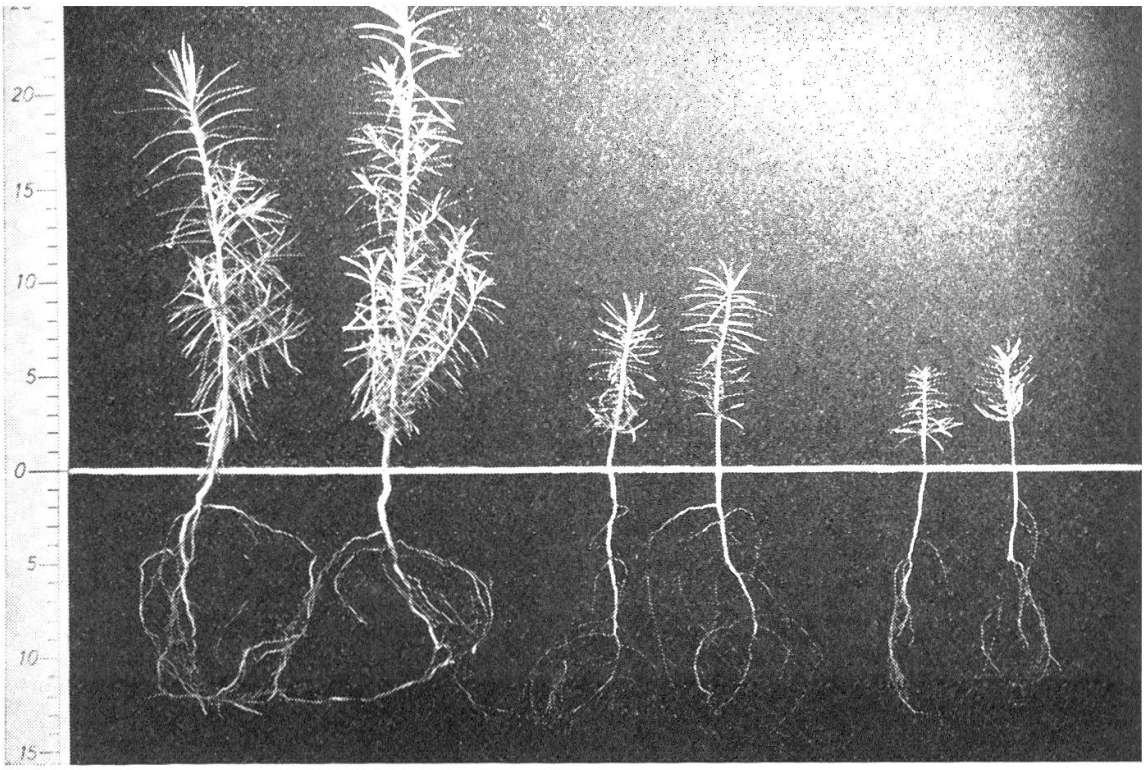

Abbildung 1. Die Wuchsleistung einjähriger Douglasiensämlinge gleicher Herkunft im Nadelstreu- (links) und im Torf-/Sand-Substrat (Mitte: Stabilex-Haus; rechts: Freiland)

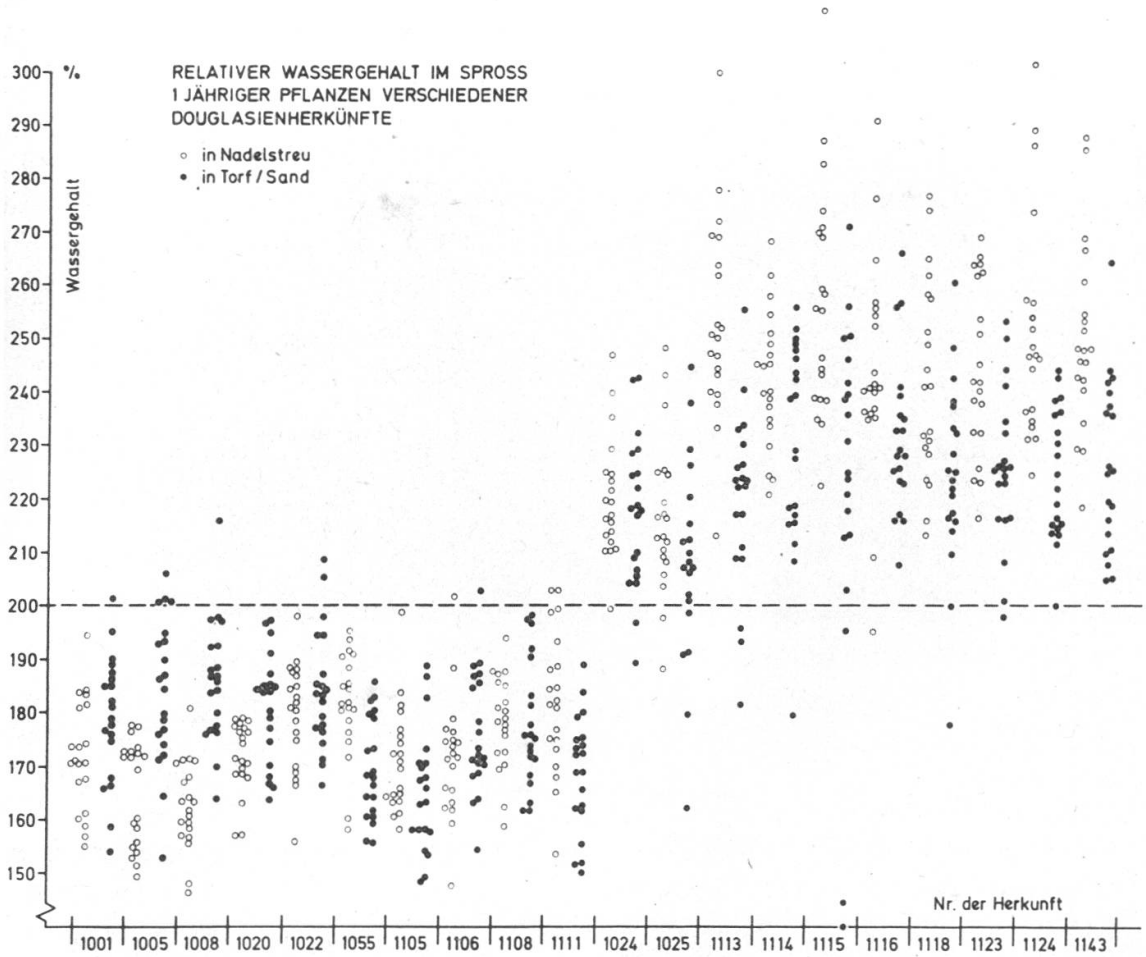

Abbildung 2. Relativer Wassergehalt des Sprosses einjähriger Douglasiensämlinge in unterschiedlichem Substrat

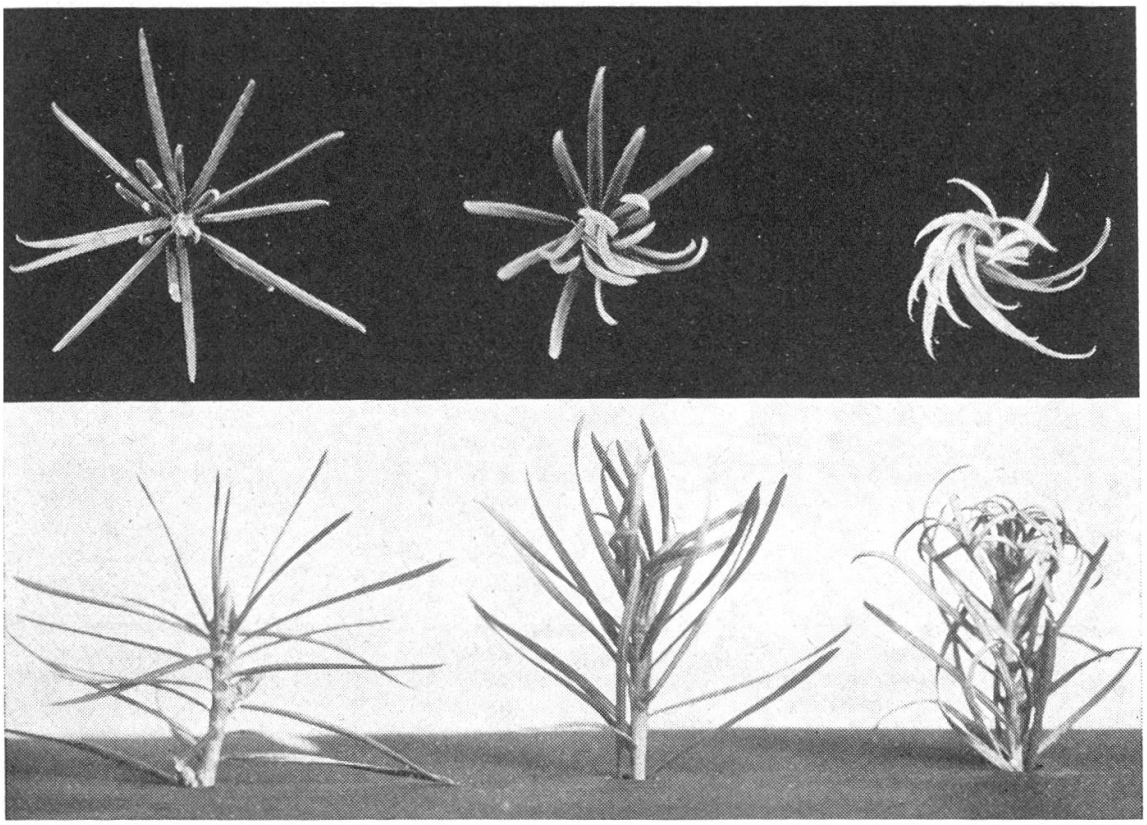

Abbildung 3. Nadel- und Knospenausbildung bei einjährigen Douglasiensämlingen in Aufsicht (oben) und Seitenansicht (unten): rechts die «typische», links die sogenannte «tannenähnliche» Form und in der Mitte die Übergangsform

