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

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 139 (1988)

Heft: 8

Artikel: Zur Jugendentwicklung der Douglasie auf Kalkböden

Autor: Motschalow, Stanislaw

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-766741

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: 13.07.2025

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

Zur Jugendentwicklung der Douglasie auf Kalkböden

Von *Stanislaw Motschalow*[1]

Oxf.: 23:174.7:114.465

(Aus dem Institut für Wald- und Holzforschung
der ETH Zürich, Fachbereich Waldbau, CH-8092 Zürich)

Einleitung

Die grüne Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) ist mit einem Anteil von fast 50% der fremdländischen Nadelhölzer respektive von 43% aller Exotenanbauten zur Zeit die mit Abstand wichtigste fremdländische Baumart in der Schweiz (*Bürgi, Diez,* 1986). Deswegen ist eine umfassende waldbaulich-ökologische Untersuchung dieser Baumart für die Forstwirtschaft von grosser Bedeutung.

Die Douglasie gilt allgemein als eine bodenvage und gegenüber den Bodenverhältnissen sehr anpassungsfähige Baumart (*Göhre,* 1958). Trotz grosser standörtlicher Toleranz gehören aber Kalkböden, wie sie in der Schweiz recht weit verbreitet sind, für sie nicht zu den optimalen Bodentypen. Es ist in diesem Zusammenhang wichtig zu wissen, wie breit die ökologische Plastizität der Douglasie ist und wie hoch ihre Wuchsleistung und Stabilität bei ungünstigen oder gar extremen Bodenverhältnissen auf Kalkstandorten sein kann. Weil anzunehmen ist, dass besonders die jungen Pflanzen auf die Bodenverhältnisse reagieren, sind eingehende Untersuchungen im Jugendstadium von grossem Interesse.

Von diesen Erwägungen ausgehend, hat der Verfasser im Jahre 1987 im Rahmen seiner akademischen Weiterbildung im Fachbereich Waldbau an der ETH Zürich diese Forschungsarbeit durchgeführt, die der Jugendentwicklung der Douglasie auf Kalkstandorten gewidmet ist.

[1] Dozent an der Uralischen Forsttechnischen Hochschule. UdSSR-620 032 Swerdlowsk.

1. Objekte und Methodik

In der UdSSR unterscheidet man drei Phasen in der Jugendentwicklung von Forstkulturen:

1. Anwuchsphase: Sie dauert bei den meisten Baumarten bis zu zwei Jahren nach der Pflanzung.
2. Kronenschlussphase: Sie beginnt vier Jahre nach der Pflanzung und dauert bis zum Kulturalter von sechs bis zehn Jahren.
3. Dickungsphase (Phase der Bestandesbildung): Sie beginnt ab einem Kulturalter von 10 bis 12 Jahren und dauert bis zum Kulturalter von 18 bis 20 Jahren.

Die vorliegende Forschungsarbeit wurde unter Berücksichtigung dieser Klassifikation und unter Verwendung der in der Sowjetunion verbreiteten Methodik für die Untersuchung von Forstkulturen durchgeführt.

Als Untersuchungsobjekte dienten 2- und 5jährige Douglasienkulturen, welche die beiden ersten, obenerwähnten Entwicklungsphasen repräsentieren. Das Alter der Kulturen wird in diesem Fall als die Anzahl Jahre nach der Auspflanzung verstanden, obwohl das biologische Alter der Pflanzen tatsächlich höher ist, 5 bis 6 und 8 bis 9 Jahre je nach Alter des Pflanzgutes (1/2 oder 2/2). Als Vergleichsbaumart zur Douglasie wurden zusätzlich 5jährige Fichtenkulturen untersucht.

Die Erhebungen wurden im Lehrwald der ETH Zürich (Albisriederberg und Reppischtal) und im Gemeindewald Bözingen (Bözingerberg bei Biel) im Schweizer Jura durchgeführt. Die Standortsverhältnisse auf den Versuchsflächen sind in *Tabelle 1* dargestellt.

Das Pflanzgut der untersuchten Kulturflächen im Lehrwald der ETH stammt von der Herkunft «Randle» aus der Küstenregion der USA (Washington). Im Wald der Bürgergemeinde Bözingen gibt es zur Zeit mehrere reife Douglasienbestände, die zu Ende des 19. Jahrhunderts begründet worden sind. Die Herkunft dieser Mutterbestände wie auch der aus ihren Samen entstandenen Kulturen ist unbekannt.

Die Anzahl der gemessenen Pflanzen war auf jeder Versuchsfläche repräsentativ und hat die nötige Genauigkeit der Untersuchung (mindestens auf dem 0,95-Wahrscheinlichkeitsniveau) gewährleistet. Bei jeder Pflanze wurden folgende biometrische Kennwerte gemessen: Durchmesser beim Wurzelhals (bei den 5jährigen Kulturen zusätzlich Durchmesser auf 20 cm Höhe ab Boden). Höhe, jährlicher Höhenzuwachs für die letzten drei Jahre (1984 bis 1986), Kronenbreite in zwei aufeinander senkrechten Richtungen: einerseits entlang der Reihen (a), andererseits quer zur Reihe (b). Aufgrund beider Messungen der Kronenbreite wurde dann die Fläche der Kronenprojektion nach der Formel $P = 0{,}785\ a \times b$ berechnet.

Tabelle 1. Charakteristik der Standortsverhältnisse auf den Versuchsflächen.

