

Wuchsheistungvergleiche zwischen Vor- und Folgebeständen langjähriger Fichten-Dauerversuchsflächen

Günter Rössler

Diese Arbeit wurde an der Universität für Bodenkultur in Wien im November 2014 als Dissertation vorgelegt (Betreuer: Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Hubert Sterba)

Approbation der Arbeit im Dezember 2014 (Begutachter: Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Hubert Sterba und Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Hubert Hasenauer)

Rigorosum am 14. Jänner 2015

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
Kurzfassung	7
Abstract	7
1. Einleitung und Zielsetzung.....	9
2. Ziel der Untersuchung und Flächenauswahl.....	9
3. Fragestellungen.....	11
4. Darstellung der Dauerversuche.....	11
4.1 Versuch Ödensee.....	11
4.2 Versuch St. Martin.....	13
4.3 Versuch Thiersee.....	14
4.4 Versuch Hallein	16
4.5 Versuch Langbathsee	18
5. Datenmaterial	20
5.1 Alte Dauerversuchsflächen.....	20
5.2 Folgebestände	21
6. Methodik.....	22
6.1 Datenerhebung.....	22
6.1.1 Alte Dauerversuche	22
6.1.2 Folgebestände	24
6.2 Auswertung	28
6.2.1 Alte Dauerversuche	28
6.2.2 Folgebestände	36
6.2.3 Wachstumsvergleich Vor- und Folgebestand	38
7. Ergebnisse	38
7.1 Versuch Ödensee	38
7.1.1 Vorbestand (Dauerversuch).....	38
7.1.2 Folgebestand	50
7.1.3 Vergleich Wuchsleistung Vor- und Folgebestand Ödensee	57
7.2 Versuch St. Martin.....	62
7.2.1 Vorbestand (Dauerversuch).....	62
7.2.2 Folgebestand	72
7.2.3 Vergleich Wuchsleistung Vor- und Folgebestand.....	77
7.3 Versuch Thiersee	82
7.3.1 Vorbestand (Dauerversuch).....	82
7.3.2 Folgebestand.....	90
7.3.3 Vergleich Wuchsleistung Vor- und Folgebestand.....	95
7.4 Versuch Hallein	100
7.4.1 Vorbestand (Dauerversuch).....	100
7.4.2 Folgebestand.....	115
7.4.3 Vergleich Wuchsleistung Vor- und Folgebestand.....	121
7.5 Versuch Langbathsee	126
7.5.1 Vorbestand (Dauerversuch).....	126
7.5.2 Folgebestand.....	137
7.5.3 Vergleich Wuchsleistung Vor- und Folgebestand Langbathsee.....	143
7.6 Vergleich der Versuche	148
7.6.1 Bestandesmessungen.....	148
7.6.2 Stammanalysen	150
7.6.3 Bestandesdichte (Stand Density Index)	156
8. Diskussion	159
8.1 Dauerversuche.....	159
8.1.1 Anlage, Datenkollektiv	159
8.1.2 Dauerversuche - Auswertung.....	161
8.2 Stammanalysen	162
8.3 Wuchsleistungsveränderungen Vor- gegenüber Folgebestände	163
8.4 Diskussion möglicher Ursachen	165
9. Zusammenfassung	167
10. Literatur	170
11. Anhang	177

Vorwort

Die vorliegende Arbeit wurde im Rahmen meiner beruflichen Tätigkeit am Institut für Waldwachstum und Waldbau des Bundesforschungszentrums für Wald, Naturgefahren und Landschaft in Wien (kurz BFW) durchgeführt.

Abweichungen des aktuellen Zuwachsverhaltens unserer Fichtenbestände von den Modellvorstellungen gaben wiederholt Anlass zu Diskussionen über das Ausmaß und die Ursachen von Wachstumsveränderungen in unseren Wäldern. Nachdem die Anlage, Führung und Auswertung von Dauerversuchen einen wichtigen Teil meiner beruflichen Arbeit am BFW bildet, wurde gemeinsam mit Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Hubert Sterba und meinem Vorgesetzten Institutsleiter Dipl.-Ing. Dr. Markus Neumann die Idee zu dieser Arbeit geboren.

Herrn Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Hubert Sterba danke ich aufrichtig für die Unterstützung im Rahmen meiner Arbeit, im speziellen für die vielfachen Vorschläge und auch für die Durchsicht und Korrektur des Manuskriptes.

Besonderer Dank gilt natürlich Dipl.-Ing. Dr. Markus Neumann, der mir diese Studie im Rahmen meiner dienstlichen Tätigkeit ermöglichte und mich stets mit großem Verständnis, Anregungen und Ratschlägen unterstützte.

