

# Erste waldwachstumskundliche Ergebnisse aus einem Einzelbaumexperiment mit der Baumart Douglasie

Martin Guericke, Ralf Nagel, Dirk Müller, Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt Göttingen

## 1. Motivation

Ein Schwerpunkt waldwachstumskundlicher Forschung an der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt (NW-FVA) liegt im Bereich der Wachstumsmodellierung. Auf Grundlage eines langfristig beobachteten und regional weit gestreuten ertragskundlichen Versuchsflächennetzes konnte als Ergebnis dieser Forschungslinie bereits 1997 der Einzelbaumsimulator BWIN parametrisiert werden. 1999 wurde der Prototyp durch das erweiterte Folgemodell BwinPro (NAGEL 1999) ersetzt. Das der Parametrisierung zugrunde liegende Versuchsflächennetz umfasst gegenwärtig einen hohen Anteil überwiegend gleichaltriger Reinbestände. Erst mittelfristig wird durch den kontinuierlichen Umbau sowie die Ergänzung des Versuchsflächennetzes um Mischbestandsversuche ein höherer Anteil unterschiedlichster Mischbestandstypen Eingang in die Parametrisierung der Wachstumsroutinen finden und damit das Gesamtmodell auf eine verbesserte Datengrundlage stellen (NAGEL et al. 2001). Vor diesem Hintergrund wurden bspw. mehrere Wuchsreihen in wichtigen Mischbestandstypen wie Buche-Fichte, Buche-Douglasie und Buche-Edellaubbäume angelegt und wiederholt aufgenommen. Parallel dazu ist es von großem Interesse, die Reaktionskinetik des Einzelbaumes im Umfeld extremer Bestandesstellungen zu beobachten und diese Wachstumsreaktionen ebenfalls in die laufende Reparametrisierung des Einzelbaumsimulators BwinPro mit einfließen zu lassen. Dadurch wird es möglich sein, die Aussagekraft des Modells nochmals zu verbessern. Derart parametrisierte Wachstumsmodelle könnten künftig in vielen waldbaulichen Anwendungsbereichen, wie bspw. dem Vergleich von Pflegestrategien, als wichtige waldwachstumskundliche Informationsquelle und waldbauliche Entscheidungsgrundlage vielseitig nutzbar sein. Grundlage hierfür ist die Beobachtung waldbaulicher Eingriffsfolgen, die im Gegensatz zu praxis-üblichen Behandlungsvarianten möglichst „extreme“ Konkurrenzverhältnisse (maximaler Dichtstand versus Solitärcharakter) erzeugen.

## 2. Fragestellungen

Ziel der Untersuchungen des im Folgenden behandelten Einzelbaumexperiments ist es, das Reaktionsvermögen des Einzelbaumes auf unterschiedliche, möglichst extreme Freistellungsgrade zu erfassen. Die Beobachtungen erstrecken sich auf Douglasien, die im Reinbestand erwachsen sind. Gezielt wurden Bäume mit unterschiedlicher sozialer Stellung ausgewählt, die im Rahmen der Versuchsanstellung proportional zu ihrer Ausgangsdimension freigestellt wurden. Als Freistellungsvarianten wurden eine Nullvariante, eine mäßige sowie eine starke Freistellung gewählt, die über Freistellungsgrade mit Hilfe des A-Wertes von JOHANN (1982) definiert werden. Folgende Fragestellungen stehen im Mittelpunkt der Untersuchungen:

- Welche Wachstumsreaktionen zeigen die unterschiedlich stark freigestellten Douglasien?
- Welche Unterschiede können zwischen den Bäumen unterschiedlicher sozialer Stellung beobachtet werden?
- Wie reagieren die von der Freistellung der Zentralbäume gleichermaßen profitierenden nächsten Nachbarn?
- Welche waldbaulichen Empfehlungen lassen sich aus der Reaktionskinetik der unterschiedlich starken Douglasien für die waldbauliche Entwicklung strukturreicher Douglasienwälder ableiten?
- Wie können auf Grundlage der gemessenen Zuwachsreaktionen Freistellungsgrad und Standraumbedarf vergleichbarer Douglasienbestände optimiert werden?
- Eignet sich der A-Wert zur Steuerung vergleichbarer Versuchsanlagen?
- Welche methodischen Verbesserungen können für vergleichbare Einzelbaumexperimente in Rein- und Mischbeständen abgeleitet werden?

## 3. Versuchsanlage

### 3.1 Lage, Standort und Klima

Die Versuchsanlage liegt im Wuchsbezirk Südniedersächsisches Bergland, Wuchsbezirk Unterer Solling, auf einem schwach geneigten Sonnhang in 370 bis 390 m über NN. Der Standort ist in der Wasserversorgung frisch bis vorratsfrisch. Das Bodensubstrat, eine Lößfließerde über mittlerem Buntsandstein, ist basenarm, gewährleistet jedoch eine ziemlich gute Nährstoffversorgung (nach Niedersächsischer Forstlicher Standortaufnahme: 23.4.2.3). Das langjährige Mittel (1960 – 1990) des Jahresniederschlags beträgt 840 mm (Station Wahlsburg-Lippoldsberg), das der Jahresdurchschnittstemperatur liegt bei 8,4 °C (Station Uslar). Die langjährigen Mittelwerte für die Vegetationszeit (Mai bis September) liegen bei einer Niederschlagssumme von 364 mm und einer Durchschnittstemperatur von 14,7 °C. Die jährlichen Abweichungen für den betrachteten Beobachtungszeitraum

sind teilweise erheblich. So war die Witterung in der Vegetationszeit des Jahres 2003 extrem heiß und trocken, während 2004 bei nur geringfügig positiver Temperaturabweichung 28% mehr Niederschlag als im langjährigen Durchschnitt fielen.

### 3.2 Bestandsgeschichte

Der Versuchsbestand ist ein Douglasienreinbestand, der 1976 durch die Pflanzung 1+2jähriger Douglasien der Herkunft Darrington im Verband 2,5 x 1,5 m, also mit 2.666 Pflanzen/ha, auf der Freifläche begründet wurde. Das heutige Einzelbaumexperiment wurde im Bereich eines 1986 von KRAMER und SPELLMANN angelegten Douglasien-Läuterungsversuchs des Instituts für Waldinventur und Waldwachstum der Universität Göttingen eingerichtet. Die Läuterung erfolgte im Alter 13 bei einer Mittelhöhe von 5,2m mit den Läuterungsvarianten Stammzahlreduktion im Herrschenden auf 2.000, 1.500, 1.000 bzw. 500 Stk./ha. Die Versuchsanlage umfasste 3 Blöcke in jeweils einfacher Wiederholung und damit insgesamt 12 Parzellen. Über die Ergebnisse des Läuterungsversuchs berichten KRAMER (1992) sowie KRAMER und HEYDECKE (1994). Der positive Einfluss einer zunehmenden Stammzahlreduktion auf das Durchmesserwachstum der Douglasien wurde eindeutig nachgewiesen.

### 3.3 Umbau der Versuchsanlage

Bei der Überführung der Versuchsanlage in ein Einzelbaumexperiment im Jahre 2000 wurde die Fläche unabhängig von den vormals 12 Parzellen des Läuterungsversuchs mit Stammzahlhaltungen zwischen 500 und 2000 Douglasien/ha zu drei Parzellen mit unterschiedlichen Behandlungsvarianten der zu beobachtenden Einzelbäume („Zentralbäume“) zusammengefasst. Die drei Parzellen entsprechen den Behandlungsvarianten I – starke Freistellung, II – mäßige Freistellung und III – ohne Freistellung der Zentralbäume (Abbildung 1).