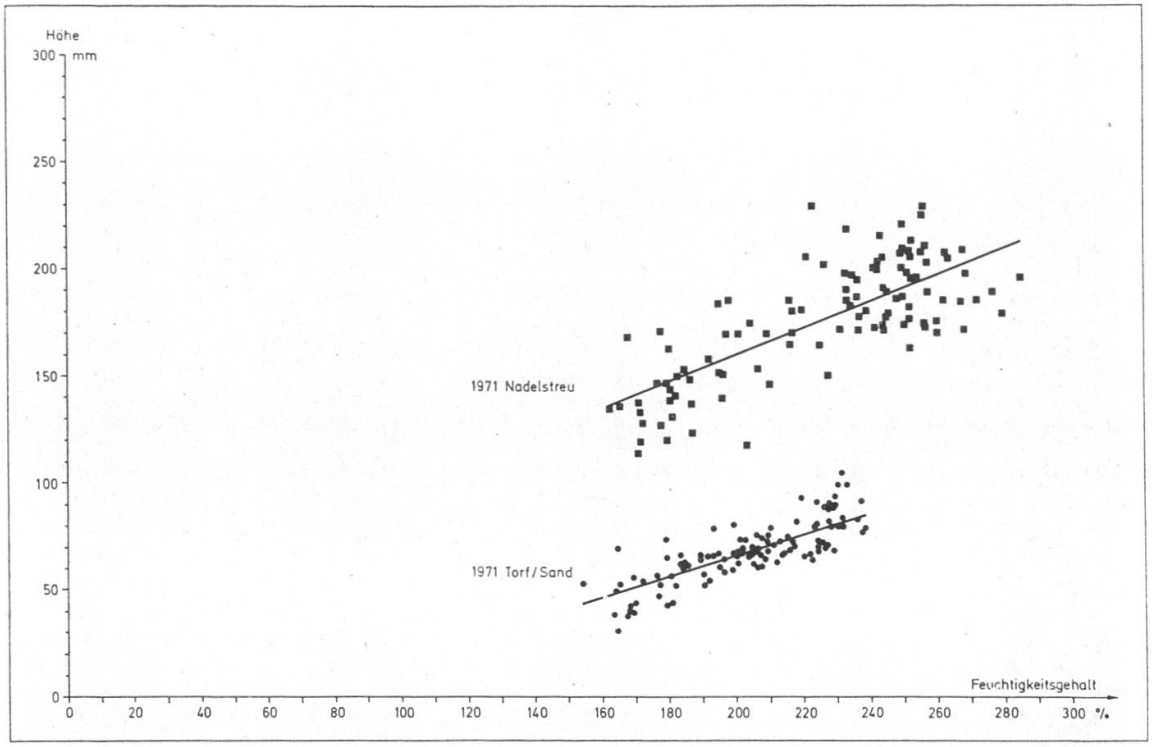

Abbildung 4. Die Beziehung zwischen dem durchschnittlichen Feuchtigkeitsgehalt des Sprosses und der Höhenentwicklung einjähriger Douglasiensämlinge verschiedener Herkunft (gesicherte lineare Regression)

Am häufigsten trifft diese Charakteristik auf die Herkünfte aus dem Inland von Britisch-Kolumbien zu. Diese Herkünfte (zum Beispiel die Herkunftsnummern 1007, 1013, 1016, 1017, 1018, 1019, 1052, 1055, 1065 und andere) können ohne nennenswerte Frostgefahr in unbedeckten Nadelstreubeeten herangezogen werden, wobei bereits am Ende der ersten Vegetationsperiode stufige Sämlinge mit einer *Mindesthöhe* von 15 cm erreicht werden. Allerdings gehören diese Herkünfte weder im Nadelstreu- noch im Torf-/Sand-Substrat zu den bestwüchsigen Gruppen.

In Abbildung 4 ist die Beziehung zwischen dem durchschnittlichen Feuchtigkeitsgehalt des Sprosses der im Torf-/Sand- bzw. im Nadelstreu-Substrat gewachsenen einjährigen Douglasien-Sämlinge und der Höhenentwicklung dargestellt. Es besteht hierbei ebenso eine gesicherte lineare Regression wie zwischen dem Feuchtigkeitsgehalt und der durchschnittlichen Frostbonitur (Median-Werte) der entsprechenden Herkünfte (Abbildung 5).

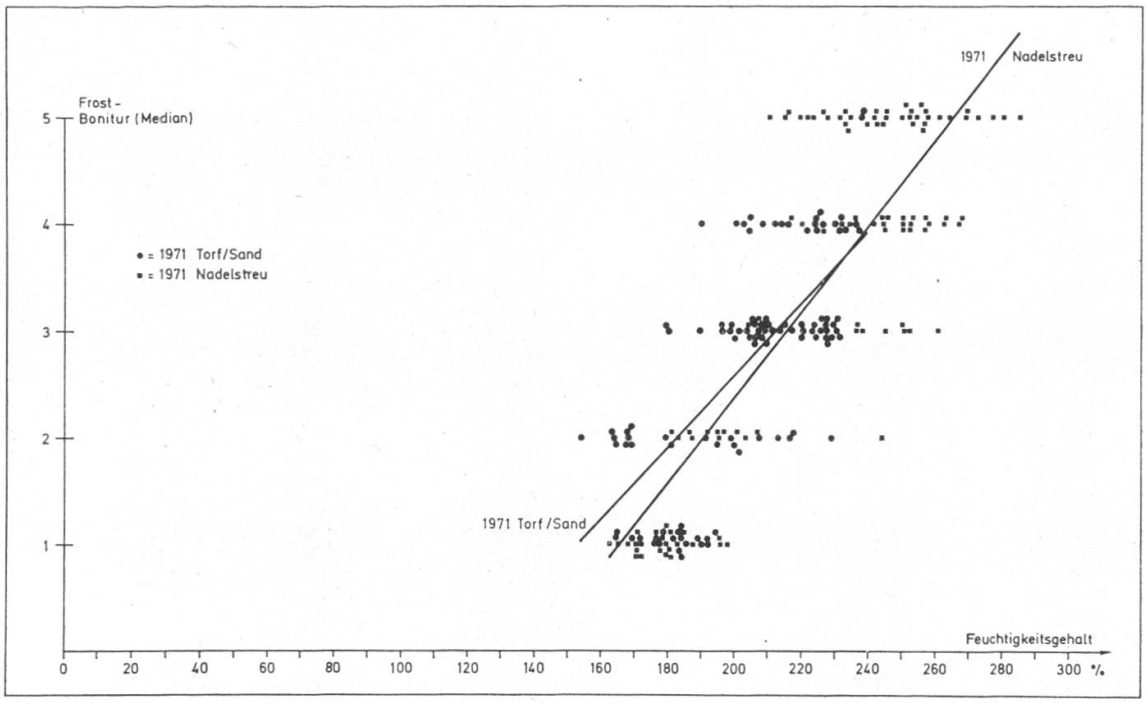

Abbildung 5. Die Beziehung zwischen dem durchschnittlichen Feuchtigkeitsgehalt des Sprosses und der Frostempfindlichkeit einjähriger Douglasienherkünfte verschiedener Herkunft (gesicherte lineare Regression)

Aus diesen Beziehungen sind die in der Abbildung 6 dargestellten Resultate zu erwarten, wonach in beiden Wiederholungen und unabhängig vom Substrat zwischen der Höhe des Sprosses und der Frostbonitur eine gesicherte lineare Regression besteht. Innerhalb dieser Grundtendenz gibt es aber Herkünfte, die unter gleichen Bedingungen eine gute Wuchsleistung sowie eine ausreichende Frostresistenz aufweisen (in Abbildung 6 bei 1970er-Aufnahme nicht ausgefüllte Dreiecke bzw. Kreise).

