

Lehrstuhl für Waldwachstumskunde der Ludwig-Maximilians-Universität München

Bestandesstruktur und Leistung der Douglasien-Düngungsversuche Amberg 257, Waldsassen 256 und Burglengenfeld 244 in der Oberpfalz

**Stand Structure and Growth on the Fertilization Experiments Amberg 257,
Waldsassen 256 and Burglengenfeld 244 in Douglas Fir plantations in Upper
Palatinate**

H. PRETZSCH und M. BACHMANN

Zusammenfassung

Zur Prüfung der Düngerwirkung auf Douglasienbestände legte der Lehrstuhl für Waldwachstumskunde der Universität München in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Bodenkunde und Standortlehre zu Beginn der 70er Jahre eine Serie von Düngungsversuchen auf degradierten Standorten in den Oberpfälzer Forstämtern Amberg, Waldsassen und Burglengenfeld an, über deren Struktur und Leistung nach mehr als 20jähriger Beobachtung berichtet wird. Auf den drei bis heute erhaltenen Düngungsversuchsflächen Amberg 257, Waldsassen 256 und Burglengenfeld 244 werden die Wachstumsreaktionen auf Düngungsmaßnahmen vor allem in der Jungwuchs- und Dickungsphase stark von Kalamitäten überprägt. Abgesehen von dieser ungünstigen Ausgangssituation erbringen insbesondere stickstoff- und magnesiumhaltige Dünger auf allen drei Versuchsflächen beträchtliche Wachstumsverbesserungen. Während die Nadelanalysen auf den meisten gedüngten Parzellen nur temporäre Verbesserungen der Nährstoffversorgung erkennen lassen, können Höhen-, Grundflächen- und Volumenzuwachseleistungen durch Düngung signifikant gesteigert werden. Oberhöhenbonität und Ertragsniveau werden in den ersten Jahren nach der Düngung gegenüber den Kontrollvarianten deutlich angehoben und verbleiben auch in den Folgejahren auf erhöhtem Niveau. Aus heutiger Sicht ist die Begründung von Douglasienreinbeständen auf den degradierten Kiefernstandorten im Kahlschlagverfahren abzulehnen. Vielmehr sollte die Nachfolgeneration aus standortgemäßen Mischwäldern bestehen, in welche die Douglasie in Einzel- oder Gruppenmischung zur wirtschaftlichen Aufwertung vertreten sein könnte. Auch bei einer solchen Einbringung der Douglasie wären Startdüngungen zur Behebung des Stickstoff- und Magnesiummangels unverzichtbar.

Summary

At the beginning of the 70th on sites degraded by former litter raking experiments for testing the effect of different fertilizers on the growth of Douglas fir were established by the chair of forest yield science in cooperation with the chair of soil science. The recording of the stand structure and growth on the experiments Amberg 257, Waldsassen 256 and Burglengenfeld 244 over more than 20 years elucidates that the effect of the fertilizers is superimposed by various calamities in the juvenile stage of the stand. Apart from these disturbances caused mainly by the previous clearcut especially in the initial phase N and Mg fertilizers have a positive effect on the stand growth. Growth of height, basal area and volume can be increased significantly by fertilizers, while needle analyses reflect an only temporarily improvement of the nutrient supply. Top height and yield level show a significant acceleration compared with the control plots in the first years and stay on a raised level also in the following period. From an ecological point of view the establishment of pure Douglas fir stands after clearcut of pine stands on degraded sites should be avoided. More suitable would be a transition to mixed stands suited to the site conditions. Aiming for an economical improvement Douglas fir could be added in such more stable stands in single tree or group mixture. Also in these types of stands a fertilization would be necessary at least to overcome the N and Mg deficiency in the initial phase.

1 Ziele des waldwachstumskundlichen Versuchsabschnittes

Bei der Konzeption der Versuche Amberg 257, Waldsassen 256 und Burglengenfeld 244 zu Beginn der 70er Jahre wurden Standorte, Versuchsdesign und Bepflanzungspläne so gewählt, daß sie eine fundierte Diagnose des Wuchsverhaltens der grünen Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) franco var. *menziesii*) bei verschiedenen Düngerapplikationen erlauben. Während der boden- und standortkundliche Versuchsabschnitt mit Sicherung der Verjüngung und Düngerapplikation beginnt und den Schwerpunkt auf Nadelanalysen und Protokollierung der Pflanzenvitalität im Jungwuchs- und Dickungsstadium legt (REHFUESS 1997), setzt das waldwachstumskundliche Meßprogramm erst im fortgeschrittenen Dickungsstadium ein und strebt eine Diagnose der langfristigen Düngerwirkung auf das Wachstum in der fortgeschrittenen Dickungs- und angehenden Stangenholzphase an. Gegenstand des waldwachstumskundlichen Versuchsabschnittes sind folgende Fragestellungen:

1. Welche Struktur und Leistung erbringen Douglasienbestände in der Jugendphase auf früher streugenutzten, stark versauerten und degradierten Kiefern-Standorten in der Oberpfalz?
2. Wie reagieren Douglasien auf diesen Standorten in der Jugendphase auf verschiedene Düngerapplikationen? Spiegeln sich verschiedene Düngerapplikationen im Zuwachstrend und Zuwachsniveau der Versuchspartzellen wider?
3. Welche Konsequenzen lassen sich aus der Struktur- und Leistungsdiagnose der drei Douglasienversuchsflächen für die Begründung und Pflege von Douglasienkulturen auf degradierten Standorten in der Oberpfalz ableiten?

2 Versuchsanlage und Meßprogramm

Die Tabellen 1 bis 3 geben eine Übersicht über die realisierten Behandlungsvarianten und lassen Art und Stichprobenumfang der ausgeführten Erhebungen erkennen. In den Forstämtern Amberg, Waldsassen und Burglengenfeld wurden 10, 21 bzw. 14 Parzellen angelegt, von denen jede eine Fläche von 0,06 ha (20 m * 30 m) hat. Alle Parzellen wurden gezäunt, ließen sich aus Flächenmangel aber leider nicht durch Umfassungstreifen voneinander abgrenzen. Standortbedingungen, Versuchsablauf im Jungwuchs- und Dickungsstadium sowie Düngungsprogramme sind eingehend von REHFUESS (1997) beschrieben worden. Die Bezeichnung der Düngungsvarianten im Text und auf den Abbildungen korrespondiert mit den Bezeichnungen in den Tabellen 4, 5 und 6 von REHFUESS (1997).

Seit der Kulturbegründung in den Jahren 1971 und 1972 erfolgten im Frühjahr 1981 die ertragskundliche Erstaufnahme der Versuchsflächen und in den Frühjahren 1986 und 1991 Wiederholungsaufnahmen. Von allen Douglasien wurde die Baumhöhe mit Hilfe einer Teleskophöhenmeßstange auf Dezimeter genau erfaßt, nach Überschreitung einer Baumhöhe von 1,30 m wurde der Durchmesser mit der Kluppe auf Millimeter genau registriert. Außerdem wurden im Rahmen jeder Aufnahme ausscheidende Bäume und die Ursache ihres Ausfalls dokumentiert. Aus den Tabellen 1–3 geht weiter hervor, wieviele der in den Jahren 1971 und 1972 im Verband 1,25 m × 2,0 m auf Freiflächen ausgebrachten Douglasien bis 1981, in den Perioden 1981–1986 und 1986–1991 ausgefallen sind. Pflanzenzahlen von 4000 Stück/ha sind auch für damalige Verhältnisse als relativ hoch einzuschätzen (HUSS u. SIEBERT 1975). Die zum Teil erheblichen Ausfälle wurden durch Nachpflanzungen kompensiert, die auf der Versuchsfläche Amberg 257 im Jahre 1974, auf der Versuchsfläche Waldsassen 256 in den Jahren 1973 und 1974 und in Burglengenfeld in den Jahren 1972, 1973 und 1975 ausgeführt wurden. Der über Klupplisten erfaßte Nebenbestand aus Fichte, Kiefer, Lärche, Eiche und verschiedenen Weichlaubholzarten bleibt bei der vorliegenden Auswertung unberücksichtigt. Für die waldbauliche Ausformung der Bestände sind diese Mischbaumarten sicher äußerst wertvoll, die folgenden Ergebnisse beschränken sich auf die düngungsbedingten Wachstumsreaktionen bei der Baumart Douglasie.