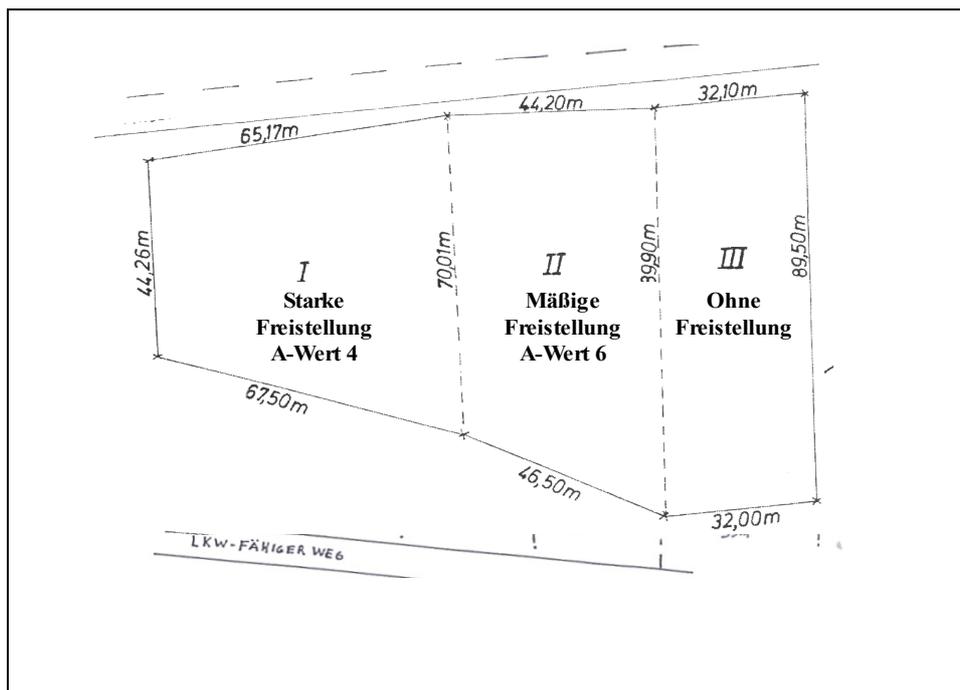


Abbildung 1: Parzellenplan

Als Beobachtungskollektiv im engeren Sinne wurden repräsentativ über das gesamte Durchmesserpektrum des Oberstandes ca. 15 bis 20 Douglasien je Behandlung als Zentralbäume ausgewählt. Die Auswahlkriterien waren neben dem Brusthöhendurchmesser die Vitalität, vor allem der schwächeren Zentralbäume, und die Qualität. Ein ausreichend erscheinender Abstand zwischen den Zentralbäumen wurde eingehalten. Nach den Brusthöhendurchmessern wurde damit bei Versuchsbeginn ein über alle drei Parzellen vergleichbares Zentralbaumkollektiv ausgewählt. Nicht erfasst wurden jedoch vorhandene Unterschiede in den Kronenansätzen des Zentralbaumkollektivs, die möglicherweise auf den Einfluss der unterschiedlichen Läuterungsvarianten zurückgehen und zumindest im derzeitigen frühen Versuchsstadium bei der Interpretation der Zuwachsreaktionen der Zentralbäume noch zu berücksichtigen sind (Abbildung 2).

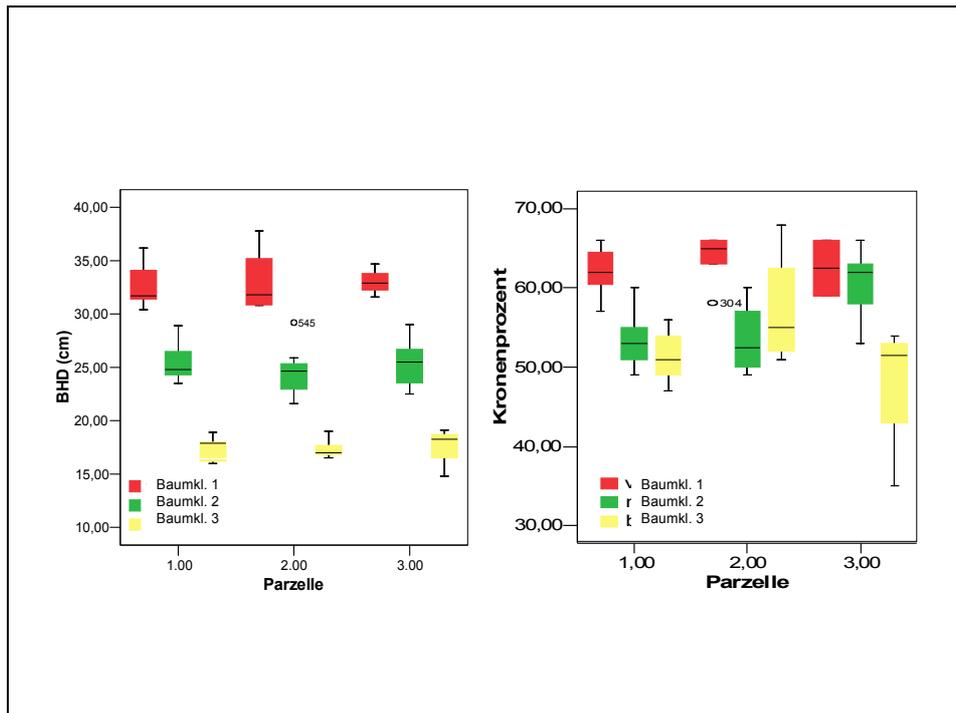


Abbildung 2: Vergleich von BHD (links) und Kronenansatz (rechts) der Zentralbäume bei Versuchsbeginn des Einzelbaumexperimentes

### 3.4 Steuerung der Durchforstungsstärke

Die waldbauliche Steuerung konzentriert sich primär auf das Zentralbaum-Kollektiv. Je nach Variante werden dabei die Zentralbäume gar nicht, mäßig bzw. stark freigestellt. Die Verteilung der Zentralbäume und ihre Kronenschirmfläche in den verschiedenen Freistellungsvarianten nach einem Beobachtungszeitraum von 5 Jahren zeigt Abbildung 3. In Folge der Eingriffe wird auch ein Teil des Füllbestandes zumindest partiell freigestellt, so dass auch an diesem Kollektiv die Reaktionskinetik auf einseitige bzw. unterlassene Freistellung untersucht werden kann.

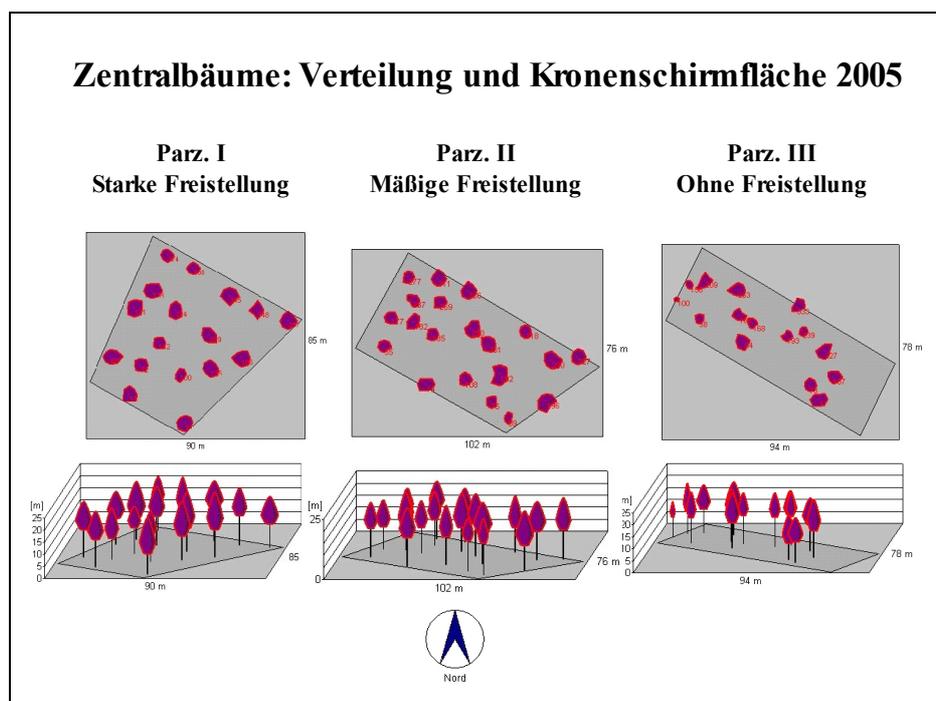


Abbildung 3: Verteilung der Zentralbäume und Kronenschirmfläche (Dezember 2005)

Die Steuerung des Freistellungsgrades für die Zentralbäume erfolgt mit Hilfe des A-Wertes (JOHANN 1982). Zur Beschreibung der Eingriffsstärke wird der A-Wert von der Sektion Ertragskunde im Deutschen Verband Forstlicher Forschungsanstalten (1986) für die Steuerung überregional koordinierter Freistellungsversuche als objektives Kriterium empfohlen.

