

Der Koordinierte Douglasien-Standraumversuch -Auswertung der bayerischen Flächen-

Heinz Utschig und Ralf Moshhammer, Lehrstuhl für Waldwachstumskunde, Freising

1 Der Koordinierte Douglasien-Standraumversuch

Die Erfahrungen der Vergangenheit zeigen, daß sich bei der Douglasie in weit höherem Maß als bei der Fichte der Standort, die Provenienz, die Qualität des Pflanzgutes, die Art der Begründung und die Jugendgefahren auf den Erfolg der Bestandesbegründung und der späteren Bestandesentwicklung auswirken. Im Gegensatz zur Fichte, für die Ergebnisse einer größeren Anzahl von Kultur- und Verbandsversuchen sowie aus vielen Einzelbeobachtungen vorliegen, liegen dagegen über den Einfluß des Ausgangsverbandes und der Jungbestandspflege der Douglasie vergleichsweise wenig Arbeiten vor (KENK und UNFRIED, 1980; VAN TUYLL und KRAMER, 1981; KENK u. WEISE, 1982; ERNST, 1983; KRAMER, HOLODYSKI und HEYDECKE, 1991; PRETZSCH u. SPELLMANN, 1994). Durch laufende Beobachtungen der bestehenden Douglasienversuchsflächen soll bestehendes Wissen erweitert und neue Erkenntnisse über das Wuchsverhalten der Douglasie in Mitteleuropa gewonnen werden, um den Waldbesitzern bestmögliche Empfehlungen zur Begründung und Pflege von Douglasienbeständen geben zu können.

Die vorliegende Arbeit entstand im Rahmen des Koordinierten Douglasien-Standraumversuchs, der durch die Initiative von ABETZ im Jahr 1970 in Zusammenarbeit der Landesforstverwaltungen und der Forstlichen Versuchsanstalten der Bundesländer Baden-Württemberg, Hessen, Rheinland-Pfalz, Saarland und Bayern angelegt wurde. Dieser Versuch umfaßte bei seinem Beginn 20 Versuchsflächen auf insgesamt etwa 48 ha Fläche, verteilt auf verschiedene Wuchsgebiete der beteiligten Länder. Im Rahmen der Sektion Ertragskunde wurde gemeinsam eine einheitliche Versuchsmethodik und ein Behandlungsplan erarbeitet. Die Behandlung und Auswertung der Versuchsbestände entsprechend diesen Vorgaben ist Aufgabe der Institutionen der einzelnen Bundesländer. Im Frühjahr 1995 erfolgte im Alter 25 die dritte ertragskundliche Aufnahme der beiden bayerischen Versuchsflächen Ansbach 609 (ANS 609) und Heigenbrücken 608 (HEI 608).

Tabelle 1: Pflanzverbände, die im Rahmen des Koordinierten Dgl.-Standraumversuchs untersucht werden (grau = auf bayerischen Versuchsflächen vorhanden).

| Pflanzenzahl je Standraum je Pflanze | 500 20 m ² | 1.000 10 m ² | 2.000 5 m ² | 4.000 2,5 m ² |
|---|--------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Reihenabstand 2 | | | 2 x 2,5 m | 2 x 1,25 m |
| 3 | | 3 x 3,33 m | 3 x 1,67 m | 3 x 0,83 m |
| 4 | | 4 x 2,5 m | 4 x 1,25 m | |
| 5 | 5 x 4,0 m | 5 x 2,0 m | 5 x 1,0 m | |
| 6 | 6 x 3,4 m | 6 x 1,67 m | | |
| 7 | 7 x 2,85 m | 7 x 1,43 m | | |

In Tabelle 1 sind die Pflanzverbände aufgeführt, die im Rahmen des Koordinierten Douglasien-Standraumversuchs untersucht werden sollen. Die Ausgangspflanzenzahlen liegen zwischen 500 und 4.000 Douglasien pro Hektar. Die Reihenabstände reichen von 2 bis 7 m und der Standraum je Pflanze beträgt zwischen 2,5 und 20 m². In Tabelle 1 sind die Pflanzverbände grau unterlegt, die auf den bayerischen Versuchsflächen erprobt werden.

2 Ziele der Untersuchung

Die vorliegende Untersuchung hat folgende Ziele:

- Niveau und Trend des Wachstums der Douglasien auf den Versuchsflächen ANS 609 und HEI 608 darzustellen,
- die Holzqualitäten an ausgesuchten Douglasien beider Versuchsanlagen zu beurteilen,
- Unterschiede des Wachstums und der Qualitäten in Abhängigkeit von der Ausgangspflanzenzahl, dem Pflanzverband und dem Pflegekonzept herauszuarbeiten,
- sowie die Ergebnisse dieser Untersuchungen mit den auf anderen Douglasienversuchsflächen gewonnenen Erkenntnissen zu vergleichen und
- vorläufige Empfehlungen für die Wahl des Ausgangspflanzverbandes und die Pflege der Douglasienbestände in der Jugendphase daraus abzuleiten.

3 Material und Methoden

3.1 Die Versuchsflächen

3.1.1 Ansbach 609

Die Versuchsanlage ANS 609 besteht aus 21 Parzellen von je 40 m x 40 m (0,16 ha) und einem 25 m bis 30 m breiten Umfassungstreifen. Die Gesamtfläche mißt 4,0 ha. Die Fläche jeder Parzelle teilt sich auf in eine Meßfläche von 30 m x 30 m und einen fünf Meter breiten, gleichartig bepflanzten Randstreifen. Die Pflanzreihenrichtung ist Ost - West. Das Versuchsareal ist nach Westen leicht geneigt. Die Anordnung der Versuchsfelder ist in Abbildung 1 dargestellt.

| | | | | | |
|---|---|--|---|---|---|
| P 01 (o.Beh.) 360 Dgl. 4000 N/ha 2 x 1,25m | P 02 182 Dgl. 2000 N/ha 4 x 1,25 m | P 03 360 Dgl. 4000 N/ha 2 x 1,25m | P 04 90 Dgl. 1000 N/ha 5 x 2,0m | P 05 180 Dgl. 2000 N/ha 5 x 1,0 m | P 06 (o.Beh.) 180 Dgl. 2000 N/ha 2 x 2,5 m |
| P 07 180 Dgl. 2000 N/ha 3 x 1,67 m | P 08 180 Dgl. 2000 N/ha 2 x 2,5 m | P 09 90 Dgl. 1000 N/ha 3 x 3,33 m | P 10 360 Dgl. 4000 N/ha 3 x 0,83 m | P 11 91 Dgl. 1000 N/ha 4 x 2,5 m | P 12 90 Dgl. 1000 N/ha 3 x 3,33 m |
| | P 13 91 Dgl. 1000 N/ha 4 x 2,5 m | P 14 360 Dgl. 4000 N/ha 2 x 1,25m | P 15 180 Dgl. 2000 N/ha 3 x 1,67 m | P 16 180 Dgl. 2000 N/ha 5 x 1,0 m | P 17 180 Dgl. 2000 N/ha 2 x 2,5 m |
| | | P 18 90 Dgl. 1000 N/ha 3 x 3,33 m | P 19 90 Dgl. 1000 N/ha 5 x 2,0m | P 20 182 Dgl. 2000 N/ha 4 x 1,25 m | P 21 360 Dgl. 4000 N/ha 3 x 0,83 m |

Abbildung 1: ANS 609, Lageplan der Parzellen mit Angabe der Pflanzverbände und Behandlungskonzepte (weiß = KOORD-Konzept, grau = Nullvariante, siehe 3.3 und 3.4)

Erprobt werden neun verschiedene Pflanzverbände (vgl. Tab. 2) mit Pflanzenzahlen von 1.000, 2.000 oder 4.000 Douglasien pro Hektar, bzw. 90, 180 oder 360 Bäumen pro Meßfeld. Jeder Pflanzverband ist mindestens einmal wiederholt.

Tabelle 2: Versuchsflächen ANS 609 und HEI 608, Verteilung der Ausgangspflanzenzahlen und Pflanzverbände auf die Parzellen (Dgl = Douglasie, Pz = Parzelle).

| Dgl./ha | 1.000 | | | 2.000 | | | | 4.000 | | |
|--------------------|-------------|---------|---------|------------|----------|----------|---------|-----------------|----------|---------|
| Verband (m) | 3 x 3,33 | 4 x 2,5 | 5 x 2,0 | 2 x 2,5 | 3 x 1,67 | 4 x 1,25 | 5 x 1,0 | 2 x 1,25 | 3 x 0,83 | Solitär |
| Dgl. / Pz : | 90 | 91 | 90 | 180 | 180 | 182 | 180 | 360 | 360 | < 90 |
| ANS 609 Pz-Nr.: | 9 - 12 - 18 | 11 - 13 | 4 - 19 | 6 - 8 - 17 | 7 - 15 | 2 - 20 | 5 - 16 | 1 - 3 - 14 | 10 - 21 | |
| HEI 608 Pz-Nr.: | 1 - 3 | 8 | 4 - 17 | 5 - 7 - 18 | 13 - 19 | 14 - 16 | 9 - 20 | 2 - 6 - 10 - 21 | 15 - 22 | 11 - 12 |

Die Parzellen wurden im Mai 1973 mit 3-jährigen (1 + 2) Douglasien, Sonderherkunft Südbaden, gepflanzt. Im Herbst waren 8 % der Pflanzen tot. Im Frühjahr 1975 und 1976 wurden die ausgefallenen Douglasien durch Pflanzen aus dem Umfassungstreifen nachgebessert. Auf Parzelle 17 (2 m x 2,5 m) kam es zwischen 1982 und 1990 durch Windwurf zu einer größeren Anzahl von Ausfällen. Durch die frühzeitige Stammzahlreduktion kann hier nicht mehr entsprechend dem Behandlungsplan (siehe 3.3) verfahren werden. Daher wird die Parzelle 17 in der Regel bei der ertragskundlichen Auswertung nicht berücksichtigt. Auf allen anderen Parzellen sind keine weiteren Schadereignisse zu verzeichnen.

3.1.2 Heigenbrücken 608

Die Versuchsanlage HEI 608 besteht aus 22 Parzellen von je 40 m x 40 m (0,16 ha) und einem Umfassungstreifen von 10 m bis 20 m Breite. Die Gesamtfläche mißt ca. 4,5 ha. Die Fläche jeder Parzelle teilt sich auf in eine Meßfläche von 30 m x 30 m und einen fünf Meter breiten, gleichartig bepflanzten Randstreifen. Die Pflanzreihenrichtung ist Nord - Süd. Das Versuchsareal ist nach Süden mäßig geneigt. Die Anordnung der Versuchsfelder ist auf Abbildung 5 dargestellt.

| | | | | | |
|---|---|--|---|--|--|
| P 01 (UFR) 90 Dgl. 1000 N/ha 3 x 3,33 m | P 02 (UFR) 360 Dgl. 4000 N/ha 2 x 1,25m | P 03 (KOORD) 90 Dgl. 1000 N/ha 3 x 3,33m | P 04 (UFR) 90 Dgl. 1000 N/ha 5 x 2,0m | P 05 (KOORD) 180 Dgl. 2000 N/ha 2 x 2,5m | P 06 (n.Beh.) 360 Dgl. 4000 N/ha 2 x 1,25m |
| P 07 (UFR) 180Dgl. 2000 N/ha 2 x 2,5m | P 08 (KOORD) 91 Dgl. 1000 N/ha 4 x 2,5m | P 09 (UFR) 180Dgl. 2000 N/ha 5 x 1,0m | P 10 (UFR) 360 Dgl. 4000 N/ha 2 x 1,25m | P 11 (Solitär) (3 x 3,33m) geplant | P 12 (Solitär) (4 x 2,5m) geplant |
| P 13 (UFR) 180Dgl. 2000 N/ha 3 x 1,67m | P 14 (UFR) 182 Dgl. 2000 N/ha 4 x 1,25m | P 15 (UFR) 360 Dgl. 4000 N/ha 3 x 0,83m | P 16 (KOORD) 182 Dgl. 2000 N/ha 4 x 1,25m | P 17 (KOORD) 90 Dgl. 1000 N/ha 5 x 2,0m | P 18 (KOORD) 180Dgl. 2000 N/ha 2 x 2,5m |
| | | | | P 20 (KOORD) 180Dgl. 2000 N/ha 5 x 1,0m | P 21 (KOORD) 360 Dgl. 4000 N/ha 2 x 1,25m |
| | | | | | P 22 (KOORD) 360 Dgl. 4000 N/ha 3 x 0,83m |

Abbildung 2: HEI 608, Lageplan der Parzellen mit Angabe der Pflanzverbände und Behandlungskonzepten (siehe 3.3 und 3.4)(grau = UFR-Konzept, weiß = KOORD-Konzept, dunkelgrau = Solitärflächen, hellgrau = Nullvariante)

Erprobt werden neun verschiedene Pflanzverbände (vgl. Tab. 2) mit Pflanzenzahlen von 1.000, 2.000 oder 4.000 Douglasien pro Hektar, bzw. 90, 180 oder 360 Bäumen pro Meßfeld. Jeder Pflanzverband war ursprünglich mindestens einmal wiederholt (Verband 4 x 2,5 m nur noch einmal vorhanden). Die Flächen wurden im Mai 1973 mit 3-jährigen (1 + 2) Douglasien, Sonderherkunft Südbaden, gepflanzt. Bis zum Herbst waren über 30 % der Pflanzen tot. Insgesamt mußte dreimal (F 1974, F 1975, F 1976) nachgebessert werden. Aufgrund erheblicher Pflanzenausfälle, auch nach den Nachbesserungen, auf den Parzellen 11 (3 x 3,33 m) und 12 (4 x 2,5 m), hat man sich 1989 entschlossen, die Stammzahlen dieser zwei Versuchsfelder auf unter 500 pro Hektar abzusenken und zukünftig als Solitärflächen zu behandeln.