Tabelle 1. Ertragskundliches Meßprogramm auf den Parzellen 1 bis 10 der Versuchsfläche Amberg 257 im Distrikt „Grafenberg“. Die Düngungsvarianten sind von REHFUESS (1997) in Tabelle 4 detailliert beschrieben worden

Table 1. Measured variables on the plots 1 to 10 of the longterm experimental area Amberg 257 in the district "Grafenberg". The fertilization variants are introduced by REHFUESS (1997, table 4)

Versuchsvarianten (Parzellen)	Aufnahme- zeitpunkte	Stichprobenumfang		Ausfall [Stück*ha ⁻¹]
		d [Stück]	h [Stück]	
Kontrolle (2, 7)	1981	183	57	1217
	1986	298	76	133
	1991	314	69	75
N Mg (4, 6)	1981	263	58	767
	1986	377	73	42
	1991	379	68	133
N Mg ₂ (3, 8)	1981	251	63	883
	1986	361	68	42
	1991	368	66	100
N ₂ Mg (1, 10)	1981	285	63	792
	1986	373	63	92
	1991	372	56	233
N ₂ Mg ₂ (5, 9)	1981	267	48	650
	1986	394	73	42
	1991	395	72	158

Tabelle 2. Ertragskundliches Meßprogramm auf den 21 Parzellen der Versuchsfläche Waldsassen 256 im Distrikt „Streuberg“. Die Düngungsvarianten sind von REHFUESS (1996) in Tabelle 5 detailliert beschrieben worden

Table 2. Measured variables on the plots 1 to 21 of the longterm experimental area Waldsassen 256 in the district "Streuberg". The fertilization variants are introduced by REHFUESS (1997, table 5)

Versuchsvarianten (Parzellen)	Aufnahme- zeitpunkte	Stichprobenumfang		Ausfall [Stück*ha ⁻¹]
		d [Stück]	h [Stück]	
Kontrolle (2, 11, 17, 19)	1981	95	75	3042
	1986	113	75	167
	1991	147	105	38
N Mg (3, 13, 16)	1981	87	63	3094
	1986	120	76	133
	1991	136	85	33
P (5, 7, 15)	1981	95	76	2811
	1986	132	87	161
	1991	163	111	56
P Mg ₂ Erle (12, 21)	1981	71	42	2575
	1986	102	37	217
	1991	135	87	50
P N Mg (8, 10, 20)	1981	130	75	2856
	1986	187	92	33
	1991	194	86	17
P N Mg ₂ (1, 4, 14)	1981	149	72	2556
	1986	210	119	100
	1991	232	130	89
P N ₂ Mg ₂ (6, 9, 18)	1981	96	66	2978
	1986	147	103	67
	1991	166	101	39

Table 3. Ertragskundliches Meßprogramm auf den 14 Parzellen der Versuchsfläche Burglengenfeld 244 im Distrikt „Scheckenberg“. Die Düngungsvarianten sind von REHFUESS (1996) in Tabelle 6 detailliert beschrieben worden

Table 3. Measured variables on the plots 1 to 14 of the longterm experimental area Burglengenfeld 244 in the district "Scheckenberg". The fertilization variants are introduced by REHFUESS (1997, table 6)

Versuchsvarianten (Parzellen)	Aufnahme- zeitpunkte	Stichprobenumfang		Ausfall [Stück*ha ⁻¹]
		d [Stück]	h [Stück]	
Kontrolle (3, 10)	1981	48	48	2692
	1986	96	61	17
	1991	–	–	–
N (7, 9)	1981	92	42	2783
	1986	124	55	8
	1991	126	57	217
P (1, 8)	1981	59	55	2900
	1986	73	52	33
	1991	–	–	–
P Erle (13, 14)	1981	32	32	3100
	1986	–	–	–
	1991	–	–	–
P N (2, 4, 5, 6, 11, 12)	1981	376	202	2163
	1986	517	148	50
	1991	536	169	450

Die hohen Pflanzenausfälle gehen zu Beginn des betrachteten Wachstumszeitraumes vorwiegend auf Rüsselkäferbefall, Hagelschlag, Schütteerkrankung und Frostschäden zurück. In den Folgejahren 1981–1986 und 1986–1991 dominieren dann Ausfälle wegen Schneebruch, Wildeinfluß und natürlicher Konkurrenz. Diese hohen Ausfälle zeigen zum wiederholten Male die Risiken einer Begründung von Douglasienkulturen auf Freiflächen (DERTINGER 1972; HUSS u. SIEBERT 1976; WAGNER u. KOCH 1977; VON STRALENDORFF 1978; MUHLE, RÖHRIG, ROSSA, BLOCK u. GISSMANN 1979; FOERST 1981a,b; RUETZ 1981). Infolge dieser Ausfälle sind in Waldsassen und Burglengenfeld einzelne Parzellen nur mehr lückig bestockt oder ganz ausgefallen. In Waldsassen kommen vor allem auf der Kontrollvariante und den nur schwach gedüngten Parzellen vereinzelt bis zu 25 qm große Lücken in Douglasienbestand vor, auf denen sich Kiefer und Heide ausbreiten. In Burglengenfeld wurden im Jahre 1981 die Parzellen 1, 2, 6, 7, 8, 13 und 14 und im Jahre 1986 die Parzellen 3 und 10 aufgegeben, nachdem die Douglasie auf großen Teilen dieser Parzelle wiederholt ausgefallen war. Auf der Versuchsfläche Amberg 257 liegen die Ausfälle auf den Kontrollvarianten zu Versuchsbeginn bei 1217 Pflanzen und auf den gedüngten Parzellen deutlich niedriger. Eine solche Verbesserung der Anwuchserfolge auf den gedüngten Parzellen ist auf den Versuchsflächen Waldsassen 256 und Burglengenfeld 244 kaum festzustellen; bis zum Jahr 1981 fallen dort weitgehend unabhängig von der Behandlung zwischen 2163 und 3100 Pflanzen aus und ein deutlicher Rückgang der Ausfälle ist erst in den Folgejahren bis 1991 festzustellen.

Auf den Versuchsflächen Amberg 257 und Waldsassen 256 konnten Durchmesser und Höhe trotz zahlreicher Ausfälle für alle Behandlungsvarianten und Aufnahmezeitpunkte mit einem hinreichend großen Stichprobenumfang erhoben werden. Selbst unter ungünstigsten Anwuchsbedingungen konnten in Amberg noch 183 Bäume für die Durchmessererhebung und 48 Bäume für die Höhenmessung pro Behandlungsvariante erfaßt werden. Die entsprechenden minimalen Stichprobenumfänge in Waldsassen betragen 71 Pflanzen für die Durchmessererhebung und 37 Pflanzen für die Höhenmessung. Auf der Versuchsfläche Burglengenfeld 244 senken Stammausfälle die Stichprobenumfänge auf den Kontroll-, P- und P-Erlen-Varianten stark ab und schränken die Aussagekraft der Ergebnisse ein.

3 Waldbauliche Behandlung

Zu Beginn der 20jährigen ertragskundlichen Beobachtung zielten die waldbaulichen Eingriffe auf eine Nachbesserung des Douglasienbestandes und Mischungsregulierung. In den Jahren 1981 und 1986 wurde die Douglasie von konkurrierenden Kiefern und Weichlaubhölzern befreit, in Burglengenfeld die zu Versuchsbeginn eingebrachte Schwarzerle auf den Stock gesetzt. Bei der im Jahre 1991 einsetzenden Auslesedurchforstung wurden auf ausreichend differenzierten Parzellen Ausleseebäume ausgewählt und auf 2 m Höhe geastet, auf weniger weit entwickelten Parzellen erfolgte eine Negativauslese mit Entnahme schlecht veranlagter und geschälter Douglasien. Die vor allem in Waldsassen und Burglengenfeld vorkommenden Gruppen aus natürlich verjüngten Kiefern, Birken und Fichten wurden auf Übernahmefähigkeit qualitativ guter Individuen durchgemustert.

4 Ertragskundliche Basisdaten

Die ertragskundlichen Basisdaten in den Tabellen 4–6 weisen die Versuchsfläche Amberg 257 als noch komplett in den anfänglichen Behandlungsvarianten und als überlegen in der Wuchsleistung gegenüber den Versuchsflächen in Waldsassen und Burglengenfeld aus. Trotz der mäßigen Wüchsigkeit der Douglasie in Waldsassen konnten auch hier alle Behandlungsvarianten bis zum Jahre 1991 erhalten werden. Auf der Versuchsfläche Burglengenfeld 244 schlugen sich Anwuchsprobleme, Kalamitäten und standortbedingte Mattwüchsigkeit im Ausfall von 9 der insgesamt 14 Parzellen und lückigen Bestandesstrukturen der verbliebenen Versuchsglieder nieder.

Stammzahlen

Da in die Baumzahlen des verbleibenden Bestandes (Tab. 4–6) nur Douglasien mit einer Höhe über 1,3 m einbezogen wurden, heben in den Meßbereich eingewachsene und im Zuge von Nachbesserungen neu eingebrachte Douglasien die Stammzahlen in den betrachteten Wachstumszeitraum auf der Mehrzahl der Parzellen an. Mit 2559 Pflanzen pro ha auf den Kontrollflächen und 3134 Douglasien pro ha auf der N2Mg2-Variante liegen die Stammzahlen im Jahre 1991 auf der Versuchsfläche Amberg 257 am höchsten. Auf der Versuchsfläche Waldsassen 256 sind es zum selben Zeitpunkt nurmehr 608 Pflanzen je ha auf der Kontrollvariante und 1233 Pflanzen je ha auf der PNMg2-Variante. Die kalamitätsbedingten Ausfälle sind auf der Versuchsfläche Burglengenfeld 244 besonders hoch. Von den ursprünglich 4000 gepflanzten Douglasien pro ha sind auf einigen Parzellen nahezu alle Pflanzen ausgefallen, lediglich auf den N- und PN-Varianten sind mit 1217 bzw. 1629 Douglasien pro ha noch weitgehend geschlossene Stangenhölzer anzutreffen. Auf allen drei Versuchsflächen ermöglicht die Düngung höhere Stammzahlen im verbleibenden Bestand. Für die auf den Versuchsflächen anstehende Auslesedurchforstung sind auf den meisten der erhaltenen Parzellen ausreichend viele förderungswürdige Douglasien erhalten, deren Verteilung über die Parzellen jedoch nicht immer befriedigt.

