

Über Anfälligkeit und Resistenz von Douglasien-Herkünften gegenüber *Rhabdocline pseudotsugae**)

VON B. R. STEPHAN

Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Schmalenbeck

(Eingegangen im Oktober 1973)

A. Einleitung

Der Anbau der Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* (MIRB.) FRANCO) wird in der Bundesrepublik Deutschland in den kommenden Jahren eine starke Ausweitung erfahren. Neben den vielen mit Anzucht und Kulturpflege verbundenen Problemen rückt damit erneut die Herkunftsfrage in den Mittelpunkt. Die richtige Herkunftswahl entscheidet mit über Erfolg oder Mißerfolg des Douglasien-Anbaus. Dabei ist nicht nur die wüchsigste und für einen bestimmten Standort am besten geeignete Herkunft zu finden, sondern gleichzeitig sollte es auch die am wenigsten durch biotische und abiotische Schadfaktoren gefährdete Douglasie sein. Vor allem die beiden als Nadelschütteerreger bekannten Pilzarten *Rhabdocline pseudotsugae* SYD. und *Phaeocryptopus gaeumannii* (ROHDE) PETR. sowie die Frostempfindlichkeit bestimmter Herkünfte gefährden den Douglasien-Anbau. In der Vergangenheit konnten viele wertvolle Erfahrungen über Anfälligkeit bzw. Resistenz gegen diese Faktoren gesammelt werden, doch reichen sie vielfach noch nicht für eine allgemeingültige Beurteilung aus. Dies ist insbesondere im gegenwärtigen Zeitpunkt zu beachten, wo zahlreiche neue Herkünfte eingeführt und neue Standorte geprüft werden. Ansprüche und Reaktionen dieser Douglasien müssen zunächst in umfangreichen und weitgestreuten Herkunftsversuchen getestet werden. In einigen Fällen können Ergebnisse aus bereits bestehenden Versuchsanlagen als Entscheidungshilfen dienen. Vor allem einige ältere Anbauversuche vermitteln Kenntnisse über die Resistenzeigenschaften von Douglasien-Herkünften während eines längeren Zeitraumes.

Das Wirt-Parasit-Verhältnis wird nicht nur durch das Verhalten der Douglasie bestimmt. Auch die Eigenschaften der pilzlichen Schaderreger müssen hierbei beachtet werden. Mögliche Veränderungen in der Zusammensetzung der Population des Parasiten durch Rassenbildung und damit bewirkte Virulenzveränderungen sind in Betracht zu ziehen.

Hierzu soll im folgenden am Beispiel des Befalls der Douglasie durch *Rhabdocline pseudotsugae* Stellung genommen werden. Außerdem wird auf erste Ergebnisse aus Douglasien-Provenienzversuchen des Instituts für Forstgenetik eingegangen, um zu prüfen, inwieweit frühere Erkenntnisse über das Verhalten verschiedener Douglasien-Herkünfte auch heute noch zutreffen.

B. Literaturübersicht

I. Erkenntnisse über die *Rhabdocline*-Anfälligkeit bzw. -Resistenz anhand älterer Douglasien-Versuche

Nach Einführung der Douglasie in Europa im vergangenen Jahrhundert blieb diese Baumart anfangs von ern-

sten Krankheiten verschont. Zum ersten Mal wurde 1922 in Schottland eine schwere Nadelkrankung an Douglasie registriert (WILSON und WILSON, 1926). Als Erreger wurde ein Ascomycet, *Rhabdocline pseudotsugae*, nachgewiesen, der 1911 in Nordamerika erstmals beobachtet wurde (WEIR, 1917). Diese Pilzart ist im natürlichen Areal der Douglasie verbreitet und führt dort vor allem an jungen Bäumen gelegentlich zu schweren Schäden (COLLIS, 1971). Wenige Jahre später, etwa zwischen 1922 und 1924, trat der Pilz erstmals auch auf dem Kontinent auf und breitete sich relativ schnell aus (ROHDE, 1932 b, 1934 a; LYR, 1958). Die Ausbreitung scheint auch in neuerer Zeit noch nicht zum Stillstand gekommen zu sein. Seit 1950 wird der Pilz in Finnland (TIGERSTEDT, 1970) und seit wenigen Jahren auch in Italien (BONIFACIO et al. 1970; MORIONDO, 1972) nachgewiesen. Die Gründe für das stärkere Auftreten der Krankheit in Europa im Vergleich zu Nordamerika sind nicht geklärt. Über die zu ergreifenden Abwehrmaßnahmen wurde in den 30er Jahren ein recht kontroverser Meinungsstreit geführt (LIESE, 1931, 1932 a; v. TUBEUF, 1932; GEYR, 1931; ROHDE, 1934 b).

Eine chemische Bekämpfung des Parasiten ist wirtschaftlich nicht vertretbar. Die Suche nach resistenten Herkünften ist daher besonders vordringlich. Schon bald nach dem ersten Auftreten der Krankheit stellte sich heraus, daß einzelne Douglasien-Typen unterschiedlich anfällig für *Rhabdocline* waren. Besonders eingehende und wiederholte Erhebungen liegen darüber von Provenienzversuchen in Chorin und Kaiserslautern vor (LIESE, 1935; KANZOW, 1937; FLÖHR, 1954; LYR, 1958; BOISELLE, 1953; ROHMEDER, 1956). Desgleichen geben auch einige später angelegte Versuche in verschiedenen europäischen Ländern wertvolle Erkenntnisse über das Verhalten von Douglasien-Herkünften (SCHOBER, 1953, 1959, 1963, 1973; SCHOBER und MEYER, 1955; MEYER, 1954; ROHMEDER, 1954; LYR, 1955; TIGERSTEDT, 1970). Auf einige Schlußfolgerungen aus diesen und anderen Versuchen soll hier eingegangen werden.