Nr. Versuchs-fläche	Baumart (Kultur-alter)	Ort, Abteilung	Standortsverhältnisse: Bodenform	Feuchtigkeit des Bodens	pH-Wert	Geländetyp und -neigung (%)	Höhe ü.M. (m)
1	Dou (2 J.)	Lehrwald ETH, Abt. 8.1	Schwach saurer bunter Gley, skelettfrei, toniger Lehm und lehmiger Ton, mässig tiefgründig	mittel	5,5	0 %-Ebene	600
2	Dou (2 J.)	Lehrwald ETH, Abt. 42	Mullreiche kalktuffige Kalkbraunerde, kieshaltig, toniger Lehm und Schlufflehm, mässig tiefgründig	mittel	7,0	40 %-Starkhang	590
3	Dou (2 J.)	Lehrwald ETH, Abt. 43	Karbonatreicher fahler Gley, skelettarm, Schlufflehm, flachgründig	mittel	7,0	20 %-Hangmulde	600
4	Dou (2 J.)	Bözingerberg, Abt. 3	Rendzina am Hang auf der Malmkalkunterlage, karbonatreich, mittel- bis grobkiesig, flach- bis mittelgründig	mittel, zur Austrocknung neigend	8,0	40 %-Starkhang	850
5	Dou (5 J.)	Lehrwald ETH, Abt. 9	Mullreiche ausgeprägte Kalkbraunerde, skelettarm, Lehm und sandiger Lehm, tiefgründig	mittel	7,0	5 %-Plateau	600
6	Fi (5 J.)	Lehrwald ETH, Abt. 9	Mullreiche ausgeprägte Kalkbraunerde, skelettarm, Lehm und sandiger Lehm, tiefgründig	mittel	5,0	5 %-Plateau	600
7	Dou (5 J.)	Bözingerberg, Abt. 3	Mull-Rendzina auf der Malmkalkunterlage, kieshaltig, tiefgründig	mittel	8,0	20 %-Flachhang	830
8	Fi (5 J.)	Bözingerberg, Abt. 3	Mull-Rendzina auf der Malmkalkunterlage, kieshaltig, tiefgründig	mittel	8,0	20 %-Flachhang	830

In den 2jährigen Kulturen wurde zudem das Anwuchsprozent (Verhältnis zwischen der Anzahl lebender Pflanzen und der Gesamtzahl aller gesetzten Pflanzen), die Nadelfarbe jeder Pflanze sowie die Anzahl der Pflanzen mit Johannistrieben ermittelt. Für die Beurteilung des Stabilitätszustandes der Kulturen wurden mögliche Schäden (Frostschäden, Douglasienschütte, Phomopsis-Krankheit, Wildverbiss) berücksichtigt.

Auf jeder Versuchsfläche wurden ausserdem die Gesamtzahl der Pflanzen, die Flächengrösse, der Pflanzverband und der pH-Wert des Oberbodens in einer Tiefe von 30 cm an fünf Punkten auf zwei Diagonalen über die Kulturfläche mit Hilfe des «Hellige»-pH-Meters bestimmt. Die Charakterisierung der Bodentypen basiert auf der Bodenkartierung des Lehrwaldes der ETH (*Wüest,* 1981) bzw. auf Angaben in der Bodenkundeliteratur für den Schweizer Jura (*Bach,* 1950; *Richard, Lüscher,* 1983).

In einem älteren Mischbestand (Ta-Bu-Dougl) in der Abteilung Nr. 4 des Gemeindewaldes Bözingen wurde schliesslich eine Untersuchung über die Douglasien-Naturverjüngung durchgeführt.

2. Ergebnisse und Diskussion

2.1 2jährige Kulturen

Bereits früher hat *Leibundgut* (1975) betont: «Im Lehrwald Albisriederberg der ETH Zürich und in unseren Forstgärten mit sehr kalkreichen, schweren Böden entwickeln sich Douglasien erfahrungsgemäss schlecht. Die jungen Pflanzen sind oft chlorotisch und zeigen schlecht ausgebildete Wurzeln und geringes Wachstum.» Bei der Anlage der Kulturen im Lehrwald der ETH wurde daher in letzter Zeit (insbesondere im Frühjahr 1982 und 1985) Pflanzgut aus fremden Baumschulen mit besseren Anzuchtbedingungen verwendet. In Bözingen hingegen wurden junge Douglasien gepflanzt, die im eigenen Forstgarten auf kalkreichem Boden nachgezogen worden sind. Die Feststellung von Leibundgut dürfte folglich auf die jungen Douglasienpflanzen am Bözingerberg mindestens in gleichem Masse zutreffen. Dadurch liesse sich der grosse Unterschied in der Ausgangshöhe des Pflanzgutes zwischen beiden Anbauorten teilweise erklären (vgl. *Tabelle 2*). Es ist allerdings zu berücksichtigen, dass das Pflanzgut am Bözingerberg jünger (1/2) war als jenes im Lehrwald der ETH (2/2).

Die Unterschiede in den Pflanzverbänden auf den verschiedenen Kulturflächen dürften die Ergebnisse nicht wesentlich beeinflussen, da alle diese Pflanzverbände für die Bestandesbegründung der Douglasie sowohl im überwiegenden Teil der Bundesrepublik Deutschland (*Hapla,* 1980) als auch im pazifischen Nordwesten der USA und in Britisch-Kolumbien, Kanada (*Kramer,* 1983; Kramer, *Smith,* 1985) als optimal gelten.

Tabelle 2. Charakteristik des Pflanzgutes und Anwuchsergebnisse bei den 2jährigen Douglasienkulturen.