Es war auch entscheidend, dass ich Messdaten alter Dauerversuchsflächen aus der umfangreichen Versuchsflächendatenbank des BFW verwenden durfte, ohne die diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

Dankbar bin ich auch meinem leider inzwischen verstorbenen Kollegen Ing. Herbert Erhart, der gemeinsam mit mir die umfangreichen Messungen in den Folgebeständen durchgeführt hatte. Ich bedanke mich auch bei allen weiteren Kollegen unseres Institutes, die im Zuge der Werbung von Nadelproben, Stammscheiben und Bohrkernen mitgearbeitet haben.

Dank gebührt auch der Österreichischen Bundesforste AG als Eigentümer der Folgebestände für das Entgegenkommen und die Unterstützung im Zuge der Fällung von Analyseebäumen in diesen Untersuchungsbeständen sowie die Erlaubnis zur Durchführung der verschiedenen Bestandesmessungen.

Nicht zuletzt möchte ich mich noch bei meinem Kollegen Gerald Schnabel für die druckreife Erstellung der schriftlichen Arbeit herzlich bedanken.

Günter Rössler

Zusammenfassung:

An fünf Fallbeispielen in Fichtenbeständen (*Picea abies* L. Karst.) wurde das Wachstum in Folgebeständen alter ertragskundlicher Dauerversuche untersucht. Durch einen Wachstumsvergleich aufeinanderfolgender Bestandesgenerationen sollte untersucht werden, ob und wieweit sich das Wachstum in der Folgegeneration vom Wachstum des Vorbestandes unterscheidet. Die fünf Beispiele alter Dauerversuche wurden im steirischen und oberösterreichischen Salzkammergut, in Salzburg und Tirol ausgewählt. Die Untersuchung der Wachstumsänderungen erfolgte dort anhand der ertragskundlichen Parameter Bestandeshöhe, Bestandesdurchmesser und Gesamtwuchsleistung in den ehemaligen Versuchsbeständen sowie in den aktuellen Folgebeständen. Ein weiterer Wachstumsvergleich wurde mittels Stammanalysen durchgeführt, wobei die Höhenentwicklung und die Entwicklung des Brusthöhendurchmessers sowie die Stammform verglichen wurden.

Die Ergebnisse der Bestandesmessungen haben ergeben, dass das Wachstum in den Folgebeständen in vier Fällen deutlich höher als in den ehemaligen Versuchsbeständen ist. Bei Vergleichen mit der Ertragstafel konnte gezeigt werden, dass es durch die größeren Oberhöhen auch zu einer Erhöhung der Ertragsklassen in den Folgebeständen kommt. Diese Wachstumssteigerungen in den Folgebeständen wurden auch bei den Vergleichen der Stammanalysen bestätigt. Außerdem konnte anhand der Stammanalysen gezeigt werden, dass sich die Stammform nicht verändert hat. Die Beziehung zwischen Höhe und Volumenleistung ist weitgehend konstant geblieben, das allgemeine Ertragsniveau hat sich also nicht verändert. Erhöhte Stickstoffeinträge als eine von möglichen Ursachen für eine Wachstumssteigerung haben sich durch Nadelanalysen nicht bestätigt. Auch konnten keine anderen Ursachen wegen des Fehlens von diesbezüglichen Informationen für eine Steigerung des Wachstums festgestellt werden.

Schlüsselwörter: Fichte, Wachstum, Folgebestand, Stammanalyse, Ertragsniveau

Abstract: [Comparing growth trends of previous and successive stands of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) using data of long-term experimental plots]

This thesis comprises five case studies each of them comparing the growth of two successive generations of Norway spruce (*Picea abies* L. Karst.) stands in Austria. The objective of the investigation was to analyze whether the growth performance of the second generation of Norway spruce is equal, better or worse than that of the previous generation. The analysis is based on data of long-term experimental plots that are located in Styria, Upper Austria, Salzburg and the Tyrol. Stand height, stand diameter and total growth of the previous and the recently measured successive generation were compared. Additionally, stem analyses were used to compare the development of height as well as of diameter growth and stem taper at the individual-tree level.

In four out of five cases the analyses revealed that the growth performance of the successive generation is better than that of the previous generation. The site class of the successive generation is also higher due to the accelerated growth of dominant height. These findings, which were derived from stand measurements, are also corroborated by the results of the stem analyses. However, neither stem taper nor the relationship between total volume growth and dominant height were affected by the accelerated growth. Thus, the yield level remained unchanged. Nitrogen deposition as one possible reason for the accelerated growth could not be confirmed because of the low nitrogen content of the needles. Other reasons could not be detected because of missing information.