3.2 Lage, Standort und Klima

Die Versuchsfläche ANS 809 liegt in einem Bereich eher subkontinentaler Klimaverhältnisse, wohingegen die Versuchsfläche HEI 608 im subatlantisch getönten, mäßig kühlen und niederschlagsreichen Bereich liegt (Tab. 3). Das Bodensubstrat ist auf beiden Flächen ein mäßig frischer anlehmiger bis lehmiger Sand.

Tabelle 3: Übersicht über Lage, Klima und Standort der Versuchsflächen ANS 609 und HEI 608.

| | | ANS 609 | HEI 608 |
|-----------------------|--------|--|--|
| Wuchsgebiet | | WG5 Fränkischer Keuper und Albvorland | WG 2 Spessart-Odenwald |
| Höhenlage | | 460m ü.NN | 415m ü.NN |
| Niederschlag | (Jahr) | 714mm | 1000mm |
| | (Veg) | 358mm | 390mm |
| Temperatur | (Jahr) | 8,0°C | 7,5°C |
| | (Veg) | 15,1°C | 14,2°C |
| Dauer Vegetationszeit | | 160 Tage | 158 Tage |
| Standort | | mäßig grundfrischer anlehmiger Sand | mäßig frischer - frischer lehmiger Sand |

3.3 Das Behandlungskonzept des koordinierten Douglasien-Standraumversuches

Der Behandlungsplan des koordinierten Douglasien-Standraumversuches (KOORD) folgt einer Z-Baum orientierten Durchforstung nach ABETZ. Bei einer durchschnittlichen Oberhöhe $h_{100} = 12$ m aller Parzellen sollen 150 Ausleseebäume (Z-Bäume) pro Hektar in standräumlich günstiger Verteilung ausgewählt werden. Diese sollten gesund, geradschaftig und wüchsig sein und der vorherrschenden oder herrschenden Schicht angehören. Grob- oder steilastige Bäume sollten nicht ausgewählt werden. Auch auf möglichst gleichmäßige und entwicklungsfähige Kronen ist zu achten. Bei den Durchforstungen sind die Bäume zu entnehmen, welche die Zukunftsbäume in ihrer Kronenentwicklung behindern, es handelt sich bei den Eingriffen also grundsätzlich um Hochdurchforstungen.

Die Stammzahlabsenkung erfolgt oberhöhengesteuert nach der Baumzahlleitkurve von KENK (1984) (Abb. 3). Sie unterstellt eine künstliche Bestandesbegründung mit ca. 1.500 Pflanzen pro Hektar und daß vor Beginn der Eingriffe bei einer Oberhöhe von 18 m noch 1.350 Douglasien pro Hektar vorhanden sind. Die Leitkurve gibt die Baumzahlen nach den Durchforstungen wieder.

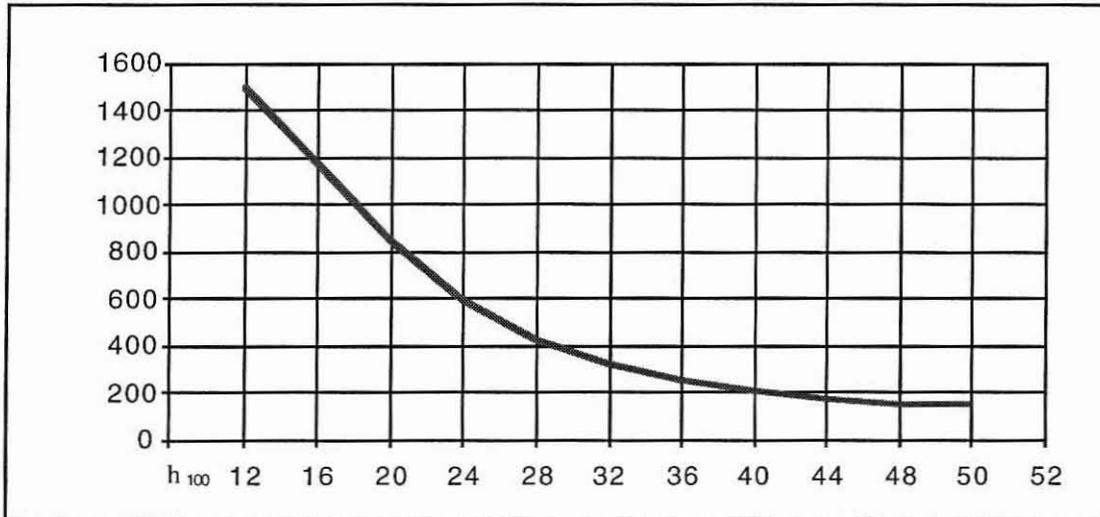


Abbildung 3: Baumzahlleitkurve Douglasie, starke Durchforstung (KENK, 1984).

3.4 Behandlungsvarianten

Zusätzlich zur Behandlung nach dem KOORD-Konzept ist es den Versuchsteilnehmern freigestellt, weitere Behandlungsvarianten zu erproben. Im Rahmen des bayerischen Douglasien-Standraum-Versuchs werden zusätzlich noch zwei weitere Behandlungsvarianten erprobt: die Nullvariante und auf der Versuchsanlage in Heigenbrücken das Unterfränkische Douglasienkonzept UFR nach FLEDER (OFOD WÜRZBURG, 1987). Die Solitärflächen 11 und 12 in Heigenbrücken wurden ursprünglich mit 1.000 Douglasien pro Hektar begründet. Aufgrund der hohen Ausfallprozente, trotz dreifacher Nachbesserung auf diesen Parzellen, hat man sich dazu entschlossen, sie durch gezielte Entnahme weiterer Bäume in Solitärflächen umzuwandeln. Die Behandlung erfolgt hier entsprechend dem KOORD -Konzept.

3.4.1 Nullvariante

Auf den Parzellen 1 (4.000/ha) und 6 (2.000/ha) in Ansbach, sowie auf Parzelle 6 der Versuchsanlage in Heigenbrücken, wird eine Nullvariante erprobt. Das heißt, hier werden keine Stammzahlreduzierungen vorgenommen. Ausleseebäume werden jedoch entsprechend dem Behandlungsplan ausgewählt und geastet.

3.4.2 Das Unterfränkische Douglasienkonzept

Neun der 21 Parzellen der Versuchsfläche HEI 608 werden nach dem Unterfränkischen Douglasienkonzept nach FLEDER (OFOD WÜRZBURG, 1987) behandelt. Ziel dieses Konzeptes ist es, ausgehend von Douglasienreinbeständen, durch eine langfristige plenter- und femelartige Zielstärkennutzung auf Mischbestände hinzusteuern und dabei einen möglichst hohen Anteil an Douglasienwertholz zu produzieren. Ein wesentliches Element dieses

Programmes ist die Erziehung durch den Nachbarn. Nur die größten Vorwüchse, die ihre Nachbarn in ihrer Existenz bedrohen, werden entfernt oder geringelt. Gut veranlagte schwächere Bäumchen der Kraftklasse 3 sollen auf jeden Fall geschont werden. Es werden 300 Astungsbäume pro Hektar ausgewählt, wobei nicht die vitalsten sondern die qualitativ Besten aus der herrschenden Schicht im Vordergrund stehen sollten. Eine Auslesedurchforstung im eigentlichen Sinn erfolgt erst nach der zweiten Astungsstufe.

4 Ergebnisse

4.1 Auswirkung der verschiedenen Pflanzverbände und Ausgangspflanzenzahlen auf das Wachstum bis zum Alter 25

4.1.1 Stammzahlentwicklung

In den Abbildungen 4 und 5 sind die Stammzahlen, bzw. die ausscheidende Bäume der 21 Versuchspartellen in Ansbach und Heigenbrücken von 1982, 1990 und 1995 dargestellt.

Auf den Parzellen mit einer Ausgangspflanzenzahl von 4.000 Douglasien pro ha wurde 1990 bereits die erste Stammzahlreduktion, entsprechend der Baumzahlleitkurve für Douglasie, starke Durchforstung (KENK, 1984), durchgeführt. Im Frühjahr 1995 erfolgte bei einer mittleren Spitzenhöhe h_{100} von 16,25 m der zweite Eingriff, bei den Parzellen mit 2.000 Douglasien pro ha der erste Eingriff, wobei die Stammzahlen auf 1.100 Bäume pro ha gesenkt wurden. Die Parzellen mit Ausgangspflanzenzahlen von 1.000 pro ha wurden nicht durchforstet. Die Auslesedurchforstung beginnt hier entsprechend dem Behandlungsplan erst bei einer mittleren Spitzenhöhe h_{100} von 21 m. Ebenso blieben die Nullparzellen ohne Behandlung.

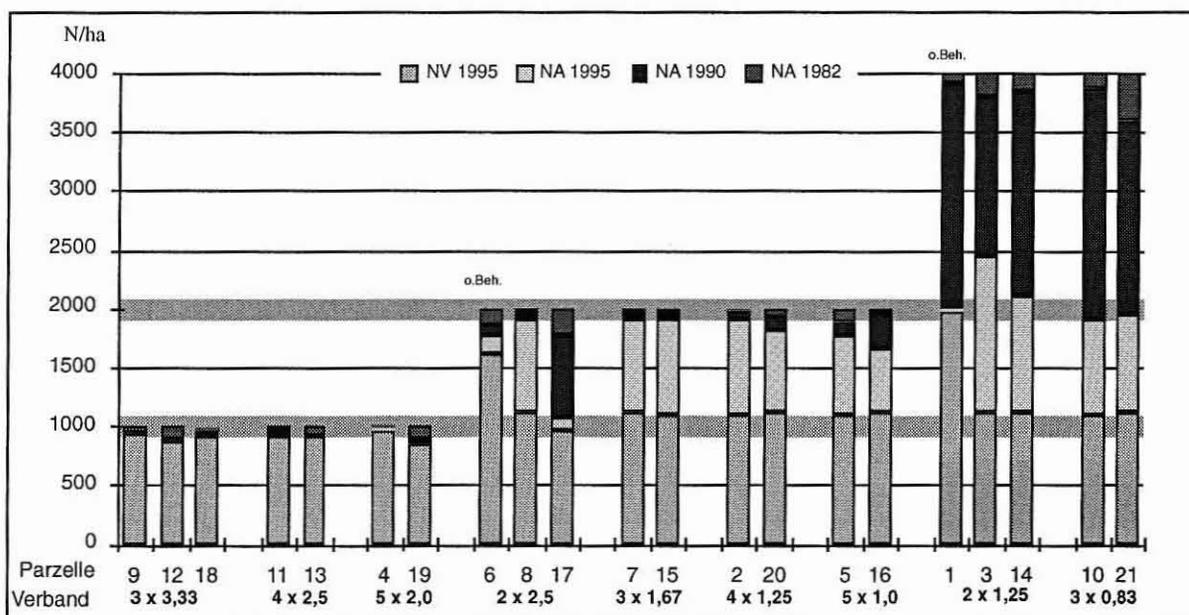


Abbildung 4: Entwicklung der Stammzahlen 1982 - 1995 der Versuchsfläche ANS 609 (Legende: N = Anzahl, A = ausscheidend, V = verbleibend).

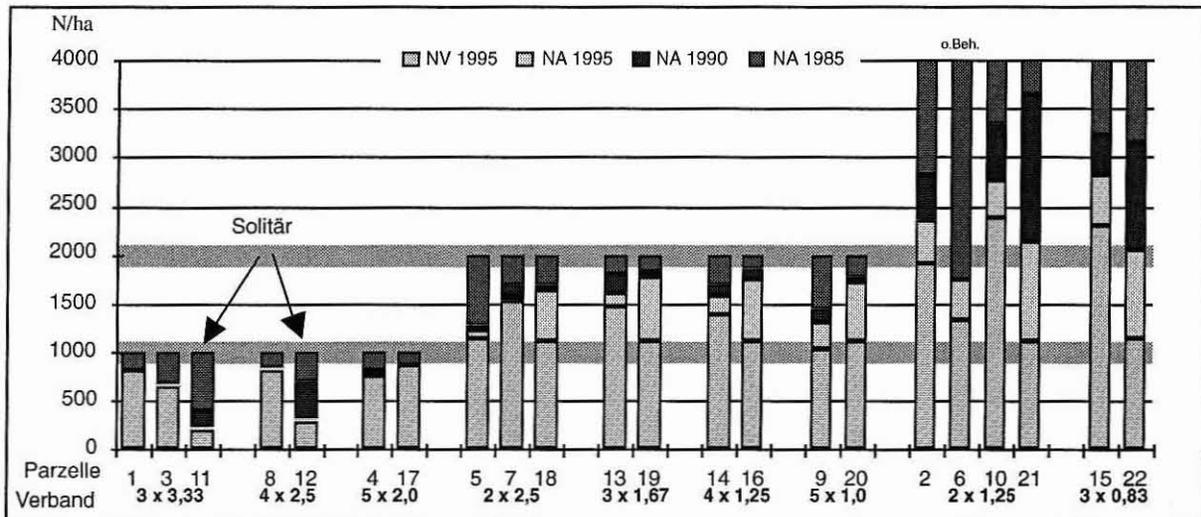


Abbildung 5: Entwicklung der Stammzahlen 1985 - 95 auf der Versuchsfläche HEI 608 (Legende: N = Anzahl, A = ausscheidend, V = verbleibend).

Auf der Versuchsfläche Heigenbrücken (Abb. 5) kann man nun gut die jeweiligen Parzellen der beiden verschiedenen Behandlungsvarianten, KOORD-Konzept und Unterfränkisches Konzept, unterscheiden. Auf den Parzellen 5, 16 und 18 bis 22 (KOORD-Konzept) wurden dabei die Stammzahlen einheitlich auf 1.100 pro ha gesenkt. Auf den Parzellen 2, 7, 9, 10, 13, 14 und 15, die nach dem Unterfränkischen Konzept behandelt werden, variieren die Stammzahlen. Die Eingriffe fallen vergleichsweise schwächer aus, da hier auf die Pflege durch den Nachbarn gesetzt wird. Zu erkennen sind auch die Solitärparzellen 11 und 12 mit weniger als 500 Bäumen pro ha.