Danach erwiesen sich Douglasien aus den Gebieten westlich der Kaskaden als weitgehend resistent gegenüber *R. pseudotsugae*. Unter ihnen wird vor allem die völlige Befallsfreiheit von Douglasien aus dem Snowqualmie-Gebiet hervorgehoben (LIESE, 1939; BOISELLE, 1953). Die Überlegenheit dieser Douglasien beruht nicht auf Immunität, da sie unter extremen Bedingungen (z. B. Infektionsversuch, Schwächung nach der Pflanzung) von *R. pseudotsugae* infiziert werden können (VAN VLOTEN, 1932; LIESE, 1935; ROHDE, 1936; MEYER, 1951; HACK, 1971), ohne daß dabei auf lange Sicht schwere Schäden und Ausfälle entstehen.

Douglasien-Herkünfte aus dem nördlichen Interior sind in der Regel anfällig für *R. pseudotsugae*. Neben herkunftsbedingten Unterschieden wurden häufig auffallende Individualunterschiede festgestellt, so daß hinsichtlich des Merkmals Schütterresistenz insgesamt von einer großen Variation zwischen und innerhalb von Herkünften gesprochen werden kann.

*) Erweiterte Fassung eines Referates anlässlich des IUFRO-meeting on provenance research in Douglas-fir, S2.02-05, Göttingen, 3.-6. September 1973.

Besonders starker Schüttebefall wird im allgemeinen bei Douglasien-Herkünften aus dem südlichen Interior verzeichnet. Da Douglasien aus diesem Teil des Verbreitungsgebietes unter mitteleuropäischen Verhältnissen in der Regel unwüchsig sind, wird von einem Anbau bereits seit längerem abgesehen.

Dagegen ist man an Douglasien aus dem nördlichen Interior trotz ihrer Schütteeanfälligkeit interessiert, da sie vielfach eine größere Frostresistenz als die Küstendouglasien aufweisen. Ideal wäre die Kombination von Frosthärte, Schütteresistenz und Wüchsigkeit, die aber in keiner der bisher bekannten Douglasien verwirklicht ist. Diese Tatsache unterstreicht die Notwendigkeit von Züchtungsvorhaben, die aber am Anfang stehen und noch nicht in großem Umfang zu praktikablen Ergebnissen geführt haben (MEYER, 1951 b; SCHÖNBACH, 1958; FRÖHLICH, 1959).

Älteren Provenienzversuchen zufolge sind Douglasien bis zum Alter 30 besonders anfällig (ROHDE, 1932 c; BOYCE, 1948; BUTIN und ZYCHA, 1973). Der Befall selbst wirkt sich, vor allem bei jährlicher Wiederholung, zuwachsmindernd aus (ROHDE, 1932 a). Ein primär durch den Pilz bewirktes Absterben des Baumes scheint aber im allgemeinen erst nach vielen Befallsjahren einzutreten. Insofern wirkt sich geringerer Befall wirtschaftlich kaum aus. Wenn Douglasien allerdings in Nebennutzung der Schmuckreisiggewinnung dienen, ist auch geringes Schadauftreten nicht vertretbar.

II. Bisherige Erkenntnisse über den Schaderreger *Rhabdocline*

Eine genaue Beurteilung des Reaktionsverhaltens der Douglasie sollte auch Kenntnisse über die Eigenschaften des Krankheitserregers einschließen. Auf Einzelheiten des einjährigen Entwicklungsablaufs und der Symptomatologie dieser Nadelerkrankung soll hier verzichtet werden, da sie an anderer Stelle ausführlich dargestellt sind (VAN VLOTEN, 1932; BUTIN und ZYCHA, 1973). Dagegen soll auf einige Merkmale der Gattung *Rhabdocline* hingewiesen werden, bei der es sich um obligat biotrophe Parasiten handelt, die bisher nur an Douglasien und zwar sowohl an *Pseudotsuga menziesii* als auch an *P. macrocarpa* (MILLER und SWAIN, 1969) nachgewiesen wurden.

Nach Untersuchungen von PARKER und REID (1969) umfaßt die Gattung *Rhabdocline* 2 Arten mit insgesamt 5 Unterarten: *R. pseudotsugae* mit 2 und *R. weirii* mit 3 Unterarten. Interessanterweise ist in Europa bisher nur eine dieser Formen nachgewiesen worden: *R. pseudotsugae* ssp. *pseudotsugae* (PARKER und REID, 1969; MORIONDO, 1972; STEPHAN, 1973). Möglicherweise sind die unter nordamerikanischen bzw. europäischen Verhältnissen festgestellten Befallsunterschiede darin begründet, daß die hier auftretende Pilzform eine Rasse mit geringerer Pathogenität für Douglasien aus dem Küstengebiet darstellt. Diese deutliche Differenzierung zwischen resistenten und anfälligen Herkünften ist in Nordamerika nicht gegeben. Weiterhin wurde in Europa noch in keinem Fall die Nebenfruchtform *Rhabdogloeum pseudotsugae* festgestellt, die nach PARKER und REID (1969) nur im Zusammenhang mit *R. weirii* vorkommt und daher offenbar zu dieser Art gehört. Der experimentelle Beweis hierfür steht allerdings noch aus.