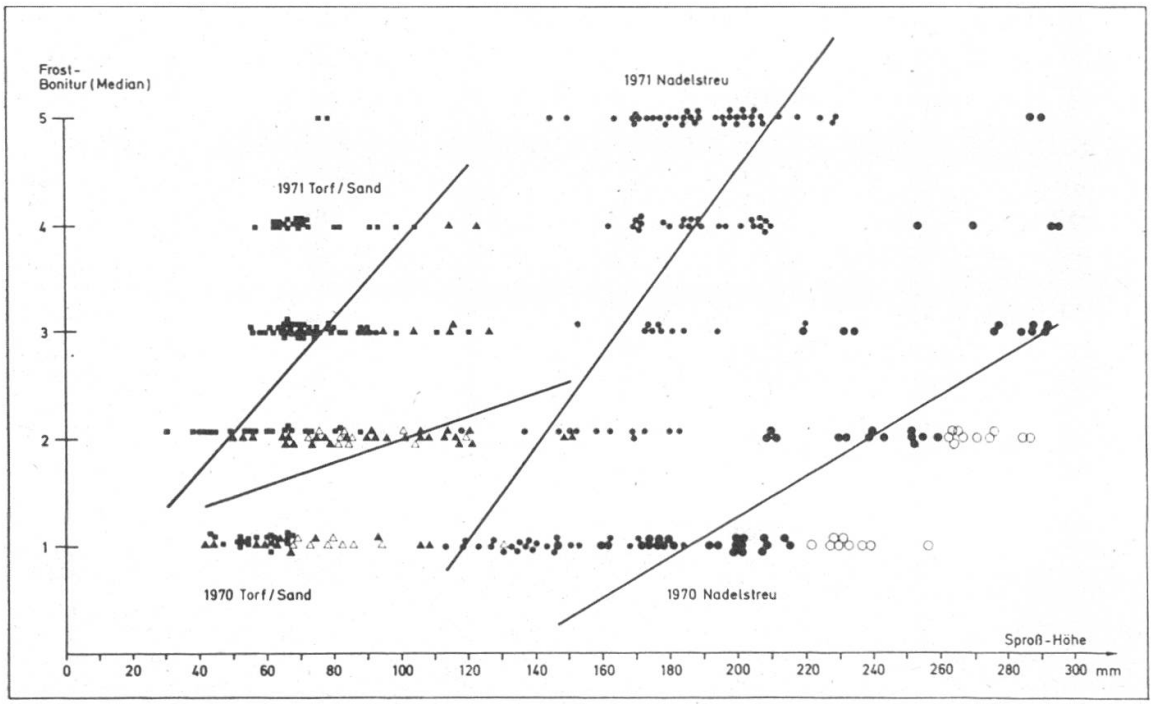

Abbildung 6. Die Beziehung zwischen der durchschnittlichen Sprosshöhe und der Frostempfindlichkeit einjähriger Douglasiensämlinge verschiedener Herkunft (gesicherte lineare Regression)

Die Frage über das Resistenzverhalten der Sämlinge ist sicherlich von Bedeutung; wesentlich wichtiger wird diese Frage jedoch, nachdem die Pflanzen verschult sind.

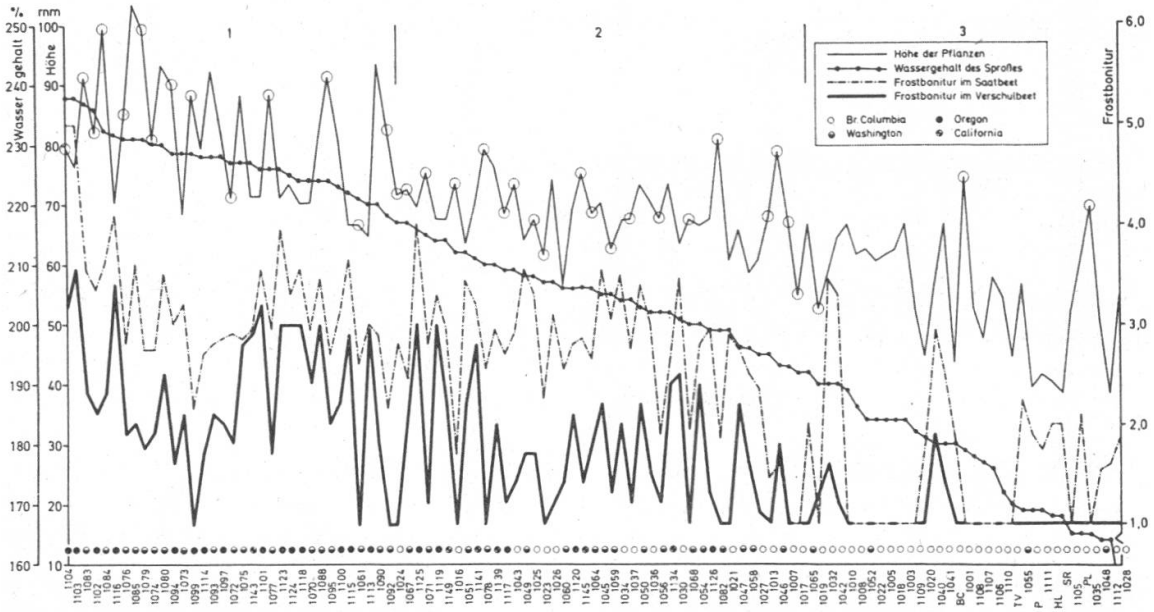

Abbildung 7. Relativer Wassergehalt des Sprosses und Höhenwuchsleistung einjähriger Douglasiensämlinge verschiedener Herkunft sowie deren durchschnittliche Frostbonitur im Saat- und Verschulbeet (siehe Text)

In Abbildung 7 sind nun die Herkünfte einzeln nach dem durchschnittlichen Wassergehalt der Pflanzen im Torf-/Sand-Substrat aufgeführt. Daneben sind noch die jeweiligen Höhen und die Frostbonituren im Saat- und Verschulbeet eingetragen. Dieser Abbildung ist zu entnehmen, dass

1. in demselben Substrat beträchtliche Unterschiede im Wassergehalt der Pflanzen bestehen,
2. mit der Abnahme des Wassergehaltes die Höhe, aber auch die Frostempfindlichkeit kontinuierlich abnimmt,
3. in der Tendenz der Frostempfindlichkeit zwischen den Werten im Saat- und Verschulbeet eine fast völlige Übereinstimmung besteht.

Nach den aufgezeichneten drei Merkmalen (Wassergehalt, Höhe, Frostempfindlichkeit) können in Abbildung 7 etwa drei Gruppen gebildet werden:

Gruppe 1:

Mit einem durchschnittlichen Wassergehalt der Pflanzen von etwa 220 bis 240 Prozent, die verhältnismässig hoch, aber auch empfindlich sind. In diese Gruppe gehören ausschliesslich Herkünfte aus Washington und Oregon.

Gruppe 2:

Pflanzen mit einem durchschnittlichen Wassergehalt von etwa 190 bis 220 Prozent und einer mittleren Höhenleistung sowie Frostempfindlichkeit. In diese Gruppe können Herkünfte aus dem gesamten Verbreitungsgebiet der Douglasie gehören.

Gruppe 3:

Pflanzen mit einem durchschnittlichen Wassergehalt von etwa 150 bis 190 Prozent und einer verhältnismässig geringen Höhenwuchsleistung, aber im allgemeinen sehr hohen Frostresistenz. In diese Gruppe gehören fast ausschliesslich Herkünfte aus Britisch-Kolumbien.

Zwar lässt sich auch bei den in Nadelstreu gewachsenen Pflanzen die Einteilung in die oben angegebenen Gruppen mit der gleichen Tendenz durchführen, es wäre aber trotzdem nicht angebracht, nach einer so groben Abgrenzung die geeigneten Herkünfte auswählen zu wollen. Wir haben deshalb innerhalb dieser Gruppen diejenigen Herkünfte mit einem Ring in der Höhenkurve (Abbildung 7) gesondert gekennzeichnet, die eine verhältnismässig gute Höhenwuchsleistung haben und im Saatbeet, vor allem aber im Verschulbeet, eine geringe Frostempfindlichkeit aufweisen.

Ist der relative Wassergehalt der Pflanzen ausschliesslich herkunftsspezifisch bedingt, so ist das Spross-/Wurzel-Verhältnis, dem beim Verschulen und Verpflanzen eine beträchtliche Bedeutung zukommt, in erster Linie vom Substrat abhängig.

Bei den im Torf-/Sand-Gemisch gewachsenen Sämlingen blieb dieses Verhältnis im Durchschnitt regelmässig unter 2,5. Unabhängig von der Her-

kunft, lag das durchschnittliche Spross-/Wurzel-Verhältnis der Pflanzen im Nadelstreubeet jedoch in den meisten Fällen über 2,5; das heisst, einem stark entwickelten Spross entsprach eine verhältnismässig geringe Wurzelmenge (Abbildung 8). Eine eindeutige, statistisch gesicherte Beziehung zwischen der Nadelfarbe und der Frostempfindlichkeit konnten wir nicht nachweisen.