4.1.2 Oberhöhenentwicklung

Die mittleren Oberhöhen der Pflanzverbände auf der Versuchsfläche ANS 609 weisen lediglich geringe Unterschiede auf (vgl. Abb. 6). Die Standardabweichung beträgt hier nur 0,2 m. Die Messungen ergaben für das Jahr 1990 Oberhöhenwerte zwischen 12,0 m und 12,8 m, im Jahr 1995 zwischen 16,1 m und 16,7 m. Unterschiede in Abhängigkeit von der Ausgangspflanzenzahl oder der Art des Pflanzverbandes sind nicht zu erkennen.

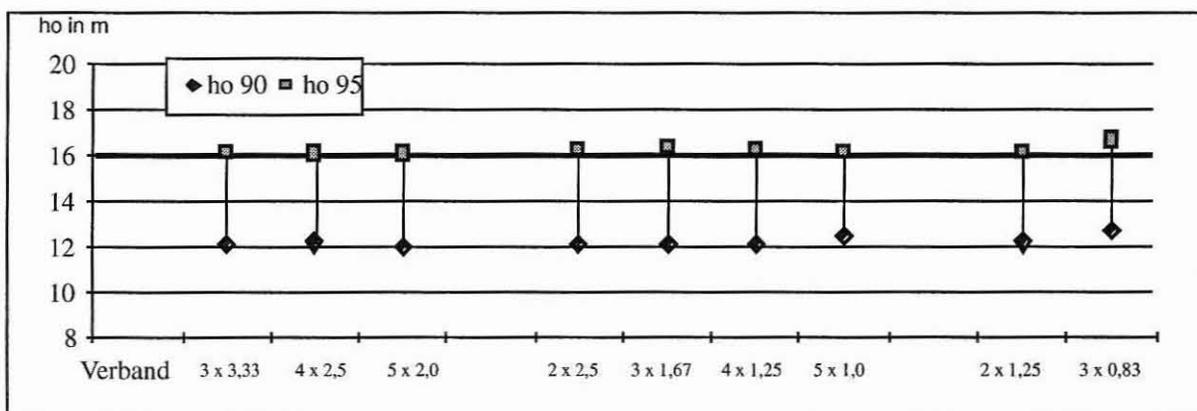


Abbildung 6: Mittlere Oberhöhen (ho) der Pflanzverbände in den Jahren 1990 und 1995 auf der Versuchsfläche ANS 609.

Die Relation der Oberhöhen der Pflanzverbände auf der Versuchsfläche HEI 608 zueinander ist für 1990 und 1995 praktisch identisch (vgl. Abb. 7). Die geringsten Oberhöhen finden sich bei den Pflanzverbänden mit 1.000 Douglasien pro Hektar. Die Verbände mit 2.000 und 4.000 Douglasien pro Hektar liegen auf einem ähnlichen Niveau. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Oberhöhen der unterschiedlichen Begründungsdichten ließ sich nicht nachweisen.

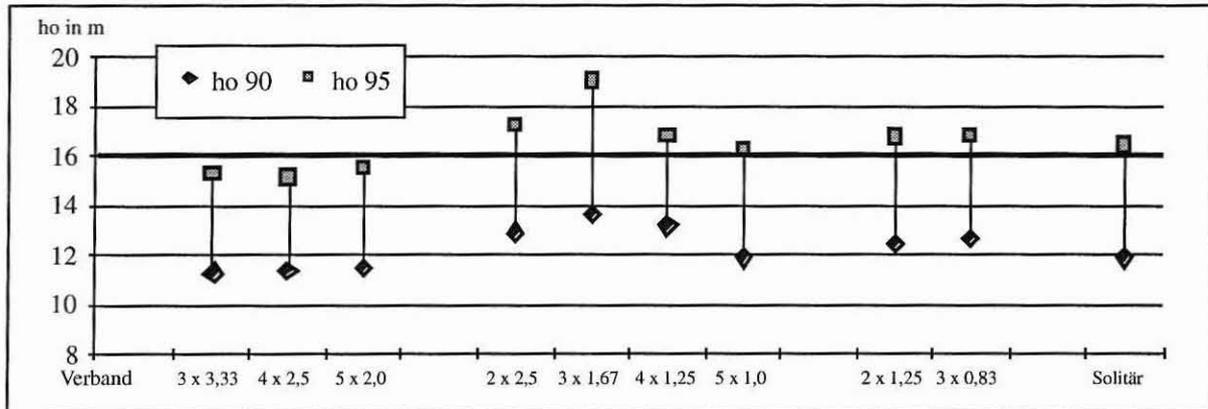


Abbildung 7: Mittlere Oberhöhen (ho) der Pflanzverbände in den Jahren 1990 und 1995 auf der Versuchsfläche HEI 608.

4.1.3 Höhendifferenzierung

Als Kriterium zur Beurteilung der Höhendifferenzierung wurde der Anteil an Bäumen in der Oberschicht herangezogen. Die Definition wurde in Anlehnung an MAGIN (1959) getroffen, dazu gehören alle Bäume einer Fläche, die mindestens 80% der Höhe des höchsten Baumes erreicht haben.

Auf der Versuchsfläche ANS 609 zeigt sich im Alter von 12 Jahren eine frühzeitige Höhendifferenzierung der Douglasien. Damals gehörten lediglich zwischen 28 und 53 Prozent aller Bäume der Oberschicht an (ERNST 1983). Betrachtet man den Anteil der Bäume an der Oberschicht bei den letzten beiden ertragskundlichen Aufnahmen (vgl. Abb. 8), so ist ein Trend zu sehr homogenen, einschichtigen Beständen mit nur geringen Höhendifferenzierungen

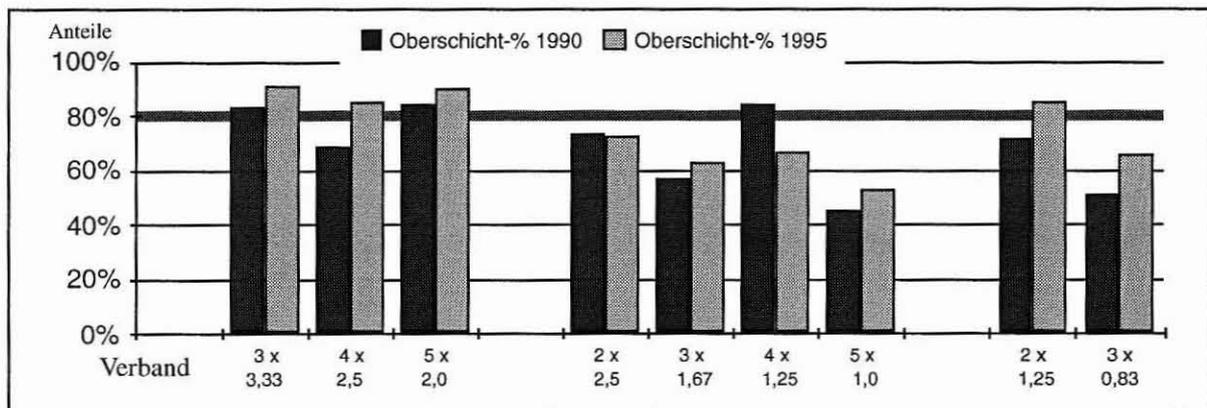


Abbildung 8: Mittlerer Anteil der Bäume an der Oberschicht der Pflanzverbände in den Jahren 1990 und 1995 auf der Versuchsfläche ANS 609.

erkennbar. Am gleichmäßigsten entwickelten sich bezüglich der Höhen die Weitverbände 3 x 3,33 m, 4 x 2,5 m und 5 x 2,0 m und der Verband 2 x 1,25 m (4.000/ha). Der Anteil der Bäume an der Oberschicht liegt hier bei 85 % bis 91 %. Am stärksten differenziert haben sich die Bäume der Pflanzverbände 3 x 1,67 m, 4 x 1,25 m, 5 x 1,0 m (alle 2.000/ha) und 3 x 0,83 m (4.000/ha). Hier befinden sich zwischen 53 % und 66 % in der Oberschicht. Der Verband 2 x 2,5 m zeigt eine gleichbleibende Höhendifferenzierung mit etwa 72 % der Bäume in der Oberschicht während der letzten fünf Jahre. Bei den Pflanzverbänden mit 2.000 und 4.000 Douglasien pro Hektar weisen die rechteckigen Verbände eine größere Differenzierung auf als die quadratischen.

Eine Abnahme der Höhendifferenzierung mit zunehmenden Alter ist auch auf der Versuchsfläche HEI 608 festzustellen (vgl. Abb. 9). Die einzige Ausnahme bildet hier der Verband 3 x 1,67 m (2.000/ha). Hier verringerte sich der Anteil der Bäume an der Oberschicht bis 1995 auf weniger als 40 %. Die einheitlichste Höhenentwicklung zeigen die Verbände 3 x 3,33 m, 4 x 2,5 m (beide 1.000/ha), 2 x 2,5 m (2.000/ha) und 2 x 1,25 m (4.000/ha) mit Oberschichtanteilen von über 60 %, sowie die Solitärflächen, auf denen über 80 % der Bäume der Oberschicht angehören. Tendenziell zeigt sich auch hier bei den rechteckigen Pflanzverbänden eine höhere Differenzierung als bei den quadratischen. Die nach dem Unterfränkischen Konzept behandelten Flächen zeigen im Frühjahr 1995 eine vergleichsweise stärkere Höhendifferenzierung als die nach dem KOORD-Konzept behandelten Verbände.

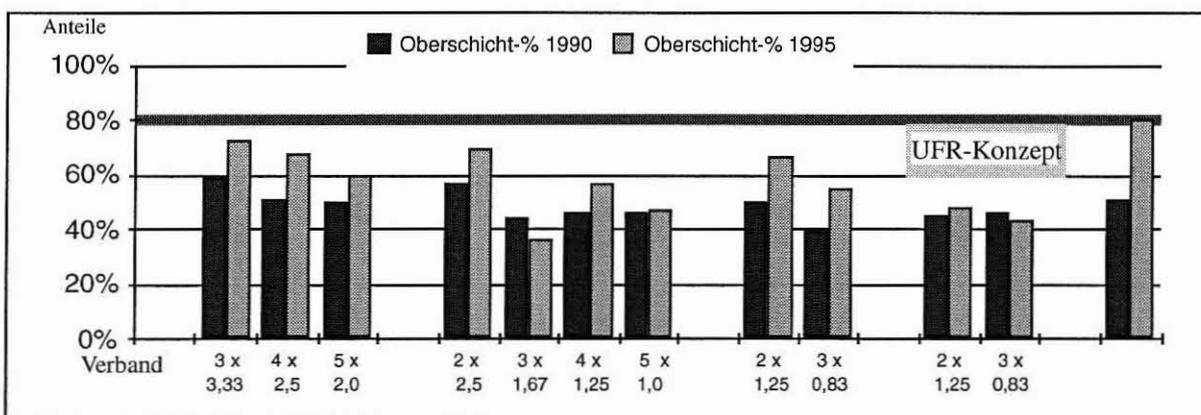


Abbildung 9: Mittlerer Anteil der Bäume an der Oberschicht der Pflanzverbände in den Jahren 1990 und 1995 auf der Versuchsfläche HEI 608.

4.1.4 Laufender Volumenzuwachs

Der laufende Volumenzuwachs für den Zeitraum von 1982 bis 1990 steigt mit zunehmender Begründungsdichte auf der Versuchsfläche ANS 609 an (vgl. Abb. 10). Die Zuwächse der Weitverbände weisen ähnliche Werte zwischen 12,1 VfmS/ha und 13,9 VfmS/ha auf. Die Werte der Verbände mit 2.000 Douglasien pro Hektar weisen eine größere Variationsbreite auf und reichen von 14,0 VfmS/ha bis 20,4 VfmS/ha. Nur geringe Unterschiede finden sich bei den Dichtverbänden 2 x 1,25 m und 3 x 0,83 m mit laufenden Zuwächsen von 21,9 VfmS/ha und 20,8 VfmS/ha. Die ertragskundlichen Aufnahmen ergaben deutlich höhere laufende Volumenzuwächse für die Zeit von 1990 bis 1995 als im vorangegangenen Beobachtungszeitraum (1982-1990). Die höchsten laufenden Zuwachswerte ergaben die Messungen bei den mit 2.000 Douglasien pro Hektar begründeten Verbänden 2 x 2,5 m mit 31,3 VfmS/ha und 3 x 1,67 m mit 27,8 VfmS/ha, gefolgt von dem Verband 2 x 1,25 m

(4.000/ha). Der vergleichsweise geringe Anstieg der Volumenzuwächse der Dichtverbände ist eine Folge der im Jahr 1990 durchgeführten Stammzahlreduktion. In beiden Perioden ist bei allen drei Begründungsdichten eine Abnahme der Zuwächse von den Quadrat- zu den Rechteckverbänden erkennbar.

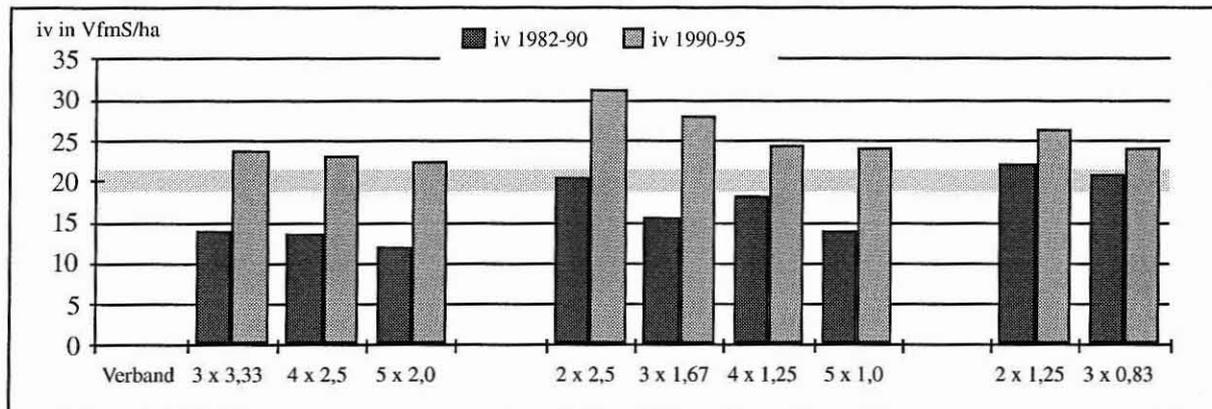


Abbildung 10: Laufender Volumenzuwachs (iv) in den Perioden 1982 - 90 und 1990 - 95 auf der Versuchsfläche ANS 609.