Der A-Wert basiert auf der Überlegung, dass sich der Standraumbedarf eines Baumes über seine Höhe definieren lässt. Die Herleitung des Wertes erfolgt auf der Grundlage waldbaulicher Vorstellungen über den „idealen“ Abstand zwischen Z-Bäumen in einer bestimmten Phase der Bestandesentwicklung.

Formel (1):  $A = h_z/E$  mit  $h_z$  = Höhe des Zentralbaumes und  $E$  = Grenzdistanz

Annäherung:  $A = 40/8 = 5$  erwartete max. Höhe der Douglasie = 40 m  
„idealer“ Z-Baumabstand = 8 m

Der A-Wert ist damit der Quotient, aus dem sich für eine gegebene Z-Baumhöhe eine Grenzdistanz ableiten lässt, die ein Nachbarbaum (Konkurrent) nicht unterschreiten darf. Um das individuelle Konkurrenzverhältnis zum jeweiligen Nachbarbaum im Rahmen der Durchforstungsvorgabe mit zu integrieren, wird zusätzlich das Verhältnis zwischen dem  $BHD_{\text{Konkurrent}}$  zum  $BHD_{\text{Zentralbaum}}$  als Ausdruck für die Konkurrenzsituation dieser beiden Bäume zueinander in die Berechnung einbezogen. Nach Umformung ergibt sich:

Formel (2)  $E = h_z/A \times BHD_{\text{Konkurrent}}/BHD_{\text{Zentralbaum}}$  bzw.

Formel (3)  $E = h_z/BHD_{\text{Zentralbaum}} \times BHD_{\text{Konkurrent}}/A$

Der Freistellungsgrad eines Zentralbaums hängt demnach zunächst von seinem eigenen h/d-Wert ab. Bei gleichstarken Konkurrenten ( $BHD_{\text{Konkurrent}} = \text{konstant}$ ) wird die Grenzdistanz, innerhalb derer ausgezeichnet wird, umso größer, je höher, sprich ungünstiger, der h/d-Wert des Zentralbaumes ist. Zentralbäume mit höherem h/d-Wert werden deshalb relativ stärker freigestellt, als Zentralbäume mit geringem h/d-Wert.

Abgeleitet von dem näherungsweise hergeleiteten A-Wert von 5 werden für die Eingriffssteuerung auf den beiden behandelten Blöcken A-Werte von 4 (starke Freistellung) bzw. 6 (mäßige Freistellung) zu Grunde gelegt. Die Herleitung der Grenzdistanzen erfolgt einzelbaumweise. Aus Abbildung 4 sind Grenzdistanzen für die starke Freistellung (A-Wert = 4) näherungsweise zu entnehmen.

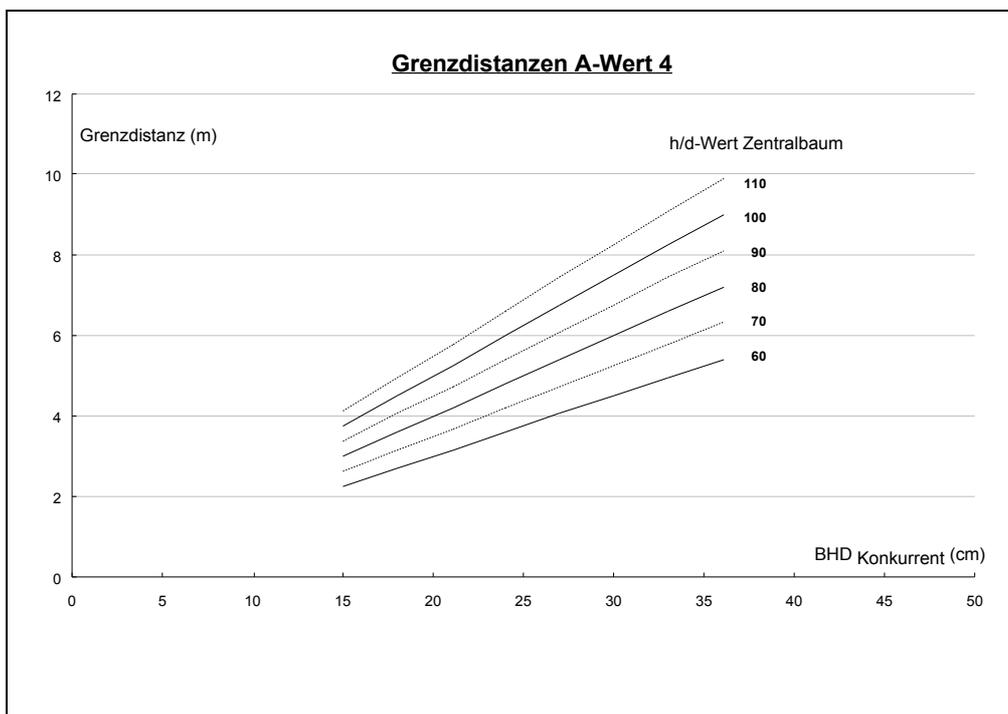


Abbildung 4: Grenzdistanzen bei starker Freistellung

## 4. Ergebnisse

### 4.1 Durchmesserwachstum

Abbildung 5 zeigt den absoluten jährlichen Durchmesserzuwachs im Beobachtungszeitraum 2000 bis 2005 getrennt nach Baumklasse und Parzelle. Gegenübergestellt werden die Ergebnisse für den Füllbestand (links) sowie für das Kollektiv der insgesamt 53 Zentralbäume (rechts).

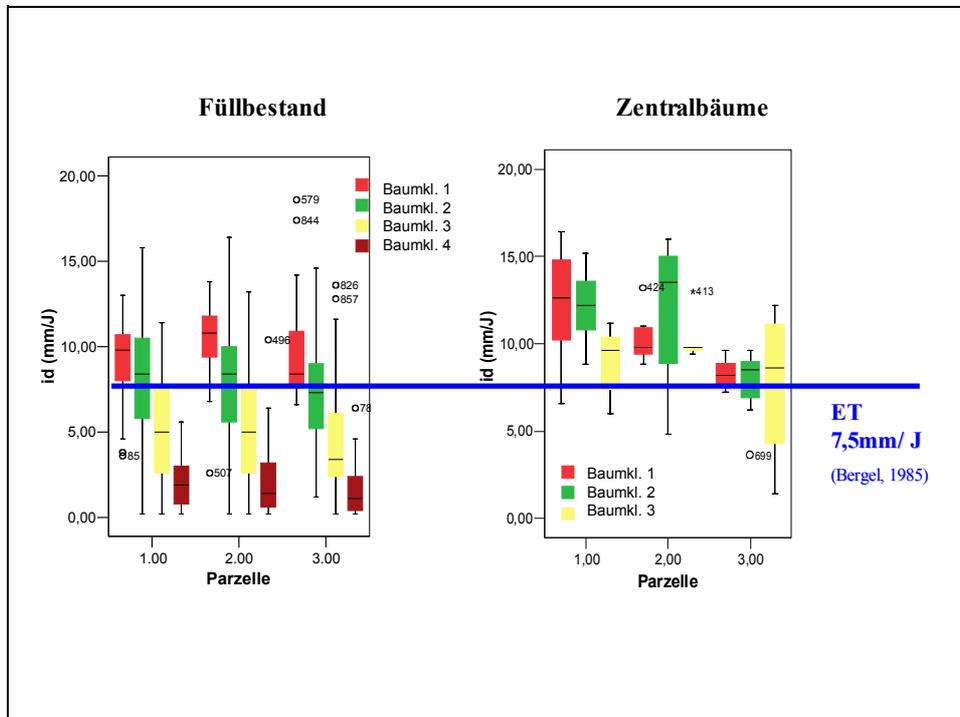


Abbildung 5: Vergleich der jährlichen Durchmesserzuwächse der Jahre 2000 bis 2005

Die Bäume des Füllbestandes lassen im jährlichen Durchmesserzuwachs auf allen drei Parzellen eine deutliche, gleichgerichtete Abstufung zwischen den ausgeschiedenen Baumklassen 1 bis 4 erkennen. Hierbei schwanken die Zuwächse zwischen maximal 11 mm / Jahr (BKL 1, Parzelle 2) und minimal 2 mm / Jahr (BKL 4, Parzelle 3). Es fällt auf, daß im Vergleich zu den Ertragstafelangaben von BERGEL (1985, st. Df., mittleres Ertragsniveau), der im Alter 25 bis 30 Jahren einen mittleren, jährlichen Durchmesserzuwachs von 7,5 mm unterstellt, in allen drei Parzellen die Füllbestandsbäume der Baumklassen 1 und 2 gleich hohe bzw. höhere Zuwächse als die Ertragstafel aufweisen.