Nr. Versuchsfläche	*Alter des Pflanzgutes (J.)*	*Pflanzverband (m x m)*	*Ausgangshöhe des Pflanzgutes (cm)*	*Höhenzuwachs* *Zuwachs 85 / Zuwachs 84* %	*Reduktion* %	*Anwuchsprozent* %
1	2/2	1,7 x 1,7	70,2	47,9	52,1	99,5
2	2/2	2,0 x 2,0	78,9	30,4	69,6	84,3
3	2/2	1,5 x 1,8	74,4	27,7	72,3	64,0
4	1/2	2,0 x 2,0	39,1	57,6	42,4	74,8

Die Reduktion des Höhenzuwachses ist bei der Douglasie im Jahr der Pflanzung (1985) gegenüber 1984 (letztes Jahr im Pflanzgarten) stark ausgeprägt *(Tabelle 2)*. Diese Wachstumsdepression, die als Pflanzschock bekannt ist, hat jedoch je nach Bodenverhältnissen unterschiedliche Ausmasse. Allgemein nimmt die Zuwachsdepression mit steigendem Kalkgehalt des Bodens zu. Mit zunehmendem Pflanzschock nimmt gleichzeitig auch das Anwuchsprozent ab.

Es ist bemerkenswert, dass auf der karbonatreichen Rendzina des Bözingerberges mit einem pH-Wert von 8,0 im Oberboden dieser Pflanzschock am wenigsten stark auftrat. Um dies zu erklären, muss man sich daran erinnern, dass die weitgehende Übereinstimmung der Standortsverhältnisse (insbesondere die Bodenverhältnisse) zwischen dem Nachzuchtort und dem Anbauort für die Jugendentwicklung der Kulturen sehr wichtig ist (Leibundgut, 1954). Diese Forderung hat auch *Bosshard* (1964) in seiner Forschungsarbeit über die Anpassung junger Forstpflanzen an veränderte Bodenverhältnisse bestätigt. Diese Übereinstimmung ist für die Douglasienkulturen auf dem Bözingerberg im Gegensatz zu den Kulturen im Lehrwald der ETH erfüllt. Neben den Anzuchtbedingungen ist in Bözingen ausserdem ein positiver Einfluss der kleineren Pflanzengrösse (günstigeres Spross-/Wurzelverhältnis) auf den verminderten Pflanzschock denkbar. Die gleichzeitig hohen Ausfälle in dieser Kulturfläche sprechen jedoch gegen diese Annahme.

Im Grunde genommen ist der Pflanzschock eine normale Erscheinung. Für die Douglasienpflanzen auf den Versuchsflächen Nr. 1 bis 3 entstanden aber offensichtlich nach der Pflanzung Probleme mit der Anpassung an die im Vergleich zur Baumschule stark veränderten Bodenverhältnisse. Wie die Angaben in *Tabelle 3* zeigen, überwanden die Pflanzen diese Schwierigkeit jedoch ziemlich schnell. Bei günstigen Bodenverhältnissen übertraf der Höhenzuwachs den Wert von 1984 bereits im zweiten Jahr nach der Pflanzung (Fläche Nr. 1).

Auf den verschiedenen Typen von Kalkböden war im Jahre 1986 zwar ebenfalls eine Zunahme des jährlichen Höhenzuwachses gegenüber 1985 festzustellen, die Werte von 1984 wurden jedoch noch nicht erreicht. Die absoluten

Tabelle 3. Biometrische Angaben der 2jährigen Douglasien-Kulturen.

Biometrische Merkmale	Versuchsfläche Nr. 1		Versuchsfläche Nr. 2		Versuchsfläche Nr. 3		Versuchsfäche Nr. 4	
	$X \pm m_x$	V, %	$X \pm m_x$	V, %	$X \pm m_x$	V, %	$X \pm m_x$	V, %
Durchmesser beim Wurzelhals, cm	3,1 ± 0,04	16,1	2,7 ± 0,05	19,6	2,4 ± 0,07	20,8	1,1 ± 0,02	20,9
Höhe, cm	144,1 ± 2,46	18,8	111,2 ± 1,83	16,5	100,4 ± 2,56	19,2	55,3 ± 0,94	17,5
Höhenjahreszuwachs, cm: -1986	58,0 ± 1,83	34,6	21,7 ± 1,05	48,4	17,4 ± 1,48	64,4	9,0 ± 0,50	57,8
-1985	15,9 ± 0,41	28,3	10,6 ± 0,32	30,2	8,6 ± 0,48	41,9	7,2 ± 0,22	31,9
-1984	33,2 ± 0,88	29,5	34,9 ± 0,91	26,1	31,0 ± 1,36	33,2	12,5 ± 0,42	35,2
Kronenprojektion, m^2	0,76± 0,027	36,8	0,45± 0,017	37,8	0,32± 0,018	43,7	0,12± 0,004	33,3

Legende: X = Mittelwert
m_X = Standardfehler des Mittelwertes
V = Variationskoeffizient

Werte des Höhenzuwachses sind sehr stark vom Bodentyp abhängig. Die Variabilität des jährlichen Höhenzuwachses ist auf den besonders kalkreichen Böden (Flächen Nr. 3, 4) beträchtlich grösser als auf den anderen Kulturflächen. Es fällt auf, dass die Variabilität des Höhenzuwachses, sowohl bei den Terminal- als auch bei den Seitentrieben (Kronenprojektion), stets höher ist als diejenige beim Durchmesser und bei der Höhe.