Höhen

Die überwiegend in den 70er Jahren durchgeführten Düngungen erbrachten schon bei der Erstaufnahme im Jahre 1981 eine tendenzielle Überlegenheit der Oberhöhen gedüngter Parzellen gegenüber den Kontrollvarianten. Während die Oberhöhendifferenzen zwischen Kontrollparzellen und bestwüchsigsten Düngungsvarianten im Jahr 1981 nur wenige Dezimeter betragen, steigt die Höhenüberlegenheit intensiv gedüngter Parzellen bis 1991 auf über 3 m an (Tab. 4–6). Im Höhenwachstum schneiden insbesondere die Parzellen mit stickstoffreichen Düngergaben überdurchschnittlich gut ab. Der Oberhöhenrahmen im Jahr 1991 von 9,1–11,3 m in Amberg, 5,1–8,4 m in Waldsassen und 10,8–10,9 m in der nur noch unvollständigen Versuchsanlage bei Burglengenfeld läßt eine deutliche Bonitätsabstufung zwischen den Versuchen erkennen.

Durchmesser

Eine ähnliche Leistungsabstufung zwischen den Versuchsflächen ist beim Durchmesser des Grundflächenmittelstammes der 100 stärksten Douglasien je ha (do) zu erkennen (Tab. 4–6). Während die Düngungen auf der standörtlich bevorzugten Versuchsfläche Amberg 257 eine eher geringe Durchmessersteigerung bewirken, schlägt sich die Düngerwirkung auf den Versuchsflächen Waldsassen 256 und Burglengenfeld 244 in den Jahren 1986 und 1991 in Durchmessersteigerungen gegenüber der Kontrollvariante von bis zu 7 cm nieder. Ähnlich wie bei der Höhenentwicklung spiegelt sich der Düngungseffekt auf der standörtlich bevorzugten Versuchsfläche Amberg 257 geringer in der Durchmesserentwicklung wider als in Burglengenfeld und ist auf der standörtlich benachteiligten Versuchsfläche Waldsassen 256 am deutlichsten ausgeprägt.

Grundflächen und Vorräte

Die Überlegenheit der Versuchsfläche Amberg 257 äußert sich in Grundflächen des verbleibenden Bestandes im Jahre 1991 von 15,76–27,14 qm pro ha, in Vorräten von 64–131 VfmS (Vorratsfestmeter Schaftholz mit Rinde) pro ha und in jährlichen Volumenzuwächsen von 9,8–18,1 VfmS pro ha (Tab. 4–6). Die Rahmenwerte für Grundfläche und Vorrat des ver-

Table 4. Ertragskundliche Zustands- und Leistungsdaten für die fünf Versuchsvarianten der Versuchsfläche Amberg 257 im Wachstumszeitraum 1981 bis 1991

Table 4. Growth and yield characteristics in the period 1981 to 1991 for the five different fertilization variants under survey in Amberg 257

Varianten (zugrundeliegende Parzellen)	Aufnahme- zeitpunkte	N [Stück*ha ⁻¹]	Verbleibender Bestand				Gesamtbestand	
			ho [m]	do [cm]	G [m ² *ha ⁻¹]	V [VfmS*ha ⁻¹]	GWL [VfmS*ha ⁻¹]	ZV [VfmS*ha ⁻¹ a ⁻¹]
(2, 7)	1981	1500	3,2	3,8	0,37	1	1	2,8
Kontrolle	1986	2484	5,8	10,0	5,02	15	15	9,8
(2, 7)	1991	2559	9,1	16,0	15,76	64	64	4,7
(4, 6)	1981	2167	3,7	4,5	0,73	3	3	14,2
N Mg	1986	3142	6,4	11,6	8,49	26	26	4,8
(4, 6)	1991	3017	10,6	17,6	21,23	97	97	13,6
(3, 8)	1981	2067	3,7	4,9	0,77	3	3	7,4
N Mg2	1986	3009	6,4	11,6	8,68	27	27	18,1
(3, 8)	1991	2967	10,1	16,7	21,11	94	94	6,0
(1, 10)	1981	2350	3,9	5,7	1,20	5	5	16,2
N2 Mg	1986	3100	7,1	13,2	13,09	41	41	
(1, 10)	1991	2892	11,3	19,5	27,14	131	132	
(5, 9)	1981	2217	3,8	4,4	0,77	3	3	
N2 Mg2	1986	3275	6,9	11,7	10,27	33	33	
(5, 9)	1991	3134	10,9	16,8	23,55	113	114	

bleibenden Bestandes sowie Volumenzuwachs liegen auf der Versuchsfläche Waldsassen 256 mit 1,72–9,61 qm pro ha, 4–32 VfmS pro ha bzw. 0,6–5,2 VfmS pro ha und Jahr bei etwa einem Drittel der Versuchsfläche in Amberg. Die entsprechenden Befunddaten der Versuchsfläche Burglengenfeld 244 unterstreichen deren Überlegenheit gegenüber der Versuchsfläche Waldsassen und Unterlegenheit gegenüber der Versuchsfläche in Amberg. Die weitgehende Übereinstimmung zwischen Vorrat des verbleibenden Bestandes und Gesamtwuchsleistung ist darauf zurückzuführen, daß der überwiegende Teil der durch Konkurrenz, Kalamitäten und Pflegemaßnahmen ausgeschiedenen Douglasien die Meßhöhe 1,3 m noch nicht oder nur wenig überschritten hatte, so daß die entsprechenden Schaftholzvolumenwerte nicht verfügbar oder nur sehr gering waren.

Tabelle 5. Ertragskundliche Zustands- und Leistungsdaten für die sieben Versuchsvarianten der Versuchsfläche Waldsassen 256 im Wachstumszeitraum 1981 bis 1991

Table 5. Growth and yield characteristics in the period 1981 to 1991 for the five different fertilization variants under survey in Waldsassen 256

Varianten (zugrundeliegende Parzellen)	Aufnahme- zeitpunkte	N [Stück ² ha ⁻¹]	Verbleibender Bestand				Gesamtbestand	
			ho [m]	do [cm]	G [m ² ha ⁻¹]	V [VfmS ² ha ⁻¹]	GWL [VfmS ² ha ⁻¹]	ZV [VfmS ² ha ⁻¹ a ⁻¹]
(2, 11, 17, 19)	1981	371	2,9	3,1	0,10	0	0	
Kontrolle	1986	458	3,8	6,3	0,51	2	2	0,2
(2, 11, 17, 19)	1991	608	5,1	11,0	1,72	4	4	0,6
(3, 13, 16)	1981	478	3,2	3,9	0,23	0	0	
N Mg	1986	667	4,5	8,6	1,35	3	3	0,5
(3, 13, 16)	1991	728	7,7	15,1	4,78	16	16	2,6
(5, 7, 15)	1981	522	3,2	4,1	0,21	1	1	
P	1986	734	4,4	8,1	1,06	3	3	0,4
(5, 7, 15)	1991	867	7,5	13,4	3,49	12	12	1,8
(12, 21)	1981	559	3,2	3,2	0,16	1	1	
P Mg2 Erle	1986	850	4,6	7,6	1,14	4	4	0,6
(12, 21)	1991	1108	6,2	13,2	4,02	12	12	1,7
(8, 10, 20)	1981	722	3,2	4,0	0,27	1	1	
P N Mg	1986	1022	5,8	9,4	2,08	6	6	1,1
(8, 10, 20)	1991	1067	8,2	17,0	8,74	32	32	5,2
(1, 4, 14)	1981	811	3,2	4,5	0,37	1	1	
P N Mg2	1986	1145	5,2	10,1	2,56	7	7	1,1
(1, 4, 14)	1991	1233	7,6	17,4	9,61	32	32	5,1
(6, 9, 18)	1981	516	2,9	3,7	0,18	1	1	
P N2 Mg2	1986	805	5,4	9,5	1,73	5	5	0,9
(6, 9, 18)	1991	906	8,4	17,7	7,44	27	27	4,4

Table 6. Ertragskundliche Zustands- und Leistungsdaten für die fünf Behandlungsvarianten der Versuchsfläche Burglengelfeld 244 im Wachstumszeitraum 1981 bis 1991. Bei Ausfall ganzer Parzellen beziehen sich die ertragskundlichen Befunddaten nurmehr auf die verbleibenden Parzellen einer Variante (siehe Spalte 2)