Von großer Bedeutung ist die Feststellung, daß *R. weirii*-Formen im Gegensatz zu *R. pseudotsugae* offenbar einen zweijährigen Entwicklungszyklus besitzen (PARKER und REID, 1969). Die beiden Arten unterscheiden sich demnach auch in ihrer Epidemiologie. Diese Krankheitsform ist in

Europa noch unbekannt, wenn es auch Einzelbeobachtungen über Fruchtkörperbildung an zweijährigen Nadeln gibt (LIESE, 1935; GAISBERG, 1937). Doch beweisen diese seltenen Befunde nicht das Vorkommen von *R. weirii* in Europa. Die Gründe für ihr Fehlen sind nicht bekannt. Welche Bedeutung ein mögliches Auftreten von *R. weirii* im hiesigen Douglasien-Anbau hätte, läßt sich nicht vorhersehen. Allerdings könnte sich das bisher beobachtete Verhalten der Herkünfte bei einer Einschleppung und Ausbreitung dieser Erregerformen zu Ungunsten der Baumart verschieben.

Für die Entstehung physiologischer Rassen bei der in Europa allein vorkommenden Unterart *R. pseudotsugae* ssp. *pseudotsugae* gibt es bisher keine Anhaltspunkte. Neue Rassen mit eventuell größerer Virulenz und weiterem Wirtsspektrum könnten im Verlauf der Sexualphase sowie durch Mutation, Heterokaryose und Parasexualzyklus entstehen, wie dies auch von anderen pathogenen Pilzarten beschrieben wird (TINLINE und MACNEILL, 1969).

Auftreten und Umfang der Krankheit werden außer von der Wirtspflanze selbst in hohem Maße auch von Umweltbedingungen beeinflußt. Die Stärke der Erkrankung ist weitgehend davon abhängig, welche Witterungsverhältnisse einerseits und welche Krankheitsdisposition andererseits der Pilz während des Infektionszeitraumes vorfindet. Für die Freisetzung der Ascosporen ist hohe Luftfeuchtigkeit erforderlich. Optimale Infektionsbedingungen sind gegeben, wenn für wenigstens 3 Tage Temperaturen um 10° C bei gleichzeitig hoher Luftfeuchtigkeit (100%) herrschen (PARKER, 1970). Die Temperaturen während der weiteren Vegetationszeit scheinen den Pilz nicht mehr in gleichem Maße zu beeinflussen. Das zeigt, daß sich vor allem ein kühles und feuchtes Frühjahr fördernd auf den zu erwartenden Befall auswirkt. Damit lassen sich die oft von Jahr zu Jahr schwankenden Befallsstärken erklären.

C. Erste Ergebnisse über den *Rhabdocline*-Befall in 2 Douglasien-Herkunftsversuchen in Nordwestdeutschland

Im folgenden soll am Beispiel zweier Douglasien-Provenienzversuche des Instituts für Forstgenetik eine erste Übersicht über das Verhalten der dort verwendeten Herkünfte gegenüber *R. pseudotsugae* gegeben werden. *Phaeocryptopus gaeumannii* konnte bisher auf diesen Flächen nicht festgestellt werden.

I. Material und Methoden

Die Versuchsflächen liegen in Nordwestdeutschland (Emsland) und enthalten insgesamt 81 Herkünfte aus nahezu dem gesamten natürlichen Verbreitungsgebiet der Douglasie. Die Versuche wurden 1965 (Dgl. 4) und 1966 (Dgl. 5) mit jeweils 3jährigen verschulten Pflanzen begründet. Einzelheiten über die Versuchsflächen und die Versuchsanlage sowie genaue Herkunftangaben und die bisherige Wuchsleistung werden an anderer Stelle behandelt (HERRMANN, 1973).

Rhabdocline-Befall wurde im Mai 1972 auf beiden Versuchsflächen erstmals bonitiert. Die Erhebungen wurden im Mai 1973 wiederholt und sind auch für die kommenden Jahre vorgesehen, um einen Überblick über die Krankheitsentwicklung zu erhalten.

Der Ursprung für die erste *Rhabdocline*-Infektion auf den Versuchsflächen ist unklar. Da in nächster Nähe keine älteren Douglasien stehen, muß angenommen werden, daß die Jungpflanzen den Pilz aus den Anzuchtbeeten in

Schmalenbeck mitgebracht haben. Heute kann man davon ausgehen, daß beide Versuchsflächen unter einer nahezu gleichmäßigen Infektionsbelastung stehen. Dies ergibt sich aus den einheitlichen Befunden der in vierfacher Wiederholung stehenden Herkünfte. Auch zwischen den beiden Versuchsflächen besteht bei einem Vergleich ähnlicher Herkünfte eine gute Übereinstimmung. Demnach sind die Voraussetzungen für eine korrekte Bewertung eventuell auftretender Befallsunterschiede erfüllt. Dies trifft insbesondere auch deswegen zu, weil die Versuchsflächen zur weitgehenden Ausschaltung verfälschender Umweltfaktoren als Gitterversuche mit vierfacher Wiederholung angelegt wurden. Diesen Bedingungen genügen viele ältere Provenienzversuche nicht.