Eine ähnliche Entwicklung der laufenden Volumenzuwächse zeigt sich auf der Fläche HEI 608. Während der ersten Periode steigen sie mit zunehmender Ausgangspflanzenzahl der Verbände an (vgl. Abb. 11). Die Werte der Weitverbände liegen für diesen Zeitraum zwischen 10,1 VfmS/ha und 11,1 VfmS/ha, die Werte der Verbände 4 x 1,25 m und 5 x 1,0 m mit 2.000 Douglasien pro Hektar bei 18,5 VfmS/ha und 15,2 VfmS/ha. Alle anderen Verbände weisen von 1985 bis 1990 einen laufenden Volumenzuwachs von mindestens 20 VfmS/ha auf. Mit Ausnahme des dicht begründeten Verbandes 2 x 1,25 m (UFR-Konzept) haben sich seit der Aufnahme im Jahr 1990 die laufenden Zuwächse aller Pflanzverbände erhöht. Hier gilt: Je niedriger die Ausgangspflanzenzahl, desto höher die Steigerung des laufenden Volumenzuwachses. Die mit Abstand niedrigsten Zuwachswerte von 17,0 VfmS/ha bis 18,3 VfmS/ha finden sich jedoch weiterhin bei den Verbänden 3 x 3,33 m, 4 x 2,5 m und 5 x 2,0 m mit 1.000 Douglasien pro Hektar. Die höchsten laufenden Zuwächse mit über 27 VfmS/ha erreichten die Verbände 2 x 1,25 m und 3 x 1,67 m (beide 2.000/ha). Die hohe Zuwachsleistung des Verbandes 3 x 1,67 m ist zu einem gewissen Teil auf die zweimalige Unterhanglage der Parzellen 13 und 19, auf denen dieser Pflanzverband angelegt wurde, zurückzuführen. Die übrigen Verbände zeigen laufende Zuwächse zwischen 23,9 VfmS/ha und 25,2 VfmS/ha, der Verband 5 x 1,0 m (2.000/ha) bleibt mit 21,2 VfmS/ha etwas zurück.

Es zeichnet sich ein Trend ab, bei dem die Engverbände nach anfänglicher Überlegenheit in der Wuchsleistung von den Verbänden mit geringeren Ausgangspflanzenzahlen eingeholt, oder in Zukunft sogar überholt werden. Vergleichbare Entwicklungen zeigten sich in zum Teil undurchforsteten Beständen von Douglasienverbandsversuchen in Großbritannien (HAMILTON u. CHRISTIE, 1974) und Kanada (REUKEMA, 1970, 1979).

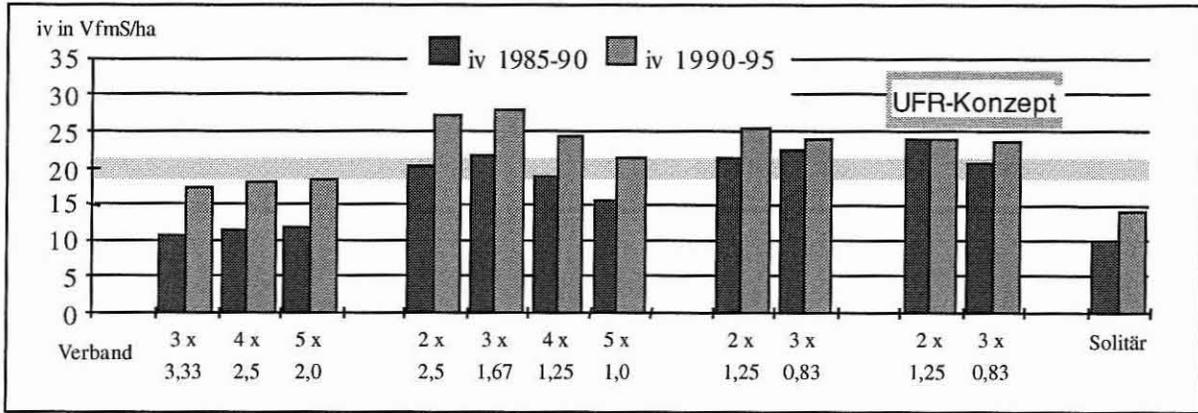


Abbildung 11: Laufender Volumenzuwachs (iv) in den Perioden 1985 - 90 und 1990 - 95 auf der Versuchsfläche HEI 608.

4.2 Kronenentwicklung

4.2.1 Kronenradien

Auf beiden Versuchsanlagen wurden bei jedem Pflanzverband in ausgewählten Bestandesteilen die Kronen vermessen. Dabei wurden vier Kronenradien aller Douglasien von jeweils drei nebeneinanderliegenden Reihen in den Himmelsrichtungen Norden, Osten, Westen und Süden gemessen. Die mittleren Kronenradien für die Fläche ANS 609 ist auf Abbildung 12 dargestellt.

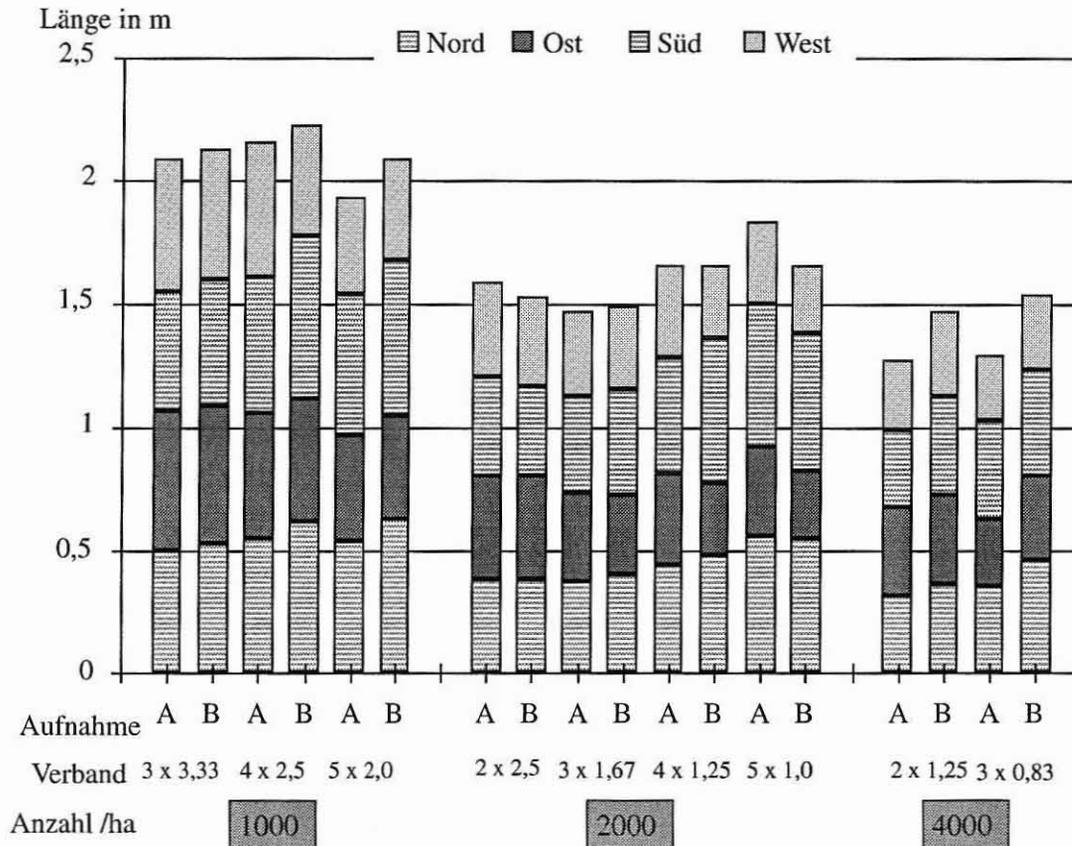


Abbildung 12: Mittlere Länge der Kronenradien (Gesamthöhe der Säule) der Pflanzverbände auf der Fläche ANS 609 in den Jahren 1990 (A) und 1995 (B) in Metern. Die Säulen sind zusammengesetzt aus den Anteilen (unterschiedliche Signaturen innerhalb der Säulen) der vier Radien an der mittleren Länge (gestreifte Signatur = quer zur Pflanzreihe).

Auf der Versuchsanlage ANS 609 finden sich 1990 und 1995 die größten mittleren Kronenradien mit 2,1 m bei den Pflanzverbänden mit Ausgangspflanzenzahlen von 1.000 Douglasien pro Hektar (vgl. Abb.12). Die mittleren Kronenradien der Pflanzverbände mit einer Begründungsdichte von 2.000 Douglasien pro Hektar sind zu beiden Aufnahmezeitpunkten deutlich kleiner. Die Auswertungen der Meßdaten dieser Verbände ergaben mittlere Radien von 1,5 m bei Reihenabständen von 2 und 3 Metern. Bei Reihenabständen von 4 und 5 Metern wurden mittlere Kronenradien von 1,7 Metern gemessen. Die kleinsten Kronenradien finden sich im Alter 20 mit durchschnittlich 1,3 m bei den Dichtverbänden 2 m x 1,25 m und 3m x 0,83 m. Nach der Stammzahlreduktion im Jahr 1990 vergrößerten sich die Kronenradien dieser beiden Verbände. Mit 1,5 Meter finden sich hier nun gleiche mittlere Kronenradien wie bei den 2.000er-Verbänden, bei denen die Reihenabstände ebenfalls 2 und 3 Meter betragen.

Auf beiden Versuchsanlagen sind die Kronenradien in Richtung der Pflanzreihe kleiner als die Radien, die senkrecht zu den Pflanzreihen gemessen wurden. Umgekehrte Verhältnisse herrschen bei den Quadratverbänden 3 m x 3,33 m (1.000/ha) und 2 m x 2,5 m (2.000/ha), bei denen der Abstand zwischen den Reihen größer ist als der Baumabstand in der Pflanzreihe. Hier ist die Kronenausdehnung in der Pflanzreihenrichtung größer. Im Alter 20 lagen die Unterschiede bei 2 bis 38 %, im Mittel bei 8 %. Bis zum Alter 25 erhöhten sich die Unterschiede auf 3 bis 50 %, im Mittel auf 20 %. Bei gleicher Pflanzendichte nehmen die Unterschiede der Kronenradien in Richtung der Pflanzreihe und senkrecht zur Pflanzreihe von den Quadrat- zu den Rechteckverbänden zu.

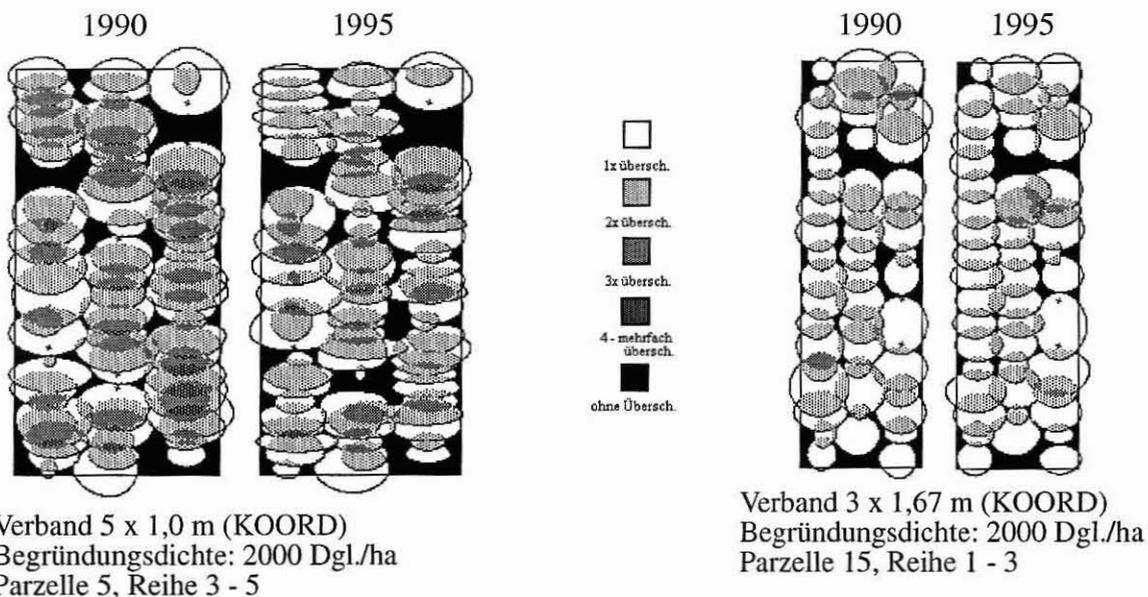


Abbildung 13: Versuchsfläche ANS 609, Kronenkarten des Verbandes 5 m x 1,0 m (links) und des Verbandes 3 m x 1,67 m (rechts) zu en Aufnahmezeitpunkten 1990 und 1995.

Die Abbildung 13 zeigt mit dem Verband 5 m x 1,0 m einen Rechteckverband mittlerer Begründungsdichte. Dieser ist durch die starke Exzentrizität der Kronen gekennzeichnet. Der Verband 3 m x 1,67 m weist dieselbe Ausgangspflanzenzahl auf, die Kronen haben sich jedoch völlig anders entwickelt. Sie sind häufig kreisrund ausgebildet. Die Kronengrößen und Kronenformen habe sich von 1990 bis 1995 kaum verändert, da auf den Verbänden mit 2000 Bäumen/ha bis 1995 kein Eingriff stattgefunden hat.