Im Vergleich zum Füllbestand zeichnen sich die freigestellten Zentralbäume (Parzelle 1 und 2) wie zu erwarten durch ein deutlich überlegenes Durchmesserwachstum aus. So schwanken auf den beiden Parzellen 1 und 2 die Zuwächse zwischen maximal 14 mm / Jahr (BKL 2, Parzelle 2) und minimal 10 mm / Jahr (BKL 3, Parzelle 1). Die freigestellten Zentralbäume der BKL 1 und 2 leisten demzufolge gegenüber den Bäumen des Füllbestandes einen Durchmesser**mehr**zuwachs von jährlich rd. 5 mm, in nur 5 Jahren entspricht dies einem Durchmesser-sprung von 2,5 cm!

Das beschriebene, gleichgerichtete Reaktionsmuster zwischen den Baumklassen im Füllbestand, löst sich im Fall der beobachteten 53 Zentralbäume auf. Dies wird auf das Wechselspiel / -wirkung zwischen dem individuellen Freistellungsgrad und dem aktuellen Kronenprozent zurückgeführt. Zudem bewirkt die Steuerung der Durchforstungsstärke über den A-Wert, daß **innerhalb** einer Behandlungsvariante (Parzelle) mit abnehmender Baumklasse / „sozialer Stellung“ die Zentralbäume vergleichsweise stärker freigestellt werden als bspw. die stärkeren, vorherrschenden Individuen. Daraus erklärt sich, daß die Zentralbäume der BKL 1 sowohl in Parzelle 1 als auch in Parzelle 2 mit unerwartet hohen, jährlichen Durchmesserzuwächsen von rd. 9 mm reagieren. Die Versuchssteuerung mit gleichen A-Werten innerhalb einer Parzelle hat aber auch zur Konsequenz, daß waldwachstumskundliche Vergleiche **zwischen** den drei Behandlungsvarianten nur separat, für jede Baumklasse getrennt, vorgenommen werden können. Eindeutig kann dies im Fall der Zentralbäume der BKL 1 beobachtet werden, die mit abnehmender Durchforstungsstärke einen jährlichen Zuwachsrückgang von durchschnittlich 13 mm (Parzelle 1) auf 8 mm erkennen lassen.

Auffälligerweise zeigen auch auf der unbehandelten Parzelle 3 (Nullfläche) die Zentralbäume aller drei Baumklassen hohe Jahreszuwächse um 8 mm / J. Diese Zuwachsdynamik wird einerseits auf die Auswahl der Zentralbäume, in allen drei Baumklassen wurden vitale Einzelbäume mit hohen Kronenprozenten ausgewählt, zurückgeführt. Andererseits ist in Parzelle 3 die Bestandesstellung / Dichte noch durch die vorangegangenen Läuterungseingriffe überprägt. Mit einer gegenwärtigen Grundflächenhaltung von rd. 34 m<sup>2</sup> hat die als Nullfläche ausgewiesene Parzelle noch lange nicht ihre maximale Grundflächenhaltung erreicht.

Die Dynamik der Zuwachsreaktionen zwischen den drei Baumklassen innerhalb einer Parzelle verdeutlicht der Vergleich der periodischen, relativen Durchmesserzuwächse (siehe Abbildung 6). So sind die relativen Durchmesserzuwächse der BKL 3 innerhalb jeder Behandlungsvariante den relativen Zuwächsen der BKL 2 und 1 um ein vielfaches überlegen. Hierin bestätigt sich die Beobachtung, daß Bäume mit geringerer sozialer Stellung im Durchmesserzuwachs relativ stärker auf Freistellung reagieren als herrschende bzw. vorherrschende Bäume (VANSELOW 1951, MAGIN 1954, ASSMANN 1961).

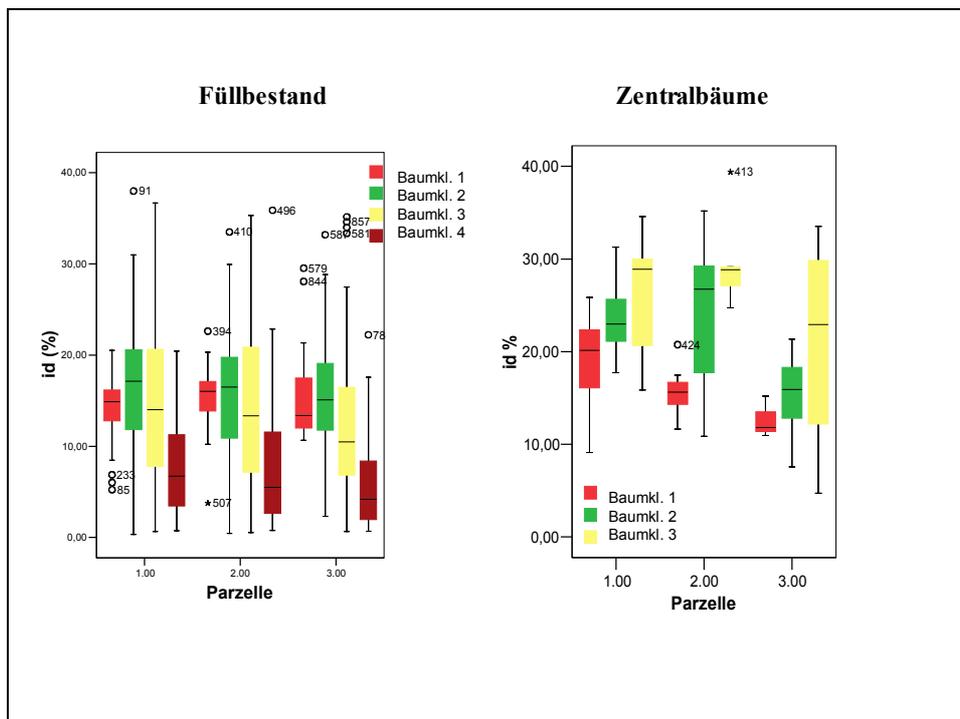


Abbildung 6: Vergleich der relativen jährlichen Durchmesserzuwächse 2000 bis 2005

In Ergänzung zu den Aussagen über den periodischen Durchmesserzuwachs können für das Kollektiv der Zentralbäume weitergehende Analysen über den jährlichen Durchmesserzuwachs für den Zeitraum 2001 bis 2005 getroffen werden. Sie basieren auf den Beobachtungen, die mit Hilfe permanenter Umfangmessbänder erhoben wurden. Abbildung 7 zeigt den Verlauf des absoluten jährlichen Durchmesserzuwachses der 53 beobachteten Zentralbäume als Einzelbaumzuwächse sowie den Verlauf des jährlichen Mittelwertes. Besonders auffällig ist der starke Zuwachsrückgang in 2003, der im Mittel von 11 mm / J in 2002 auf weniger als 8 mm / J gesunken ist. Die Ursache für den Zuwachsrückgang wird in dem ungewöhnlich trockenen und heißen Sommer 2003 gesehen. So wurde in 2003 an der nächstgelegenen Klimastation im Solling im Vergleich zum langjährigen Mittel (1960 bis 1990) ein Niederschlagsdefizit von minus 26 % bei gleichzeitig erhöhten Temperaturen von plus 2,4 % innerhalb der Vegetationszeit (Mai bis September) gemessen. Bereits im Folgejahr 2004 kehrt sich das Zuwachsmuster um. Im Jahresvergleich 2001 bis 2005 werden in 2004 mit durchschnittlich 14 mm / J sogar die größten Durchmesserzuwächse geleistet. Dies könnte u.a. auf den außerordentlich feuchten Sommer, gegenüber dem langjährigen Mittel wurden in 2003 im Solling um 28 % erhöhte Niederschläge registriert, zurück zu führen sein. Der sich anschließende Zuwachsrückgang in 2005 wird hingegen auf den, 5 Jahre nach Durchforstung einsetzenden, zunehmenden Bestandesschluss / Konkurrenzdruck zurückgeführt.