Table 6. Growth and yield characteristics in the period 1981 to 1991 for the five different fertilization variants under survey in Burglengelfeld 244

Varianten (zugrundeliegen- de Parzellen)	Aufnahme- zeitpunkte	N [Stück ^a ha ⁻¹]	Verbleibender Bestand				Gesamtbestand	
			ho [m]	do [cm]	G [m ² ha ⁻¹]	V [VfmS ^a ha ⁻¹]	GWL [VfmS ^a ha ⁻¹]	ZV [VfmS ^a ha ⁻¹ a ⁻¹]
(3, 10)	1981	400	3,2	2,9	0,13	1	1	
Kontrolle	1986	800	5,5	8,2	1,49	5	5	0,8
	1991	—	—	—	—	—	—	—
(7, 9)	1981	767	4,0	4,5	0,65	2	2	—
N	1986	2050	7,8	13,6	7,88	28	28	4,8
	1991	1717	10,9	19,3	16,18	77	84	11,2
(1, 8)	1981	492	3,5	4,5	0,24	1	1	—
P	1986	1217	7,2	11,8	2,73	9	9	1,7
	1991	—	—	—	—	—	—	—
(13, 14)	1981	267	3,0	3,2	0,10	0	0	—
P Erle	1986	—	—	—	—	—	—	—
	1991	—	—	—	—	—	—	—
(2,4,5,6,11,12)	1981	1042	4,1	5,9	0,94	3	3	—
P N	1986	2100	7,6	13,3	7,23	25	26	4,4
	1991	1629	10,8	19,6	13,90	65	79	10,7

5 Einfluß der Düngerapplikation auf das Bestandeswachstum

Die Entwicklungsgänge von Höhen- und Durchmesserwachstum der 100 stärksten Bäume pro Parzelle (ho, do), Schlankheitsgraden dieses Kollektivs (ho/do) und Gesamtwuchsleistung in dem betrachteten Wachstumszeitraum (Abb. 1–3) spiegeln das standorttypische Jugendwachstum der Douglasie und die spezifischen Düngungseffekte wider. Sofern Düngungsmaßnahmen, die schwerpunktmäßig nach Sicherung der Kulturen in den 70er Jahren ausgeführt wurden, noch in dem Wachstumszeitraum 1981 bis 1991 erfolgten, sind sie in den Abbildungen 1 bis 3 durch Pfeile markiert.

Zur Charakterisierung des Höhen- und Durchmesserwachstums wurden die 100 stärksten Bäume pro Parzelle herangezogen, weil bei diesem Teilkollektiv das ernährungsbedingte Wuchsverhalten noch am wenigsten durch die eingangs beschriebenen Kalamitäten eingeschränkt wird. Zudem liegen wir bei einer Zahl von 100 Bäumen pro ha etwa bei der für Douglasienbestände anzusetzenden Endstammzahl im Alter 80 bis 100 (PRETZSCH und SPELLMANN 1994). Den Entwicklungsgang der Schlankheitsgrade dieses Kollektivs der 100 Stärksten beziehen wir in die Bestandesdiagnostik mit ein, weil sie besonders wichtig für die Gewährleistung der Bestandesstabilität sind. Die Entwicklung der Gesamtwuchsleistung geht zum einen auf die verschiedenartige Düngung zurück, wird zum anderen stark von den genannten Kalamitäten geprägt.

Versuchsfläche Amberg 257

Die Entwicklungsgänge von Höhe, Durchmesser und Gesamtwuchsleistung auf der Kontrollvariante weisen die Versuchsfläche Amberg 257 als gegenüber Waldsassen und Burglengenfeld deutlich überlegen aus (Abb. 1–3). Legen wir die Douglasien-Ertragstafel von BERGEL (1985) zugrunde, so liegen die Versuchsvarianten in Amberg zwischen der Oberhöhenbonität 35 und 38. Höhen- und Durchmesserleistung der hundert stärksten Bäume je ha werden insbesondere durch stickstoffreiche Düngergaben gesteigert. Aufgrund ihrer überlegenen Höhen- und Durchmesserentwicklung heben sich die mit Stickstoff und Magnesium mäßig (182,5 kg N/ha und 17–48 kg Mg/ha) und stark (234,5 kg N/ha und 22–53 kg Mg/ha) gedüngten Flächen deutlich von der Kontrollparzelle und den weniger intensiv gedüngten Versuchsgliedern ab. Im Vergleich zu den Versuchsflächen Waldsassen und Burglengenfeld bleibt die Leistungssteigerung auf der standörtlich bevorzugten Versuchsfläche Amberg 257 aber vergleichsweise gering. Die Gesamtwuchsleistung der Kontrollvarianten repräsentiert etwa das untere Ertragsniveau der Ertragstafel von BERGEL (1985, BU 35). Dabei übertreffen die Gesamtwuchsleistungen der intensiv gedüngten Parzellen mit 114–132 VfmS pro ha sogar die Werte des oberen Ertragsniveaus nach BERGEL (BO 38). Neben einem gewissen

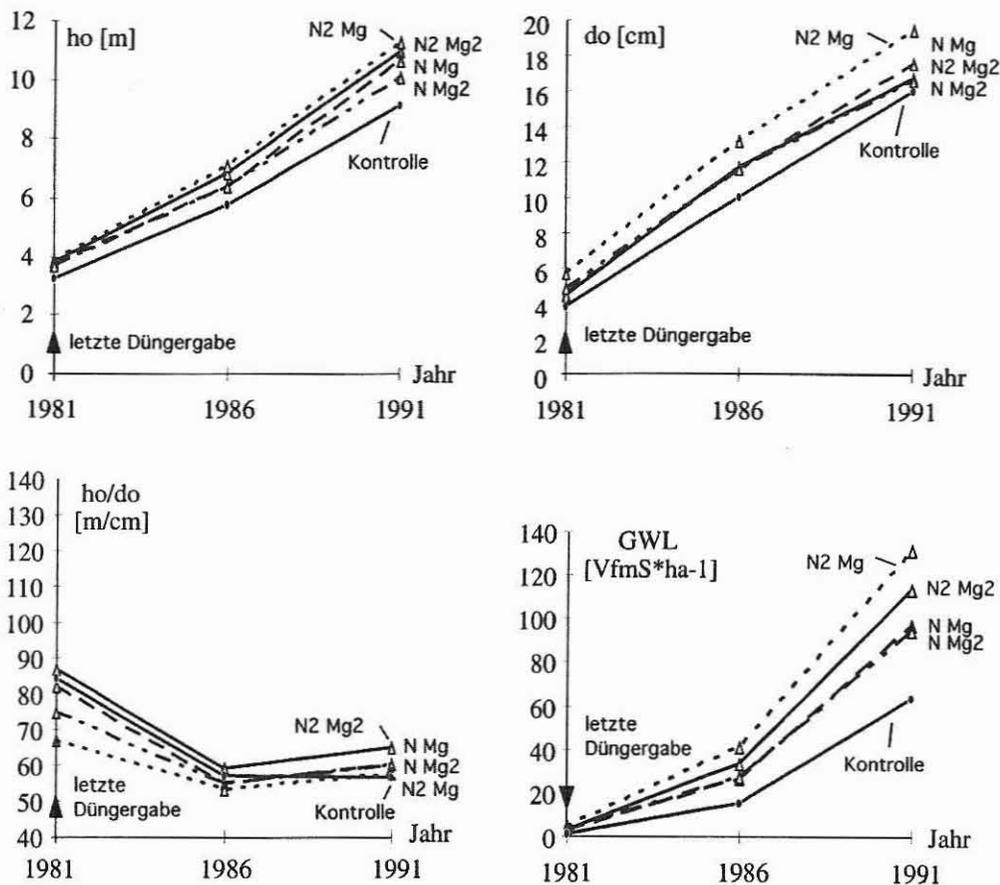


Abb. 1. Entwicklung von Oberhöhe (ho), Durchmesserentwicklung des Grundflächenmittelstammes der 100 stärksten Bäume (do), Schlankheitsgrad der 100 stärksten Bäume pro ha (ho/do) und Gesamtwuchsleistung (GWL) der Behandlungsvarianten auf der Versuchsfläche Amberg 257

Fig. 1. Development of height (ho), diameter (do) and height/diameter relation (ho/do) of dominant trees and total production on the experimental area Amberg 257

Anstieg der Höhenbonität bewirkt stickstoffreiche Düngung auf dieser Versuchsfläche demnach eine beträchtliche Anhebung des Ertragsniveaus. Dieser Befund wird durch die Entwicklung der ho/do -Werte gestützt. An ihrem Absinken in den Jahren 1981–1986 wird deutlich, daß die Düngung nicht einseitig die Höhen- sondern auch die Durchmesserentwicklung angeregt hat. Seit 1986 wieder steigende Schlankheitsgrade können durch künftige Auslesedurchforstungen in einem Stabilität gewährleistenden Rahmen gehalten werden. Gegenüber den Versuchsflächen in Waldassen und Burglengenfeld befindet sich die in Bonität und Ertragsniveau überlegene Versuchsfläche Amberg in einem schon deutlich fortgeschrittenem Entwicklungsstadium.