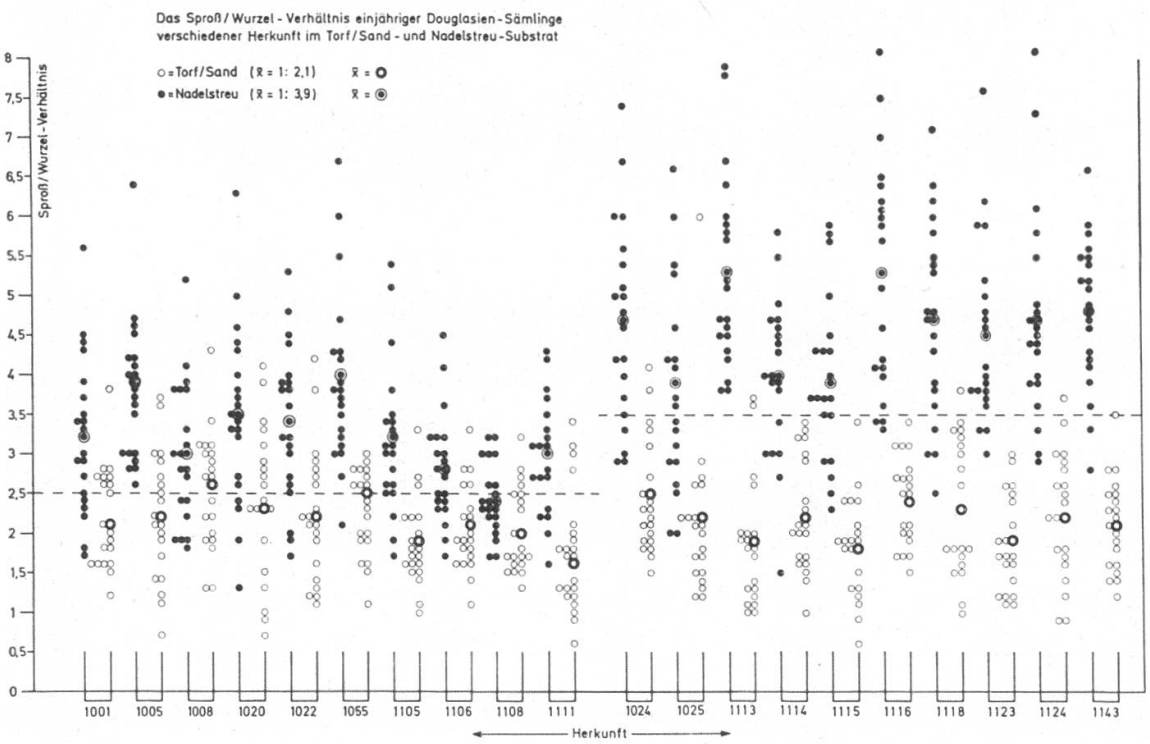

Abbildung 8. Das Spross/Wurzel-Verhältnis einjähriger Douglasiensämlinge im Torf/Sand- und im Nadelstreu-Substrat

Als wichtiger Faktor bei diesen Untersuchungen erschien uns die Zusammenfassung der Herkünfte mit gleichem Verhalten. Hierzu wurden bei den Behandlungsarten 71/2 und 71/3 die Herkunftsmittelwerte von jeweils der Sprosshöhe, des Feuchtigkeitsgehaltes, des Spross-/Wurzel-Verhältnisses und die Medianwerte für Frostbonitur 1972 zur Gruppierung herangezogen. Wir verwendeten dazu das Programm DISGRU, das sich der Summe der Distanzquadrate bedient und den Gruppierungsprozess so durchführt, dass der Zuwachs der Summe der Gruppendistanzen bei abnehmender Zahl der Gruppen ein Minimum ist. Wir entschieden uns für fünf Gruppen (Gruppe 1 = geringste — Gruppe 5 = stärkste Frostschäden) in beiden Varianten und konnten so die Gleichläufigkeit der einzelnen Herkünfte über die unterschiedlichen Anzuchtbedingungen hinweg überprüfen (Tabelle 2).

Auch bei dieser wertfreien Gruppierung durch das Programm tritt die oben angegebene Wechselbeziehung deutlich in Erscheinung: Mit der Zunahme der Höhe nimmt die Feuchtigkeit, aber auch die Frostempfindlichkeit

im allgemeinen zu. In beiden Substraten wird das Spross-/Wurzel-Verhältnis mit der Zunahme der Sprosshöhe regelmässig ungünstiger. Bei den in der Nadelstreu gewachsenen Sämlingen kommt dieser Befund deutlicher zum Vorschein.

Tabelle 2. Zusammenfassung von verschiedenen Douglasien-Herkünften mit annähernd gleichem Forstverhalten in die fünf Gruppen

	Torf-/Sand-Substrat (71/2)				*Nadelstreu-Substrat (71/3)*			
Gruppe	*Höhe*	*Feuchte*	*S/W*	*Frost 1972*	*Höhe*	*Feuchte*	*S/W*	*Frost 1972*
1	61.40	183.26	2.28	1.13	139.23	179.71	3.25	1.15
2	47.70	173.03	1.61	2.13	167.28	198.97	3.92	2.10
3	68.65	209.65	2.01	3.15	180.21	244.50	4.27	3.10
4	91.92	227.93	2.63	3.40	175.27	243.82	4.61	4.59
5	75.19	223.80	2.43	3.43	205.41	249.83	4.93	4.64

Es ist wichtig zu wissen, ob sich die Herkünfte im Frostverhalten in unterschiedlichen Substraten gleichsinnig verhalten. Eine durch das Programm durchgeführte Eingruppierung ist in Tabelle 3 aufgeführt.

Tabelle 3. Gruppierung der Herkünfte nach ihrem Frostverhalten im Torf-/Sand- und Nadelstreu-Substrat

Nadelstreu → / *Torf/Sand* ↓	1	2	3	4	5	Σ
1	17	4	—	—	—	21
2	9	2	1	1	2	15
3	—	2	6	16	18	42
4	—	—	—	4	7	11
5	—	2	3	8	6	19
Σ	26	10	10	29	33	108

Aus dieser Gruppierung können sowohl für die Anzucht als auch für den Anbau der Douglasie wichtige Hinweise entnommen werden. Zunächst ist festzustellen, dass nahezu ein Drittel aller Herkünfte in beiden Substraten eine durchaus ausreichende Frostresistenz aufweist (Gruppen 1 und 2). Rechnet man noch die Herkünfte mit mittleren Frostschäden (Leittrieb nicht oder nur in Ausnahmefällen geschädigt!) dazu, so erhalten wir 41 Herkünfte, die auch in frostgefährdeten Lagen hinreichende Sicherheit gewährleisten. Im Gegensatz hierzu dürften die 25 Herkünfte, die sowohl im Torf-/Sand- als auch im Nadelstreu-Substrat starke Frostschäden aufweisen (Gruppen 4 und 5), in den Lagen mit potentieller Frostgefährdung nicht oder nur mit beson-

deren waldbaulichen Schutzmassnahmen (zum Beispiel Vorwald) angebaut werden.

Auch bei den frostempfindlichsten Herkünften wurden im Stabilex-Haus — erwartungsgemäss — nur geringe Schäden beobachtet.

Die Bodenfeuchtigkeit war bei der Untersuchung der *Dürreresistenz* — insbesondere während der ersten vierzehn Tage — bei den beiden Serien recht unterschiedlich (Abbildung 9).

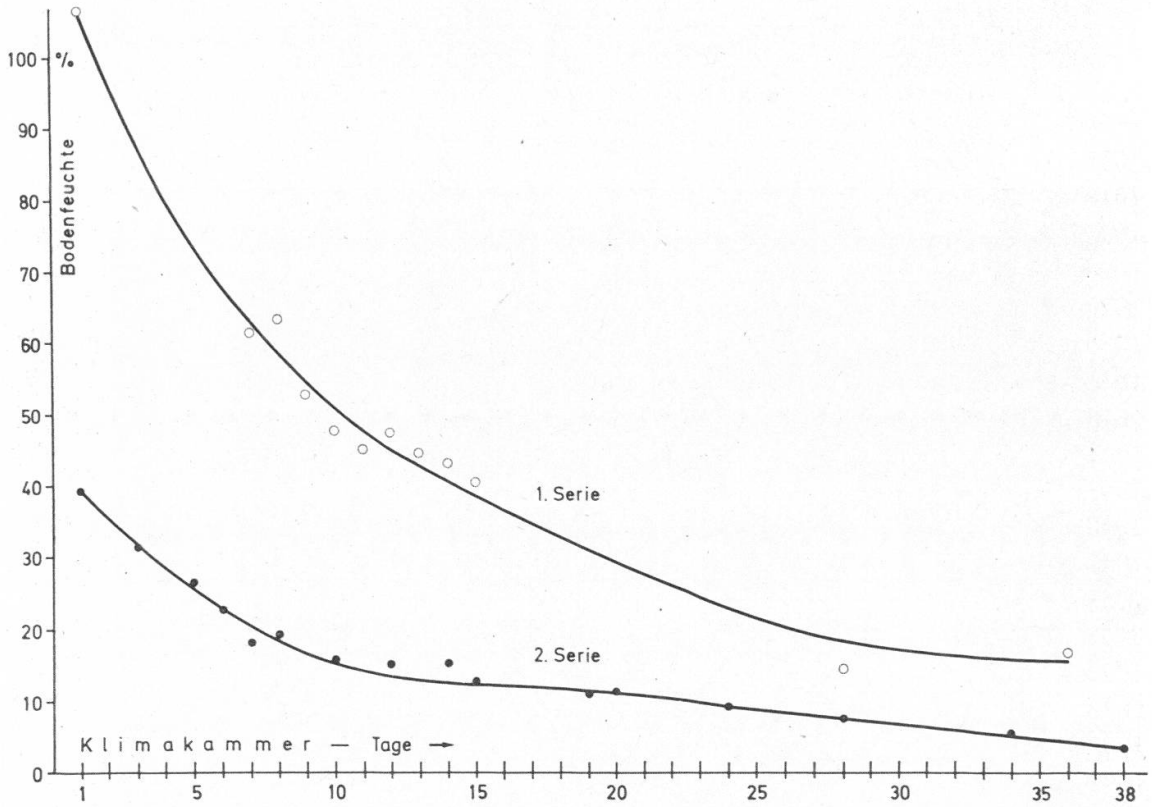

Abbildung 9. Abnahme der Bodenfeuchte nach unterschiedlicher Anfangsfeuchte bei den beiden Serien