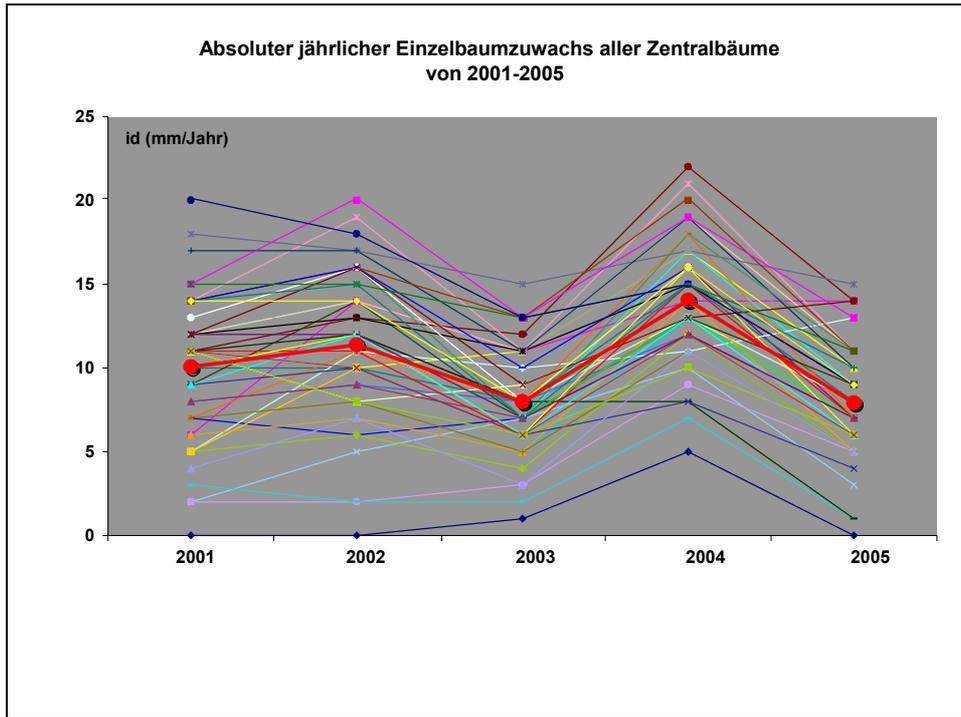


Abbildung 7: Verlauf der jährlichen Durchmesserzuwächse, hier Zentralbaumkollektiv. Zuwachsmessungen mit Hilfe permanenter Umfangmessbändern.

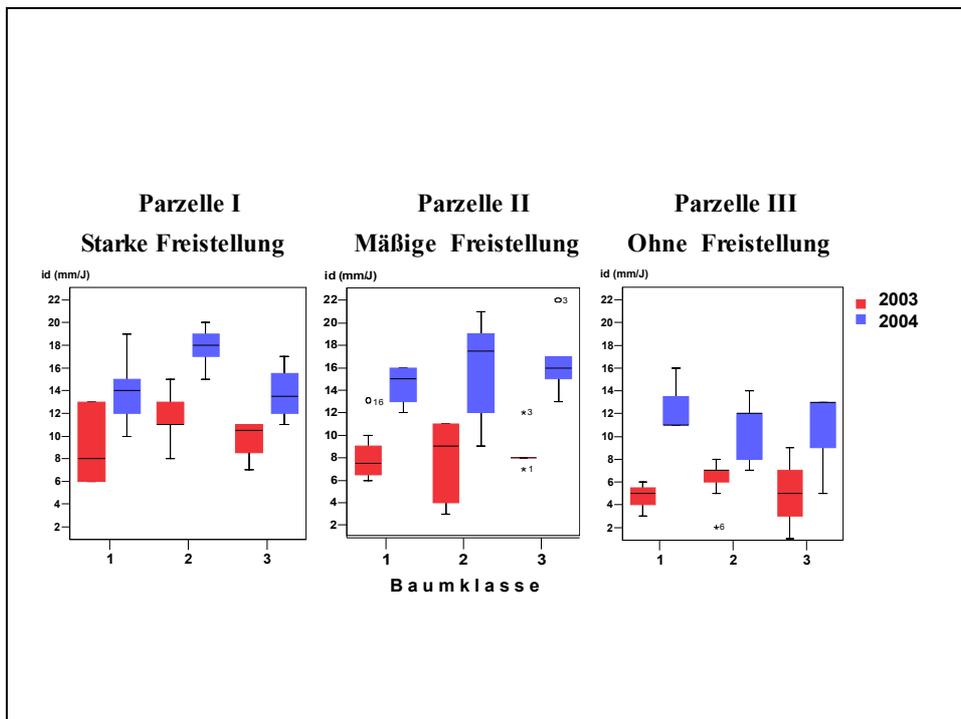


Abbildung 8: Reaktion der Durchmesserzuwächse im Vergleich der Jahre 2003 und 2004, getrennt nach Behandlungsvarianten und Baumklasse.

In Abbildung 8 sind, getrennt nach Parzelle und sozialer Stellung, die absoluten Jahreszuwächse 2003 und 2004 der Zentralbäume gegenübergestellt. Zwei Beobachtungen sind besonders auffällig. Zum einen wird erkennbar, daß in dem extremen Trockenjahr 2003 in allen drei Behandlungsvarianten die Douglasien der BKL 1 (> 30 cm BHD) vergleichsweise geringere Zuwächse aufweisen als die Zentralbäume der BKL 2 und 3. Dieser Trend wird darauf zurückgeführt, daß die vorherrschenden, großkronigen Douglasien vermutlich stärker unter Trockenstress geraten sind als die übrigen Bestandesglieder. Zum anderen wird nochmals deutlich, daß im Folgejahr 2004 alle Zentralbäume in der Lage sind, unmittelbar und nahezu unabhängig von der Behandlungsvariante, mit überproportionalen Durchmesserzuwächsen auf die hohen Niederschläge (+ 28 % gegenüber dem langjährigen Mittel) innerhalb der Vegetationszeit zu reagieren. Die Zentralbäume der BKL 2 erscheinen hierbei besonders reaktionsstark.

#### 4.2 Höhenwachstum und Veränderung des Kronenansatzes

In Abbildung 9 sind die Höhen und Kronenansätze der Zentralbäume über dem BHD, getrennt nach den beiden Aufnahmen 2000 und 2005, aufgetragen. Innerhalb des Beobachtungszeitraumes verschiebt sich die Höhenkurve um rd. 3 m. So leisten die beobachteten Douglasien im Alter zwischen 27 und 32 Jahren einen jährlichen Höhenzuwachs von rd. 60 cm und liegen damit nur geringfügig unter den Werten für die I. Bonität des Ertragstafelmodells von BERGEL (1985, st. Df., mittleres Ertragsniveau), das im Alter 25 bis 30 Jahren einen mittleren, jährlichen Höhenzuwachs ( $h_0$ ) von rd. 70 cm unterstellt.

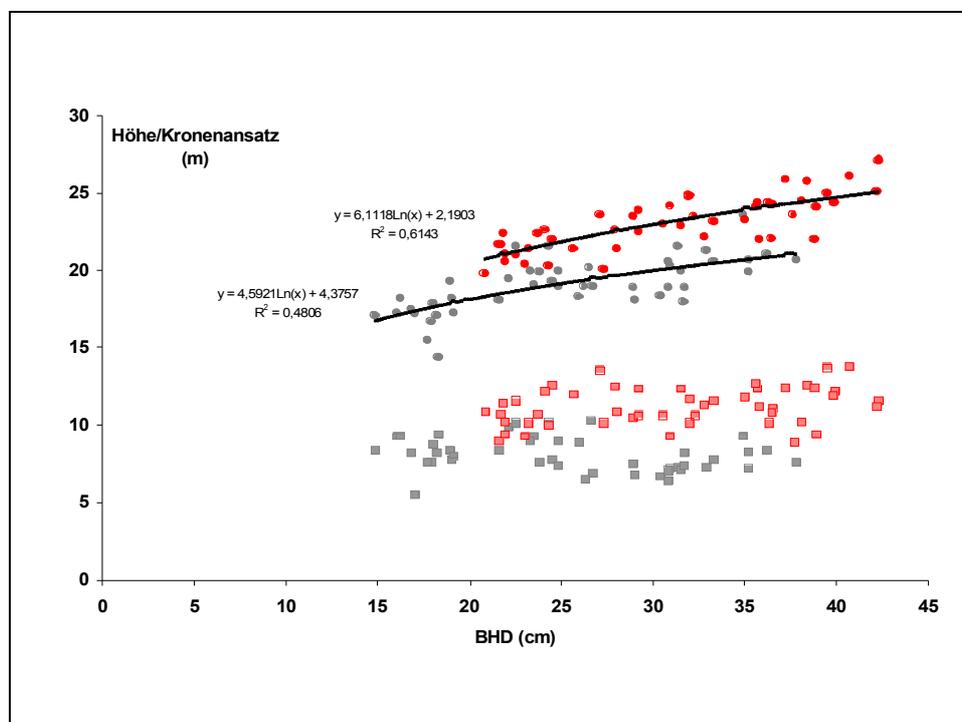


Abbildung 9: Bestandeshöhenkurven und Kronenansätze der Zentralbäume im Vergleich zwischen den Aufnahmen 2000 und 2005

Parallel dazu verschieben sich an allen beobachteten Zentralbäumen die absoluten Kronenansätze. Abbildung 9 lässt erkennen, daß die absoluten Veränderungsraten mit zunehmendem Durchmesser überproportional ansteigen. So verlagern sich im schwächeren Durchmesserbereich um 20 cm BHD die Kronenansätze um durchschnittlich 2 m, im stärkeren Durchmesserbereich hingegen um bis zu 5 m.