Key words: Norway spruce, growth, successive stand, stem analysis, yield level

1. Einleitung und Zielsetzung

Die Fichte (*Picea abies* (L.)) ist neben der Kiefer (*Pinus silvestris* (L.)) im europäischen Raum jene Baumart, der in der Forstwirtschaft die größte Bedeutung zukommt. Dies belegt eine Vielzahl von wissenschaftlichen Untersuchungen an dieser Baumart, die bereits in der Mitte des 19. Jahrhunderts begonnen wurden. Viele forstliche Versuchsanstalten und Forstverwaltungen in Europa legten zu diesem Zweck langfristige Dauerversuche in Fichte an. Ziel war anfangs vor allem durch unterschiedliche waldbauliche Behandlungen die Massenleistung zu steigern sowie die Bestandesstabilität zu erhöhen. Die Durchforstungen erfolgten auf den meisten Versuchsanlagen niederdurchforstungsartig. Erst später trat der Einzelbaum als Wertträger in den Mittelpunkt der Untersuchungen.

Etwa ab 1985 begannen die Diskussionen über langfristige Veränderungen des Waldwachstums. Grundlagen dieser Diskussion waren Umweltveränderungen, die eventuell zu einer Änderung der Produktivität von Waldstandorten führen können. Das Waldwachstum kann daher als Bioindikator für den Nachweis von Umweltveränderungen herangezogen werden. Erste Untersuchungen hinsichtlich einer Veränderung der Standortproduktivität wurden unter anderem im Rahmen eines europaweiten Projektes mit dem Titel „Growth trends of European forests“ (Spiecker et al. 1994, 1996), Röhle (1995, 1997), Kenk (1988) und Untheim (1996) durchgeführt. Pretzsch und Utschig (2000) haben anhand von fünf Fichtenversuchsreihen in Bayern das Wachstum von Vor- und Folgebeständen verglichen. 1995 veranstaltete die damalige Forstliche Bundesversuchsanstalt in Zusammenarbeit mit der Universität für Bodenkultur ein Workshop zur Frage „Hat sich die Standortproduktivität des österreichischen Waldes verändert?“, an dem auch Wissenschaftler aus der Schweiz daran teilnahmen. Wie Schieler und Sterba (1994) in der Österreichischen Forstzeitung berichteten, war das Ziel Fakten über das Wachstum des Waldes in den davorliegenden Jahrzehnten zusammenzutragen. Weiters sollten Ursachen für Veränderungen aufgezeigt und dadurch neue Impulse für die Forschung in diesem Bereich gegeben werden. Es wird berichtet, dass über eine Zuwachsteigerung wissenschaftlich kaum Zweifel bestanden, die Kenntnisse über die Bedeutung und Gewichtung einzelner Ursachen jedoch unbefriedigend waren. Die Waldforschung war daher durch übergreifende Forschungsansätze intensiv gefordert, mehr Licht in das komplexe Waldwachstum zu bringen.

Diese Diskussionen waren daher mit einer der Gründe, dass am Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (kurz BFW, früher Forstliche Bundesversuchsanstalt) entschieden wurde, eine diesbezügliche Untersuchung durchzuführen. Das BFW verfügt über eine sehr große Anzahl von Dauerversuchsdaten, vor allem auch von Fichtenversuchen, die dazu verwendet werden können.

2. Ziel der Untersuchung und Flächenauswahl

Ziel der Untersuchung war der Vergleich von zuwachs- und ertragskundlichen Parametern wie Durchmesser- und Höhenwachstums sowie Grundflächen- und Volumenentwicklung zwischen alten Dauerversuchen, die um 1900 eingerichtet und bis in die 1960er Jahre gemessen worden waren, und den derzeit dort stockenden Folgebeständen. Es wurde vorerst eine Reihe von früheren Fichten-Dauerversuchen in verschiedenen Regionen Österreichs anhand der vorliegenden Versuchsaufzeichnungen als mögliche Untersuchungsgrundlage vorausgewählt. Nach einer Besichtigung der derzeit dort stehenden Waldbestände vor Ort wurden letztlich 5 Folgebestände mit Hauptbaumart Fichte und entsprechendem Bestandesalter ausgewählt, die für diese Untersuchung als einzige geeignet erscheinen. Es handelt sich um 3 Bestände im steirischen und oberösterreichischen Salzkammergut sowie um