Die biometrischen Angaben zeigen, dass der konkrete Bodentyp im Bereich der Kalkböden während der Anwuchsphase einen starken Einfluss auf die Kulturen ausübt. Tendenziell gilt, dass das Wachstum der Douglasie um so langsamer erfolgt, je höher der Kalkgehalt und der pH-Wert im Boden des Anbauortes sind. Diese Feststellung wird mit Hilfe der Varianzanalyse und anderer statistischer Tests (T- und Wilcoxon-Test) bestätigt. Die quantitativen Unterschiede aller biometrischen Merkmale zwischen den verschiedenen Versuchsflächen sind bei den 2jährigen Douglasienkulturen statistisch signifikant.

Auffällig ist die vergleichsweise hohe Wuchsleistung der Douglasie auf der Versuchsfläche Nr. 1 im Lehrwald der ETH, wo der pH-Wert im Oberboden 5,5 beträgt. Diese Feststellung stimmt einerseits mit der Beobachtung von *Schairer* (1955) überein, wonach Douglasien im Pflanzgarten bei pH-Werten von 5 bis 6 am besten gedeihen und sich in diesem mässig sauren Bereich wohler fühlen als bei überschüssigem Kalk. Andererseits wird auch die Meinung vertreten, dass die physikalischen Bodeneigenschaften für das Wachstum der Douglasie viel wichtiger seien als die chemischen (*Harrer,* 1925; *Hill, Arnst, Bond,* 1948; *Gessel, Lloyd,* 1950). In den 2jährigen Kulturen unserer Untersuchung sind die Pflanzen mit dem noch wenig entwickelten Wurzelsystem vor allem von den Bedingungen im Oberboden (bis etwa 50 cm tief) abhängig. Die physikalischen Eigenschaften des Oberbodens in den Versuchsflächen (ausser Nr. 4) scheinen hingegen kein begrenzender Faktor für das Wachstum der jungen Pflanzen zu sein, obwohl anzunehmen ist, dass beispielsweise auf der Versuchsfläche Nr. 1 mit der Zeit gewisse Schwierigkeiten infolge abnehmender Durchlüftung, Durchlässigkeit und Durchwurzelung auftreten werden.

Unsere Ergebnisse zeigen vielmehr, dass die chemischen Eigenschaften und insbesondere die Bodenreaktion (pH) in der Anwuchsphase für Douglasienkulturen von entscheidender Bedeutung sind. Diese Feststellung wird bestätigt durch die Resultate in *Tabelle 4.*

Es ist bekannt, dass die Nadelfarbe junger Douglasien stark durch die Bodeneigenschaften beeinflusst wird (Bosshard, 1964) und ausserdem, dass auf Standorten mit hohem Karbonatgehalt die «Kalkchlorose» auftritt (*Dertinger,* 1964; *Oeschger,* 1978; *Jestaedt,* 1979). Auch unsere Ergebnisse zeigen einen klaren Zusammenhang zwischen Nadelfarbe und Bodenreaktion.

Nadelverfärbungen treten bei den 2jährigen Douglasienkulturen auf allen Versuchsflächen auf. Ausmass und Stärke der Verfärbung sind jedoch auf den verschiedenen Bodentypen unterschiedlich. Bei den günstigsten Bodenverhältnissen (Fläche Nr. 1) überwiegen die Pflanzen mit grüner und dunkelgrüner

Tabelle 4. Nadelfarbe, Johannistriebbildung und Frostschäden bei den 2jährigen Douglasienkulturen.

Nr. Versuchsfläche	*Anteil der Bäume mit Nadelfarbe (%)*						*Anteil der Bäume mit Johannistrieben (%)*	*Anteil der Bäume mit Nadelfrostschäden (%)*
	dunkelgrün	*grün*	*hellgrün*	*gelbgrün*	*gelb*	*braun (rot)*		
1	22,3	60,3	14,1	3,3	–	–	61,2	41,3
2	6,0	41,0	42,0	8,0	3,0	–	29,0	9,0
3	26,3	35,0	28,2	8,8	1,7	–	21,0	17,5
4	3,7	41,0	33,8	19,6	–	1,9	5,6	2,8

Nadelfarbe (82,6%), obwohl auch hier Pflanzen mit gelb-grünen Nadeln (3,3%) vorkommen. Mit zunehmendem Kalkgehalt nimmt die Anzahl der Pflanzen mit chlorotischen Nadelverfärbungen deutlich zu. Es ist jedoch bemerkenswert, dass sogar auf der Fläche Nr. 4 mit ihrem extrem hohen Karbonatgehalt der Anteil der chlorotischen Douglasien viel geringer ist, als dies Jestaedt (1979) in seinem Douglasienprovenienzversuch im Forstamt Wanfried (BRD) festgestellt hatte (mindestens 50%).

Bekannt bei der Douglasie ist die Fähigkeit zur Bildung von Sekundär- oder Johannistrieben im Jugendstadium. Mehrere Autoren (zum Beispiel Göhre, 1958; *Larsen,* 1976; Jestaedt, 1979) haben über einen deutlichen Einfluss der Herkunft auf die Stärke und Häufigkeit dieser Erscheinung berichtet: Die Provenienzen aus dem Küstenbereich neigen häufiger und stärker zur Prolepsis als solche aus dem höher gelegenen Inland.