Getrennt nach Baumklassen verdeutlicht Abbildung 10 die Entwicklung der relativen Kronenprozent im Vergleich zwischen den Aufnahmen 2000 und 2005. Demnach nehmen die Kronenprozent tendenziell in allen 3 Baumklassen ab. Mit nahezu 10 % Differenz ist diese Veränderung jedoch am deutlichsten in Baumklasse 1 ausgeprägt während das mittlere Kronenprozent in Baumklasse 3 nur vergleichsweise geringfügig abnimmt. Die Beobachtungen weisen einerseits darauf hin, daß selbst die überproportional starken Freistellungen der Zentralbäume der Baumklasse 3 nicht ausreichen, um die Kronenbasis anzuhalten. Andererseits sind die Zentralbäume der BKL 1 und 2 trotz Freistellung offensichtlich noch so starkem Seitendruck ausgesetzt, dass sich das Aststerben an der Kronenbasis in vergleichsweise größerem Umfang fortsetzt.

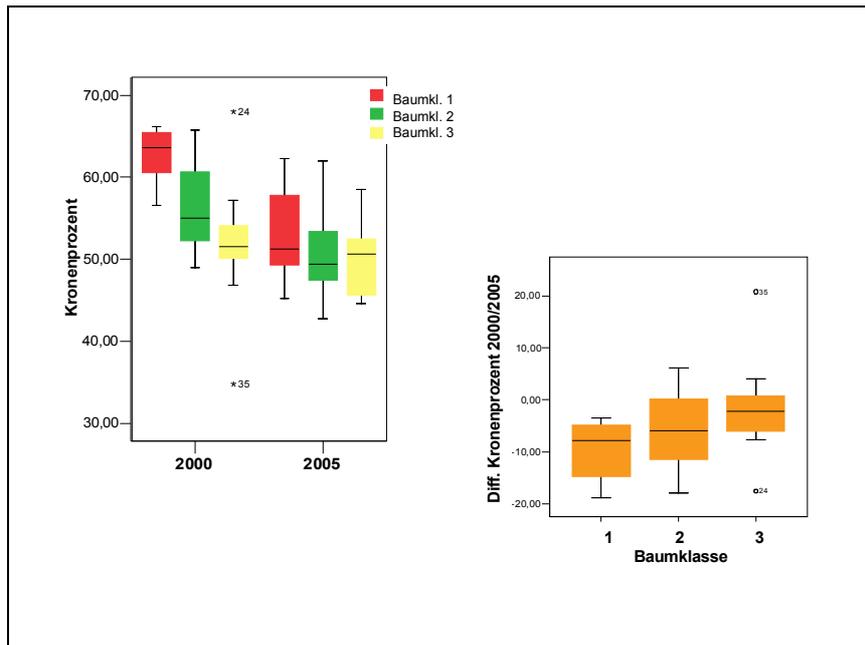


Abbildung 10: Veränderungen des Kronenansatzes im Vergleich zwischen den Baumklassen

### 4.3 Kronenbreiten

Erst im Zusammenhang mit der Wiederholungsaufnahme 2005 wurden die Kronen aller Zentralbäume sowie ihrer unmittelbaren Nachbarn abgelotet. Die ermittelten Kronenbreiten in Abhängigkeit vom BHD sind Abbildung 11 zu entnehmen. Der Ausgleich erfolgte über ein einfaches, lineares Modell. Auffällende Unterschiede in der Kronenbreite lassen sich nur in dem schwächeren Durchmesserkollektiv um 25 cm BHD erkennen. Hier schwanken die Kronenbreiten der Douglasien zwischen 3,5 m in der unbehandelten Fläche und nahezu 5 m in der stark freigestellten Parzelle. Mit zunehmendem BHD gleichen sich hingegen die Unterschiede in der Kronenbreite zwischen den Parzellen / Behandlungen aus.

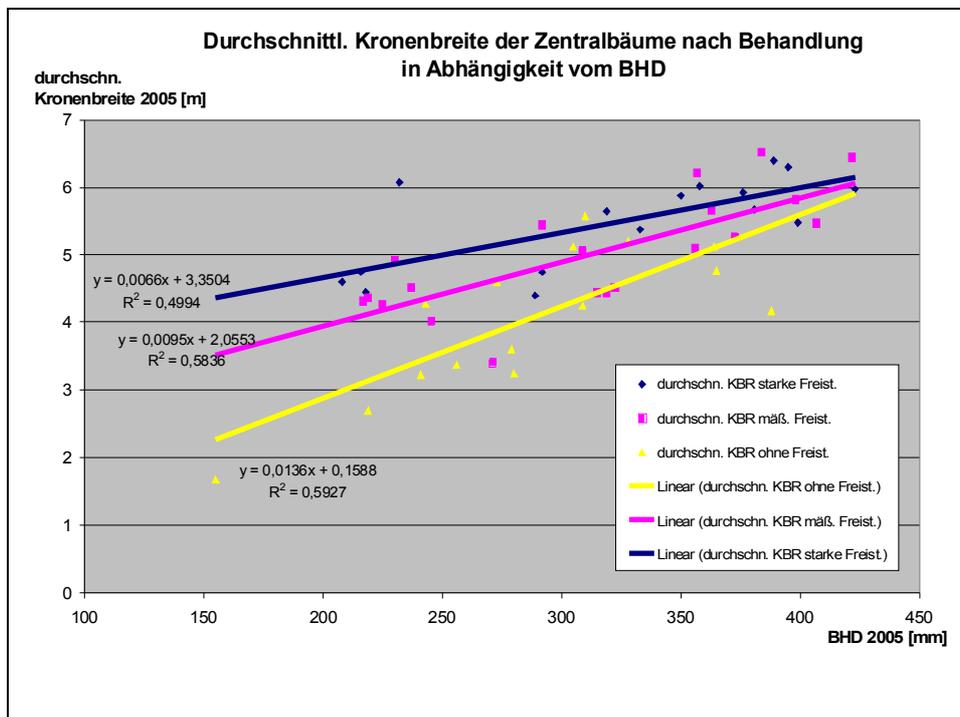


Abbildung 11: Ergebnis der Kronenablotungen 2005, Kronenbreitenfunktionen in Abhängigkeit vom BHD getrennt nach Behandlungsvariante.