Versuchsfläche Waldassen 256

Auf der standörtlich benachteiligten Versuchsfläche Waldassen 256 hebt sich der Entwicklungsgang von ho , do und GWL auf den gedüngten Parzellen im Zeitraum 1981 bis 1991 zunehmend stärker vom Entwicklungsgang der Kontrollvariante ab (Abb. 2). Im Vergleich zur Ertragstafel von BERGEL erbringt die Kontrollvariante hier am Ende des Beobachtungszeitraumes eine Höhenbonität von 30, damit repräsentieren sie das untere Ertragsniveau

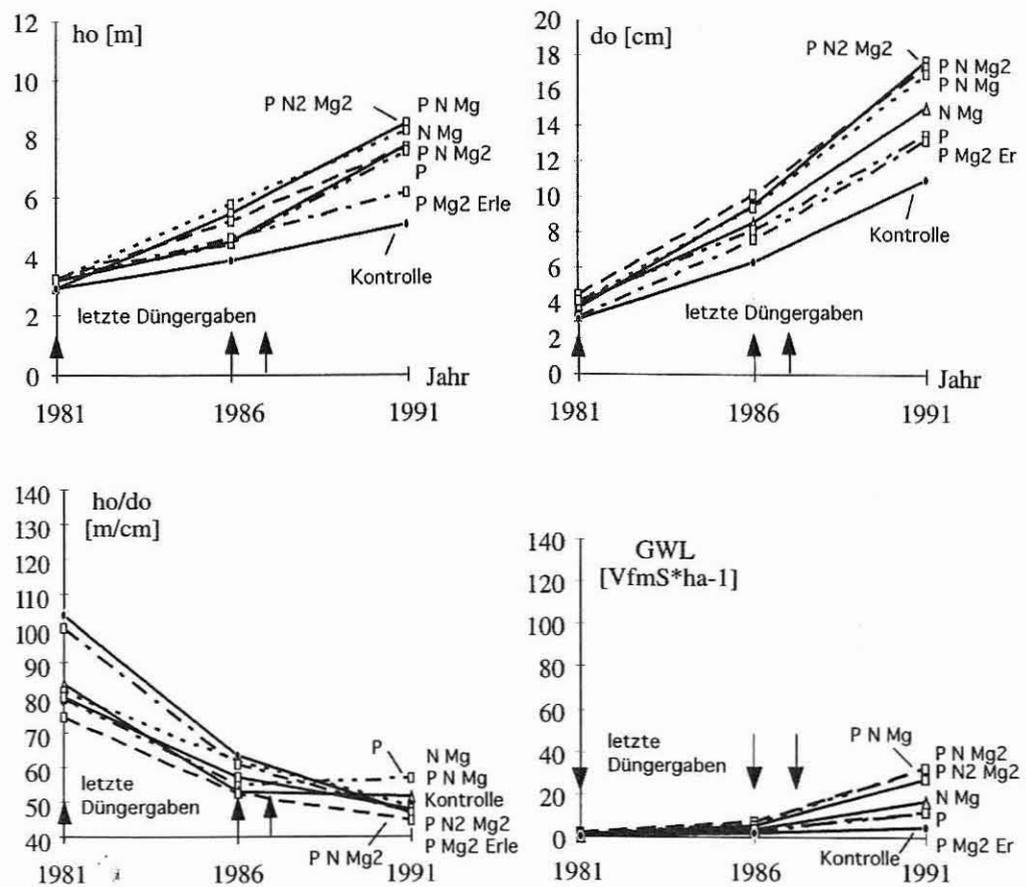


Abb. 2. Entwicklung von Oberhöhe (ho), Durchmesserentwicklung des Grundflächenmittelstammes der 100 stärksten Bäume (do), Schlankheitsgrad der 100 stärksten Bäume pro ha (ho/do) und Gesamtwuchsleistung (GWL) der Behandlungsvarianten auf der Versuchsfläche Waldassen 256

Fig. 2. Development of height (ho), diameter (do) and height/diameter relation (ho/do) of dominant trees and total production on the experimental area Waldassen 256

(BU 30). Mäßige Düngergaben bewirken eine Anhebung der Oberhöhenbonität um 2 m, auf der intensiv gedüngten PN2Mg-Variante wird die Oberhöhenbonität um 4 Oberhöhenmeter auf die Bonitätsstufe 34 angehoben; das Ertragsniveau wird durch die Düngungsmaßnahmen kaum verändert. Auf den intensiv gedüngten Parzellen wird die do-Entwicklung wirksamer gesteigert als die Oberhöhe, so daß hier abförmige Stämme mit niedrigen ho/do-Werten dominieren. Die Absolutwerte der Gesamtwuchsleistung liegen in Waldsassen deutlich unter denen auf den Versuchsflächen Amberg 257 und Burglengenfeld 244. Die Steigerung der Gesamtwuchsleistung fällt auf der Versuchsfläche Waldsassen 256 aber, insbesondere in der zweiten Hälfte des Beobachtungszeitraumes, wesentlich deutlicher als auf den Vergleichsflächen aus. Im Vergleich zu den unbehandelten Parzellen und den nur schwach mit Thomasphosphat, Erlenbeimischung und Kieserit beeinflussten Parzellen steigen die Gesamtwuchsleistungen auf den mit höheren Stickstoff-, Phosphat-, Magnesium- und Calciumgaben verbesserten Standorten auf das vier- bis fünffache an. Eine solche Anhebung der Gesamtwuchsleistung geht auf bis zu siebenmalige Düngergaben zurück, die mit 521 kg Stickstoff pro ha, 32 kg Phosphor pro ha, 47 kg Magnesium pro ha und 230 kg Calcium pro ha auf der am ausgiebigsten gedüngten Variante deutlich intensiver sind, als in Amberg und Burglengenfeld.

Burglengenfeld 244

Die Versuchsfläche Burglengenfeld 244 repräsentiert mit der Variante PN eine Oberhöhenbonität von 37 und liegt auch in der Gesamtwuchsleistung zwischen den Vergleichsflächen Amberg 257 und Waldsassen 256. In der gut mit Meßergebnissen abgesicherten ersten Hälfte des Beobachtungszeitraumes sind die mit 200 kg Stickstoff pro ha sowie 200 kg Stickstoff und 33 kg Phosphor pro ha gedüngten Parzellen den unbehandelten oder nur schwach behandelten Parzellen in der Höhen-, Durchmesser- und Gesamtwuchsleistungsentwicklung bereits stark überlegen (Abb. 3). Auf Grund kalamitätsbedingter Stammausfälle und Parzellenaufgaben lassen sich nur für die stärker mit Stickstoff und Phosphor gedüngten Parzellen Angaben zum weiteren Entwicklungsgang machen. Hier ist hervorzuheben, daß die Wuchsleistung dieser stark gedüngten Einheiten unvermindert hoch ist, obwohl die letzte Düngung bereits im Jahre 1976 erfolgte. Somit kann für die Versuche Amberg 257 und Burglengenfeld 244, bei denen letzte Düngergaben schon länger zurückliegen (1981 bzw. 1976) von einer nachhaltigen Verbesserung der Wuchsleistung ausgegangen werden. Auf der Versuchsfläche Waldsassen 256, die bis in die späten 80er Jahre wiederholt gedüngt wurde, können Aussagen über eine eventuell dauerhafte Anhebung des Leistungspotentials dieser Bestände zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht getroffen werden.

6 Statistische Analyse der Düngungseffekte auf das Bestandeswachstum

Die Frage, ob ein signifikanter Zusammenhang zwischen Düngerapplikation und Bestandeswachstum besteht, wurde statistisch mit dem Verfahren der einfaktoriellen Kovarianzanalyse durchleuchtet. Als Kriteriumsvariablen wurden der mittlere jährliche Höhenzuwachs der 100 stärksten Stämme (zho), der Bestandesgrundflächenzuwachs (ZG) und der Bestandesvolumenzuwachs (ZV) in den Zuwachsperioden 1981–1986 und 1986–1991 gewählt. Für die kovarianzanalytische Auswertung wurden die Parzellen der Versuchsfläche Amberg 257 zu drei Gruppen und die Parzellen der Versuchsflächen Waldsassen 256 und Burglengenfeld 244 zu jeweils zwei Gruppen mit unterschiedlicher Düngungsintensität zusammengefaßt (Gruppen 0, 1 und 2). Eine solche Gruppeneinteilung erfolgte unter Berücksichtigung der standörtlichen Gegebenheiten, der Nährelementanalysen und der Stichprobenumfänge innerhalb der Gruppen. Die Behandlungsgruppen sollten auf Unterschiede im Höhenzuwachs, Grundflächenzuwachs und Volumenzuwachs geprüft werden. Zur Ausschaltung der unterschiedlichen ertragskundlichen Ausgangssituation der Grup-