Auf den untersuchten Versuchsflächen tritt die Prolepsis in unterschiedlichem Ausmass auf. Interessant ist dabei die Feststellung, dass die Häufigkeit dieser Erscheinung bei gleicher Herkunft je nach Bodentyp verschieden ist. Je höher der Kalkgehalt im Boden, desto geringer wird die Anzahl Pflanzen mit Johannistrieben. Diese Beobachtung stimmt mit der Aussage von *Marcet* (1975) überein, wonach das Wachstum der Douglasie zwar genetisch fixiert ist, sein Ausmass und sein zeitlicher Ablauf hingegen sehr stark von Umweltfaktoren modifiziert werden können. Interessanterweise hat Marcet (1975) in einer vier- bis zehnjährigen Douglasien-Naturverjüngung auf Kalkböden am Bözingerberg einen bedeutend grösseren Anteil proleptisch ausgetriebener Pflanzen (45%) beobachtet, als dies bei unserer Untersuchung der Fall gewesen ist (5,6%).

Aus forstlicher Sicht wird die Sekundärtriebbildung bei der Douglasie aufgrund der potentiellen Gefährdung der nicht völlig ausgereiften Johannistriebe durch Frühfröste sowie wegen der Verminderung der Sprossqualität (des architektonischen Aufbaus) der jungen Bäume vorwiegend negativ beurteilt (Marcet, 1975; Larsen, 1976).

Unsere Aufnahmen bestätigen, dass Johannistriebbildung und Frostschadenhäufigkeit in jungen Douglasienkulturen recht eng korreliert sind. Die günstigen Bodenverhältnisse in Kulturfläche Nr. 1 führten zu einer vermehrten Johannistriebbildung und in der Folge zur Verminderung der Frostresistenz. Auf Kalkböden nimmt die Frequenz der Sekundärtriebbildung und dementsprechend auch die Frostschadengefahr ab.

Auf keiner der Versuchsflächen traten Schäden durch die Douglasienschütte-Krankheiten oder die Phomopsis-Krankheit auf. Dies lässt den Schluss zu, dass sich sämtliche Kulturen auf allen Typen der Kalkböden normal entwickelten und für die Anwuchsphase als stabil beurteilt werden können.

2.2 5jährige Kulturen

Für die zweite Entwicklungsphase wurden 5jährige Douglasien- und Fichtenkulturen auf den gleichen Standorten und bei gleichen Bodenverhältnissen im Rahmen beider Anbauorte untersucht. Die Fichte, die hier als Vergleichsbaumart zur Douglasie dient, gilt bekanntlich auch als bodenvag. Sie benötigt allerdings eine saure Bodenreaktion. pH-Werte im Hauptwurzelbereich zwischen 4 und 5 sind als optimal anzusehen (*Kreutzer,* 1970; *Schmidt-Vogt,* 1977).

Die Pflanzung der Douglasien (1/2) und der Fichten (2/2) erfolgte im Frühjahr 1982. Der Pflanzverband betrug auf allen Versuchsflächen 2,0 m x 2,0 m.

Die biometrischen Angaben zeigen, dass beide Baumarten auch auf Kalkböden eine recht hohe Wuchsleistung erreichen können *(Tabelle 5).* Sie ist bei der Douglasie etwa gleich gross wie diejenige im pazifischen Nord-Westen der USA bei günstigeren Bodenverhältnissen (Kramer, 1983) und wesentlich höher als im Versuch von Jestaedt (1979) auf karbonatreichem Boden. Es ist bemerkenswert, dass die Wuchsleistung (Gesamthöhe, Durchmesser- und Kronenprojektionswerte) beider Baumarten am Bözingerberg bei höherem Kalkgehalt und einem pH-Wert von 8,0 gleich gut oder gar besser ist als im Lehrwald der ETH. Dies zeigt, wie wichtig die Bedeutung der günstigen physikalischen Bodeneigenschaften während dieser Entwicklungsphase ist. In den nächsten Jahren ist allerdings eine Veränderung dieses Verhältnisses zugunsten des Lehrwaldes zu erwarten, weist doch die Tendenz im jährlichen Höhenzuwachs der Jahre 1984 bis 1986, der im Lehrwald signifikant höher ist, auf eine künftige Wuchsüberlegenheit dieser Standorte hin. Diese Veränderung kann vermutlich auf zwei Ursachen zurückgeführt werden:

- In den ersten zwei bis drei Jahren nach der Pflanzung vermochten die Douglasien am Bözingerberg möglicherweise den Vorteil der besseren Übereinstimmung in den Standortsverhältnissen zwischen Nachzucht- und Anbauort auszunützen. Sie erreichten dadurch eine vorübergehende Wachstumsüberlegenheit, während die Pflanzen im Lehrwald der ETH in der gleichen Zeit noch die Schwierigkeiten der Bodenadaption am Kulturort zu überwinden hatten.

Tabelle 5. Biometrische Angaben der 5jährigen Kulturen (Pflanzung 1982).

Biometrische Merkmale	Versuchsfläche Nr. 5 (Dou)		Versuchsfläche Nr. 6 (Fi)		Versuchsfläche Nr. 7 (Dou)		Versuchsfäche Nr. 8 (Fi)	
	$X \pm m_x$	V, %	$X \pm m_x$	V, %	$X \pm m_x$	V, %	$X \pm m_x$	V, %
Durchmesser beim Wurzelhals, cm	4,7 ± 0,13	25,5	4,6 ± 0,11	21,7	4,9 ± 0,14	28,6	5,0 ± 0,16	20,0
Durchmesser auf 20 cm Höhe ab Boden, cm	4,0 ± 0,12	27,5	4,0 ± 0,10	22,5	4,1 ± 0,11	26,8	4,1 ± 0,13	19,5
Höhe, cm	224,3 ± 6,74	27,1	193,5 ± 4,69	22,6	226,6 ± 7,00	30,9	215,6 ± 9,12	26,1
Jährlicher Höhenzuwachs, cm: -1986	67,0 ± 1,90	25,5	54,4 ± 1,94	33,3	39,9 ± 1,36	34,1	44,2 ± 1,92	26,7
-1985	51,1 ± 1,83	32,3	46,6 ± 1,26	25,3	44,3 ± 1,49	33,6	30,5 ± 1,79	37,4
-1984	42,0 ± 1,58	35,2	34,8 ± 1,27	34,2	28,3 ± 1,04	36,7	23,2 ± 1,40	40,9
Kronenprojektion, m^2	1,48± 0,111	68,9	1,49± 0,051	32,2	2,16± 0,090	41,7	1,58± 0,078	30,4