## 5. Diskussion und Schlussfolgerungen

### 5.1 Waldwachstumskundliche Reaktionen

Aus waldwachstumskundlicher Sicht sind die folgenden Aspekte besonders hervorzuheben:

- Durchmesserzuwachs; Reaktionsvermögen unterschiedlicher Baumklassen

Die beachtenswerte Wuchsdynamik des rd. 30-jährigen Douglasienbestandes zeigt sich in den hohen periodischen Durchmesserzuwachsen (2000-2005), die sowohl an den Douglasien des Füllbestandes (BKL 1 und 2) als auch den freigestellten Zentralbäume beobachtet wurden. Es konnten Durchmesserzuwächse bis zu maximal 20 mm / J nachgewiesen werden. Der Mittelwert der mit Umfangmessbändern ausgestatteten Zentralbäume, schwankt zwischen 8 mm und 14 mm / J. Demgegenüber weist das Ertragstafelmodell von BERGEL (1985, st. Df., mittleres Ertragsniveau) im Alter 25 bis 30 Jahren für die I. Bonität einen mittleren, jährlichen Durchmesserzuwachs von lediglich 7,5 mm aus. Auf Grund dieser Dynamik haben bereits im Alter von 32 Jahren die ersten Douglasien Durchmesser von mehr als 40 cm erreicht. Das Produktionsziel Douglasienstammholz mit einem angestrebten Zieldurchmesser von 50 cm + (NDS. LANDESFORSTEN 2004) könnte demnach noch vor Alter 50 von einem ersten Teil des Douglasienbestandes erreicht werden. Damit bestätigt sich erneut die hohe ökonomische Attraktivität der Baumart Douglasie, deren Anteil an der Baumartenzusammensetzung in der Waldbauregion Solling von gegenwärtig < 1 % mittelfristig auf 6 % der Holzbodenfläche angehoben werden soll (NDS. LANDESFORSTEN 2004).

Unter waldwachstumskundlichen wie auch waldbaulichen Gesichtspunkten ist das beobachtete Reaktionsvermögen der freigestellten Zentralbäume der BKL 3 (15 cm bis 20 cm BHD) besonders interessant. Es bleibt abzuwarten mit welcher Dynamik sich diese Bäume weiterentwickeln und den, ihnen zur Verfügung stehenden, Standraum nutzen werden, um noch mehr Krone aufzubauen. In Kombination mit der Zielstärkennutzung vom starken Ende her und der damit einhergehenden Freigabe von Standraum, ist die zu erwartende Wuchsdynamik, aller schwächeren Bestandeselemente ( $Z_2$ ,  $Z_3$ ), der Schlüssel für den Einstieg in ungleichaltrige, strukturreiche Bestandsaufbauformen (Dauerwald). In diesem Zusammenhang soll die langfristige Weiterbeobachtung der Versuchsfläche dazu beitragen waldwachstumskundliche Fragestellungen wie bspw. zu Umstellungszeiträumen, der Kronenentwicklung und dem Zuwachspotenzial verschiedener Baumklassen beantworten zu können.

- Wechselwirkungen zwischen Kronenprozent (Vorbehandlung) und Freistellungsgrad

Es wurde aufgezeigt, dass bei der Auswahl der Zentralbäume in 2000 sehr strikt auf die Durchmesserstaffelung zwischen den Baumklassen geachtet wurde, während sich die Kronenprozent zwischen den Baumklassen anfänglich um bis zu 10 % voneinander unterscheiden. Darunter leidet die Aussagekraft über das ohnehin nur 53 Bäume umfassende Zentralbaumkollektiv, da Wechselwirkungen zwischen Ausgangskronenprozent und Behandlungs-/ Freistellungseffekten nicht ausgeschlossen werden können. Umgekehrt hat der vergleichsweise höhere Dichtstand der Zentralbäume der BKL 1 und 2 bereits innerhalb der ersten Beobachtungsperiode zu einer Nivellierung des Kronenprozentes zwischen den BKL geführt.

- Wechselwirkungen zwischen Klima (hier Niederschlagsdefizit 2003) und Durchmesserzuwachs

Die Analyse der jährlichen Durchmesserzuwächse, die mit Hilfe permanenter Umfangmessbänder an den Zentralbäumen ermittelt wurden, zeigt eine enge Korrelation mit der Witterung. So führt das Niederschlagsdefizit in 2003 zu einem Zuwachsrückgang von -23 % im Vergleich zum mittleren Zuwachs aller Zentralbäume innerhalb der Periode 2000 bis 2005. Dieses Ergebnis bestätigt bekannte Beobachtungen zum Zuwachsverhalten bzw. dem Zuwachsrückgang infolge extrem warm-trockener Witterung (MITSCHERLICH 1970, KRAMER 1988, UTSCHIG et. al 2004). Im Gegensatz zu den Ergebnissen von UTSCHIG et. al (2004), die an der Baumart Fichte abrupte Zuwachsänderungen nach dem Trockenjahr 1976 insbesondere an den sozial schwächeren Baumklassen nachweisen konnten, sind es jedoch auf der Versuchsfläche im Solling die Douglasien der BKL 1 (> 30 cm BHD), die vergleichsweise geringere Zuwächse leisten. Dieser Trend wird darauf zurückgeführt, daß die vorherrschenden, großkronigen Douglasien vermutlich stärker unter dem Trockenstress 2003 litten, als die übrigen Bestandeselemente.

- Veränderungen des Kronenansatzes

An allen beobachteten Zentralbäumen wurde im Zeitraum 2000 bis 2005 die Verlagerung des absoluten Kronenansatzes um durchschnittlich 3 m Höhe beobachtet. Diese Beobachtungen decken sich mit Angaben von SPATHELF (1998), der an der Baumart Tanne durchschnittliche Kronenansatzveränderungen von bis zu 2,84 m / 5 Jahren sowie bis zu 2,29 m / 5 Jahren an der Baumart Fichte beschreibt. Im Gegensatz dazu beobachten MAGUIRE u. HANN (1990) weitaus geringere Kronenansatzveränderungen an Douglasien in Oregon in einer Größenordnung von lediglich 1,2 m in 5 Jahren. Auffälligerweise verlagern insbesondere die Zentralbäume der Baumklassen 1 und 2 den Kronenansatz überproportional zum Höhenzuwachs wodurch sich die mittleren Kronenprozent um bis zu 10

% verringern. Dies zeigt, daß die Zentralbäume der BKL 1 und 2 trotz anfänglicher Freistellung sehr schnell erneut Seitendruck ausgesetzt sind. Lediglich die überproportional starke Freistellung der Zentralbäume der BKL 3 bewirkt, daß das mittlere Kronenprozent dieses Teilkollektives nahezu beibehalten wird. Als Anschauungsobjekt für die waldbauliche Praxis verdeutlichen die Beobachtungen, wie stark die Douglasien im Einzelfall freizustellen wären, um das Absterben von Ästen an der Kronenbasis zu verhindern.

## 5.2 Methodische Schlussfolgerungen

Nach nur 5-jähriger Beobachtung können erste methodische Erfahrungen (Empfehlungen) sowohl hinsichtlich der Versuchseinrichtung als auch in Bezug auf die Steuerung der Versuchsanlage mit Hilfe des A-Wertes gegeben werden:

### ➤ Datengrundlage

Die geringe Anzahl von nur 53 Zentralbäumen verteilt auf drei Behandlungsvarianten und zusätzlich drei Baumklassen schränkt die Aussagekraft des Versuches deutlich ein, zumal statistische Auswertungen und Absicherungen bei der geringen Stichprobenzahl sowie fehlender Wiederholungen nicht durchgeführt werden können. Die Auswahl der Zentralbäume in 2000 orientierte sich in erster Linie an den Ausgangsdurchmessern mit dem Ziel drei Durchmesserbereiche (Baumklassen) möglichst gleichmäßig abzudecken. Unbeachtet blieb, dass sich die mittleren Kronenprozente zwischen den Baumklassen anfänglich um bis zu 10 % voneinander unterschieden. Darunter leidet die Aussagekraft, zumindest für die erste Beobachtungsperiode, da Wechselwirkungen zwischen Ausgangskronenprozent und Behandlungs-/ Freistellungseffekten nicht ausgeschlossen werden können. Schließlich ist der Vergleich zwischen den beiden behandelten und der unbehandelten Referenzfläche gegenwärtig ebenfalls nur eingeschränkt möglich, da die Bestandesstellung / Dichte der „Null-fläche“ noch durch die vorangegangenen Lässerungseingriffe überprägt ist. Mit einer Grundflächenhaltung von gegenwärtig rd. 34 m<sup>2</sup> hat die als Nullfläche ausgewiesene Parzelle noch lange nicht ihre maximale Grund-flächenhaltung erreicht. Waldwachstumskundliche Unterschiede zwischen den Baumkollektiven und Freistellungsvarianten werden sich demzufolge erst aus der langfristigen Weitbeobachtung der Versuchsanlage ableiten lassen.

### ➤ Flächenbedarf

Aus den erforderlichen Zentralbaumabständen, besonders von schwächeren Zentralbäumen (hier zwischen 15 und 20 cm BHD) resultiert, unter konsequenter Anwendung des A-Werts 4 (starke Freistellung), ein enormer Flächenbedarf. Dieser Flächenbedarf sollte bei der Planung vergleichbarer, langfristiger Versuchsanlagen nicht unterschätzt werden.