Die Plastikbehälter mit den Pflanzen wurden zwar bei beiden Serien drei Tage im Gewächshaus — ohne Wasserzufuhr — aufbewahrt, bevor wir sie in die Klimakammer einräumten. Mit der Serie 1 wurde aber nach einer ausgiebigen Regenperiode und mit der Serie 2 nach einer trockenen Witterung begonnen. Nimmt man an, dass eine kritische Phase der Wasserversorgung in diesem leichten Torf-/Sand-Substrat bei weniger als 20 Prozent eintritt, so ist dieses Stadium in Serie 2 bereits nach einer, dagegen bei der Serie 1 erst nach der vierten Woche eingetreten. Eine Wasserversorgung von weniger als 10 Gewichtsprozenten, die in Serie 1 nicht und in Serie 2 nach dreiwöchigem Aufenthalt in der Klimakammer erreicht wurde, bedeutet bei diesen Bodenbedingungen mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit eine äusserst grosse physiologische Belastung der Pflanzen. Als Ergebnis dieser Unterschiede in der

Bodenfeuchtigkeit und der maximalen Temperatur wurden an Pflanzen der Serie 1 praktisch keine Schädigungen verursacht. Im Gegensatz dazu sind die Pflanzen der gleichen Herkünfte nach Abschluss der Serie 2 in mehreren Fällen völlig ausgefallen (Tabelle 4).

Tabelle 4. Dürreschäden an einjährigen Douglasienpflanzen verschiedener Herkunft nach Aufenthalt in der Klimakammer und nach Abschluss des Versuches bei der zweiten Serie

Nr.	*Herkunftsland*	*Breitengrad*	*Längengrad*	*Höhenlage m üb. NN*	*Ausfall % nach Klima-kammer*	*Ausfall % nach Abschluss des Versuches*
1013	Br.-Kolumbien	51.00.00	118.12.00	610	5	10
1018	Br.-Kolumbien	50.44.00	119.13.00	475	80	100
1020	Br.-Kolumbien	50.35.00	119.38.00	915	20	15
1024	Br.-Kolumbien	50.20.00	122.43.30	215	5	75
1028	Br.-Kolumbien	50.04.20	120.51.00	870	65	100
1036	Br.-Kolumbien	49.19.30	124.51.00	140	0	5
1037	Br.-Kolumbien	49.06.00	124.46.00	150	100	100
1040	Br.-Kolumbien	49.03.30	123.57.00	200	0	0
1043	Br.-Kolumbien	48.34.50	124.04.50	210	30	60
1047	Washington	48.39.00	121.43.00	475	65	100
1048	Washington	48.36.00	118.44.00	730	10	85
1052	Washington	48.23.00	120.24.00	795	0	0
1058	Washington	48.04.00	124.00.00	305	10	65
1068	Washington	47.41.00	120.44.00	550	15	70
1072	Washington	47.22.00	121.40.00	610	10	60
1078	Washington	47.13.00	121.07.00	640	40	85
1082	Washington	46.40.00	121.02.00	760	15	70
1092	Washington	46.00.00	121.10.00	490	15	25
1094	Oregon	45.46.00	123.13.00	215	85	100
1095	Oregon	45.37.00	122.08.00	450	85	100
1099	Oregon	45.06.00	121.23.00	730	10	90
1102	Oregon	44.23.00	122.12.00	990	75	100
1113	Oregon	44.48.00	122.42.00	170	5	15
1114	Oregon	44.44.00	122.10.00	490	0	0
1120	Oregon	43.54.00	122.22.00	885	75	85
1126	Oregon	42.05.00	122.39.00	1465	10	30
1134	Kalifornien	41.17.00	123.08.00	1160	5	5
1141	Kalifornien	40.47.00	123.12.00	1310	0	5

Aus den Ausfallprozenten der Tabelle 4 können wir folgende Zusammenhänge ersehen:

1. Bei gleicher *Wuchszone* gibt es sowohl in tieferen (Herk.-Nrn. 1036/1037; 1040/1043) als auch in höheren Lagen (Herk.-Nrn. 1013/1018; 1048/1052; 1092/1095) wesentliche Unterschiede in der Dürreresistenz.

2. Auch für die umgekehrte Situation (wenn also die Wuchszone sehr unterschiedlich, das Verhalten gegenüber der Dürre jedoch gleich ist) gibt es Beispiele (Herk.-Nrn. 1094/1095; 1113/1114; 1134/1141).

3. Herkünfte mit einer hohen Dürreresistenz scheint es also in allen Wuchszonen zu geben (zum Beispiel tiefere Lagen: Herk.-Nrn. 1036, 1040, 1113; mittlere Lagen: Herk.-Nrn. 1013, 1052, 1114; höhere Lagen: Herk.-Nrn. 1134, 1141).

4. Für das Verhalten gegenüber der Dürre scheinen demnach weder die durch die geographischen Längen- und Breitengrade charakterisierte Lage noch die Höhenlage, sondern die Exposition des Herkunftsortes entscheidend zu sein.

5. Die Herkünfte, deren Pflanzen bereits in der Klimakammer zu mehr als 65 Prozent ausgefallen sind, eignen sich in keinem Fall für den Anbau in kritischen Lagen (zum Beispiel exponierte Hänge, flachgründige Kuppen), da sie auch nach Rückkehr zu einer normalen Wasserversorgung in der Regel völlig ausfallen (zum Beispiel Herk.-Nrn. 1028, 1047, 1102 und andere).

6. Es gibt aber auch Herkünfte, deren Pflanzen nach einer längeren krisenartigen Belastung nur geringe Krankheitssymptome zeigen, jedoch später (trotz Rückkehr zu einer ausreichenden Wasserversorgung) in grosser Zahl eingehen (zum Beispiel Herk.-Nrn. 1024, 1048, 1068, 1099).

In Abbildung 10 ist die Reaktionsweise der Pflanzen verschiedener Herkunft auf die Dürrebelastung aufgezeigt.

Die Pflanzen aller Herkünfte zeigten bis vier Wochen nach dem Versuchsbeginn in der Klimakammer keine oder nur sehr geringe Krankheitssymptome. Etwa 10 Tage nach Erhöhung der Temperatur auf 39 °C und nach Absinken der Bodenfeuchtigkeit unter 10 Gewichtsprozent zeigen sich in der Reaktionsweise starke Differenzierungen, die eine Aufgliederung der untersuchten Herkünfte in drei Gruppen zulassen:

In der ersten Gruppe können die dürreempfindlichen Herkünfte zusammengefasst werden, bei denen bis zur Beendigung des Versuches der grösste Teil der Pflanzen eingegangen ist. Im zeitlichen Verlauf der Erkrankung bzw. im Anzeigen der Krankheitssymptome ergeben sich auch innerhalb dieser Gruppe deutliche Unterschiede: Die Zeitperiode vom nahezu gesunden Aussehen bis zum völligen Eingehen der Pflanzen ist bei den Herkünften 1120, 1037 und 1094 nur sehr kurz (7 Tage). Bei anderen Herkünften dieser Gruppe (Nrn. 1072, 1068) werden die Krankheitssymptome wesentlich später sichtbar, und der Absterbevorgang geht wesentlich langsamer vor sich. Dazwischen liegen mehrere Übergangsformen.

In der zweiten Gruppe können die Herkünfte eingeordnet werden, bei denen die Pflanzen eine mittlere bis starke Nadel- und Triebschädigung aufweisen (Nrn. 1043, 1058, 1126, 1036).