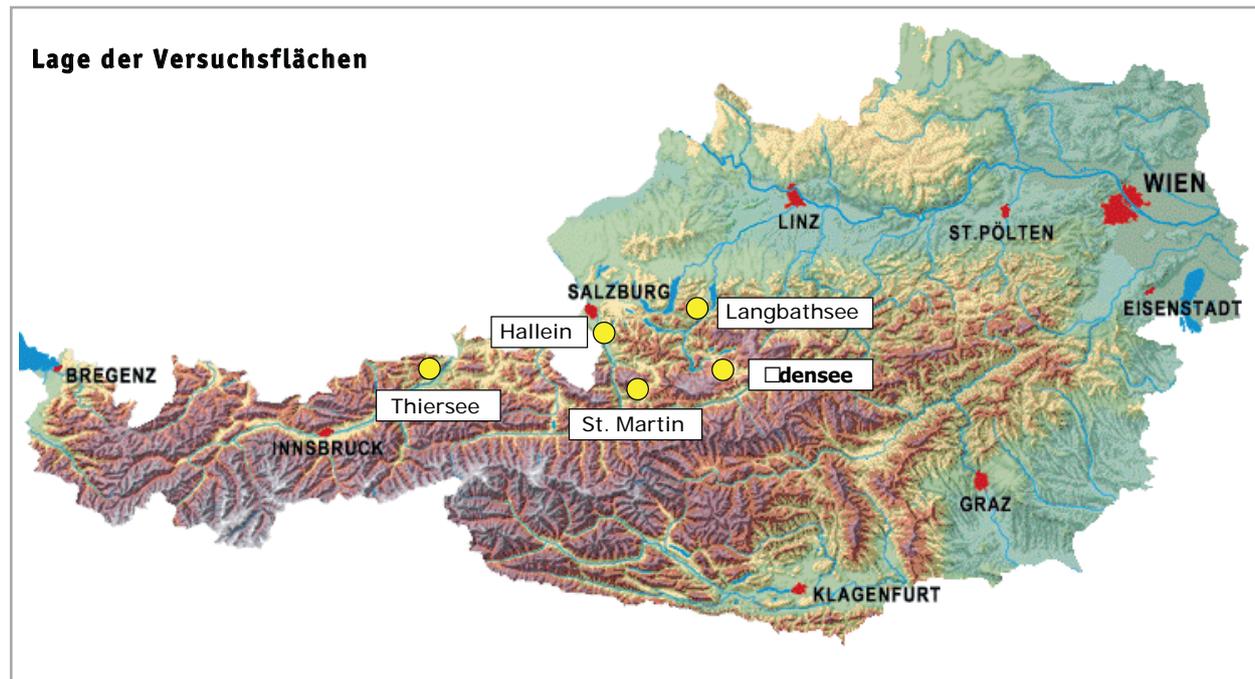


Abbildung 1: Lage der Untersuchungsflächen

einen Bestand in Hallein (Salzburg) und einen Bestand in der Nähe von Kufstein in Tirol (Abb. 1). Es wurde versucht, die ehemaligen Versuchsflächengrenzen in der Natur wiederaufzufinden. Hier müssen wir unseren damaligen Kollegen Anerkennung zollen, die damals sehr exakte Einmesspläne (Abb. 2) der Parzellen angefertigt haben. Außerdem war es damals üblich, die Parzellenecken mit Steinen zu vermarken. Einige dieser Markierungssteine konnten noch wiedergefunden werden. Es war in allen Fällen möglich, die exakte Lage des alten Dauerversuches zu rekonstruieren.

Danach wurde eine Fläche innerhalb der ehemaligen Versuchsflächen eingemessen und vermarkt. Innerhalb dieser Fläche in den Folgebeständen wurden ab 1997 ertragskundliche Messungen durchgeführt, wobei jeder Baum erfasst wurde. Bei erkennbaren Vornutzungen wurden auch die vorhandenen Stöcke erhoben, um Rückschlüsse auf die Gesamtwuchsleistung des Bestandes zu ermöglichen.

Weiters wurden in den Folgebeständen für Vergleiche Bäume zur Berechnung von Stammanalysen gefällt, um diese mit den Ergebnissen aus den ehemaligen Versuchsbeständen zu vergleichen.

Zur Feststellung der Nährstoffversorgung der Bäume wurden zusätzlich auf allen fünf Versuchsflächen Nadelproben des ersten und zweiten Nadeljahrganges geworben.

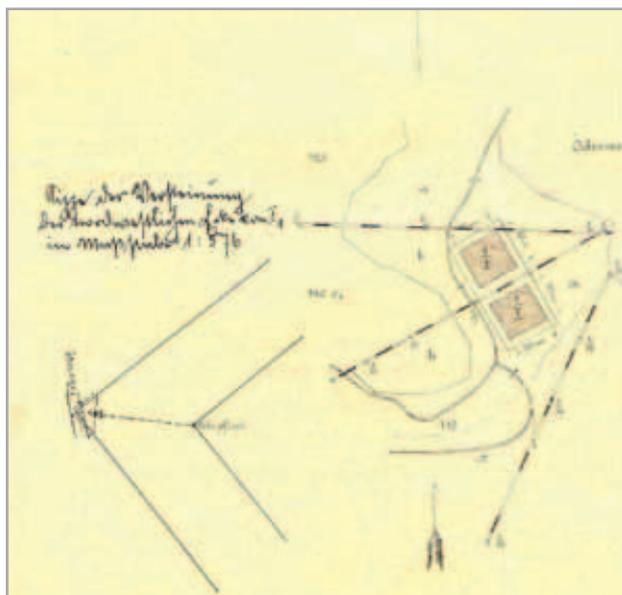


Abbildung 2: Beispiel Einmessplan

3. Fragestellungen

Im Rahmen dieser Arbeit soll versucht werden, Antworten auf folgende Fragestellungen zu finden:

- Können anhand von Bestandesmessungen Wuchsleistungsunterschiede zwischen Vor- und Folgebestand festgestellt werden.
- Können anhand von Stammanalysen Wuchsleistungsunterschiede zwischen Vor- und Folgebestand festgestellt werden.
- Inwieweit unterscheidet sich die Wuchsleistung der Fichte in Folgebeständen von den Vorbeständen.
- Worin liegen die methodischen Probleme.
- Sind Ursachen für Veränderungen ableitbar.

4. Darstellung der Dauerversuche

Die Standorts- und Bestandesbeschreibung sowie die Versuchsgeschichte der Dauerversuche sind den seinerzeit bei Versuchseinrichtung angelegten Lagerbüchern entnommen.

4.1 Versuch Ödensee

Standort

Hauptwuchsgebiet: 4.1 - Nördliche Randalpen Westteil
 Seehöhe: 770 m (Uferbereich des Ödensees)
 Exposition: eben
 Boden: teilweise angeschwemmter Sand,
 teilweise Verwitterungsprodukt des Kalkschotters
 5 cm Streu, 5 cm Humus, 12 cm Dammerde mit Sand und Schotter,
 50 cm Sand und Schotter, Wurzeltiefe 30 - 50 cm
 Wasserhaushalt: mäßig frisch bis frisch
 Vegetation: dichte Moosdecke, vereinzelt Gras, Heidelbeere

Bestand

Begründung: Vollsamt
 Baumart: Fichte (einzelne Tannen)
 Alter bei Versuchseinrichtung: 80 Jahre

Versuchsgeschichte

Der Versuch wurde als Ertragsprobe in Fichte mit ursprünglich 2 Parzellen zu je 2500 m² im Jahre 1906 angelegt (Abb. 3).

Gemäß Versuchsplan sollte Parzelle 1 mäßig und Parzelle 2 stark durchforstet werden.

Laut Lagerbuchaufzeichnungen war der Bestand bei Versuchseinrichtung verschieden stark durchforstet. Im Bereich der Parzelle 1 wurde der Bestand als „ziemlich gleichmäßig“, auf Parzelle 2 als „stark“ durchforstet mit kleinen Lücken bezeichnet. Über die Vornutzungen bis zu diesem Zeit-

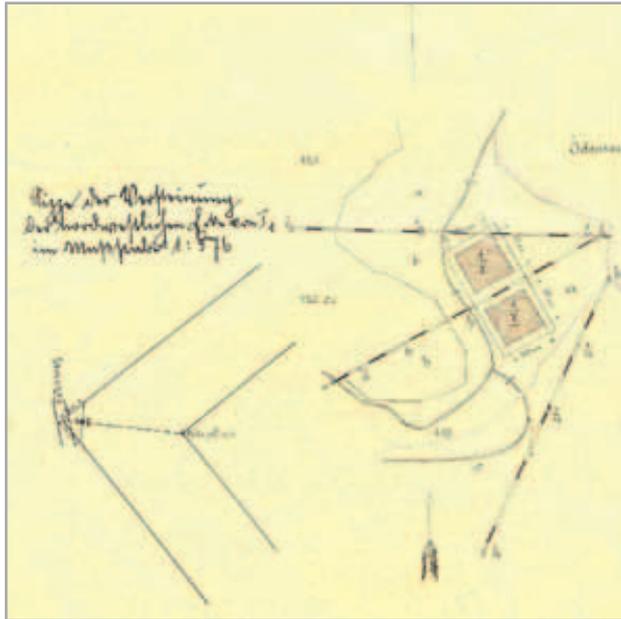


Abbildung 3: Lageplan Versuch Ödensee

punkt gibt es keine Aufzeichnungen, sodass die entnommenen Massen bei der Berechnung der Gesamtwuchsleistung nicht berücksichtigt werden konnten.