4.2 Beurteilung der Durchforstungseingriffe

Nach MOOG (1995) sind Entscheidungen über Durchforstungen kombinierte Investitions- und Desinvestitionsentscheidungen. Es wird nicht nur ein Teil des Holzvorrats entnommen und, soweit möglich, in liquide Mittel umgewandelt, sondern der Waldbesitzer erhofft sich dadurch auch positive Auswirkungen auf den verbleibenden Bestand und eine damit verbundene Wertsteigerung. Die Vorteile dieser Wertsteigerung erfährt der Waldbesitzer erst in der Zukunft, die Kosten für diese Maßnahmen muß er jedoch in der Gegenwart aufbringen. Im Folgenden soll kurz untersucht werden, wie sich die unterschiedlichen Ausgangsverbände und Behandlungskonzepte auf das Betriebsergebnis auswirken.

Als ertragskundliche Kenngrößen des ausscheidenden Bestandes werden der arithmetische Mitteldurchmesser und das Volumen betrachtet. Zum ausscheidenden Bestand zählen die bei der Durchforstung entnommenen lebenden Bäume, sowie die bereits vorher natürlich abgestorbenen Douglasien. Es wird davon ausgegangen, daß auch zum Zeitpunkt des Eingriffs bereits tote Stämme zumindest umgesägt werden, zum Teil sogar aufgearbeitet werden. Sie verursachen also ebenfalls Aufwand.

4.2.1 Volumen des ausscheidenden Bestandes

In den Abbildungen 14 und 15 sind die Volumenwerte der durch die Durchforstungen in Ansbach und Heigenbrücken ausscheidenden Bestände dargestellt.

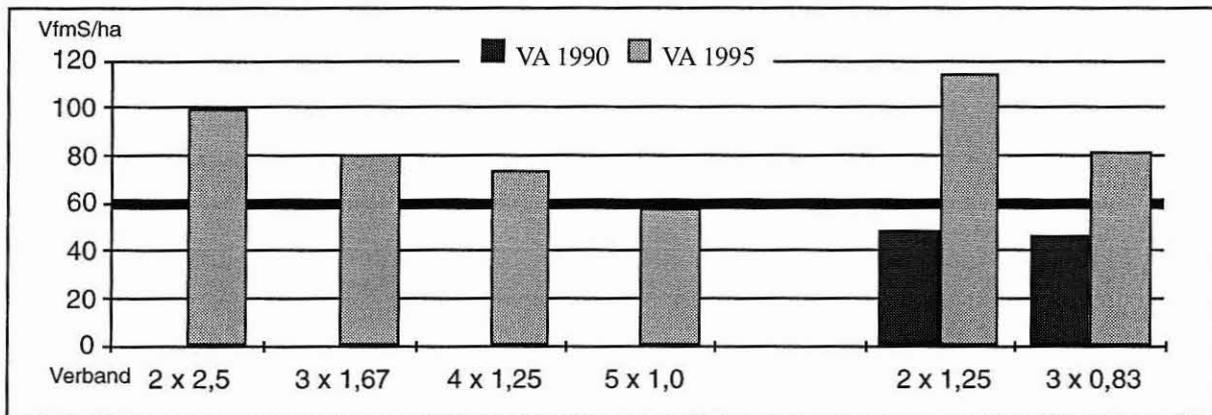


Abbildung 14: Volumen des ausscheidenden Bestandes für die Durchforstungseingriffe in den Jahren 1990 und 1995 für die Versuchsfläche ANS 609.

Mit dem ersten Eingriff 1990 wurde bei den Engverbänden 2 m x 1,25 m und 3 m x 0,83 m jeweils weniger als 50 VfmS pro Hektar entnommen. Die Werte für die Pflegemaßnahmen 1995 weisen eine deutliche Abhängigkeit von der Gesamtwuchsleistung der Verbände auf.

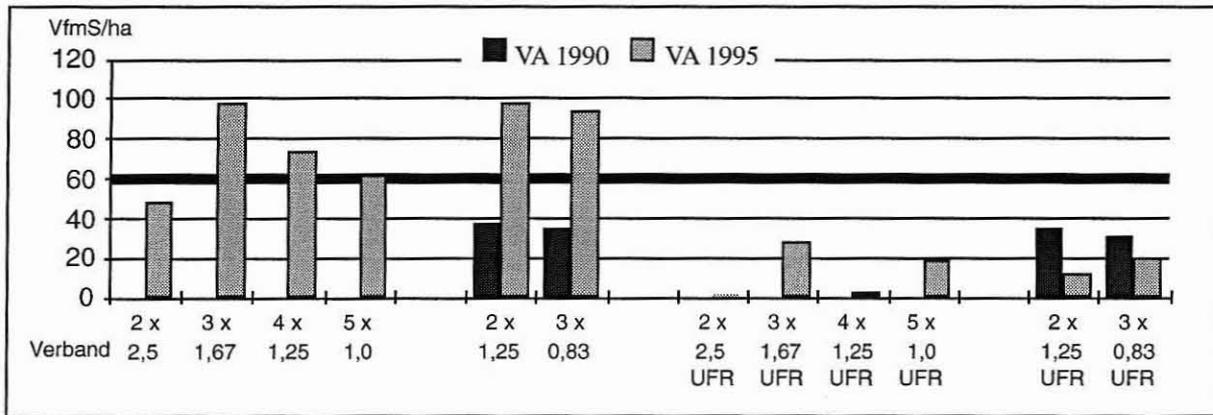


Abbildung 15: Volumen des ausscheidenden Bestandes für die Durchforstungseingriffe in den Jahren 1990 und 1995 für die Versuchsfläche HEI 608.

Je höher die Gesamtwuchsleistung ist, desto größer ist die Vornutzung. Aufgrund der großen Zahl natürlicher Abgänge bei dem Verband 2 x 2,5 m (2.000/ha) in Heigenbrücken und 3 m x 0,83 m (4.000/ha) in Ansbach fielen dort die Eingriffe verhältnismäßig schwach aus. Bei den Verbänden, die auf der Versuchsanlage HEI 608 nach dem Unterfränkischen Konzept behandelt werden, wurde bei der ersten Durchforstung eine ähnliche Holzmasse wie auf den KOORD-Flächen entnommen. Die Volumenwerte der Durchforstung im Jahr 1995 sind dagegen deutlich niedriger. In den Verbänden 2 m x 2,5 m und 4 m x 1,25 m (2.000/ha) mußte nicht aktiv eingegriffen werden. Hier schieden lediglich einige Bäume auf natürliche Weise aus. Die mittleren BHD's der 1990 aus den Dichtverbänden entnommenen Stämme liegt auf den KOORD -Flächen (ANS und HEI) bei 7 cm und 8 cm. Auf den UFR-Flächen in Heigenbrücken liegen die mittleren Durchmesserwerte mit 9 cm (2 m x 1,25 m) und 12 cm (3 m x 0,83 m) darüber. Die auf den KOORD -Flächen im Zuge des Eingriffs 1995 aus den Verbänden mit Ausgangspflanzenzahlen von 2.000 und 4.000 Douglasien pro Hektar entnommenen Stämme weisen im Mittel Brusthöhendurchmesser von 12 bis 14 cm auf. Die Durchmesserwerte der Stämme, die bei Eingriffen nach dem Unterfränkischen Douglasienkonzept entnommen wurden, unterscheiden sich von Verband zu Verband recht stark. Der Maximalwert findet sich bei dem Verband 3 m x 1,67 m (2.000/ha) mit 16 cm. Die Werte der anderen Verbände liegen zwischen 5 cm und 9 cm, im Mittel bei 7 cm.

4.2.2 Holzerntekosten

Auswertungen von Fichten-Durchforstungsversuchen (VAN LAAR et al., 1992) zeigen, daß die Höhe der Kosten pro Festmeter einer Durchforstungsmaßnahme vorrangig von dem Mechanisierungsgrad des Ernteverfahrens und dem mittleren Brusthöhendurchmesser des ausscheidenden Bestandes abhängen. Je höher der Mechanisierungsgrad und je größer der mittlere BHD des ausscheidenden Bestandes ist, desto höher ist die technische Arbeitsproduktivität (TAP) und desto niedriger sind die Kosten pro fm. Die Bestockungsdichte hat nur einen unbedeutenden Einfluß. Die Bedeutung der Durchmesser für den Zeitaufwand bei der Holzernte hat SPEIDEL bereits 1952 nachgewiesen und das Stückmassegesetz formuliert. Bei der Berechnung der Holzerntekosten im Rahmen dieser Arbeit wird angenommen, daß grundsätzlich ein hochmechanisiertes Ernteverfahren (30 m Rückegassenabstand, Kranvollernter + motormanuelles Zufällen außerhalb der Kranzone, Rücken mit Forwarder) zum Einsatz kommen kann. Die entscheidende Einflußgröße auf die Erntekosten sind daher die

mittleren BHD's und die Holzmasse der ausscheidenden Bestände der verschiedenen Pflanzverbände.

Die technische Arbeitsproduktivität (TAP) von Kranvollernter und Forwarder kann wie folgt in Beziehung zum mittleren BHD des ausscheidenden Bestandes gesetzt werden:

$$\text{Kranvollernter: } \ln TAP = 1,3444 * \ln \overline{\text{BHD}} - 1,698 \text{ (fm o.R./MAS)}$$

$$\text{Forwarder: } \ln TAP = 0,230 * \ln \overline{\text{BHD}} + 1,454 \text{ (fm o.R./MAS)}$$

(VAN LAAR et al., 1992)

Für die Maschinenarbeitsstunde (MAS) wurden 220 DM für den Kranvollernter und 110 DM für den Rückezug veranschlagt. Die Kosten wurden wie folgt berechnet:

$$\text{Kosten} = \text{Holzmasse} * \frac{\text{Kosten/MAS}}{\text{TAP}} \text{ Dm/ha}$$

Für den Forwarder wurde nur das zum Verkauf kommende Holz berücksichtigt. Die durchschnittlichen Kosten pro Hektar für Kranvollernter und Rückezug für die verschiedenen Pflanzverbände bei den Durchforstungen 1990 und 1995 sind in den Abbildungen 16-18 aufgeführt.

Beispiel: mittlerer BHD = 8 cm, daraus ergibt sich eine TAP von 3 fm o.R./MAS, das führt zu Holzaufarbeitungskosten durch den Kranvollernter von 73 DM/fm, der Forwarder hat eine TAP von 6,9 fm o.R./MAS, das ergibt Rückekosten von ca. 16 DM. Die Gesamtkosten für Fällen und Rücken liegen in diesem Beispiel bei 89 DM/fm.

4.2.3 Holzsortierung und Erlöse

Für die Holzsortierung nach der HKS (StMELF, 1969) wurde das von KUBLIN und SCHARNAGL (1985) entwickelte Programm BDAT verwendet. Gestützt auf die Brusthöhendurchmesser der ausscheidenden Stämme und die Funktionen für die Höhenkurven wurden die entnommenen Holzmassen jedes Eingriffs einzelstammweise sortiert. Die Untersuchungen von VAN LAAR et al. (1992) zeigen, daß die Höhe der Deckungsbeiträge sehr stark vom Holzpreisniveau abhängen, das erheblichen Schwankungen unterliegt. Für die Fragestellung dieser Untersuchung interessiert jedoch nicht so sehr die absolute Höhe der Beträge, als vielmehr die durch verschiedene Einflußgrößen (Pflanzverband, mittlerer BHD,

Tabelle 3: Erlöse der Rohholzsorten anhand der Holzpreisstatistik (StMELF, 1995 a,b) für Mai und November 1995 ermittelt. Die Holzpreise der beiden Monate wurden gemittelt. Für die Stammabschnitte HL 1b wurde ein mittlerer Preis der Güteklassen B und C herangezogen.

| Sorte | | Erlös: |
|-------|---|-----------|
| H 2 | - | 107,29 DM |
| H 1 | - | 100,50 DM |
| HL 1b | - | 83,86 DM |
| IG NF | - | 47,00 DM |

(alle Preise pro Efm o.R.)

Behandlungskonzept) bewirkten Unterschiede in den Deckungsbeiträgen. Betrachtet man die Erlösrelation zwischen den verschiedenen Rohholzsorten, wird deutlich, daß je größer die Dimensionen der ausscheidende Stämme sind, desto höher sind die Erlöse.

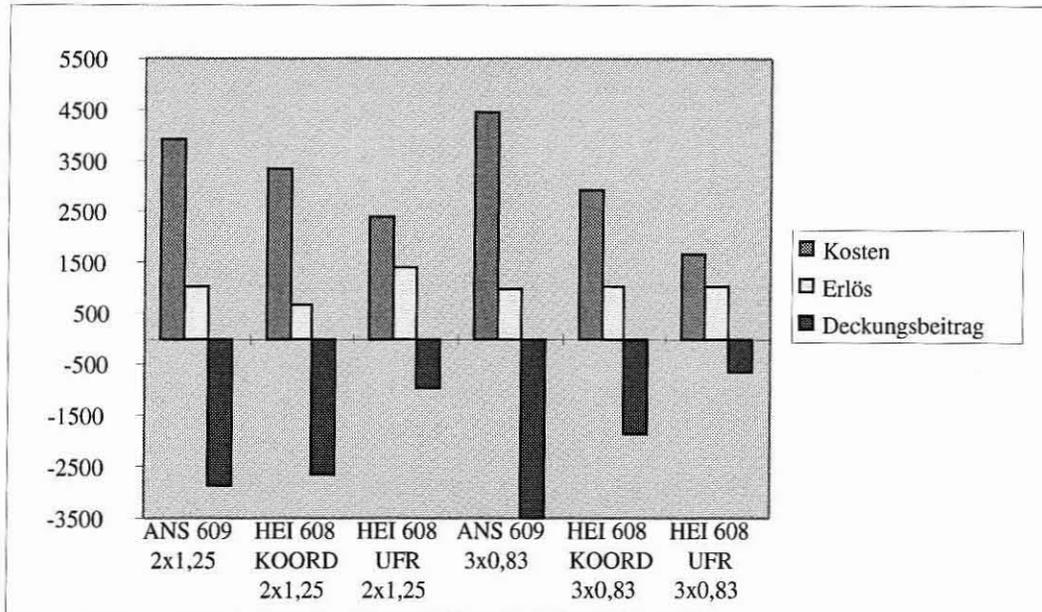


Abbildung 16: Versuchsflächen ANS 609, HEI 608, Kosten, Erlös und Deckungsbeitrag in DM/ha für die Erstdurchforstung der Verbände mit 4000/ha im Jahr 1990 (KOORD-Konzept).