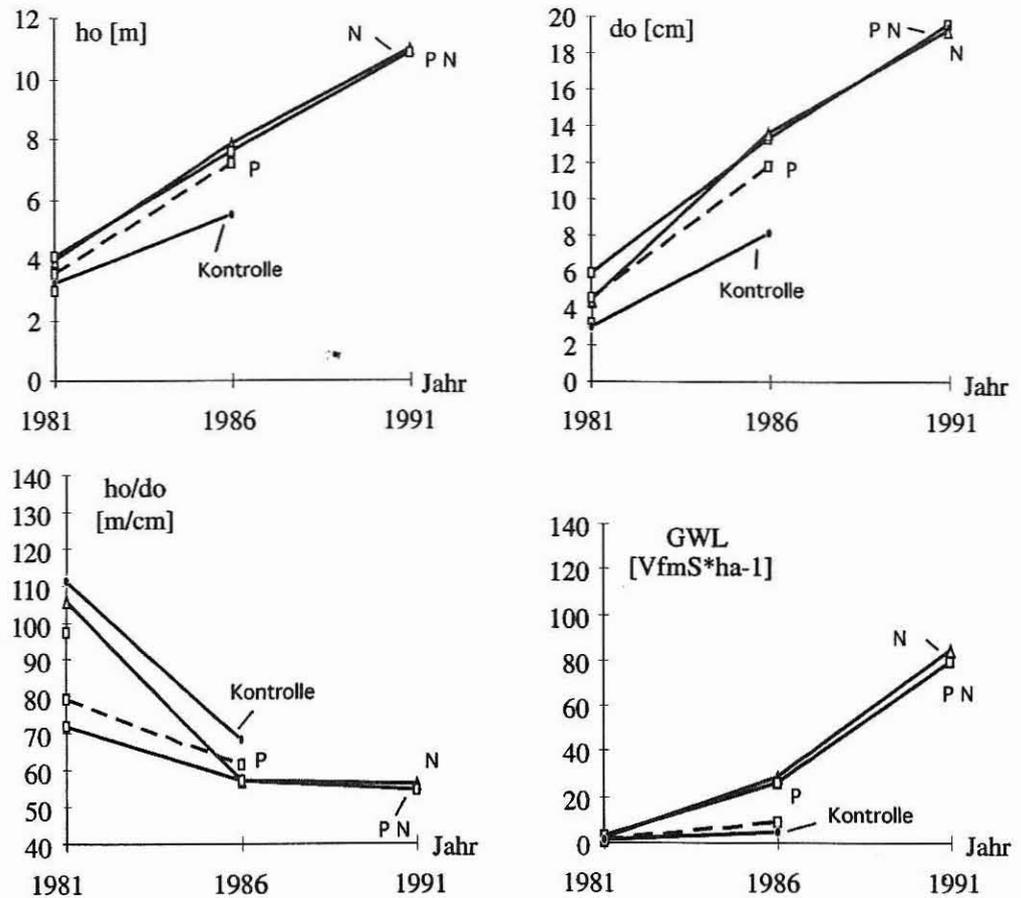


Abb. 3. Entwicklung von Oberhöhe (ho), Durchmesserentwicklung des Grundflächenmittelstammes der 100 stärksten Bäume (do), Schlankheitsgrad der 100 stärksten Bäume pro ha (ho/do) und Gesamtwuchsleistung (GWL) der Behandlungsvarianten auf der Versuchsfläche Burglengelfeld 244

Fig. 3. Development of height (ho), diameter (do) and height/diameter relation (ho/do) of dominant trees and total production on the experimental area Burglengelfeld 244

penglieder zu Beginn der betrachteten Zuwachsperioden, in den Jahren 1981 und 1986, wurde als Kovariate die Oberhöhe, die Grundfläche oder der Vorrat des verbleibenden Bestandes zum jeweiligen Periodenbeginn in die Rechnung aufgenommen.

Eine Prüfung auf Wachstumsunterschiede zwischen den Behandlungsvarianten erfolgte also gesondert für jede Versuchsfläche. Auf eine ursprünglich geplante zusammenfassende Auswertung, in welcher die einzelnen Versuchsflächen Blöcke eines flächenübergreifenden Stichprobendesigns gewesen wären, wurde verzichtet. Die von Beginn an ausgeprägten standörtlichen Unterschiede zwischen den Versuchsflächen, die voneinander abweichenden Düngergaben und der sehr unterschiedliche Kalamitätsdruck auf die Versuchsflächen sprachen gegen eine solche Auswertung als Blockanlage.

Die Tabellen 7 bis 9 zeigen die kovarianzanalytisch adjustierten Mittelwerte der Gruppen 0, 1 und 2 in absoluter und prozentischer Höhe. Nach Prüfung der Globalhypothese, ob in den betrachteten Wachstumszeiträumen signifikante Unterschiede zwischen den Gruppenniveaus bestehen, erfolgte für die in drei Gruppen gegliederte Versuchsfläche Amberg 257 ein paarweiser Gruppenvergleich mit der Methode von BONFERRONI. Werden bei einer Gesamt-Irrtumswahrscheinlichkeit von α insgesamt k Paarvergleiche ausgeführt, so ergibt

sich nach dieser Methode für jeden Mittelwertvergleich eine Irrtumswahrscheinlichkeit von α/k . Signifikante Mittelwertunterschiede in den Wachstumsparametern sind in den Tabellen 7–9 durch Verbindungslinien hervorgehoben, wobei in diesen Fällen eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $0,05/k$ zugrunde gelegt wurde.

Versuchsfläche Amberg 257

Aus Tabelle 7 geht hervor, daß in die Gruppe 0, die im folgenden für unbehandelte oder nur schwach behandelte Parzellen steht, auf der Versuchsfläche Amberg 257 die Kontrollparzellen 2 und 7 einbezogen wurden. Die Parzellen 3, 4, 6 und 8, auf denen mit 182,5 kg Stickstoff pro ha und 17 bis 48 kg Magnesium pro ha mittlere Nährelementmengen zugeführt wurden, wurden der Gruppe 1 zugeordnet. Mit Nährelementgaben von 234,5 kg Stickstoff pro ha und 22 bis 53 kg Magnesium pro ha machen die Parzellen 1, 5, 9 und 10 die Gruppe 2 aus.

Sowohl mäßige als auch starke Düngung (Gruppe 1 bzw. Gruppe 2) zeigen einen klaren Anstieg der Höhen-, Grundflächen- und Volumenleistung gegenüber unbehandelten oder nur schwach behandelten Parzellen (Gruppe 0 = 100%). Während die in den Jahren 1974 bis 1981 ausgebrachten Düngergaben den Höhenzuwachs in beiden Zuwachsperioden verbessert haben, sinken Grundflächenzuwachs und Volumenzuwachs bereits fünf Jahre nach der letzten Düngergabe wieder merklich ab. Mit der Kovarianzanalyse und dem angeschlossenen BONFERRONI-Test lassen sich lediglich für den Volumenzuwachs in der Periode 1981 bis 1986 mit 95%iger Wahrscheinlichkeit gesicherte Mittelwertunterschiede zwischen den Gruppen 0 und 2 sowie 1 und 2 nachweisen. In der Folgezeit nehmen diese Gruppenunterschiede wieder ab, Zeichen einer eher temporären Wirkung der Düngungsmaßnahmen. Betrachten wir die erste Zuwachsperiode 1981–1986 nach Abschluß der Düngungsmaßnahmen, so erbringen hier 182 kg Stickstoff pro ha und 17 bis 48 kg Magnesium pro ha beträchtliche Leistungssteigerungen, die beim Höhenzuwachs 8%, beim Grundflächenzuwachs 66% und beim Volumenzuwachs 72% betragen. Bemerkenswert ist, daß die Zuwachsleistung beim Übergang zu Gruppe 2, in der Stickstoffgaben von 234,5 kg pro ha und Magnesiumgaben von 20–53 kg pro ha erfolgten, nochmals deutlich ansteigt. Dieser signifikante Anstieg von Gruppe 1 zu Gruppe 2 dürfte im wesentlichen auf eine verbesserte Stickstoffversorgung zurückzuführen sein, da die Magnesiumversorgung beider Gruppen ähnlich ist. Höhenzuwachs und Grundflächenzuwachs für sich betrachtet erbrin-

Tabelle 7. Kovarianzanalytisch adjustierte Mittelwerte der Höhen-, Grundflächen- und Volumenzuwächse auf Parzellen der Versuchsfläche Amberg 257 bei verschiedener Düngungsintensität. Die jährlichen Zuwächse sind sowohl in absoluter Höhe als auch in Prozent zur Gruppe „Referenz“ angegeben (=100%). Verbindungslinien zwischen Gruppenmittelwerten stehen für signifikante Gruppentrennung mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5%

Table 7. The mean increment of height, basal area and volume on the plots with different fertilization intensity in Amberg 257 adjusted by covariance analyses. The annual increments are given as absolute values and also in percentage of the reference plots. Connecting lines refer to significant group differences with an error probability of 5%

Gruppen (Parzellen)	zho [cm*a ⁻¹]		ZG [m ² *ha ⁻¹ *a ⁻¹]		ZV [VfmS*ha ⁻¹ *a ⁻¹]	
	1981–86	1986–91	1981–86	1986–91	1981–86	1986–91
Gruppe 0	51	67	0,95	2,15	2,75	9,75
(2, 7)	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Gruppe 1	55	79	1,58	2,55	4,73	13,85
(3, 4, 6, 8)	108%	118%	166%	119%	172%	142%
Gruppe 2	63	83	2,15	2,78	6,70	17,13
(1, 5, 9, 10)	124%	124%	226%	129%	244%	176%

gen demnach keine signifikanten Gruppenunterschiede, erst die Aggregation beider Dimensionsgrößen im Volumenzuwachs hebt die Gruppenunterschiede auf ein signifikantes Niveau an.