Bei Versuchsbeginn betrug die Stammzahl auf Parzelle 1 1400 Bäume je Hektar. Auf Parzelle 2 lag die Stammzahl um 352 Bäume niedriger. Diese Differenz blieb auch nach der Durchforstung im Jahre 1906 gleich, weil auf beiden Parzellen gleich viele Bäume entnommen wurden. Ein nächster Eingriff erfolgte bereits 5 Jahre später, bei dem auf Parzelle 1 stärker eingegriffen wurde und sich daher die Differenz auf nur mehr 172 Bäume/ha verringerte. Erst nach weiteren 17 Jahren wurde auf Parzelle 2 stärker eingegriffen, sodass annähernd die ursprünglichen Stammzahlunterschiede wieder gegeben waren. 1942 hatten beide Parzellen gleiche Stammzahlen, weil während des 2. Weltkrieges

auf Parzelle 1 planlos genutzt wurde. Am 29. Juli 1945 wurde Parzelle 2 durch Windwurf völlig zerstört und vom Forstbetrieb ohne Verständigung der Versuchsleitung aufgearbeitet. 1946 wurde entschieden, den Versuch dennoch weiterzuführen. Um die durch den Ausfall der Parzelle 2 verursachte Entwertung des Versuches einigermaßen zu beheben, wurde angrenzend an Parzelle 1 eine Parzelle gleichen Ausmaßes eingerichtet. Diese Parzelle ist aber anscheinend weder wie Parzelle 1 noch wie Parzelle 2 behandelt worden, weil sie höhere Stammzahlen aufweist. Die zwei Aufnahmen auf dieser Ersatzparzelle wurden zwar ausgewertet, haben aber versuchstechnisch nur geringen Aussagewert und sind auch für einen Vergleich mit der Parzelle 1 ungeeignet.

Aufnahmen

- 1906 : Nummerierung der Bäume, erste baumbezogene Aufnahme (BHD-Messung)
- 1911: Revisionsaufnahme (BHD)
- 1928: Revisionsaufnahme (BHD, Längen des Aushiebes)
- 1934: Revisionsaufnahme (BHD, Höhe, Längen des Aushiebes)
- 1939: Revisionsaufnahme (BHD, Höhe, Längen des Aushiebes)
- 1942: Revisionsaufnahme (BHD, Höhe, Längen des Aushiebes)
- 1948: Revisionsaufnahme (BHD, Höhe, Längen des Aushiebes)
Stammscheibenentnahme an 3 Bäumen
- 1957: Revisionsaufnahme (BHD, Höhe, Längen des Aushiebes)
- 1958: Abtrieb des Bestandes
Stammscheibenentnahme an 8 Bäumen

4.2 Versuch St. Martin

Standort

Hauptwuchsgebiet:	4.1 - Nördliche Randalpen Westteil
Seehöhe:	1100 m
Exposition:	Ost
Neigung:	58 % (Oberhang)
Boden:	Verwitterungsprodukt der darunter liegenden Tonschiefer und Grauwacke 0,5 cm Streu, 3 cm Humus, 90 cm Erde, darunter lehmiger Sand, Wurzeltiefe bis 80 cm
Wasserhaushalt:	frisch
Vegetation:	Sauerklee, Farn, Erdbeere, Heidelbeere, vereinzelt Moose

Bestand

Begründung:	Naturverjüngung
Baumart:	Fichte (einzelne Tannen und Lärchen)
Alter bei Versuchseinrichtung:	67 Jahre

Versuchsgeschichte

Der Dauerversuch wurde 1907 als Ertragsprobe in einem Fichtenbestand mit 2 Parzellen zu je 3000 m² angelegt (Abb. 4).

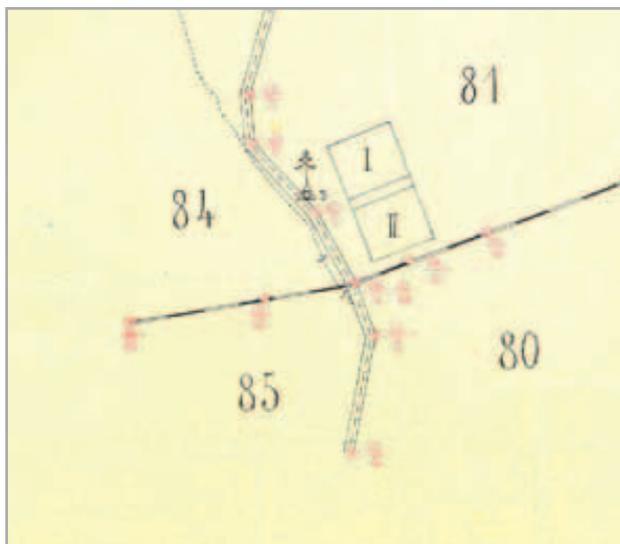


Abbildung 4: Lageplan Versuch St. Martin

Dem Versuchsplan entsprechend sollte Parzelle 1 mäßig und Parzelle 2 stark durchforstet werden.