Es wird davon ausgegangen, daß das gesamte sortierte Holz verkauft wird. Angesichts der schwierigen Absatzmöglichkeiten von Douglasienschwachholz in größeren Mengen (BECKER und LÜCKGE, 1987; FISCHER und HAPPERBERGER, 1995) muß man dies als den (unwahrscheinlichen) Optimalfall bezeichnen.

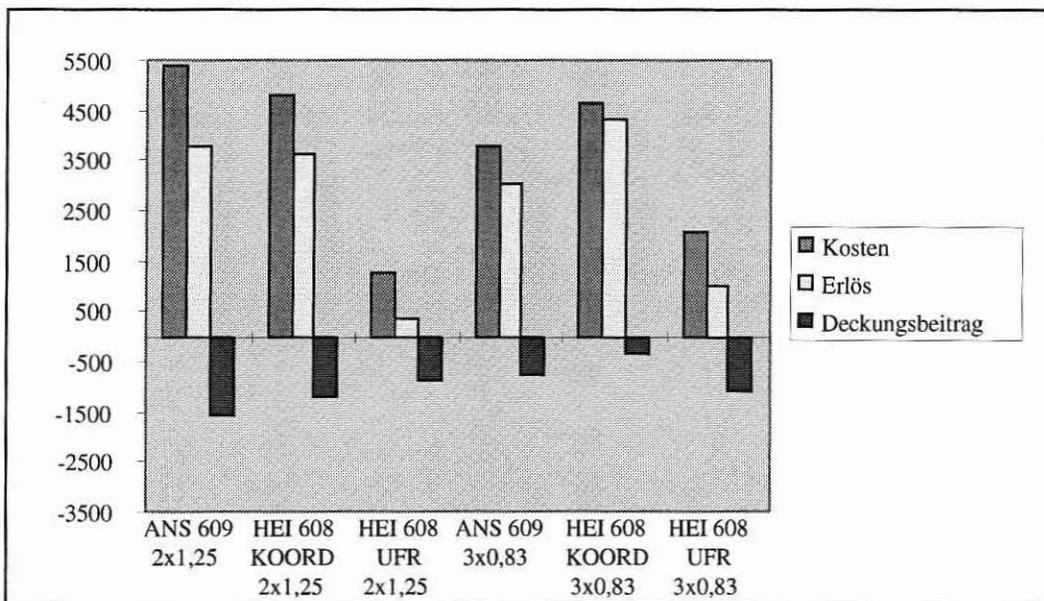


Abbildung 17: Versuchsflächen ANS 609, HEI 608, Kosten, Erlös und Deckungsbeitrag in DM/ha für die Zweitudurchforstung der Verbände mit 4000/ha im Jahr 1995 (KOORD-Konzept und UFR-Konzept).

Die ersten Eingriffe bei den Dichtverbänden im Alter 20 (Abb. 16) waren alle defizitär. Die höchsten Deckungsbeiträge erzielten hierbei die Durchforstungen gemäß dem Unterfränkischen Konzept. Der Kostenaufwand blieb hier jeweils unter 1.000 DM pro Hektar. Die letzten Durchforstungen der 4.000er-Verbände im Alter 25 (Abb. 17) erbrachten ebenfalls negative Deckungsbeiträge. Auf den KOORD-Flächen hat sich das Verhältnis der Holzerntekosten zu den möglichen Erlösen aus den Holzverkäufen jedoch deutlich verbessert. Bei den Flächen, die nach dem Unterfränkischen Douglasienkonzept behandelt werden, hat sich das Verhältnis im Mittel geringfügig verschlechtert.

Aus wirtschaftlicher Sicht fallen dagegen die ersten Holzerntemaßnahmen bei den Verbänden mit Ausgangspflanzenzahlen von 2.000 Douglasien pro Hektar (Abb. 18) erheblich günstiger aus. Hier konnten Deckungsbeiträge zwischen +1.463 DM/ha und -660 DM/ha erzielt werden, im Mittel sind sie sogar knapp positiv. Die Pflegemaßnahmen in Heigenbrücken fielen im Vergleich zu denen in Ansbach günstiger aus. Die Unterschiede liegen hier vor allem auf der Erlösseite. Die höchsten Deckungsbeiträge von 1.463 DM/ha und 826 DM/ha erbrachten die Eingriffe auf den Flächen des besonders wuchskräftigen Verbandes 3 m x 1,67 m (2.000/ha) auf der Versuchsanlage HEI 608.

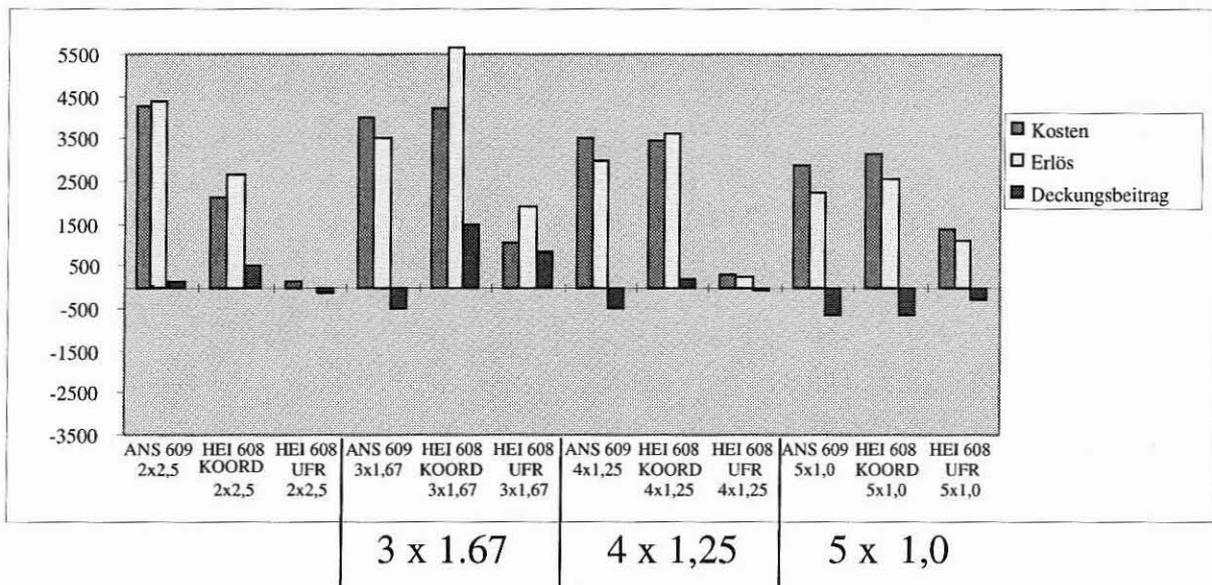


Abbildung 18: Versuchsflächen ANS 609, HEI 608, Kosten, Erlös und Deckungsbeitrag in DM/ha für die Erstdurchforstung der Verbände mit 2000/ha im Jahr 1995 (KOORD-Konzept und UFR-Konzept).

Auf den Flächen, die nach dem Unterfränkischen Douglasienkonzept behandelt werden, erfolgen die Eingriffe nicht anhand der Baumzahlleitkurve. Es werden nur die Douglasien entnommen, die zu einer Bedrohung von Auslesebäumen geworden sind. Ansonsten soll der Bestand so dicht wie möglich gehalten werden. Die Eingriffsstärke variiert daher von Verband zu Verband sehr stark. Auf den Flächen mit den Pflanzverbänden 2 m x 2,5 m und 4 m x 1,25 m (beide 2.000/ha) mußte so gut wie gar nicht eingegriffen werden. Hier schieden lediglich einige Douglasien natürlich aus. Bei allen anderen Verbänden wurde nur verhältnismäßig schwach eingegriffen (unter 40 VfmS/ha).

Aus betriebswirtschaftlicher Sicht ungünstig zu beurteilen sind vor allem die Durchforstungen der Verbände, die mit 4.000 Douglasien pro Hektar begründet wurden (vgl. Abb. 16 und 17). Hier verursachten die Durchforstungsmaßnahmen bis zum Alter 25 bereits Kosten bis zu 4.400 DM, während bei den Verbänden mit Ausgangspflanzenzahlen von 2.000 Douglasien pro Hektar teilweise schon eine Kostendeckung erreicht wurde und die verbleibenden Vorräte dabei größer sind. Nach GRAMMEL (1988) sind aus ökonomischen Gesichtspunkten Durchforstungen, bei denen weniger als 30 bis 40 m³ Holzmasse (insgesamt) entnommen werden, aufgrund der hohen Maßnahmen-Fixkosten ungünstig. Entsprechend kritisch muß man daher auch die vergleichsweise günstigen Deckungsbeiträge der Pflegemaßnahmen auf den UFR-Flächen betrachten. Die Eingriffe waren zum Teil sehr gering und die Maßnahmen-Fixkosten wurden hier nicht berücksichtigt.

Die 2.000er-Verbände sind im Alter 25 wirtschaftlich besser zu beurteilen als die 4.000er-Verbände. Ob sich die Mehrausgaben bei den Engverbänden im Vergleich zu den Verbänden mittlerer Begründungsdichte lohnen, hängt von der weiteren Entwicklung der Bestände ab. Nach Berechnungen von EHRING (1995) anhand der Durchforstungen auf den baden-württembergischen Douglasienflächen Dgl. 81 in Lörrach kann mit einer Kostendeckung frühestens ab einem Durchmesser von 19,5 cm des Grundflächen-mittelstammes des ausscheidenden Bestandes gerechnet werden. Unter dieser Voraussetzung wäre auf den bayerischen Versuchsanlagen ANS 609 und HEI 608 bei den Weitverbänden mit Ausgangspflanzenzahlen von 1.000 Douglasien pro Hektar eine von Anfang an kostendeckende Bestandespflege möglich. Bei diesen Verbänden liegen die Durchmesser der Grundflächenmittelstämme im Alter 25 bereits zwischen 19,7 und 21,6 cm.

4.3 Auswirkungen der Pflanzverbände und Begründungsdichten auf die Holzqualität

Die Holzqualität der Douglasien läßt sich nur beurteilen, wenn man sie in Bezug zu den gestellten Anforderungen setzt. Folgende Kriterien mußte bisher wertholztaugliches Douglasienstammholz erfüllen (RUETZ und FOERST, 1984; StMELF; 1991):

- Mit steigender Jahrringbreite nimmt der Spätholzanteil zu. Das Spätholz der Douglasie ist viel dichter als das Frühholz, daher sollten die Jahrringbreiten 4 mm nicht überschreiten. Die Grenze für Furnierholz liegt bei 3 mm. Grundsätzlich sind die geforderten Jahrringbreiten erst ab dem Alter 30 bis 40 erforderlich.
- Die Stämme dürfen keine starke Abholzigkeit aufweisen, das heißt, die Durchmesserabnahme darf nicht mehr als 1 cm pro laufendem Meter Stamm betragen. Dies würde u. a. eine maschinelle Astung unmöglich machen.
- Das entscheidende Qualitätskriterium, vor allem in Hinsicht auf die spätere Schnittholzsortierung, sind Anzahl und Stärke der Äste. Nach der Schnittholzsortierung entsprechend der „Tegernseer Gebräuche“ sind Äste mit 2 bis 4 cm Durchmesser noch vertretbar. Äste mit einer Stärke von bis zu 2 cm werden als klein, bis 4 cm als mittelgroß bezeichnet. Grundsätzlich sollten mindestens $\frac{2}{3}$ des Stammdurchmessers im unteren Abschnitt astfrei sein.

Im Zuge einer einheitlichen Definition der Holzqualität für alle wichtigen Baumarten werden derzeit von der Europäischen Komitee für Normung die Gütekriterien für die Holzsortierung neu definiert, ein Entwurf liegt bereits vor (CEN, 1995). Hier sind bei allen Baumarten erhebliche Erweiterungen der Anforderungen z.B bei der tolerierbaren Jahrringbreite zu erwarten. Jahrringbreiten von 8 mm und Abholzigkeit unter 2 cm/lfm erfüllen bei Douglasie noch die Gütekriterien für Güteklasse B, in Güteklasse A sind Jahrringbreiten bis 6 mm erlaubt. Die im folgenden diskutierten Anforderungen an die Holzqualität zeigen die seit langem praktizierten Sortierungsgewohnheiten auf, die dargestellten Grenzwerte können aber in kürze bereits überholt sein. Welche Normen letztendlich verabschiedet werden, ist noch nicht absehbar, und inwieweit vom Markt die geänderten Gütekriterien aufgenommen werden, muß sich erst noch zeigen.

4.3.1 Jahrringbreiten

Die mittleren Breiten der letzten fünf Jahrringe sind in Abbildung 19 dargestellt. Sie wurden aus der Differenz der Brusthöhendurchmesser der Z-Bäume von 1990 und 1995, dividiert durch fünf Jahre, errechnet. Je geringer die Begründungsdichte, desto größer sind die mittleren Jahrringbreiten der Z-Bäume für die vergangenen fünf Jahre. Sie liegen auf den KOORD-Flächen alle über der 4 mm-Grenze, die für Douglasienwertholz bisher als maximal zulässiger Wert angesehen wird. Die Jahrringe der Z-Bäume, die nach dem Unterfränkischen Konzept ausgewählt wurden, sind im Durchschnitt um 25 % schmaler. Hier überschreiten nur die Weitverbände und der Verband 5 m x 1,0 m (2.000/ha) die Wertholzgrenze. Die Dichtverbände 2 m x 1,25 m und 3 m x 0,83 m erfüllen bereits jetzt die Anforderungen für Furnierholz mit Jahrringbreiten unter 3 mm.