### ➤ A-Wert

In Anlehnung an die Empfehlungen der SEKTION ERTRAGSKUNDE IM VERBAND FORSTLICHER VERSUCHSANSTALTEN (1986) wird die Freistellung der Zentralbäume über die A-Werte 4 (starke Df.) und 6 (mäßige Df.) gesteuert. Zu Versuchsbeginn stellten die gewählten, einheitlichen A-Werte bzw. deren Anwendung als Freistellungsgröße für Zentralbäume mit unterschiedlichen Ausgangsdurchmessern einen „wald-baulichen Kompromiss“ dar. So schwankte die Grundfläche des verbleibenden Bestandes nach dem ersten Durchforstungseingriff zwischen 27,8 m<sup>2</sup>, 29,5 m<sup>2</sup> und 33,9 m<sup>2</sup> auf der unbehandelten Fläche. Im Vergleich zu praxisüblichen Durchforstungsstärken ist der Eingriff für die Bäume der BKL 1 und 2 jedoch eher als zu gering zu bewerten, während die Bäume der Baumklasse 3 unter Anwendung der o.g. A-Werte, wie erwünscht, teilweise extrem (Parzelle 1, A-Wert 4) freigestellt wurden. Demzufolge existiert auf der Versuchsanlage der schärfste Gradient zwischen den Zentralbäumen der Baumklasse 3 während die Zentralbäume der Baumklassen 1 und 2, im Sinne des eingangs erläuterten Versuchszieles, noch deutlich stärker freigestellt werden müßten. Das Risiko durch diese extremen Freistellungen möglicherweise die Bestandesstabilität und damit die Existenz der ganzen Versuchsanlage zu gefährden, sollte hierbei natürlich nicht unterschätzt werden. Für die Anlage vergleichbarer, experimenteller Versuchseinrichtungen wird angeregt, die Staffelung von Freistellungsvarianten mit Hilfe abgestufter A-Werte durch eine zusätzliche Staffelung von A-Werten zwischen unterschiedlich starken „sozialen“ Baumkollektiven zu ergänzen, wodurch sowohl die Aussagekraft als auch die Vergleichbarkeit erhöht wird.

## 6. Zusammenfassung

Die vorgestellten Ergebnisse basieren auf den 5-jährigen Beobachtungen einer im Jahr 2000 neu eingerichteten, Versuchsanlage in einem 27-jährigen Douglasienreinbestand im Wuchsbezirk „Unterer Solling“. Dazu wurde ein bislang beobachteter „klassischer“ Lässerungsversuch in einen Einzelbaumversuch mit experimentellem Charakter umgebaut. Ziel der Untersuchungen ist es, das Reaktionsvermögen von Einzelbäumen unterschiedlicher sozialer Klassen auf verschieden starke bis hin zu extremen Freistellungsgraden zu erfassen. Diese Informationen stellen eine wichtige zusätzliche Datenquelle für die Parametrisierung bzw. Validierung des niedersächsischen Wachstumssimulators BwinPro dar. Zudem sollen aus den langfristigen Beobachtungen der Versuchsanlage waldbauliche Empfehlungen für die Entwicklung strukturreicher Douglasienbestände abgeleitet werden. So soll die

langfristige Weiterbeobachtung der Versuchsfläche dazu beitragen waldwachstumskundliche Fragestellungen, wie bspw. zu Umstellungszeiträumen, Kronenentwicklung und Zuwachspotenzial verschiedener Baumklassen, beantworten zu können. Im Mittelpunkt der Beobachtungen stehen 53 „Zentralbäume“ unterschiedlicher sozialer Stellung, die im Rahmen der Versuchsanstellung proportional zu ihrer Ausgangsdimension freigestellt wurden. Als Freistellungsvarianten wurden eine Nullvariante, eine mäßige sowie eine starke Freistellung gewählt, die Steuerung der Freistellungsstärke erfolgte mit Hilfe des A-Wertes. Die waldwachstumskundlichen Grundinformationen der Erst- und Zweitaufnahme werden durch jährliche Durchmesserzuwachsdaten ergänzt, die mit Hilfe permanenter Zuwachsmessbänder erhoben werden. In der ersten Beobachtungsperiode (2000 bis 2005) können an den Douglasien mittlere Durchmesserzuwächse zwischen 8 mm und 14 mm / J (maximal bis 20 mm / J) gemessen werden, wobei das Trockenjahr 2003 eine enge Korrelation zwischen Jahreswitterung und Einzelbaumzuwachs erkennen läßt. Zudem zeigt sich, daß nur im Fall der extremen Freistellung der BKL 3 das Kronenprozent nahezu erhalten bleibt, d.h. das Höhenwachstum und die Kronenansatzveränderung im Gleichgewicht gehalten werden können. Im Gegensatz dazu vermindert sich im Fall aller übrigen Zentralbäume der Baumklassen 1 und 2 das mittlere Kronenprozent um bis zu 10 %. Als Anschauungsobjekt für die waldbauliche Praxis verdeutlichen diese Beobachtungen, wie stark die Douglasien im Einzelfall freizustellen wären, um das Absterben von Ästen an der Kronenbasis zu verhindern.

## 8. Literatur

- ASSMANN, E., 1961: Waldertragskunde, BLV-Verlag, München, Bonn u. Wien.
- BERGEL, D., 1985: Douglasien-Ertragstafel für Nordwestdeutschland. Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt, Göttingen. 72 S.
- JOHANN, K., 1982: Der „A-Wert“ – ein objektiver Parameter zur Bestimmung der Freistellungsstärke von Zentralbäumen. Vortragsmanuskript anlässlich der Arbeitstagung der Sektion Ertragskunde im Deutschen Verband Forstlicher Forschungsanstalten in Weibersbrunn 1982.
- KRAMER, H., 1988: Waldwachstumslehre. Parey Verlag, Hamburg u. Berlin
- KRAMER, H., 1992: Erste Ergebnisse von Douglasien-Läuterungsversuchen in Rheinland-Pfalz und Niedersachsen. AFJZ, 163, 5-12.
- KRAMER, H u. HEYDECKE, H., 1994: Douglasien-Läuterungsversuche in Rheinland-Pfalz und Niedersachsen. AFJZ, 165, 163-172.
- MAGIN, R., 1954: Ertragskundliche Untersuchungen in montanen Mischwäldern. Forstwissenschaftl. Centralblatt 73, S. 103-113.
- MAGUIRE, D. A. u. HANN, D. W., 1990: Constructing models for direct prediction of 5-year crown recession in southwestern Oregon Douglas-fir. Canadian Journal Forest Research. 20, 1044 – 1052.
- MITSCHERLICH, G., 1970: Wald, Wachstum und Umwelt. Band 1. J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M., 142 S.
- NAGEL, J. 1999: Konzeptionelle Überlegungen zum schrittweisen Aufbau eines waldwachstumskundlichen Simulationssystems für Nordwestdeutschland. Schriftenreihe der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen, Band 128, 122 S.
- NAGEL, J., ALBERT, M. und SCHMIDT, M. 2001: BWINPRO – Programm zur Bestandesanalyse und Prognose. Handbuch zur Version 6.0. Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt, Abteilung Waldwachstum. Göttingen. 58 S.
- NDS. LFV, 2004: Langfristige ökologische Waldentwicklung. Richtlinie zur Baumartenwahl. Aus dem Walde, Heft 54, 145 S., 2004
- SPATHELF, P., 1998: Orientierungshilfe zur Prognose und Steuerung des Wachstums. Dissertation, Forstwissenschaftliche Fakultät der Universität Freiburg.
- SEKTION ERTRAGSKUNDE IM DEUTSCHEN VERBAND FORSTLICHER FORSCHUNGSANSTALTEN, 1986: Empfehlungen für ertragskundliche Versuche zur Beobachtung der Reaktion von Bäumen auf unterschiedliche Freistellung (Empfehlungen für Freistellungsversuche). AFJZ, 157, 78-82.
- UTSCHIG, H., BACHMANN, M., PRETZSCH, H., 2004: Das Trockenjahr 1976 bescherte langjährige Zuwachseinbrüche. LWF aktuell Nr. 43, Seite 17-18.
- VANSELOW, K., 1951: Was leisten die einzelnen Baumklassen an Massenzuwachs? AFZ 6, S. 313-317.