Laut Lagerbuchaufzeichnungen wurde der Bestand vor Versuchseinrichtung in den Jahren 1902 und 1903 durchforstet, wobei 20 Festmeter je Hektar entnommen wurden. Eine genaue Zuordnung zu den Parzellen von eventuell lokal unterschiedlichen Eingriffsstärken ist aber aufgrund fehlender Aufzeichnungen nicht möglich. 1907 wurden vor der ersten Aufnahme auf Parzelle 2 70 Festmeter je Hektar genutzt, die bei der Gesamtwuchsleistung zusammen mit der Vornutzung davor berücksichtigt wurden. Über die entnommenen Stammzahlen liegen keine Informationen vor. Auf Parzelle 1 erfolgten 1907 keine Nutzungen.

Der Stammzahlunterschied der beiden Parzellen betrug im Alter 67 217 Bäume/ha. Bis zum Alter 107 wurden im Rahmen der Versuchsführung die Nutzungen derart gesteuert, dass sich diese Differenz nur wenig verringerte (Alter 97 - 163 Bäume/ha). Bei Versuchseinrichtung lag die Grundfläche auf Parzelle 2 20 % unter der Grundfläche auf Parzelle 1.

1958 traten im Bereich der Versuchsfläche starke Schneebruch- und Windschäden auf, sodass zu diesem Zeitpunkt die letzte Aufnahme durchgeführt wurde. Außerdem wurde im Lagerbuch angemerkt, dass die Bäume teilweise starke Bringungsschäden aufwiesen, stockfaul waren und daher der

Bestand abtriebsreif war. Weiters wurde hinsichtlich Verjüngung auf einen sehr hohen Hochwildbestand (6,6 Stück/100 ha) und Beweidung durch Rinder und Schafe hingewiesen. Zusätzlich wurde angemerkt, dass die Bäume keine Schältschäden aufwiesen, obwohl die Fläche nie gezäunt war.

Aufnahmen

- 1907 : Einrichtung, BHD-Messung, Nummerierung der Bäume
- 1926: Revisionsaufnahme (BHD)
- 1929: Revisionsaufnahme (BHD, Höhe, Längen des Aushiebs)
- 1935: Revisionsaufnahme (BHD, Höhe, Längen des Aushiebs)
- 1947: Revisionsaufnahme (BHD, Längen des Aushiebs)
Stammscheibentnahme an 12 Bäumen
- 1954: Revisionsaufnahme (BHD, Höhe, Längen des Aushiebs)
Stammscheibentnahme an 4 Bäumen
- 1958: letzte Revisionsaufnahme (BHD, Längen des Aushiebs)

4.3 Versuch Thiersee

Standort

- Hauptwuchsgebiet: 4.1 - Nördliche Randalpen Westteil
- Seehöhe: 1220 m
- Exposition: Nordost
- Neigung: 15 % (Mittelhang)
- Boden: Dolomit, lehmiger Sand
3 cm Humus, 35 cm Erde, darunter lehmiger Sand, Wurzeltiefe 50 bis 100 cm
- Wasserhaushalt: sehr frisch
- Vegetation: Sauerklee, Schneerose, Waldmeister, Schattenblümchen, Bingelkraut, Farn, Moos

Bestand

- Begründung: Naturverjüngung
- Baumart: Fichte und Tanne, (einzelne Lärchen)
- Alter bei Versuchseinrichtung: 83 Jahre

Versuchsgeschichte

Der Versuch wurde 1903 als Ertragsprobe in Fichte mit 2 Parzellen zu je 2800 m² angelegt (Abb. 5).

Der Versuchsplan sah 3 verschiedene Durchforstungsstärken von mäßig bis sehr stark vor. Bei der Versuchseinrichtung wurde aber aus nicht bekannten Gründen auf die Variante mit mäßiger Durchforstung verzichtet und nur 2 Parzellen mit den Varianten stark und sehr stark angelegt. Daher wurden die Parzellen auch mit Nummer 2 und 3 bezeichnet.

Laut Lagerbuchaufzeichnungen wurde der Bestand vor der Versuchseinrichtung im Jahr 1894 schwach durchforstet. Insgesamt wurden in der gesamten Unterabteilung 43 Festmeter entnommen, wobei jedoch eine Zuordnung zu den Parzellen nicht möglich ist. Vor Versuchseinrichtung wurde 1903 eine weitere Nutzung durchgeführt, wobei sich die Eingriffsstärken zwischen den bei-



Abbildung 5: Lageplan Versuch Thiersee

den Parzellen deutlich unterschieden. Auf Parzelle 2 wurden gemäß Lagerbuchaufzeichnung 54 Festmeter/ha und auf Parzelle 3 297 Festmeter/ha entnommen. Leider gibt es keine Aufzeichnungen hinsichtlich entnommene Stammzahl und Kreisfläche. Bei Versuchseinrichtung unterschieden sich die beiden Parzellen im Alter 83 bereits sowohl hinsichtlich der Baumartenanteile als auch der Stammzahl deutlich. Während auf Parzelle 2 die Tanne an der Grundfläche einen Anteil von 45 % hatte betrug der Anteil auf Parzelle 3 nur 23 %. Durch die Rücknahme der Tanne im Laufe des Versuches auf Parzelle 2 wird bei Versuchsende im Alter 138 auf beiden Parzellen ein etwa gleich

hoher Tannenanteil von 25 bzw. 28 % erreicht.