Eine Wertholztauglichkeit (nach der bisherigen Definition) der Douglasien auf den Versuchsflächen ANS 609 und HEI 608 ist hinsichtlich der Jahrringbreiten im Alter 25 nur bei 2.000er-Verbänden und 4.000er-Verbänden des Unterfränkischen Konzepts gegeben. Die UFR-Verbände mit 4.000 Douglasien pro Hektar erfüllen sogar die für Furnierholz geforderten

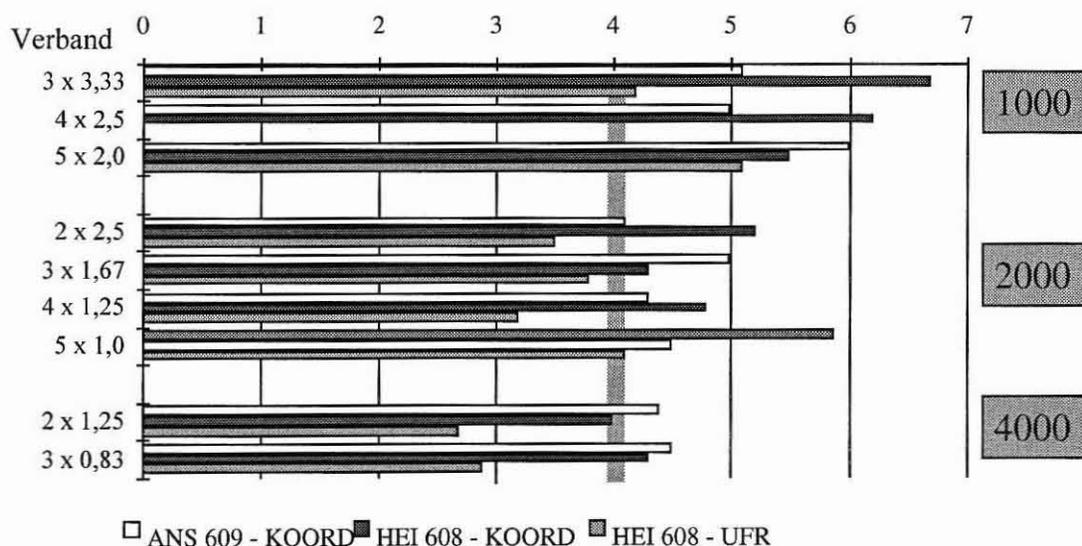


Abbildung 19: Mittlere Jahrringbreiten der Z-Bäume in mm (Zeitraum 1990 - 95) auf den Versuchsflächen ANS 609 und HEI 608, als grauer senkrechter Balken ist der Wert von 4mm Jahrringbreite eingezeichnet.

Jahringbreiten unter 3 mm. Alle anderen Verbände überschreiten die geforderten 4 mm maximale Jahringbreite zum Teil beträchtlich. Da nach HENGST (1958) mit einer Kulmination des Durchmesserzuwachses erst im Alter 40 - 60 zu rechnen ist und die Z-Bäume zudem noch durch weitere Stammzahlreduktionen in ihrem Wachstum gefördert werden, werden sich die Jahringbreiten in diesen Verbände in absehbarer Zeit nicht wesentlich verringern.

4.3.2 Abholzigkeit

Die Abholzigkeit der Z-Bäume wurde für den Stammabschnitt von 1,3 m Höhe (BHD) bis in 5 m Höhe berechnet. Nach den Richtlinien der bayerischen Staatsforstverwaltung sollte die Abholzigkeit 1 cm/lfm nicht überschreiten. Dieser Wert wird bei den Z-Bäumen der KOORD - Verbände mit Ausgangspflanzenzahlen von 1.000 Douglasien pro Hektar und dem KOORD - Verband 5 m x 1,0 m (2.000/ha) deutlich überschritten (vgl. Abb. 20). Die Abholzigkeit der Ausleseebäume aller anderen Pflanzverbände, die nach dem KOORD-Konzept behandelt werden, liegt mit 0,9 bis 1,0 cm/lfm Durchmesserabnahme auch nur knapp unter dem Grenzwert. Im Mittel um 26 % geringer ist die Abholzigkeit der Ausleseebäume des Unterfränkischen Konzepts. Hier liegen auch die Werte der Weitverbände noch im wertholztauglichen Bereich. Für beide Behandlungskonzepte gilt, daß die 2.000er- und 4.000er-Verbände ähnliche Werte, die 1.000er-Verbände eine im Vergleich erheblich höhere Abholzigkeit aufweisen.

Da das Höhenwachstum bei 10 -15 Jahren kulminiert (HENGST, 1958), also deutlich vor dem Durchmesserwachstum, ist nicht mit einer Verbesserung der Abholzigkeitswerte zu rechnen. Die Verbände geringerer Begründungsdichte dürften in diesem Punkt zukünftig den Ansprüchen genügen. Dies gilt auch für alle UFR-Flächen, die bereits jetzt erheblich bessere Werte aufweisen als die Z-Bäume auf den KOORD-Flächen. Ob bei den Weitverbänden (KOORD) und dem Verband 5 x 1,0 m (2.000/ha) in Zukunft der kritische Wert von 1 cm/lfm

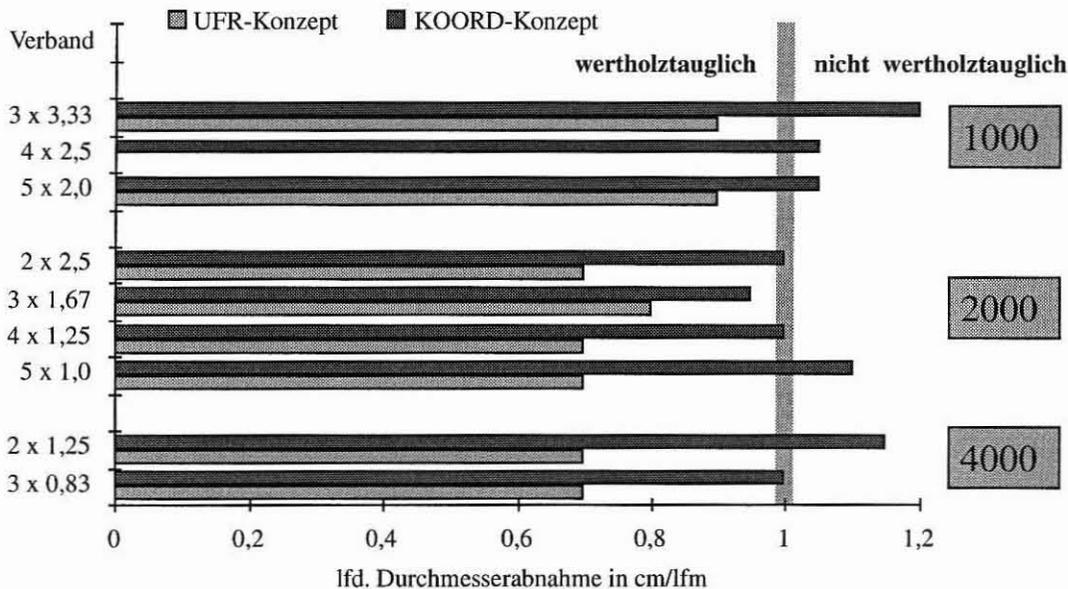


Abbildung 19: Versuchsfläche HEI 608, mittlere lfd. Durchmesserabnahme der Z-Bäume in cm/lfm (Stammabschnitt: 1,3 - 5m Höhe).

Durchmesserabnahme unterschritten wird, ist fraglich. Selbst wenn sich hier die Werte der Abholzigkeit noch verbessern, werden sie wohl auch in Zukunft noch wesentlich schlechter als die der anderen Verbände sein.

4.3.3 Astdimensionen

Die Äste gelten allgemein als wichtigstes Qualitätskriterium. Zum einen, da sie die Holzstruktur nachhaltig stören, zum anderen, weil man sie durch Pflegemaßnahmen, wie zum Beispiel Astung, oder durch waldbauliche Konzepte, wie einen dienenden Unterstand, bis zu einem gewissen Grad beeinflussen kann. Auf den Versuchsflächen ANS 609 und HEI 608 wurden im Frühjahr 1995 in fünf Metern Höhe die Astbasisdurchmesser und Astlängen je eines Astes quer (= Gassenast) und längs (= Reihenast) zur Pflanzreihe ermittelt. Außerdem wurde noch der jeweils längste und der stärkste Ast des Quirls gemessen. Betrachtet werden neben den durchschnittlichen Astdimensionen der Pflanzverbände auch die in einem Pflanzverband gemessene maximale Aststärke, da bereits das Vorhandensein eines großen Astes bei der späteren Schnittholzsortierung zu einer schlechteren Einstufung führen kann.

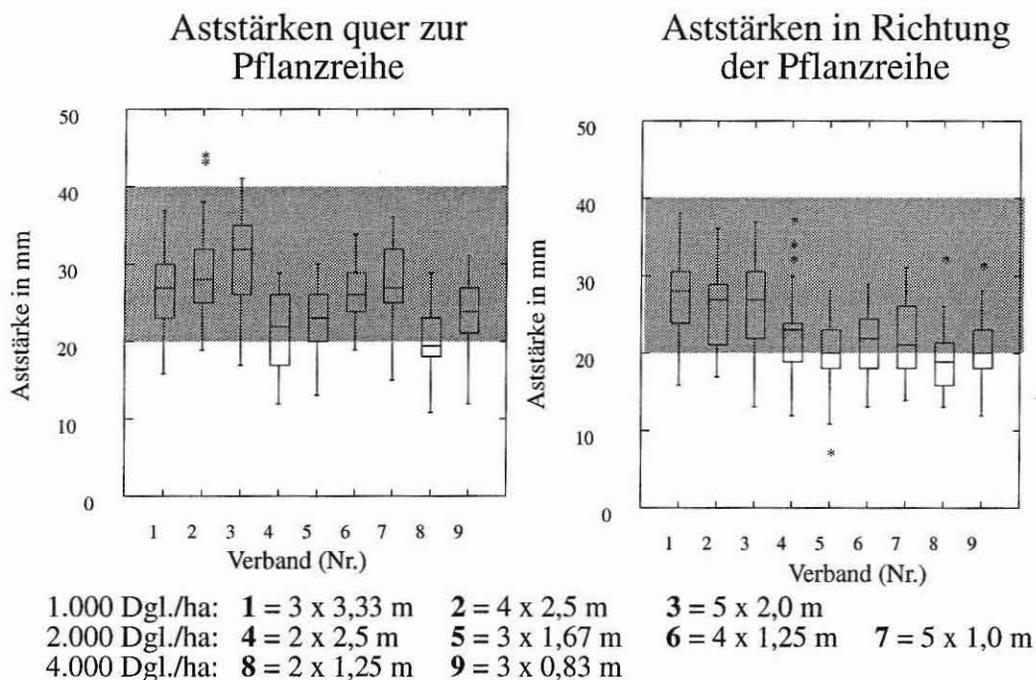


Abbildung 20: Aststärken quer zur Pflanzreihe und in Richtung der Pflanzreihe der Verbände auf der Versuchsfläche ANS 609..

Für die Darstellung der Aststärken und der Astlängen wurden u.a. Box-Plot's („Box-and-Whisker-Plot“) gewählt (Abb. 20). Sie eignen sich besonders gut zum visuellen Vergleich mehrerer Meßwertreihen. In der „Box“ liegen 50 % der Werte. Der Querstrich in der „Box“ kennzeichnet den Median. Innerhalb der „Whiskers“ (obere und untere Begrenzungsstriche) liegen 95 % der Meßwerte, wobei einzelne Ausreißer durch Punkte gekennzeichnet sind. Zusätzlich erhält man durch den „Plot“ Aufschluß über die Art der Verteilung.

Die Aststärken quer zur Pflanzreihe steigen mit zunehmendem Abstand zwischen den Reihen innerhalb der gleichen Begründungsdichte deutlich an. Je enger der Abstand innerhalb der

Pflanzreihe, umso niedriger sind die Aststärken quer zur Pflanzreihe. Die Aststärken in Richtung der Pflanzreihen sind bei den Verbänden mit 1000/ha deutlich größer als bei den übrigen Verbänden.

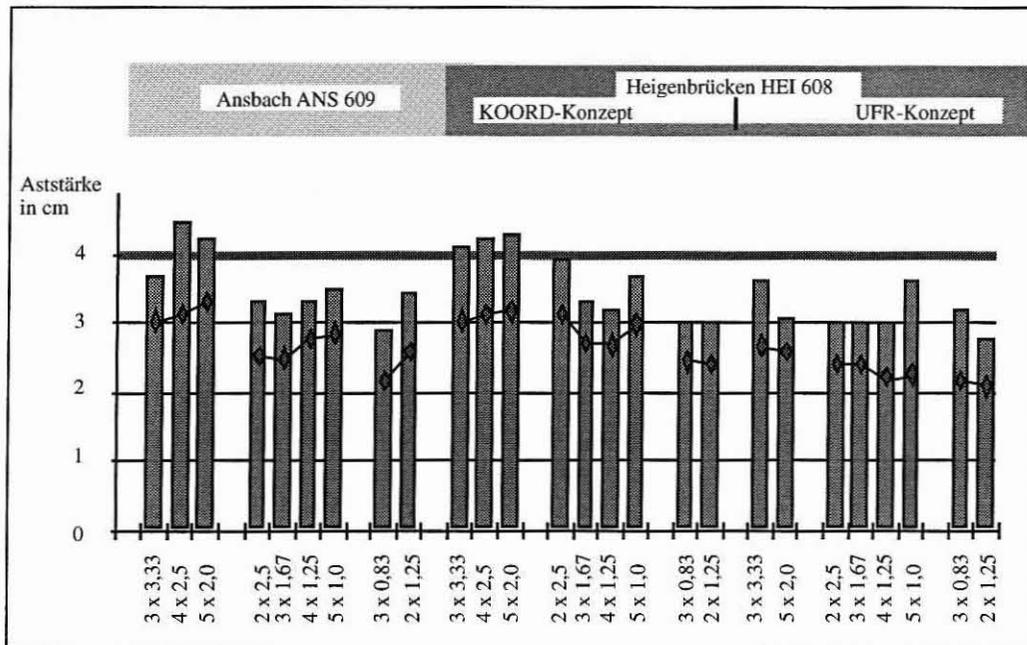
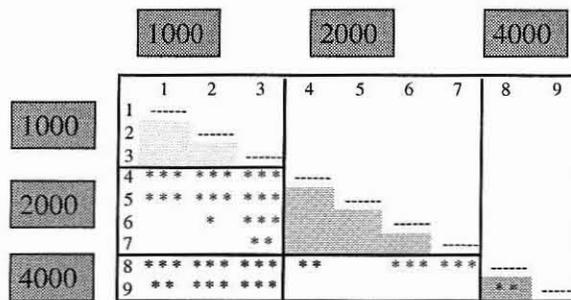


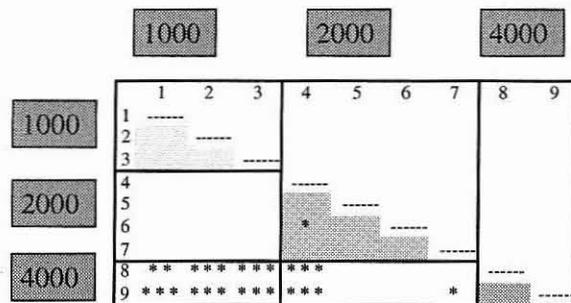
Abbildung 21: Größte maximale Aststärken (Säulen) und durchschnittliche maximale Aststärken (Punkte) der Pflanzverbände der Versuchsflächen ANS 609 und HEI 608 in cm.