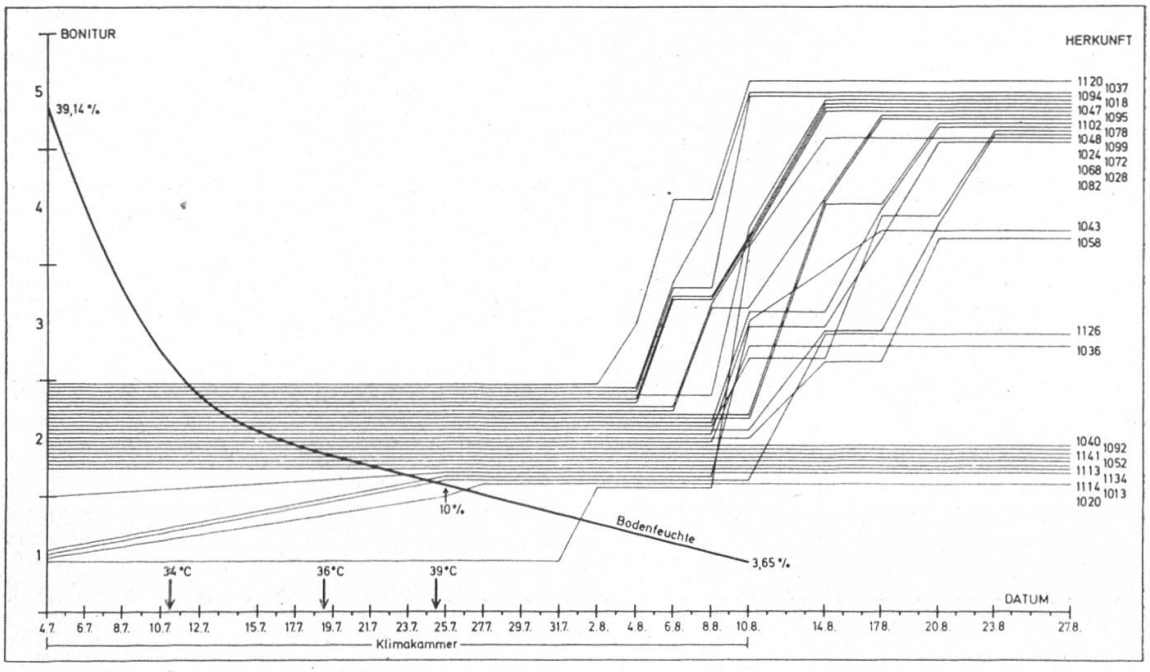

Abbildung 10. Reaktionsweise verschiedener Douglasien-Herkünfte auf die Dürrebelastung

Die dritte Gruppe wird von Herkünften gebildet, deren Pflanzen trotz dieser hohen physiologischen Belastung keine oder aber nur sehr geringe (und für die weitere Leistungsfähigkeit unbedeutende) Schädigung erlitten haben.

Es wurde mehrmals auf die Wechselbeziehung zwischen dem Feuchtigkeitsgehalt und der Höhenentwicklung einerseits und dem Verhalten gegenüber diesen abiotischen Schädigungen anderseits hingewiesen. Betrachten wir nun in der folgenden Abbildung diese Beziehungen bei den Herkünften, die sowohl gegenüber Frost- als auch gegenüber Dürreeinwirkung untersucht wurden (Abbildung 11). Beim Betrachten der einzelnen Herkünfte fällt auf, dass sie gegenüber der Dürre *und* dem Frost teilweise gleichsinnig, teilweise aber völlig verschiedenartig reagieren: Wir können Herkünfte mit

● = hoher Frost- *und* Dürreresistenz (Herk.-Nrn. 1013, 1020, 1052)

◐ = hoher Frost-, aber geringer Dürreresistenz (Herk.-Nrn. 1028, 1018, 1048, 1068)

■ = geringer Frost-, aber hoher Dürreresistenz (Herk.-Nrn. 1040, 1113, 1114, 1134, 1141, 1036)

▲ = geringer Frost- *und* Dürreresistenz (Herk.-Nrn. 1037, 1094, 1047, 1024, 1072, 1120)

finden. Bei der Beurteilung der Klimaresistenz ist also eine starke Differenzierung notwendig, die jedoch unter Umständen eine gezielte Selektion für spezielle Standorte ermöglicht.

Die Zusammenhänge zwischen Höhe/Frost; Feuchte/Frost; Höhe/Dürre; Feuchte/Dürre sind in der Tabelle 5 dargestellt.

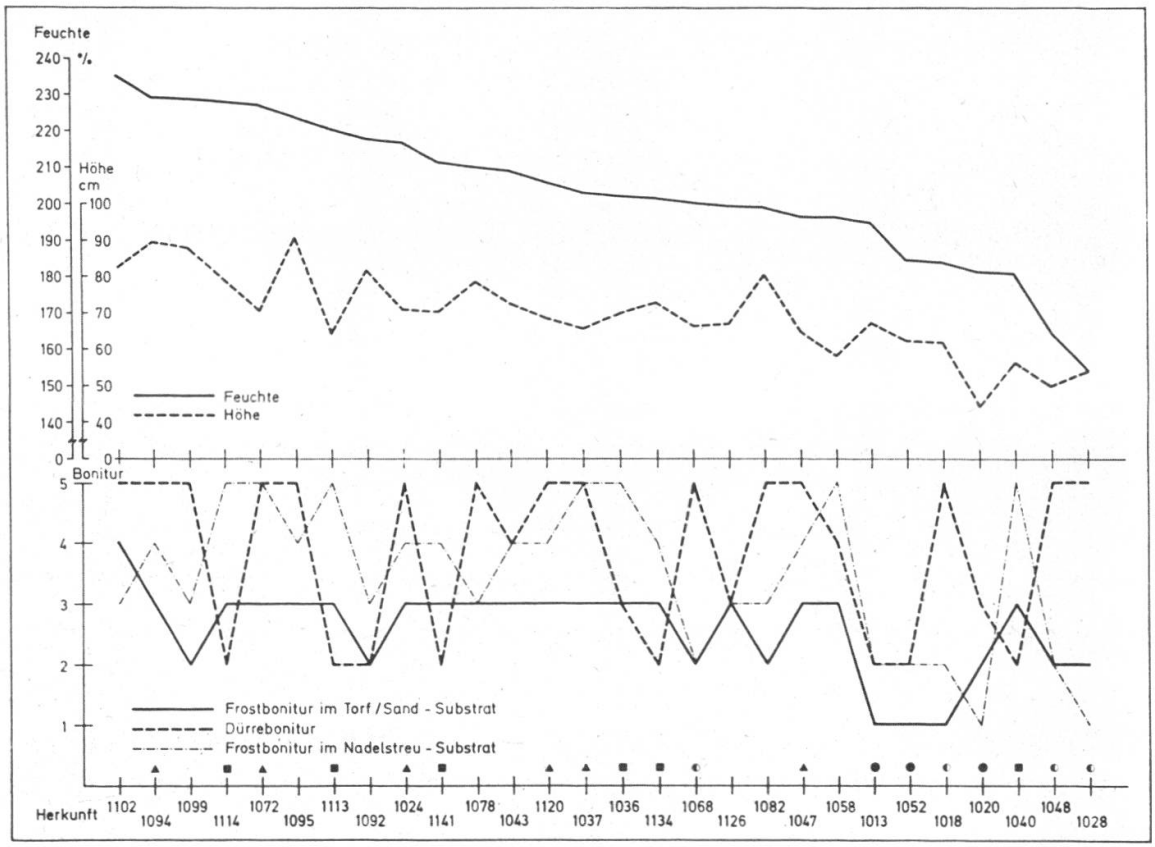

Abbildung 11. Wassergehalt, Höhenentwicklung, Frost- und Dürreempfindlichkeit verschiedener Douglasien-Herkünfte

Diskussion

Als *Klimaresistenz* wird im allgemeinen die Widerstandsfähigkeit der Pflanze gegen ungünstige und extreme Witterungseinflüsse bezeichnet. Wir haben in diesen Versuchen die Widerstandsfähigkeit einjähriger Pflanzen verschiedener Douglasien-Herkünfte gegenüber tiefen bzw. hohen Temperaturen sowie geringer Wasserversorgung untersucht.

Die physiologischen Grundlagen der Resistenz gegen verschiedene, meteorogene Belastungsformen sind bereits hinreichend beschrieben worden (*Fuchs* und *Rosenstiel,* 1958; *Lyr* et al., 1967, und andere). Wir wollen hier lediglich auf einige spezielle Probleme kurz eingehen, die unsere Fragestellung wesentlich berühren.

Tiefe Temperaturen können unter unseren mitteleuropäischen Klimabedingungen in unterschiedlicher Jahreszeit auftreten. Ihre Wirkung hängt neben dem Grad der Abkühlung und der Dauer des Einflusses wesentlich von dem physiologischen Zustand (innere Rhythmik) der Pflanze ab.

Tabelle 5. Regressionsbeziehungen bei den Frost- und Dürreuntersuchungen von einjährigen Douglasiensämlingen verschiedener Herkunft

Regressionskombinationen *Regressor (X)*	*Regressand (Y)*	*Anzahl (n)*	*Regressions-* *Konstante* *a*	*Koeffizient* *b*	*F-Wert*	*Signifikanzniveau*	*Multipler Korrelationskoeffizient*
1	2	3	4	5	6	7	8
Sprosshöhe Frost 71/3	Frost 71/3	28	—3,68	0,039	35,17	xxx	0,76
Feuchtigkeitsgehalt 71/3	Frost 71/3	28	—4,19	0,033	23,42	xxx	0,69
Feuchtigkeitsgehalt 71/2	Frost 71/2	28	—1,40	0,019	9,98	xx	0,53
Feuchtigkeitsgehalt 71/2	Dürrebonitur am 2. 7.	28	—0,81	0,013	12,49	xx	0,57
Sprosshöhe Frost 71/2	Dürrebonitur am 2. 7.	28	0,09	0,024	16,76	xxx	0,63
Sprosshöhe Dürre II	Dürrebonitur am 10. 8.	28	—2,52	0,073	13,55	xx	0,59
Sprosshöhe Dürre II	Dürrebonitur am 27. 8.	28	—4,14	0,108	20,99	xxx	0,67
Sprosshöhe Frost 71/3	Spross-/Wurzel-Verhältnis Frost 71/3	28	2,80	0,223	70,89	xxx	0,86
Sprosshöhe Dürre I	Dürrebonitur am 2. 7.	28	0,22	0,019	8,29	xx	0,49

Aus den Ergebnissen unserer Versuche ist ersichtlich, dass der genetisch bedingten Reaktionsnorm hierbei eine entscheidende Bedeutung zukommt. Denn bei gleicher Belastung und sonstigen Umweltbedingungen kann die Wirkung zwischen verschiedenen Herkünften eine sehr unterschiedliche sein.