– Die Grösse des Höhenzuwachses wird möglicherweise direkt von der Niederschlagsmenge während der Vegetationsperiode des betreffenden Jahres bestimmt (*Zimmerle,* 1930). Dieser Zusammenhang dürfte in Bözingen auf den skelettreichen Böden mit ihrer geringeren Speicherkapazität deutlich straffer sein als bei den Böden im Lehrwald der ETH. Die Angaben der entsprechenden meteorologischen Stationen bestätigen diesen Zusammenhang, indem in den Jahren 1984 bis 1986 die Niederschlagsmenge am Bözingerberg tatsächlich kleiner und in den Jahren 1982 und 1983 grösser war als im Lehrwald der ETH.

Von überdurchschnittlichen Ertragsleistungen der Douglasien bei einer reichlichen Kalkversorgung hat bereits Göhre (1958) in seiner Monographie berichtet. Es gibt auch Beobachtungen, dass die Douglasienkrankheit, die in Südwestdeutschland vorkommt, auf Kalkverwitterungsböden nur selten oder in geringerem Ausmass in Erscheinung tritt. Weder auf Muschelkalk im unteren Neckarland noch auf Jurakalken der Schwäbischen Alb konnten ihre Schäden (Nadelvergilbung, Verkürzung der Triebe, fortschreitende Verlichtung der Krone, Rindennekrosen usw.) registriert werden (*Schönbar,* 1981).

Während der Untersuchung haben wir bei den 5jährigen Douglasienkulturen auf beiden Kalkstandorten keine chlorotischen Pflanzen beobachtet. Diese Tatsache spricht für eine hohe Resistenz der Douglasie gegen Kalkchlorose in den späteren Entwicklungsphasen. Sie bedeutet auch, dass anfänglich chlorotische Pflanzen (siehe Ergebnisse bei den 2jährigen Kulturen) sogar auf Standorten mit hohem Karbonatgehalt imstande sind, diese Schwierigkeit in der ersten Entwicklungsphase ziemlich schnell und restlos zu überwinden. Ähnliches hat Oeschger (1978) in mehreren Forstbezirken der Bundesrepublik Deutschland festgestellt.

Bemerkenswert ist die hohe Wuchsleistung der Fichte auf dem Kalkstandort der Versuchsfläche Nr. 8 in Bözingen. In der Gesamthöhe übertrifft sie die Leistung der gleichaltrigen Fichtenkultur im Lehrwald der ETH. Auch bei der Fichte zeichnet sich allerdings für die kommenden Jahre eine Änderung dieser Wuchsrelationen ab. Nach Schmidt-Vogt (1986) gelten Böden mit guter Struktur und hohem Basengehalt (hierzu gehören zum Beispiel Rendzinen, Pararendzinen, basenreiche Parabraunerden aus Geschiebemergel und Löss, eutrophe Braunerden sowie kolluviale Hangfuss-, Senken- und Auenböden mit hoher biologischer Aktivität) als wuchsstarke, stabile Standorte für den Anbau der Fichte.

Interessant ist in diesem Zusammenhang der Vergleich der Wuchsleistung beider Baumarten auf den Kalkböden. An beiden Anbauorten übertrifft die Douglasie die Leistungen der Fichte. Die Unterschiede in der Gesamthöhe sind statistisch gesichert. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Douglasie ein Jahr jünger ist als die Fichte.

Die Ergebnisse unserer Untersuchung zeigen also eine recht hohe Wuchsleistung und Stabilität der Douglasienkulturen auf Kalkstandorten. Sie zeugen davon, dass der Anbau dieser Baumart sogar auf kalkreichen Böden nicht nur grundsätzlich möglich, sondern auch relativ erfolgreich sein kann.

2.3 Naturverjüngung der Douglasie

Erfolgreiche Naturverjüngung der Douglasie ist sowohl in ihrer Heimat wie auch in Europa aus verschiedenen Gründen eine nicht sehr häufige Erscheinung, obwohl *Gürth* (1987) beispielsweise über eine erfreuliche und zunehmende Naturverjüngung der älteren Douglasienbestände im Südwest-Schwarzwald berichtet. Um so wichtiger ist es einerseits, die Naturverjüngung der Douglasie zu nutzen und andererseits unsere Kenntnisse über die Abhängigkeit des Verjüngungsvorgangs von den waldbaulichen und ökologischen Faktoren zu erweitern. In diesem Zusammenhang ist die Tatsache, dass die Douglasie sich auf den kalkreichen Böden im Schweizer Jura natürlich verjüngt, bemerkenswert und wichtig.

Eine Untersuchung in einer Douglasiennaturverjüngung brachte folgende Ergebnisse: Die Anzahl naturverjüngter Douglasien im Alter von 2 bis 10 Jahren betrug 273 Stück auf einer Probefläche von 7,5 a (750 m²), was einer Menge von 3640 Stück pro Hektare entspricht. Die Pflanzen verteilten sich folgendermassen auf die verschiedenen Höhengruppen: $\leqslant$ 0,5 m = 190 Stück (69,6%); 0,5–1,5 m = 81 Stück (29,7%); > 1,5 m = 2 Stück (0,7%). Die biometrischen Angaben zu den einzelnen Altersklassen sind in *Tabelle 6* dargestellt.