Für die maximalen Astlängen und Aststärken wurden Signifikanztests mit anschließendem paarweisen Gruppenvergleich nach der Methode von BONFERRONI durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Tests sind auf Abbildung 22 dargestellt. Ein Vergleich der Verbände gleicher Begründungsdichte erbrachte nur vereinzelt signifikante Unterschiede. Es deutet sich ein Einfluß der Begründungsdichte auf die maximalen Aststärken an. Die Unterschiede liegen hier im Bereich weniger Millimeter. Statistisch gesichert sind diese Unterschiede nur zwischen den 1.000er- und den 4.000er-Verbänden beider Versuchsanlagen. Signifikante Unterschiede zwischen den 2.000er- und den 4.000er-Verbänden sind nur teilweise vorhanden. Auf der Versuchsfläche ANS 609 sind zudem die Unterschiede der maximalen Aststärken der 1.000er- und 2.000er-Verbände größtenteils signifikant.

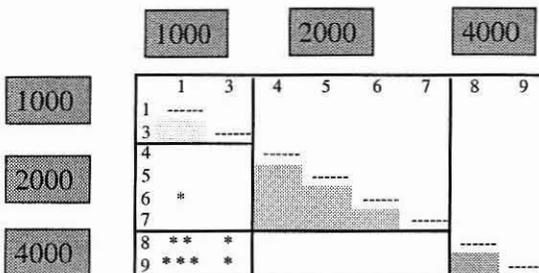
ANS 609 - IUFRO-Konzept: Maximale Aststärken



HEI 608 - IUFRO-Konzept: Maximale Aststärken



HEI 608 - UFR-Konzept: Maximale Aststärken



1.000 Dgl./ha: 1 = 3 x 3,33 m 2 = 4 x 2,5 m 3 = 5 x 2,0 m
 2.000 Dgl./ha: 4 = 2 x 2,5 m 5 = 3 x 1,67 m 6 = 4 x 1,25 m 7 = 5 x 1,0 m
 4.000 Dgl./ha: 8 = 2 x 1,25 m 9 = 3 x 0,83 m

Abbildung 22: Paarweiser Vergleich auf signifikante Unterschiede zwischen den maximalen Aststärken der Pflanzverbände (*=signifikant, **=hoch signifikant, *** = höchst signifikanter Unterschied; graue Felder = Bereich des Vergleiches von Verbänden mit gleicher Begründungsdichte).

4.4 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Beurteilung der Wuchsleistung:

- Keine Unterschiede in der Höhenwuchsleistung zwischen den Verbänden
- Höhere flächenbezogene Zuwachsleistung der Quadratverbände gegenüber den Rechteckverbänden.
- Mit ansteigender Verbandsweite erhöhter Zuwachs am Einzelbaum.

Kronenentwicklung

- Je größer der Abstand zwischen den Reihen, desto größer ist der Kronenradius zwischen den Reihen.

Vergleich der Durchforstungseingriffe:

- Stark variierende Entnahmemengen (0-118 VfmS/ha).
- Erstdurchforstung in den Verbänden mit 4.000 Dgl./ha stark defizitär.
- Erstdurchforstung in den Verbänden mit 2000 Dgl./ha häufig mit ausgeglichenen Deckungsbeiträgen, quadratische Verbände schneiden günstiger ab als rechteckige Verbände, gelten aber als nachteilig in arbeitstechnischer Hinsicht.
- Bei den günstigen Deckungsbeiträgen der Pflegemaßnahmen auf den UFR-Flächen müssen noch die hohen Maßnahmenfixkosten berücksichtigt werden, die bei geringen Entnahmemengen entstehen.

Beurteilung der Holzqualität:

Der Qualitätsbegriff für Rundholz wird derzeit neu definiert, die Beurteilung erfolgte nach den bisher gültigen Kriterien.

- Jahrringbreite: bis 4 mm tolerierbar, die Grenze für Furnierholz liegt bei 3 mm. Die 4 mm Grenze wird auf allen KOORD Parzellen überschritten.
- Abholzigkeit: Grenze 1 cm/lfm, nur die Verbände mit 1.000 Dgl./ha überschreiten diesen Wert erheblich.
- Äste bis 4 cm sind mittelstarke Äste nach HKS, nur die maximalen Aststärken der Weitverbände liegen darüber.
- Unterschied Reihenast/Gassenast ca. 2 mm, keine Beschränkung des Astwachstums durch enge Abstände in der Reihe.

5 **Schlußfolgerungen**

Aus den Ergebnissen der Untersuchungen lassen sich folgende Schlußfolgerungen ziehen:

- In Hinblick auf die Zuwachsleistung sind Verbände mit 2000 Bäumen/ha häufig den 4000er Verbänden gleichwüchsig bis überlegen. Die Massenleistung der Parzellen mit 1000 Bäumen/ha liegt deutlich darunter, die Einzelbaumvolumina sind hingegen auf diesem Verband maximal.
- Weitere Pflanzabstände innerhalb der Reihe führen zu runden, allseits gut ausgeformten Kronen. Die Selbstdifferenzierung in diesen Beständen ist allerdings deutlich geringer als bei Beständen mit engen Pflanzabständen in der Reihe. Der Ersteingriff bei den Quadratverbänden hat daher einen großen Einfluß auf die künftige Bestandesentwicklung.
- Die Durchforstung in Douglasienbeständen erbringt bei den ermittelten Kosten- und Erlösrelationen erst ab einem mittleren BHD des ausscheidenden Bestandes von ca. 14 cm positive Deckungsbeiträge. Ersteingriffe in Bestände mit 4000 Bäumen /ha waren auf den Flächen immer defizitär.
- Die bisherigen Kriterien an eine hohe Holzqualität erfüllen die Verbände mit 4000 oder 2000 Bäumen zum Teil, die Verbände mit 1000 Bäumen/ha liegen deutlich schlechter.
- Astung ist bei Douglasie wegen der schlechten natürlichen Astreinigung unumgänglich, wenn hochwertiges Holz produziert werden soll.

- Ob die nach dem UFR-Konzept ausgewählten Bäume die Zielvorstellung (hohe Qualität und ausreichende Wuchsleistung nach Freistellung) erfüllen werden, bleibt abzuwarten. Die hier untersuchten Ausleseebäume erfüllen die bisher geltenden Qualitätskriterien besser als die Z-Bäume aus dem KOORD-Konzept.

Sollten die Qualitätskriterien für hochwertiges Douglasienholz im Rahmen einer EU-Norm wie vorgesehen weiter gefaßt werden, so muß die Bewertung der Verbände neu erfolgen. Dabei müssen dann die Weitverbände wesentlich günstiger beurteilt werden, da sie durch ihre hohe Stückmasse hohe Deckungsbeiträge erwirtschaften und rascher stärkere Stammdimensionen erreicht werden. Es bleibt abzuwarten, ob die geänderten Sortierungskriterien von den Käufern akzeptiert und durch entsprechende Preise für die Sortimente auch honoriert werden.

7 Literaturverzeichnis

- ABETZ, P.** 1971: Douglasienstandraumversuche, ein Gemeinschaftsprojekt forstlicher Versuchsanstalten und Landesforstverwaltungen AFZ; 26. Jg., Nr. 21/22, S. 448
- BECKER, M.; LÜCKGE, F.J.** 1987: Aufkommen, Eigenschaften und Vermarktung inländischen Douglasienholzes. HzBl, 113 Jg., Nr. 68/69, S. 1010-1011
- CEN** 1995: Europäisches Komitee für Normung, Qualitative Klassifizierung für Nadel-Rundholz, Entwurf prEN 1927-3, 7 S.
- EHRING, A.** 1995: Pflanzverbände und Durchfostungsergebnisse in Douglasienbeständen. Niederschrift eines Vortrags auf der Fachtagung: Waldwirtschaft und Waldökologie. FVA Feiburg, Abt. Waldwachstum, nicht veröffentlicht, 15S.
- ERNST, M.** 1983: Wachstumsgang der Douglasie bei unterschiedlicher Begründungsdichte nach Ergebnissen der Standraumversuches Ansabch 609. Diplomarbeit MWW-DA 33, LfWWK, 83 S.
- FISCHER, H.W.; HAPPERSBERGER, G.** 1995: Aufkommen und Verwertungsmöglichkeiten von Douglasienwachholz. AFZ, 49 Jg., Nr.2, S. 76 - 78
- GRAMMEL, R.** 1988: Holzernte und Holztransport - Grundlagen Verlag. Paul Parey („Parey`s Studentexte„ Nr. 29), 242 S.
- HAMILTON, G.J.; CHRISTIE, J.M.** 1974: Influence of Spacing Crop Characteristics and Yield. Bull. For. Comm., London 52
- HENGST, E.** 1958: Ertragskundliche Untersuchungen der Douglasie an Beständen in Sachsen, Thüringen und im Harz. Die Douglasie und ihr Holz. Akademie Verlag Berlin, S. 21 - 75
- in GÖHRE, K.**
- KENK, G.; UNFRIED, P.** 1980: Aststärken in Douglasienbeständen. AFJZ; 152 Jg., S. 201 - 210
- KENK, G.; WEISE, U.** 1982: Erste Ergebnisse von Douglasien-Pflanzverbandsversuchen in Baden-Württemberg, Abt. Waldwachstum, AFJZ, 154Jg., Nr. 3, S. 201 - 210
- KRAMER, H.; HOLODYSKI, D.; HEYDECKE H.** 1991: Jungdurchforstung in eng erwachsenen Douglasienbeständen Forst und Holz, 46 Jg., Nr. 3, S. 51 - 56
- KUBLIN, E.; SCHARNAGL, G.** 1985: Verfahrens und Programmbeschreibung zum BWI-Unterprogramm BDAT. FVA Baden-Württemberg, 87 S.

- LAAR VAN, A.;**
LÖFFLER, H.;
OHRNER, G. 1992: Zur Behandlung der Fichte in Oberschwaben - Ergebnisse und Folgerungen aus den Durchforstungsversuchen „Göggingen,, und „Freising,,. München/Stellenbosch, 93 S.
- MAGIN, R.** 1959 Struktur und Leistung mehrsichtiger Mischwälder in den bayerischen Alpen. Mitteilungen aus der Staatsforstverwaltung Bayerns, H. 30, 161 Seiten.
- MOOG, M.** 1995: Skripten zur Forstökonomie. Teil 1: Forstliche Betriebslehre. Lehrstuhl für Forstliche Wirtschaftslehre der Ludwig-Maximilians-Universität München, 63 S.
- OFOD WÜRZBURG (HRSG)** 1987: Waldbauliche Behandlung von Douglasien-Jungbeständen in Unterfranken - Waldbau Fortbildung 1987. Würzburg, nicht veröffentlicht, 15 S.
- PRETZSCH, H.;**
SPELLMANN, H. 1994: Leistung und Struktur des Douglasien-Durchforstungs-Versuchs Lonau 135 - Waldeachstumskundliche Ergebnisse nach fast 90-jähriger Beobachtung. FH, 49. Jg., Nr.3, S. 64 - 69
- REUKEMA, D.L.** 1979: Fifty-year development of Douglas fir stands planted at various spacings. USDA For.Res. Papers, PNW-253
- RUETZ, W.F.;**
FOERST, K. 1984: Grundsätze für den Anbau der Douglasie in Bayern StMELF, 10 S.
- SPEIDEL, G.** 1952: Das Stückmassesgesetz. Diss. Hamburg, Reinbek
- StMELF (HRSG.)** 1968: Rohholzsortierungsbestimmungen für den Gebrauch im bayerischen Staatswald. StMELF, München, 33 S.
- StMELF (HRSG.)** 1984: Grundsätze für den Anbau der Douglasie in Bayern. StMELF, München, 11 S.
- StMELF (HRSG.)** 1991: Richtlinien für die Wertastung im bayerischen Staatswald. StMELF, München, 21 S.
- StMELF (HRSG.)** 1995: Holzpreisstatistik der Bayerischen Staatsforstverwaltung für den Monat November 1995. StMELF, München, 14 S.
- StMELF (HRSG.)** 1995: Holzpreisstatistik der Bayerischen Staatsforstverwaltung für den Monat Mai 1995. StMELF, München, 14 S.
- TUYLL VAN, C.;**
KRAMER, H. 1981: Der Einfluß des Ausgangsverbandes auf die Jugendentwicklung von Douglasienbeständen AFJZ 152. Jg., S. 31 - 40, S 97 - 102