Die engen Beziehungen zwischen den beiden Merkmalen Höhenwuchsleistung und Frostempfindlichkeit wurden bei den Herkünften des internationalen Douglasien-Provenienzversuches auch anderswo eindeutig nachgewiesen (*Bialobok* und *Mejnartowicz,* 1970; *Kleinschmit* und *Rácz,* 1973). Aber auch bei anderen Baumarten können solche Zusammenhänge bestehen (*Dietrichson,* 1968, 1969). Die Pflanzen der Herkünfte mit der besten Wuchsleistung haben regelmässig einen höheren, vom Substrat unabhängigen, herkunftsspezifischen Feuchtigkeitsgehalt. Ist diese höhere Wasseraufnahme und Wuchsleistung mit einer höheren Stoffwechselaktivität verbunden — was angenommen werden kann —, so wäre die im allgemeinen höhere Empfindlichkeit der Pflanzen dieser Herkünfte gegenüber den extremen meteorogenen Einflüssen leichter zu erklären. Denn «je höher die Stoffwechselaktivität ist, um so höher liegt das Energieniveau, um so labiler ist die Plasma-

struktur und um so geringer die Resistenz» (Fuchs und Rosenstiel, 1958). Jede einseitige Störung durch extreme Temperaturen oder durch starken Wasserentzug wird die Plasmastruktur (die hydrophilen Komponente der Plasmakoloide), insbesondere der Pflanzen dieser Herkünfte bis zur irreversiblen Veränderung der Strukturstabilität schädigen. Hierdurch und durch die Tatsachen, dass (1.) der Wasserbedarf der Pflanze im wesentlichen genetisch bedingt ist, (2.) zwischen dem leicht feststellbaren Feuchtigkeitsgehalt und der Wuchsleistung sowie Frost- und Dürreempfindlichkeit enge Zusammenhänge bestehen und weil (3.) der Wasserentzug aus der Zelle sowohl bei den Dürre- als auch Frostschäden einer der wesentlichsten Faktoren ist, könnte dieses Merkmal einen wichtigen Hinweis bei der Beurteilung der Klimaresistenz einzelner Douglasien-Herkünfte abgeben. Mit Sicherheit wird er aber nicht als einziger Indikator für das Frost- und Dürreverhalten angesehen werden können, denn

1. es sind auch Herkünfte mit gleichem Feuchtigkeitsgehalt und gleicher Höhenwuchsleistung vorhanden, die jedoch bei gleicher Belastung eine unterschiedliche Frostschädigung aufweisen,
2. die Pflanzen der gleichen Herkunft können auf den Frost anders als auf die Dürre reagieren.

Aus diesen Befunden kann auf das Vorhandensein von wesentlichen Unterschieden in der plasmatischen Resistenz verschiedener Herkünfte gegenüber unterschiedlichen Schadursachen geschlossen werden.

Die Farbe der Nadeln wird häufig als Kriterium für das Frostverhalten der Herkunft herangezogen. Sicherlich sind die mit hellgrünen und um die Endknospe gedrehten Nadeln charakterisierten Herkünfte gegenüber tieferen Temperaturen im allgemeinen empfindlicher als die Herkünfte mit der sogenannten «tannenähnlichen» Nadelform. Da aber gerade unter den erstgenannten Herkünften solche mit hoher Wuchsleistung und ausreichender Frostresistenz vorhanden sind, muss die Beurteilung hierbei wesentlich vorsichtiger und die Selektion viel differenzierter sein.

Die Ausbildung einer vollentwickelten Terminalknospe, die mit einem rechtzeitigen Vegetationsabschluss — das heisst in der Regel mit ausreichender Verholzung — in Beziehung steht, scheint dagegen ein besserer Indikator für eine erhöhte Widerstandsfähigkeit gegenüber einer Einwirkung von tiefen Temperaturen zu sein.

Dadurch, dass wir dieselben Herkünfte gleichzeitig einmal in unbedeckten und zum anderen in bedeckten Nadelstreusaatbeeten untersucht haben, können gewisse Schlüsse auf die Art der Frostbeschädigung gezogen werden. In unbedeckten Saatbeeten war der durchwurzelte Bodenraum eine längere Periode hindurch tief gefroren. Da wir in dieser Zeitspanne auch Tage mit intensiver Sonneneinstrahlung hatten, konnte aus den hierbei gewonnenen Ergebnissen nicht darauf geschlossen werden, ob die Schädigung durch Frosttrocknis oder aber durch die direkte Kälteeinwirkung verursacht wurde.

Durch die Bedeckung der Saatbeete waren die Pflanzen derselben Herkünfte im Parallelversuch vor einer direkten Sonneneinstrahlung geschützt (geringe Transpiration) und zum anderen ist hier das Nadelstreusubstrat nicht oder gegebenenfalls nur die obersten 2 bis 3 cm zugefroren (Möglichkeit der Wasseraufnahme). Schäden durch *Frosttrocknis* sind hier weniger wahrscheinlich als durch die direkte Kälteeinwirkung; die zwischen den verschiedenen Herkünften gefundenen Unterschiede sind also auf eine unterschiedliche *Frosthärte* der Pflanzen zurückzuführen. Diese Annahme würde auch zur Klärung der teilweisen grossen Unterschiede im Verhalten der Pflanzen derselben Provenienz gegenüber der Einwirkung von tiefen Temperaturen und der Dürre beitragen. Diese Zusammenhänge müssen jedoch durch weitere Untersuchungen ebenso sorgfältig geprüft werden wie das Verhalten gegenüber den verschiedenen Frostarten (Früh-, Winter- und Spätfrost), was aus den Ergebnissen unserer Versuche nicht zu entnehmen ist.

Die Tatsache, dass (1.) in Deutschland vor allem die aus den Westhängen der Kaskaden- und Küstengebirge stammenden Herkünfte der grünen Douglasie zum Anbau empfohlen werden, (2.) die Ursprungsgebiete der geeignet erachteten Herkünfte durch kühle Sommer, milde Winter, hohe Niederschläge und relative Luftfeuchtigkeit gekennzeichnet sind und (3.) diese Herkünfte bei uns häufig auf Standorten mit geringerer Wasserversorgung (mässig frisch) angebaut werden, begründet die grosse Bedeutung der Dürreresistenz.

Sowohl in der dürreempfindlichen als auch in der dürreresistenten Gruppe können Herkünfte aus gleichen, aber auch aus sehr verschiedenen geographischen Lagen des Verbreitungsgebietes vertreten sein. Wir sind deshalb der Ansicht, dass die Angabe der Exposition des Herkunftsortes für das Verhalten gegenüber der Dürre bedeutsamer ist als die der Höhenlage und des Längen- sowie Breitengrades.

Dass die Exposition des Ortes der Saatgutgewinnung für das Dürreverhalten grosse Bedeutung hat, wurde experimentell nachgewiesen (*Ching* und *Hermann,* 1973): Sämlinge, die aus in Südlagen gewonnenem Saatgut herangezogen sind, waren dürreresistenter als diejenigen aus in Nordlagen gewonnenem Saatgut.

Die Befunde, dass es zwischen den räumlich naheliegenden Herkünften mit gleichem Wassergehalt und gleicher Höhenentwicklung grosse Unterschiede sowohl bei der Frost- als auch bei der Dürreempfindlichkeit geben kann, lassen sich durch die Ausführungen von *Walter* (1931) gut erklären. Bei diesen physiologischen Vorgängen kommt es nicht auf die Wärme- und Wassermenge (cal bzw. g), sondern vielmehr auf den Wärme- und Wasserzustand (also °C bzw. Prozent relative Feuchtigkeit) an. Zwischen dem Wasserzustand, das heisst der Hydratur der Pflanze, und dem osmotischen Wert sowie zwischen diesem Wert und dem Verhalten gegenüber den genannten abiotischen Faktoren gibt es enge Wechselbeziehungen: Die Abnahme in der

Hydratur ist mit einer Zunahme des osmotischen Wertes verbunden und umgekehrt. Durch hohe osmotische Werte sind aber im allgemeinen frostharte und dürreresistente Pflanzen gekennzeichnet. *Schmucker* (1962) konnte deutliche Unterschiede im osmotischen Wert zwischen Herkünften der sogenannten «blauen» und «grünen» Douglasie feststellen. Die Werte für die blaue Form lagen im Jahresverlauf stets höher als diejenigen für die typische grüne Form. Dies erklärt teilweise die im allgemeinen höhere Frostempfindlichkeit der letztgenannten Form.