Mit Höhenzuwachsen von 51–83 cm pro Jahr und Volumenzuwachsen von 2,75–6,70 VfmS pro ha und Jahr liegen die Zuwächse der Versuchsfläche Amberg 257 weit über denen der Vergleichsbestände in Waldsassen und Burglengenfeld.

Versuchsfläche Waldsassen 256

Bei Auswertung der Versuchsfläche Waldsassen 256 wurden die unbehandelten oder nur schwach mit Thomasphosphat, Erlenbeimischung und Kieserit beeinflussten Parzellen 2, 5, 7, 11, 12, 15, 17, 19 und 21 zur Gruppe 0 zusammengefaßt. Die Parzellen 1, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 13, 14, 16, 18 und 20 dieser Versuchsfläche erhielten höhere Gaben von Stickstoff (321 bis 521 kg pro ha), Phosphat (32 kg pro ha), Magnesium (14 bis 47 kg pro ha) und Calcium (100 bis 230 kg pro ha) und wurden zur Gruppe 1 zusammengefaßt (Tab. 8).

Die standörtlich besonders stark degradierte Versuchsfläche Waldsassen 256 zeigt nach Düngung eine starke Reaktion im Höhen-, Grundflächen- und Volumenzuwachs, und die Gruppenunterschiede konnten mit Ausnahme des Höhenzuwachses im Zeitraum 1986 bis 1991 statistisch abgesichert werden. Die Sequenz der Düngungsmaßnahmen reicht hier bis ins Jahr 1987 und führt zu einer Steigerung des Volumenzuwachses um 251%. Ob das Wachstum der Douglasie auf diesem Standort infolge der Düngung nachhaltig verbessert werden kann, läßt sich aufgrund der geringen Beobachtungsdauer noch nicht beantworten. Der Rückgang im Höhenzuwachs von 191% auf 147% der Kontrollvariante in dem Wachstumszeitraum 1981 bis 1991 läßt erkennen, daß der Höhenzuwachs durch die Düngung vorübergehend stark angeregt wird, um auf ein nurmehr leicht erhöhtes Niveau zurückzugehen.

Mit Höhenzuwachsen sind von 22 bis 56 cm/pro Jahr und Volumenzuwachsen von 0,34–4,32 VfmS pro ha und Jahr liegen die Zuwachsleistungen auf dieser im Jahr 1991 etwa 20jährigen Versuchsfläche äußerst niedrig.

Tab. 8. Kovarianzanalytisch adjustierte Mittelwerte der Höhen-, Grundflächen- und Volumenzuwächse auf Parzellen der Versuchsfläche Waldsassen 256 bei verschiedener Düngungsintensität (weitere Erläuterung vgl. Tab. 7)

Table 8. The mean increment of height, basal area and volume on the plots with different fertilization intensity in Waldsassen 256 adjusted by covariance analyses. (for details refer to table 7)

Gruppen (Parzellen)	zho [cm*a ⁻¹]		ZG [m ² *ha ⁻¹ *a ⁻¹]		ZV [VfmS*ha ⁻¹ *a ⁻¹]	
	1981–86	1986–91	1981–86	1986–91	1981–86	1986–91
Gruppe 0 (2, 5, 7, 11, 12, 15, 17, 19, 21)	22 100%	38 100%	0,14 100%	0,40 100%	0,34 100%	1,23 100%
Gruppe 1 (1, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 13, 14, 16, 18, 20)	42 191%	56 147%	0,34 243%	1,14 285%	0,90 265%	4,32 351%

Burglengenfeld 244

Die Stratifizierung der Parzellen auf der Versuchsfläche Burglengenfeld 244 erbrachte die Gruppe 0 mit den unbehandelten und nur schwach mit Thomasphosphat behandelten Parzellen 1, 3, 8 und 10 und die Gruppe 1 mit den Parzellen 2, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 12, 13 und 14, denen Nährelementmengen von 200 kg Stickstoff pro ha und 33 kg Phosphor pro ha zugeführt worden sind (Tab. 9).

Auf der Versuchsfläche Burglengenfeld 244 bewirken Düngergaben von 200 kg Stickstoff pro ha und 33 kg Phosphor pro ha einen beträchtlichen Anstieg von Höhen-, Grundflächen-

Table 9. Kovarianzanalytisch adjustierte Mittelwerte der Höhen-, Grundflächen- und Volumenzuwächse auf Parzellen der Versuchsfläche Burglengenfeld 244 bei verschiedener Düngungsintensität (weitere Erläuterung vgl. Tab. 7)

Table 9. The mean increment of height, basal area and volume on the plots with different fertilization intensity in Burglengenfeld 244 adjusted by covariance analyses. (for details refer to table 7)

Gruppen (Parzellen)	zho [cm*a ⁻¹]		ZG [m ² *ha ⁻¹ *a ⁻¹]		ZV [VfmS*ha ⁻¹ *a ⁻¹]	
	1981-86	1986-91	1981-86	1986-91	1981-86	1986-91
Gruppe 0 (1, 3, 8, 10)	53 100%	-	0,33 100%	-	1,07 100%	-
Gruppe 1 (2, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 12)	62 117%	64	1,24 376%	1,90	4,46 417%	10,82

und Volumenzuwachs in der Periode 1981-1986. Aufgrund der geringen Stichprobenzahl und der zahlreiche Ausfälle sind keine statistisch gesicherten Aussagen über den Düngungseffekt möglich.

Mit 53-64 cm Höhenzuwachs pro Jahr und 1,07-4,46 VfmS Volumenzuwachs pro ha liegen die Leistungswerte hier zwischen den Vergleichsflächen in Amberg und Waldsassen.

7 Diskussion und Wertung

Der Entwicklungspielraum auf den Parzellen wurde vor allem durch die Kulturbegründung auf der Freifläche, ohne Altholzschirm, mit allen zu erwartenden standorttypischen und baumartentypischen Kalamitäten stark eingeengt. Die Rahmenbedingungen für ein Gelingen der Douglasienbestände waren deshalb von vornherein eher ungünstig. Auf allen drei Versuchsflächen wird der zweifelsohne vorhandene Zusammenhang zwischen Düngungsmaßnahmen und Wachstumsreaktionen deshalb mehr oder weniger stark von Kalamitäten in der Jungwuchs-, Dickungs- und Stangenholzphase überprägt. Wäre die Douglasie unter Schirm begründet worden, so hätte das besser ihrem Charakter als Halbschattenbaumart im Jugendstadium entsprochen und Schädigungen im Jungwuchs- und Dickungsstadium vermieden (WAGNER u. KOCH 1977; FOERST 1981b; RUETZ 1981). Vermutlich stehen die Ausfälle durch Trockenstreß in Zusammenhang mit der auf den Parzellen eingesetzten Methode der Winkelpflanzung. Bei mächtigen Rohhumusdecken, wie sie auf den betrachteten Standorten ausgeprägt sind, erschwert diese Pflanzmethode den für die trockenstreßempfindliche Douglasie lebensnotwendigen Anschluß an den Mineralboden (HUSS u. SIEBERT 1976). Die Hypothese, daß die Winkelpflanzung auf den Parzellen in Waldsassen und Burglengenfeld zusätzliche Ausfälle erbrachte, wird dadurch gestützt, daß die Ausfälle auf den mit einer Kombination aus Loch- und Winkelpflanzung begründeten Parzellen in Amberg wesentlich geringer sind. Die genannten Mängel bei der Kulturbegründung sind darauf zurückzuführen, daß die Erfahrungen in Anbau und Pflege der Douglasie in den 70er Jahren noch eher gering waren. Fundiertere Versuchsergebnisse, die sich gut mit unseren Beobachtungen in Amberg, Waldsassen und Burglengenfeld decken, wurden erst in den Folgejahren vorgestellt und u. a. von FOERST (1981) zusammengefaßt.