Die Entwicklung der Douglasie verläuft in der Naturverjüngung deutlich langsamer als in vergleichbaren, gleichaltrigen Kulturen. Die Gesamthöhe der 5jährigen Pflanzen (44,2 cm) beträgt lediglich 79,9% der 2jährigen Kultur (Ge-

Tabelle 6. Biometrische Angaben der Douglasien-Naturverjüngung (Mittelwerte).

Alter (J.)	*Durchmesser beim Wurzelhals*	*Höhe*	*Jährlicher Höhenzuwachs*			*Kronenprojektion*
	cm	*cm*	*cm 1984*	*cm 1985*	*cm 1986*	*m²*
2	0,20	11,0	–	6,5	4,5	–
3	0,36	22,0	10,0	7,2	4,8	0,02
4	0,43	29,0	5,6	6,2	6,9	0,03
5	0,66	44,2	5,7	9,2	9,6	0,07
6	0,82	54,1	6,5	9,8	10,8	0,13
7	1,08	73,5	7,6	13,2	12,9	0,23
8	1,45	103,7	11,3	17,5	17,5	0,39
9	1,58	109,3	10,9	18,2	19,2	0,48
10	2,00	144,7	18,2	25,0	26,8	0,66

samtalter 5 Jahre), diejenige der 8jährigen Douglasien (102,7 cm) sogar nur 45,8% der 5jährigen Kultur. Die Durchmesser am Wurzelhals betragen lediglich 60,0% der 2jährigen bzw. 29,6% der 5jährigen Kultur.

Diese Unterlegenheit in der Wuchsleistung von Douglasien aus Naturverjüngung ist in erster Linie auf die Überschirmung durch den Altbestand, das heisst auf den Einfluss des Lichtes zurückzuführen (Göhre, 1958; Gürth, 1987). Bestätigt wird diese Annahme durch die Feststellung, dass die naturverjüngten Douglasien im Alter zwischen 6 und 9 Jahren, in dem sie normalerweise stark zu «ziehen» beginnen (*Kanzow,* 1937), im Höhenzuwachs sehr stark hinter den Kulturen zurückbleiben. Falls die Douglasien-Naturverjüngung als Ziel angestrebt werden soll, braucht sie auf diesem Standort eine frühzeitige und stärkere Lichtung bzw. kürzere Verjüngungszeiträume als unter günstigeren Standortsbedingungen.

Interessant ist die Beobachtung, dass die naturverjüngten Douglasien selbst auf Kalkstandorten mit pH-Wert 8 ausnahmslos und in allen Altersstufen eine gesunde, kräftige dunkelgrüne Farbe aufweisen. Sie unterscheiden sich damit deutlich von Kulturen in der ersten Entwicklungsphase auf vergleichbaren Standorten. Daraus liesse sich der Schluss ziehen, dass die chlorotische Verfärbung weniger durch den Kalk bedingt ist als vielmehr durch die notwendige Anpassung der Pflanzen an die veränderten Bodenverhältnisse des Kulturortes in den Folgejahren nach der Pflanzung.

Es ist anzunehmen, dass der Naturverjüngungsvorgang und sein Ergebnis durch die Bodenverhältnisse beeinflusst werden. Ein Vergleich unserer Ergebnisse mit den Resultaten von Gürth (1987) aus dem Südwest-Schwarzwald ergibt, dass sowohl die Anzahl Pflanzen pro m^2 als auch alle biometrischen Werte der naturverjüngten Pflanzen in unserer Versuchsfläche des Schweizer Jura deutlich kleiner sind. Dies muss auf die verschiedenen Bodenverhältnisse zurückgeführt werden.

Résumé

A propos du développement juvenile du Douglas sur des sols calcaires

La recherche sur le développement en jeunesse du douglas sur des sols calcaires de la forêt d'enseignement de l'EPFZ et du Jura suisse a donné les résultats suivants:

- Pendant la phase d'installation (les deux premières années après la plantation), les jeunes plantations de douglas sont sensibles aux qualités du sol. Leur croissance et leur développement dépendent fortement des conditions édaphiques concrètes du lieu de plantation. Avec l'augmentation de la teneur en calcaire et du pH du sol, le pourcentage de reprise, ainsi que toutes les valeurs biométriques (hauteur, diamètre, accroissement annuel en hauteur, surface de la projection du houppier sur le sol) diminuent nettement. Il en est de même pour la fréquence de formation d'une pousse proleptique. En revanche, la proportion des plantes chlorotiques et la résistance au gel des jeunes douglas augmentent.
- Les plantations de douglas âgées de cinq ans ont une production très élevée qui est supérieure à celle des plantations d'épicéas sur des stations comparables. Les colorations chlorotiques sont surmontées sans problème, même sur les sols extrêmement calcaires.
- L'état général des plantations de douglas pendant leur jeunesse est stable sur tous les types de sols calcaires.
- Le douglas se rajeunit naturellement sur les sols calcaires. Il a besoin, pour être favorisé, d'éclaircies de mise en lumière plus précoces et plus fortes que sur d'autres types de sol ou bien réclame une durée de rajeunissement plus courte. Les douglas rajeunis naturellement ne présentent aucune chlorose.