Die Abnahme der Hydratur bei intensiver Sonneneinstrahlung und bei schwieriger Wassernachlieferung erfolgt nicht bei allen Herkünften in gleicher Intensität und verursacht nicht die gleiche Wirkung. Hierbei kommt der plasmatischen und konstitutionellen Dürreresistenz (*Stocker,* 1947) eine wesentliche Bedeutung zu. Mit ihren xeromorph aufgebauten Nadeln können die graugrünen, sogenannten «tannenähnlichen» Formen der Douglasie die Wasserdampfabgabe besser einschränken als die typische Form mit den hellgrünen Nadeln. Nach Erreichen des *Latenzpunktes* können die erstgenannten auch längere Zeit eine äusserst starke physiologische Belastung überbrücken (Abbildung 10), offensichtlich ohne eine irreversible Beschädigung durch Zerreissen der Plasmastruktur (Stocker, 1947) oder durch schädliche biochemische Vorgänge (*Ziegler,* 1964) in den Zellen.

Die Pflanzen einiger Herkünfte der typischen grünen Douglasie erreichen verhältnismässig schnell den *Letalpunkt* (der sicherlich mit dem für diese Herkünfte charakteristischen maximalen osmotischen Wert zusammenfällt), bei dem sie rasch absterben.

Wodurch jedoch die Widerstandsfähigkeit von zahlreichen Herkünften, deren Pflanzen grüne Farbe, hohen Feuchtigkeitsgehalt und grosse Höhenwuchsleistung haben, begründet ist, muss durch weitere Untersuchungen genau geklärt werden.

Möglicherweise wird auch bei der Douglasie die Dürreresistenz sehr wesentlich von der Möglichkeit und Höhe der Transpirationseinschränkung bei Wassermangel abhängen, wie dies bei verschiedenen Lärchenprovenienzen nachgewiesen wurde (*Kral,* 1962).

Obwohl die Frost- und Dürreresistenz der Douglasie im Jugendstadium (bis etwa 6 Jahre) sehr wichtige Eigenschaften sind, können und werden sie nicht *allein* bei der Anbaueignung entscheidend sein. Einmal wegen der sogenannten «Phasenresistenz», das heisst, dass die Widerstandsfähigkeit mit zunehmendem Alter steigt und zum anderen wegen der Möglichkeit der Herabsetzung der Gefahr durch verschiedene waldbauliche Massnahmen: zum Beispiel Anbau unter dem Schirm des Altbestandes oder Vorwald; Pflanzung mit geeigneten Ballen und ähnliches mehr. Da jedoch diese Massnahmen nicht immer und überall durchführbar (zum Beispiel Bepflanzung der riesigen Waldflächen in Niedersachsen nach dem Sturmwurf) und gewöhnlich sehr kostspielig sind, ist die Kenntnis über das Verhalten der für den

Anbau vorgesehenen Herkünfte gegenüber den meteorogenen Einwirkungen von fundamentaler Bedeutung. Auch die Möglichkeiten einer Erhöhung der Widerstandsfähigkeit durch Verbesserung der Umweltbedingungen — insbesondere auf dem Ernährungssektor durch spezielle Düngung — müssen eingehend geprüft werden.

Durch die Fortführung und Verbesserung unserer im Freiland und in der Klimakammer durchgeführten Versuche, welche durch die Beobachtungen in den umfangreichen Provenienzversuchen ergänzt werden, wird versucht, in naher Zukunft eine Frühtestmethode zu standardisieren, mit der wir eine verlässliche Antwort auf die Frage über das erblich bedingte Verhalten der betreffenden Herkunft gegenüber der Frost- und Dürregefährdung erarbeiten können. Die Ergebnisse einer Frühtestmethode werden hierbei einen hohen Aussagewert haben, weil diese Eigenschaften besonders im Jugendstadium von grossem Interesse sind.

Résumé

De la résistance du Douglas aux effets du climat

Notre étude a porté sur la résistance offerte au gel et à la sécheresse par diverses provenances de Douglas sur différents substrats, en semis et en repiquage, à l'air libre et en chambre climatique. La résistance au gel a été testée pour 127 provenances, la résistance à la sécheresse pour 28 provenances. De notables différences ont été observées entre les provenances en ce qui concerne la croissance et le comportement face aux influences météorologiques.

Sur une litière d'aiguilles, la croissance de semis de même provenance est en moyenne 2,5 fois plus élevée qu'en milieu tourbeux/sableux. Le taux d'humidité de semis de même provenance est pratiquement indépendant du substrat. Le rapport pousse/racine dépend par contre fortement du substrat: en milieu tourbeux/sableux, il est en moyenne régulièrement inférieur à 2,5 : 1, alors que sur une litière d'aiguilles et pour les mêmes provenances, ce rapport devient bien plus défavorable puisqu'il se situe en moyenne nettement au-dessus de 2,5 : 1 (dans certains cas jusqu'à 8 : 1!).

Des interactions hautement significatives ont été prouvées entre le taux d'humidité de semis de provenances différentes et la croissance d'une part, entre ces mêmes caractéristiques et la sensibilité au gel d'autre part: à environnement identique, plus le taux d'humidité des plantes est élevé, plus la croissance est forte et plus la sensibilité au gel est grande. Un tiers environ des provenances étudiées ont une croissance satisfaisante tout en résistant suffisamment au gel.

D'autres différences ont également été constatées parmi les provenances en matière de résistance à la sécheresse. Alors que certaines d'entre elles se comportent de façon analogue face au gel et à la sécheresse, d'autres réagissent très différemment. L'exposition du matériel d'origine semble être le facteur le plus important qui influence la résistance à la sécheresse des plantes d'une même provenance. Ni les propriétés morphologiques, ni les propriétés physiologiques des plantes peuvent, *à elle seules,* conditionner le comportement d'une provenance face à *toutes* les influences météorologiques. Durant la phase de jeunesse, qui est particulièrement exposée, on n'obtiendra des résultats significatifs qu'en testant chaque provenance à plusieurs reprises de façon indépendante face aux différentes causes de dommages abiotiques.

Les résultats de nos travaux montrent que dans le cadre d'observations parallèles en chambre climatique et à l'air libre, il est possible de mettre sur pied une méthode de test précoce sans investissement matériel et en temps excessif, renseignant de manière sûre quant au comportement de chaque provenance face à différentes influences météorologiques. Traduction: *J.-P. Sorg*

Literatur

Bialobok, S., und *Mejnartowicz, L.:* Provenance differentiation among Douglas-Fir seedlings. Arb. Korn XV, 197—220, 1970

Ching, K. K., und *Hermann, R. K.:* Biosystematics of Douglas-Fir. IUFRO-Work. Party on Douglas-Fir Prov. Göttingen, 23—36, 1973

Dietrichson, J.: Climatic damage, growth rhythm and height development. Medd. Norske Skogforsves., Bd. 21, 144—158, 1968

Dietrichson, J.: Genetic variation of cold damage, growth rhythm and height growth in 4-year-old Black spruce (*Picea mariana* [Mill.] BSP.). Medd. Norske Skogsforsves., Bd. 27, 113—129, 1969

Fuchs, W. H., und *von Rosenstiel, K.:* Ertragssicherheit. In: Kappert, H., und Rudolf, W.: Handbuch der Pflanzenzüchtung, Bd. 1, 365—442, Paul Parey, Berlin und Hamburg 1958

Gebhard, F.: Statistische Programme des DRZ. Teil B: Einzelbeschreibung. Hrsg. DRZ Darmstadt, Programm-Information, PI *33,* 1969

Henne, A.: Douglasien-Anbau in Hessen. Allg. Forstzeitschrift, Jg. 25, 808—810, 1970

Kleinschmit, J., und *Rácz, J.:* First results of the international Douglas-Fir Provenance Experiment in Germany. IUFRO-Work. Party on Douglas-Fir Prov. Göttingen, 105—126, 1973

Lörincz, D.: Korrelationsprogramm 3. In Gebhard, F.: Statistische Programme des DRZ, 36—37, 1969

Lyr, H., Polster, H., und *Fiedler, H.-J.:* Gehölzphysiologie. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena 1967

Pöcker, L.: Missing data-Korrelationen 1. In Gebhard, F.: Statistische Programme des DRZ, 51—53, 1969

Rohmeder, E., und *Schönbach, H.:* Genetik und Züchtung der Waldbäume. Paul Parey Verlag, Hamburg und Berlin 1959

Sachs, L.: Statistische Auswertungsmethoden. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1972

Schlegel, F., Röhrig, E., und *Huss, J.:* Die Wachstumsreaktionen von jungen Douglasien verschiedener Herkunft auf Beschattungs- und Bodenunterschiede. Schweiz. Z. f. Forstwesen, Jg. 123, 817—845, 1972

Schmucker, Th.: Über den Jahrestag des osmotischen Wertes bei Standortrassen von Pseudotsuga und Larix. Flora, Bd. 152, 480—508, 1962

Schober, R.: Erfahrungen mit der Douglasie in Europa. Allg. Forstzeitschrift, Jg. 18, 473—474, 1963

Schober, R.: Ebenda S. 487—489

Schober, R.: Ebenda S. 515—519

Schönbach, H.: Die Züchtung der Douglasie. In Göhre, K.: Die Douglasie und ihr Holz. 309—367, Akad. Vlg. Berlin 1958

Stocker, O.: Probleme der pflanzlichen Dürreresistenz. Naturwiss., Bd. 34, 362—371, 1947

Ziegler, H.: Wasserumsatz und Stoffbewegung. Fortschr. d. Bot., Bd. 27, 65—89, 1964