Da die Versuchswiederholungen von Anwuchsproblemen und Kalamitäten in sehr unterschiedlichem Maße in ihrem Wachstum beeinträchtigt wurden, streuen auch die Bestandesparameter innerhalb der varianzanalytischen Gruppen stärker als bei Versuchsanlage erwartet, erlauben aber dennoch statistische Absicherungen von Gruppenunterschieden. Blenden wir diese ungünstigen Ausgangssituationen jedoch aus der Betrachtung so weit wie möglich aus, so ergibt sich auf allen drei Versuchsflächen zumindestens tendenziell ein beträchtlicher Düngungserfolg bei den ertragskundlichen Bestandesparametern. Auf der Versuchsfläche 257, der bestwüchsigsten der Flächenserie, erbringen erhebliche Düngerga-

ben eine anfänglich starke, im Folgezeitraum abflachende Leistungssteigerung. Auf der schlechtest nährstoffversorgten Versuchsfläche 256 sind die verabreichten Düngergaben besonders wirkungsvoll und lassen die Oberhöhenbonität um bis zu 6-m-Stufen ansteigen. Versuchsfläche Burglengenfeld 244 liegt in der Wuchsleistung zwischen den Versuchen Amberg 257 und Waldsassen 256 und zeigt, soweit hier die Aufnahmeeinheiten erhalten werden konnten, gleichfalls eine merkliche Steigerung der Wuchsleistung. Während die Nadelanalysen auf der Mehrzahl der gedüngten Versuchspartellen aller drei Versuchsflächen allenfalls eine temporäre Verbesserung der Nadelspiegelwerte anzeigen (REHFUESS 1997), haben sich Höhen-, Grundflächen- und Volumenzuwachslleistungen auf der Mehrzahl der Partellen infolge der Düngung erheblich verbessert. Diese Leistungsanstiege sind in den ersten Jahren nach der Düngung besonders ausgeprägt und bleiben in den Folgejahren auf geringerem Niveau erhalten.

Die Einwertung der Versuchsflächen in das Leistungsspektrum der Ertragstafel von BERGEL (1985) für mäßig durchforstete Douglasienbestände erbrachte für unbehandelte und behandelte Partellen folgende Oberhöhenbonitäten und Ertragsniveaustufen: Auf der Versuchsfläche Amberg liegt die Oberhöhenbonität im Jahre 1991 auf den Kontrollpartellen bei 37 und kann durch Düngungsmaßnahmen auf 40–41 verbessert werden. Mit zunehmender Düngungsintensität wird außerdem das Ertragsniveau der betrachteten Partellen wirksam von der unteren auf die obere Stufe angehoben. Die Düngungsmaßnahmen schlagen sich demnach sowohl in merklichen Verbesserung der Höhenwuchsleistung, als auch in einer beträchtlichen Erhöhung der bonitätsspezifischen Gesamtwuchsleistung nieder. Der im Vergleich zur Höhe überproportionale Anstieg der Gesamtwuchsleistung bewirkt eine eher selten zu beobachtende Verbesserung der Höhenbonität bei gleichzeitigem Anstieg vom unteren zum oberen Ertragsniveau.

Die Oberhöhenentwicklung auf der Kontrollpartelle in Waldsassen 256 unterschreitet den Höhenfächer der Ertragstafel von BERGEL (1985) und wäre bei Extrapolation der Oberhöhenbonität 30 zuzuordnen. Im günstigsten Fall erbringen die Düngungsmaßnahmen einen erheblichen Bonitätsanstieg auf die Oberhöhenbonität 36. Alle Versuchspartellen liegen im Bereich des unteren Ertragsniveaus; über die Bonitätserhöhung hinaus ist kein zusätzlicher Anstieg der Gesamtwuchsleistung auf eine höhere Ertragsniveaustufe ausgeprägt.

Die bis zum Jahre 1991 unter Beobachtung gehaltenen Partellen 7 und 9 der Versuchsfläche Burglengenfeld 244, die mit insgesamt 200 kg Stickstoff/ha gedüngt wurden, erbringen eine Oberhöhenbonität von 40 und ein unteres Ertragsniveau. Die auf den Partellen 2, 4, 5, 6, 11 und 12 zusätzlich ausgebrachten Phosphorgaben von 33 kg/ha bei gleichzeitiger Gabe von 200 kg Stickstoff pro ha bewirken keine durchschlagende Leistungssteigerung gegenüber den nur mit Stickstoff gedüngten Partellen.

Die in den 70er Jahren eher übliche Begründung von Douglasienreinbeständen im Kahlschlagverfahren ist auf den betrachteten Oberpfälzer Standorten aus heutiger Sicht abzulehnen. Denn die früher streugenutzten, stark versauerten und degradierten Kiefernstandorte sollten nicht durch eine weitere Generation von Koniferen-Reinbeständen von ihrer natürlichen Bestockung entfernt werden. Strebt man dennoch Douglasien-Reinbestände an, würde man angesichts der sehr ungünstigen Wasser- und Nährstoffversorgung der betrachteten Standorte und des beträchtlichen Pflegeaufwandes, den Ausgangsstammzahlen von 4000 pro ha verursachen, aus heutiger Sicht eher 2000 Douglasie oder weniger pro ha ausbringen. Es ist aber davon auszugehen, daß gerade die schnellwüchsige Douglasie die dem System zugeführten Nährelemente in hohem Maße in Biomasse einlagert, wodurch sie dem jährlichen Stoffkreislauf zu hohen Anteilen entzogen werden (FOERST 1981a). Um den durch Düngung ausgelösten Mehrzuwachs konsequent auf die besten Zuwachsträger des Bestandes zu lenken, wäre ein noch intensiverer Pflegedurchgang vor oder während der Düngungsfolge ratsam gewesen. Das begrenzte Nährstoffangebot hätte hierdurch noch gezielter den Auslesebäumen zugeführt werden können. Ein umfassende Verbesserung der

Standortgüte der betrachteten Kiefernwälder ist eher von einer Nachfolgeneration standortgemäßer Mischwälder zu erwarten. In diesen könnte die Douglasie in Einzel-, Trupp- oder Gruppenmischung durchaus zur wirtschaftlichen Aufwertung vertreten sein, dominieren sollten aber bodenpfleglichere standortgemäße Baumarten.

Literatur

- BERGEL, D., 1969: Ertragskundliche Untersuchungen über die Douglasie in Nordwestdeutschland. Diss. Forstl. Fak. Uni. Göttingen, 186 S.
- BERGEL, D., 1985: Douglasien-Ertragstafel für Nordwestdeutschland. Abt. Waldwachstum der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, 72 S.
- DETINGER, H., 1972: Verbesserung des Anwuchserfolges bei Douglasien-Kulturen. AFZ 27, 313–314.
- FOERST, K., 1980: Standort, Wuchsleistung und Ernährungszustand älterer bayerischer Bestände der grünen Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) franco var. *menziesii*), Mitteilungen aus der Staatsforstverwaltung Bayerns, Heft 41, 256 S.
- FOERST, K., 1981a: Die Ertragsleistung der Douglasie in Bayern. AFZ 36, 842–844.
- FOERST, K., 1981b: Empfehlungen zum Anbau der Douglasie in Bayern. AFZ 36, 1071–1072.
- HUSS, J.; SIEBERT, H., 1976: Erfahrungen mit der Kultur der Douglasie. AFZ 31, 279–284.
- MUHLE, O.; RÖHRIG, E.; ROSSA, G.; BLOCK, W.; GISSMANN, B., 1979: Untersuchungen von Douglasien-Pflanzungen der Jahre 1974 und 1975 in Nordwestdeutschland. Aus dem Walde, Mitteilungen aus der Niedersächsischen Landesforstverwaltung, H. 29, 83 S.
- OTTO, H. J., 1972: Zu den Standortsansprüchen der Douglasie. Forstarchiv 43, 62–65.
- PRETZSCH, H.; SPELLMANN, H., 1994: Leistung und Struktur des Douglasien-Durchforstungsversuchs Lonau 135. Waldwachstumskundliche Ergebnisse nach fast 90jähriger Beobachtung. Forst und Holz 49, 64–69.
- REHFUESS, K. E., 1997: Düngungsversuche zum Anbau von Douglasien auf durch frühere Streunutzung degradierten Standorten in der Oberpfalz, Forstw. Cbl. 116, 65–78.
- RÖHRIG, E., 1976: Anzucht und Pflanzung von Douglasien. Forst- und Holzwirt 31, 295–299.
- RUETZ, W. F., 1981: Douglasien-Herkunftsempfehlungen: Ein Vorschlag für Bayern. AFZ 36, 1074–1077.
- SAUTER, U., 1988: Ergebnisse aus einem 5jährigen Versuch zum Voranbau der Douglasie mit Startdüngung. AFJZ 159, 125–132.
- SPELLMANN, H., 1994: Ertragskundliche Aspekte des Fremdländeranbaus. AFJZ 165, 27–40.
- VON STRALENDORFF, L., 1978: Erfahrungen mit der Douglasie bei der Wiederaufforstung von Orkanflächen. AFZ 33, 16–21.
- WAGNER, F.; KOCH, H., 1977: Umfang und Folgerung der Frosttrocknisschäden bei der Douglasie in Niederbayern/Oberpfalz. AFZ 32, 279.

Anschrift der Verfasser: Prof. Dr. HANS PRETZSCH und Forstrat MARTIN BACHMANN, Lehrstuhl für Waldwachstumskunde der Ludwig-Maximilians-Universität München, Am Hochanger 13, D-85354 Freising