Bereits bei grober Betrachtung lassen sich qualitative Befallsunterschiede erkennen. Es treten alle Übergänge zwischen befallsfrei und stark befallen auf. Um dieses Merkmal quantitativ zu erfassen, wurden alle Pflanzen einzeln nach folgendem Schema bewertet:

- 0 = kein Befall
- 1 = leichter Befall (vereinzelt Nadeln mit braunen Flecken)
- 2 = mittlerer Befall (Mehrzahl der Nadeln befallen; zusammenfließende braune Flecken)
- 3 = starker Befall (alle Nadeln befallen; Einzelnadel nahezu vollständig braun, nur noch an einzelnen Stellen grün)

Auf der Grundlage der Bewertung der Einzelbäume wurde für jede Herkunft ein mittlerer Befallsgrad errechnet.

II. Ergebnisse

Die Ergebnisse der Befallserhebungen aus den Jahren 1972 und 1973 sind für die beiden Versuchsflächen in Tab. 1 und 2 getrennt dargestellt. Aus Gründen der Übersicht wurden die Herkünfte zu 3 großen, geographisch bedingten Gruppen zusammengefaßt, die jedoch nicht gleichbedeutend mit Wuchsgebieten sind.

Zunächst fallen die unterschiedlichen Befallsstärken in den beiden Untersuchungsjahren auf. Im starken Befallsjahr 1973 wurde *Rhabdocline* auch an Herkünften nachgewiesen, die 1972 befallsfrei waren. Möglicherweise ist dies auf die während der Infektionszeit im Mai 1972 herrschende kühle und feuchte Witterung zurückzuführen, doch werden zur eindeutigen Klärung solcher Beziehungen die Erhebungen weiterer Jahre in Verbindung mit Klimadaten benötigt.

Vergleicht man die Ergebnisse der einzelnen Jahre getrennt, so lassen sich im Verhalten der Herkünfte deutliche Unterschiede nachweisen. Danach sind bisher alle 23 Herkünfte aus Washington und Oregon westlich der Kaskaden ohne Befall geblieben. Das trifft auch für das starke Befallsjahr 1973 zu. Es deutet nichts darauf hin, daß die Bäume schon einmal vor 1972 befallen waren. Die Pflanzen zeigen selbst dort keine Symptome, wo eine enge direkte Berührung mit stark *rhabdocline*kranken Douglasien besteht.

Hiervon abweichende und differenzierte Verhältnisse sind bei den aus dem nördlichen Interior stammenden Douglasien-Herkünften festzustellen. Nachdem sie 1972 bis auf die Herkünfte aus Oregon östlich der Kaskaden sowie aus dem südlichen Idaho und Montana ohne Schüttelebfall waren, zeigten sich 1973 bei 18 der 31 Herkünfte die typischen Symptome. Insgesamt kann man allerdings von leichtem Befall sprechen. Viele Individuen innerhalb befallener Herkünfte sind noch ohne Schädigung. Eine Be-

Tabelle 1. — *Rhabdocline*-Befall an den Herkünften des Douglasien-Provenienzversuchs Dgl. 4 (Itterbeck, FA Nordhorn). (Nähere Herkunftsangaben bei HERRMANN, 1973)

Herkunftsgebiet	S.B. Nr.	Herkunft	Rhabdocline-Befall 1972		Rhabdocline-Befall 1973	
			Befallene Bäume in % mittlerer Befallsgrad	Prozentualer Anteil der Bäume mit bestimmtem Befallsgrad an der Gesamtstammzahl %	Befallene Bäume in % mittlerer Befallsgrad	Prozentualer Anteil der Bäume mit bestimmtem Befallsgrad an der Gesamtstammzahl %
Gebiet westlich der Kaskaden		Washington (6 Herkünfte)	0	0	0	0
		Oregon (15 Herkünfte)	0	0	0	0
Nördliches Verbreitungsgebiet, Interior		Montana (5 Herkünfte)	0	0	0	0
		Washington (2 Herkünfte)	0	0	0	0
		Idaho (4 Herkünfte)	0	0	0	0
	3605	Montana	0	0	2	0,02
	3604	Montana	0	0	6	0,06
	3624	Idaho	0	0	7	0,07
	3607	Montana	0	0	8	0,08
	3606	Montana	0	0	11	0,13
	3603	Montana	0	0	13	0,13
	3609	Montana	0	0	22	0,24
	3657	Washington	0	0	26	0,26
	3613	Montana	0	0	40	0,44
3655	Washington	0	0	48	0,62	
3637	Montana	0	0	65	0,77	
Südliches Verbreitungsgebiet, Interior	3631	New Mexico	0	0	60	0,74
	3640	New Mexico	17	0,22	42	0,65
	3652	Colorado	22	0,25	92	1,88
	3630	Arizona	19	0,35	75	1,19
	3635	New Mexico	22	0,41	53	0,91
	3610	Colorado	44	0,56	97	1,90
	3650	Arizona	63	1,20	97	2,15
	3638	Utah	96	1,63	100	2,53
	3611	Colorado	95	2,02	100	2,57
	3616	Utah	76	2,15	100	2,97
	3615	Arizona	100	2,53	100	2,89

Befallsgrad: 0 □ 1 ▨ 2 ▩ 3 ■

Tabelle 2. — *Rhabdocline*-Befall an den Herkünften des Douglasien-Provenienzversuchs Dgl. 5 (Wielen, FA Nordhorn). (Nähere Herkunftsangaben bei HERRMANN, 1973)