Les résultats de ce travail ont montré que la plantation de douglas peut être possible et relativement fructueuse même sur des sols avec des excédents de calcaire. A notre avis, il faut considérer l'influence du sol calcaire sur le développement en jeunesse du douglas sous plusieurs aspects. Pendant la phase d'installation, le développement des jeunes douglas semble être influencé par les qualités chimiques de la couche supérieure du sol et en particulier par son pH, alors que, durant les phases de développement suivantes, les qualités physiques du sol revêtent une plus grande importance.

Traduction: *L. Portier*

Bach, R., 1950: Die Standorte jurassischer Buchenwaldgesellschaften mit besonderer Berücksichtigung der Böden (Humuskarbonatböden und Rendzinen). Ber. d. Schweiz. Bot. Ges., H. *60:* 51–152.

Bosshard, W., 1964: Anpassung junger Forstpflanzen an veränderte Bodenverhältnisse unter Versuchsbedingungen. Beiheft Nr. 34 zu den Zeitschr. des Schweiz. Forstvereins. 88 S.

Bürgi, A., Diez, Ch., 1986: Übersicht über den Exotenanbau in der Schweiz aufgrund einer Umfrage vom Herbst/Winter 1984/85. Schweiz. Z. Forstwes. *137,* 10: 833–851.

Dertinger, H., 1964: Über das Wachstum der grünen Douglasie im Muschelkalkgebiet des Reg.-Bezirks Nordbaden. Mittlg. des Vereins für forstl. Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung. S. 3–18.

Gessel, S.P., Lloyd, W.J., 1950: Effect of some physical soil properties on Douglas-fir-site quality. Journal of Forestry, S. 405.

Göhre, K., 1958: Die Douglasie und ihr Holz. Akademie Verlag, Berlin. 595 S.

Gürth, P., 1987: Zur Naturverjüngung der Douglasie im Südwest-Schwarzwald. Der Forst- und Holzwirt, *42,* 3: 59–63.

Hapla, F., 1980: Untersuchung der Auswirkung verschiedener Pflanzverbandsweiten auf die Holzeigenschaften der Douglasie. Diss. Forstl. Fak. Univ. Göttingen. 182 S.

Harrer, F., 1925: Die Douglasfichte in Bayern. Mitt. a. d. Staatsforstverw. Bayerns, München, Heft *16,* 132.

Hill, W.W., Arnst, A., Bond, R.M., 1948: Method of correlating soils with Douglas-fir site quality. Journal of Forestry *46,* 11: 835.

Jestaedt, M., 1979: Untersuchungen über die Jugendentwicklung von Douglasienprovenienzen in Hessen und mögliche züchterische Folgerungen. Diss. Univ. München. 142 S.

Kanzow, H., 1937: Die Douglasie. Aufstellung einer Ertragstafel auf Grund der Ergebnisse der Preussischen Probeflächen und Auswertung von Provenienzversuchen. Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen *69:* 213–241.

Kramer, H., 1983: Wachstum und Behandlung der Douglasie im pazifischen Nordwesten von Amerika. Schriften Forstl. Fak. Univ. Göttingen, *75.* 114 S.

Kramer, H., Smith, J.H., 1985: Bestandesbegründung der Douglasie in Britisch Kolumbien, Kanada. Forstarchiv *56:* 9–13.

Kreutzer, K., 1970: Möglichkeiten zur Verbesserung des Wachstums der Fichte auf geeigneten Waldstandorten. Allg. Forstz. *25:* 139–140.

Larsen, J.B., 1976: Frostresistenz der Douglasie. Diss. Univ. Göttingen. 148 S.

Leibundgut, H., 1954: Die pflanzensoziologischen Grundlagen der Aufforstung im Gebirge. Allg. Forstztg., Wien.

Leibundgut, H., 1975: Über den Einfluss des Kalkgehaltes auf die Phänologie, das Wachstum und den Nadelchemismus junger Douglasien. Schweiz. Z. Forstwes. *126,* 1: 70–72.

Marcet, E., 1975: Bemerkungen und Beobachtungen über den Augusttrieb (mit besonderer Berücksichtigung der Douglasie). Schweiz. Z. Forstwes. *126,* 3: 214–237.

Oeschger, H.J., 1978: Erweiterte Bilanz des Douglasienanbaus in Baden-Württemberg. Neue Erkenntnisse zu Standortswahl und Betriebszieltyp. Allg. Forstzeitschr. *33,* 37: 22–25.

Richard, F., Lüscher, P., 1983: Physikalische Eigenschaften von Böden der Schweiz. Eidg. Anst. forstl. Versuchswes., Birmensdorf. Band 3: 3–74.

Schairer, E., 1955: Erfahrungsberichte aus der Württ. Forstl. Versuchsanstalt. 2. Die Bodenreaktion in Nadelholzquartieren der Pflanzschule. Allg. Forstzeitschr. S. 166.

Schmidt-Vogt, H., 1977: Die Fichte. Band I. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin. S. 464.

Schmidt-Vogt, H., 1986: Die Fichte. Band II/1. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin. S. 275.

Schönbar, S., 1981: Douglasiensterben und Standort. Allg. Forstzeitschr. *36,* 46: 1224.

Wüest, O., 1981: Bericht zur Bodenkartierung Albisriederberg, Reppischtal, Lehrwald ETH. FAP. Eidg. Forschungsanstalt für Land. Pflanzenbau. Zürich-Reckenholz. 28 S.

Zimmerle, H., 1930: Erfahrungen mit ausländischen Holzarten in den württembergischen Staatswaldungen unter besonderer Berücksichtigung der Aufnahmeergebnisse von Ertragsprobeflächen. Mitt. d. Württ. Forstl. Versuchsanstalt. S. 15.