Herkunftsgebiet	S.B. Nr.	Herkunft	Rhabdocline-Befall 1972		Rhabdocline-Befall 1973	
			Befallene Bäume in % mittlerer Befallsgrad	Prozentualer Anteil der Bäume mit bestimmtem Befallsgrad an der Gesamtstammzahl %	Befallene Bäume in % mittlerer Befallsgrad	Prozentualer Anteil der Bäume mit bestimmtem Befallsgrad an der Gesamtstammzahl %
Gebiet westlich der Kaskaden	3771	Oregon	0	0	0	0
	3772	Oregon	0	0	0	0
Nördliches Verbreitungsgebiet, Interior	3745	Montana	0	0	0	0
	3748	Montana	0	0	0	0
	3743	Montana	0	0	2	0,02
	3744	Montana	0	0	2	0,02
	3746	Montana	0	0	10	0,10
	3747	Montana	0	0	14	0,14
	3749	Montana	48	0,48	98	1,44
	3768	Idaho	78	0,79	100	1,63
3626	Oregon	75	0,83	97	1,35	
Südliches Verbreitungsgebiet, Interior	3769	Mexico	0	0	2	0,04
	3752	Colorado	0	0	17	0,19
	3754	New Mexico	0	0	27	0,27
	3757	New Mexico	0	0	34	0,36
	3759	New Mexico	0	0	37	0,37
	3756	New Mexico	0	0	50	0,53
	3758	New Mexico	2	0,01	28	0,36
	3760	New Mexico	2	0,01	37	0,38
	3750	Colorado	28	0,32	58	0,80
	3751	Colorado	63	0,79	98	1,43
	3764	Arizona	86	0,97	100	1,77
3763	Arizona	79	1,00	100	1,75	
3767	Utah	91	1,11	98	2,31	
3770	Utah	100	1,38	100	2,36	

Befallsgrad: 0 □ 1 ▨ 2 ▩ 3 ■

vorzugung bestimmter Douglasien-Provenienzen durch den Pilz läßt sich nur insoweit erkennen, als die oben erwähnten Herkünfte aus Oregon, Idaho und Montana auffallend stärker erkrankt sind und bereits 1972, zum Teil auch wohl noch früher, unter *Rhabdocline*-Befall gelitten haben. Es bleibt abzuwarten, wie sich die Befallsituation in den nächsten Jahren entwickeln wird.

Besonders starker und zunehmender Befall zeichnet sich bei Herkünften aus dem südlichen Interior ab. Bei verschiedenen Herkünften sind inzwischen alle Bäume befallen. Lückige Nadeljahrgänge lassen darauf schließen, daß auch vor 1972 teilweise schon starker Befall herrschte. Am schlechtesten schneiden Herkünfte aus Utah, Arizona und Colorado ab. Die bisherige Mortalitätsrate ist bei den stark erkrankten Herkünften nicht höher als bei den gesunden Provenienzen (vergl. HERRMANN, 1973). Sie ist demnach primär nicht auf den Einfluß des Pilzes, sondern vermutlich auf andere Ursachen, z. B. wiederholte Frostschäden, zurückzuführen.

Interessanterweise haben die auf beiden Versuchsflächen angebauten 9 New Mexico-Herkünfte einen vergleichsweise geringeren Befall. 1972 waren viele von ihnen noch völlig befallsfrei. Auch 1973 liegt der mittlere Befallsgrad relativ niedrig zwischen 0 und 1. In dieser Hinsicht und unter Berücksichtigung der Feststellung, daß sich einige New Mexico-Herkünfte bisher als besonders wüchsig herausgestellt haben (HERRMANN, 1973), muß dem weiteren Verhalten dieser Provenienzen besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Als auffallend resistent erwies sich bisher auch eine Douglasien-Herkunft aus Mexico (Tab. 2), deren Artzugehörigkeit jedoch noch nicht vollständig geklärt ist.

D. Diskussion

Die vorgestellten Douglasien-Versuche sind war noch zu jung für eine endgültige Bewertung, doch stimmen die Ergebnisse über den *Rhabdocline*-Befall schon jetzt mit den an anderen Standorten gewonnenen Beurteilungen anderer Autoren weitgehend überein. Das betrifft das günstige Abschneiden der Küstendouglasie, das unterschiedliche Verhalten der nördlichen Binnenland-Herkünfte sowie die große Anfälligkeit der südlichen Provenienzen aus dem Binnenland. Unter diesen zeigen allerdings die New Mexico-Herkünfte eine geringere Befallsstärke. Inwieweit sie sich auch in Zukunft ähnlich verhalten wie die New-Mexico-Herkunft Pecos in den SCHWAPPACHSchen Versuchen, läßt sich noch nicht beurteilen. LIESE (1935) stellte bei ihr zwar einen hohen Prozentsatz befallener Bäume fest, doch wertete er die Stärke des Schadens gering. Bei der Aufnahme 1953 waren die noch verbliebenen Bäume dieser Herkunft allerdings stark befallen (LYR, 1955).

Die Frage nach den Resistenzursachen ist schon oft gestellt worden, kann aber bisher nicht eindeutig beantwortet werden. Es ist nicht anzunehmen, daß der starke Befall mancher Herkünfte, etwa aus Utah und Colorado, auf ihre vermutlich genetisch bedingte Unwüchsigkeit zurückzuführen ist. Zwischen der Befallsstärke eines Baumes und seiner Größe besteht in den vorliegenden Versuchen keine Korrelation. Die Befallsdisposition eines Baumes wird durch Genotyp-Umwelt-Interaktionen beeinflusst.

Gelegentlich wurde eine Korrelation zwischen Resistenz und Austriebstermin vermutet, d. h. daß bestimmte Douglasien gesund bleiben, weil sie erst nach Beendigung des Sporenfluges austreiben (LIESE, 1932 b). Dieser Zusammenhang wurde von verschiedenen Autoren widerlegt (VAN

VLOTEN, 1932; GEYR, 1933; ROHDE, 1934 c) und wird auch durch eigene Beobachtungen nicht bestätigt. Außerdem findet Sporenflug im allgemeinen über einen ausreichend langen Zeitraum statt, so daß eine Infektion austreibender Nadeln nahezu immer gewährleistet ist. VAN VLOTEN (1932) fand keimfähige Ascosporen von Anfang Mai bis Mitte Juni.

Anders steht es mit der bei manchen Douglasien-Herkünften zu beobachtenden Neigung zur Johannistriebbildung. Die Nadeln dieser Triebe bleiben in der Regel befallsfrei (VAN VLOTEN, 1932). Wiederholtes Austreiben stellte RECK (1973) bei bestimmten Douglasien der IUFRO-Einsammlungen von 1966/68 fest. So trieben etwa New Mexico-Herkünfte in einer Vegetationsperiode bis zu dreimal aus. In solchen Fällen waren die zuerst gebildeten Nadeln infiziert, die späteren jedoch gesund.

Wie neben dieser Befallsresistenz (GÄUMANN, 1951) die biochemische oder physiologische Grundlage der Resistenz gegen *R. pseudotsugae* beschaffen ist, ist noch unbekannt. MEYER (1951 a) wies in rhabdocline-erkrankten Nadeln anfälliger Douglasien einen höheren pH-Wert sowie einen verminderten Wassergehalt nach, doch konnte LYR (1958) diese Befunde nicht bestätigen. Eigenen Untersuchungen beim Kieferschütttekomplex zufolge kann die pH-Erhöhung in befallenen Nadeln durch den Parasiten bewirkt werden (SCHOLZ und STEPHAN, 1974).

VAN VLOTEN (1932) beobachtete bei resistenten Douglasien nach der Infektion der Nadeln unterschiedliche Typen nekrogener Abwehrreaktionen, doch liegen hierüber keine weiteren Ergebnisse vor. Untersuchungen in dieser Richtung mit dem Ziel einer Frühdiagnose auf Schütterresistenz bzw. -anfälligkeit sind unbedingt erforderlich.

Die Genetik der Krankheitsresistenz ist noch völlig unbekannt. Da es sich bei der Resistenz gegen *Rhabdocline* um ein Merkmal mit kontinuierlicher Variation handelt, ist auf einen polygen bedingten Erbgang zu schließen. Nach den bisherigen Erkenntnissen wird bei Douglasien mit dem Auffinden von ‚major genes‘ für *Rhabdocline*-Resistenz kaum zu rechnen sein. Dies wird sich auf die züchterische Ausnutzung des Resistenzverhaltens erschwerend auswirken. Die von MARQUARDT (1951) vorgeschlagene Methode für eine Resistenzzüchtung gegen *Phaeocryptopus gaeumannii* wird sich auf die *Rhabdocline*-Resistenz vermutlich nicht anwenden lassen. Insgesamt steht die Resistenzzüchtung bei Douglasien noch in den Anfängen.

Anmerkung

Die Douglasien-Provenienzversuche wurden im Rahmen des Emsland-Programms angelegt. Herrn Oberforstmeister H. BARELMANN, FA Nordhorn, sei auch an dieser Stelle seitens des Instituts für Forstgenetik für Unterstützung und gute Zusammenarbeit gedankt.

Zusammenfassung

In einer Literaturübersicht wird zunächst kurz auf die bisherigen Erkenntnisse über die *Rhabdocline*-Anfälligkeit bzw. -Resistenz verschiedener Douglasien-Herkünfte anhand älterer Versuche eingegangen. Daran schließen sich Erörterungen über den Krankheitserreger *Rhabdocline pseudotsugae* an.

Darauf folgen erste Ergebnisse über den *Rhabdocline*-Befall in 2 Provenienzversuchen mit 10 bzw. 11 Jahre alten Douglasien in Nordwestdeutschland (Emsland). Diese Versuche mit insgesamt 81 Herkünften aus dem natürlichen Verbreitungsgebiet der Douglasie wurden 1972 und 1973 auf *Rhabdocline*-Befall hin untersucht. Hinsichtlich Resistenz bzw. Anfälligkeit bestehen zwischen den Provenienzen beträchtliche Unterschiede.

Alle Provenienzen aus dem Gebiet westlich der Kaskaden (Washington, Oregon) sind bisher ohne Befall. — Herkünfte aus dem nördlichen Interior (Alberta, Washington, Oregon, Idaho, Montana) zeigen ein unterschiedliches Verhalten. Manche Herkünfte sind leicht befallen, andere sind noch ohne Infektionen. Insgesamt gesehen, besteht eine große Variation innerhalb und zwischen den Herkünften. — Herkünfte aus dem südlichen Interior, vor allem aus Utah, Arizona und Colorado, sind größtenteils sehr stark befallen. Von besonderem Interesse ist der bisher geringe Befall von New Mexico-Herkünften bei gleichzeitig guter Wüchsigkeit.

Über die Ursachen für die zwischen verschiedenen Douglasien-Herkünften feststellbaren Anfälligkeits- bzw. Resistenzunterschiede können bisher keine Aussagen gemacht werden.

Schlagworte: Douglasie, Herkunftsunterschiede, Resistenz, *Rhabdo-cline*, Nadelschütte.

Summary

Susceptibility and resistance of Douglas-fir provenances to Rhabdo-cline pseudotsugae.

At first the literature about the present knowledge on susceptibility resp. resistance of different Douglas-fir provenances to *Rhabdo-cline* needle cast disease is reviewed briefly on the basis of older trials. This is followed by a discussion on the pathogen *Rhabdo-cline pseudotsugae*.

In the following part of the paper first results on *Rhabdo-cline* attack in 2 provenance trials with 10 and 11 year old Douglas-firs in northwestern Germany (Emsland) are given. These trials with a total of 81 provenances from the natural range of Douglas-fir have been examined for *Rhabdo-cline* infection in 1972 and 1973. There are distinct differences between the provenances concerning susceptibility and resistance:

All provenances from the area west of the Cascades (Washington, Oregon) are still without infection. — Provenances from the northern interior (Alberta, Washington, Oregon, Idaho, Montana) show different reactions. Some provenances are slightly, others are not yet infected. Altogether there is a great variation in and between provenances. — Provenances from the southern interior especially from Utah, Arizona and Colorado are partly heavily attacked by the fungus. Regarding their still low susceptibility in connection with their good growth some New Mexico provenances are of special interest.

The causes for observed differences in susceptibility resp. resistance between Douglas-fir provenances are not known as yet.

Key words: Douglas-fir, differences between provenances, *Rhabdo-cline*, needle cast disease.

Literatur

BOISELLE, R.: Die Snowqualmie-Douglasie, die Douglasie der Zukunft. Allg. Forst- u. Jagdztg. 125, 61—69 (1953). — BONIFACIO, A., MORIONDO, F., TURCHETTI, T.: Segnalazione di agenti defogliatori della douglasia. L'Italia For. e Mont. 25, 271—275 (1970). — BOYCE, J. S.: Forest pathology. McGraw-Hill Book Comp., New York, Toronto, London. S. 151—155 (1948). — BUTIN, H., ZYCHA, H.: Forstpathologie. G. Thieme-Verlag, Stuttgart. S. 38—41 (1973). — COLLIS, D. G.: *Rhabdo-cline* needle cast of Douglas-fir in British Columbia. Can. For. Serv., For. Insect and Disease Surv., For. Pest Leaflet No. 32, 4 pp. (1971). — FLÖHR, W.: Die Entwicklung des Douglasien-Provenienzversuches aus dem Jahre 1910 in Chorin, Abt. 90e. Arch. Forstwes. 3, 385—399 (1954). — FRÖHLICH, H. J.: Stand und Möglichkeiten der Douglasienzüchtung. Allg. Forstz. 14, 160—163 (1959). — GAISBERG, E. VON: Über die *Adelopus*-Nadelschütte in württembergischen Douglasienbeständen mit Hinweis auf die bisher bekannt gewordene Verbreitung von *Rhabdo-cline*. Silva 25, 37—42, 45—48 (1937). — GÄUMANN, E.: Pflanzliche Infektionslehre. Verlag Birkhäuser, Basel (1951). — GEYR, H. VON: Die Douglasienschütte. Deutsch. Forstwirt 13, 265—268, 273—275 (1931). — GEYR, H. VON: Der-

zeitiger Stand der *Rhabdo-cline*-Frage. Deutsch. Forstwirt 15, 97—99 (1933). — HACK, W.: Douglasien-Herkünfte und Douglasien-Anbau in rauhen Lagen. Allg. Forstz. 26, 924—926 (1971). — HERRMANN, S.: Preliminary results from Douglas-Fir provenance tests in the Emsland. Proc. IUFRO-meeting on provenance research in Douglas-fir, Göttingen, 37—50 (1973). — KANZOW, H.: Die Douglasie. Z. Forst- u. Jagdwes. 69, 65—93, 113—139, 241—271 (1937). — LIESE, J.: Zur *Rhabdo-cline*-Krankheit der Douglasie. Forstarchiv 7, 341—346 (1931). — LIESE, J.: Die Douglasienadelschütte und die Möglichkeit ihrer Bekämpfung. Mitt. Deutsch. Dendr. Ges. 44, 294—304 (1932 a). — LIESE, J.: Zur Biologie der Douglasienschütte. Z. Forst- u. Jagdwes. 64, 680—693 (1932 b). — LIESE, J.: Die Anfälligkeit der Douglasienrassen gegenüber der Douglasienschütte (*Rhabdo-cline pseudotsugae*). Deutsch. Forstwirt 17, 959—961, 973—975 (1935). — LIESE, J.: Anfälligkeit der Douglasie für Krankheiten unter Berücksichtigung der Rassenfrage. Deutsch. Forstwirt 21, 762—764 (1939). — LYR, H.: Untersuchungen zur Pathologie der Douglasie. Arch. Forstwes. 4, 533—544 (1955). — LYR, H.: Die Krankheiten der Douglasie. In: GÖHRE, K.: Die Douglasie und ihr Holz. Akademie-Verlag Berlin, S. 369—401 (1958). — MARQUARDT, H.: Genetische Grundlagen der *Adelopus*-Resistenz von *Pseudotsuga douglasii* und mögliche Verfahren zur Gewinnung resistenteren Pflanzenmaterials. Allg. Forst- u. Jagdzeitung 122, 201—205 (1951). — MEYER, H.: Die Verbreitung der Douglasienschütten. Forstarchiv 22, 5—11 (1951 a). — MEYER, H.: Aufgaben und Wege der Douglasienzüchtung. Allg. Forstz. 6, 281—283 (1951 b). — MEYER, H.: *Rhabdo-cline*befall an Douglasien verschiedener Provenienz. Forst- u. Holzwirt 9, 180—182 (1954). — MILLER, D. R., and SWAIN, K. M.: *Rhabdo-cline* needle cast found on bigcone Douglas fir. Pl. Dis. Rptr. 53, 270 (1969). — MORIONDO, F.: Nuove acquisizioni su *Rhabdo-cline* sp. in Nord America e in Europa. L'Italia For. e Mont. 27, 36—38 (1972). — PARKER, A. K.: Effect of relative humidity and temperature on needle cast disease of Douglas fir. Phytopathology 60, 1270—1273 (1970). — PARKER, A. K., and REID, J.: The genus *Rhabdo-cline* Syd. Canad. J. Bot. 47, 1533—1545 (1969). — RECK, S.: Möglichkeiten der Frühbeurteilung der Anbaueignung von Douglasienprovenienzen. Mitt. BFA Forst- u. Holzwirtschaft 93, 205—212 (1973). — ROHDE, T.: Die Folgen des *Rhabdo-cline*befalls in deutschen Douglasienbeständen. Forstarchiv 8, 317—326 (1932 a). — ROHDE, T.: Das Vordringen der *Rhabdo-cline*-Schütte in Deutschland. Forstarchiv 8, 247—249 (1932 b). — ROHDE, T.: Welche Douglasien sind in Deutschland durch *Rhabdo-cline* gefährdet? Forstarchiv 8, 389—392 (1932 c). — ROHDE, T.: Das weitere Vordringen der *Rhabdo-clines*chütte in Deutschland. Forstarchiv 10, 68—69 (1934 a). — ROHDE, T.: Kann man *Rhabdo-cline pseudotsugae* durch Aushieb vertilgen? Forstarchiv 10, 121—123 (1934 b). — ROHDE, T.: Zur Biologie der Douglasienschütte. Z. Forst- u. Jagdwes. 66, 151—156 (1934 c). — ROHDE, T.: Schüttelegefährdung verschiedener Douglasien-, Herkünfte“. Z. Forst- u. Jagdwes. 68, 610—616 (1936). — ROHMEDER, E.: 23jährige bayerische Anbauversuche mit grüner Douglasie verschiedener Herkunft. Forst- u. Holzwirt 9, 179—180 (1954). — ROHMEDER, E.: Professor MÜNCHS Anbauversuch mit Douglasien verschiedener Herkunft und anderen Nadelbaumarten im Forstamt Kaiserslautern-Ost 1912 bis 1954. Z. Forstgen. Forstpflanzenzücht. 5, 142—156 (1956). — SCHOBER, R.: Douglasien-Provenienzversuche I. Allg. Forst- u. Jagdztg. 125, 160—179 (1953). — SCHOBER, R.: Ergebnisse von Douglasien-Provenienzversuchen in Deutschland, Holland und Dänemark. Allg. Forstz. 14, 145—152 (1959). — SCHOBER, R.: Erfahrungen mit der Douglasie in Europa. Allg. Forstz. 18, 473—474, 487—489, 515—519 (1963). — SCHOBER, R.: Ergebnisse von Douglasien-Provenienzversuchen in Deutschland. Proc. IUFRO-meeting on provenance research in Douglas-fir, Göttingen, 1—12 (1973). — SCHOBER, R., und MEYER, H.: Douglasien-Provenienzversuche II. Allgem. Forst- u. Jagdztg. 126, 221—243 (1955). — SCHOLZ, F., und STEPHAN, B. R.: Physiologische Untersuchungen über die unterschiedliche Resistenz von *Pinus sylvestris* gegen *Lophodermium pinastri*. I. Die Pufferkapazität in Nadeln. Eur. J. For. Path. (im Druck) (1974). — SCHÖNBACH, H.: Die Züchtung der Douglasie. In: GÖHRE, K.: Die Douglasie und ihr Holz. Akademie-Verlag, Berlin. S. 307—367 (1958). — STEPHAN, B. R.: Cytologische Untersuchungen zur Ascusentwicklung und Sporenkeimung bei *Rhabdo-cline pseudotsugae*. Phytopath. Z. 78, 336—343 (1973). — TIGERSTEDT, P. M. A.: Dendrologiska experiment på arboretum Mustila. För. dendr. och parkvärd, årsbok Lustgården (1969—1970), S. 141—174 (1970). — TINLINE, R. D., and MACNEILL, B. H.: Parasexuality in plant pathogenic fungi. Ann. Rev. Phytopath. 7, 147—170 (1969). — TUBEUF, C. VON: *Rhabdo-cline*-Erkrankung an der Douglasie und ihre Bekämpfung. Z. Pflanzenkrankh. 42, 417—425 (1932). — VLOTEN, H. VAN: *Rhabdo-cline pseudotsugae* Sydow, oorzaak eener ziekte van Douglas-spar. Thesis Wageningen, 168 S. (1932). — WEHR, J.: A needle blight of Douglas fir. J. Agric. Res. 10, 99—103 (1917). — WILSON, M., and WILSON, M. J. F.: *Rhabdo-cline pseudotsugae* Sydow: A new disease of Douglas fir in Scotland. Trans. Roy. Scot. Arb. Soc. 40, 37—40 (1926).