Die Stammzahlen unterschieden sich vor Versuchsbeginn ebenfalls erheblich. Standen auf Parzelle 2 992 Bäume je Hektar, betrug die Stammzahl auf Parzelle 3 nur 474, also weniger als die Hälfte. Dies ist einerseits auf die beschriebenen Lücken und möglicherweise auch auf verschiedenen starke Durchforstung im Jahr 1894 zurückzuführen. Diese Differenzen entsprachen bereits in etwa dem Versuchsplan, sodass bei Versuchseinrichtung nur geringfügige Aushiebe durchgeführt werden mussten. Die Unterschiede blieben bis zum Alter 108 annähernd gleich hoch, erst danach erfolgte durch die verstärkten Eingriffe auf Parzelle 2 eine Verringerung, sodass im Alter 138 bei der Endaufnahme 1958 der Unterschied nur mehr 43 Bäume/ha betragen hatte.

Aufnahmen

- 1903 : Einrichtung, BHD-Messung, Nummerierung der Bäume
- 1908: Revisionsaufnahme (BHD)
- 1913: Revisionsaufnahme (BHD)
- 1928: Revisionsaufnahme (BHD, Längen des Aushiebs)
- 1929: Revisionsaufnahme (BHD, Höhe)
- 1935: Revisionsaufnahme (BHD, Höhe, Längen des Aushiebs)
- 1942: Revisionsaufnahme (BHD, Längen des Aushiebs)
- 1948: Revisionsaufnahme (BHD, Längen des Aushiebs)
- 1954: Revisionsaufnahme (BHD, Längen des Aushiebs)
Stammscheibenentnahme an 3 Bäumen
- 1958: Endaufnahme (BHD, Längen des Aushiebs)

4.4 Versuch Hallein

Standort

Hauptwuchsgebiet:	4.1 - Nördliche Randalpen Westteil
Seehöhe:	950 m
Exposition:	Nordost
Neigung:	35 % (Mittelhang)
Boden:	Verwitterungsprodukt des darunterliegenden Kalkes 10 cm Humus, 50 cm Erde, Wurzeltiefe bis 120 cm
Wasserhaushalt:	frisch
Vegetation:	Waldmeister, Lauchgewächse, Einbeere, Farn, Moos

Bestand

Begründung:	Naturverjüngung
Baumart:	Fichte und Tanne, (einzelne Lärchen)
Alter bei Versuchseinrichtung:	50 Jahre

Versuchsgeschichte

Der Versuch wurde 1892 von Böhmerle als Durchforstungsversuch in Fichte mit 3 verschiedenen Durchforstungsstärken (schwache, mäßige und starke Niederdurchforstung) in Form von 3 Parzellen zu je 2500 m² angelegt (Abb. 6).

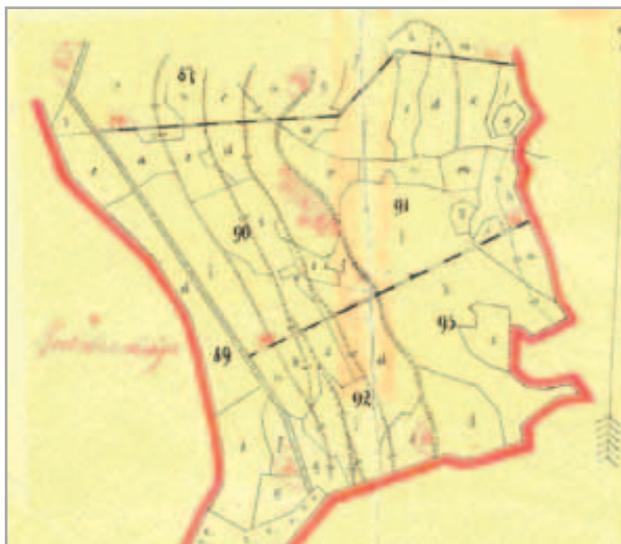


Abbildung 6: Lageplan Versuch Hallein

Der Bestand blieb laut Angabe im Lagerbuch bis 1892 vollkommen unbehandelt. Die Stammzahlen auf den 3 Parzellen lagen zwischen 2476 und 3496 Bäumen je Hektar. Diese Differenzen sind wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass alle Bäume ab einem BHD von 2 cm aufgenommen wurden und die natürlich angekommene Tanne in der Unterschicht nicht regelmäßig über die Fläche verteilt war. Für eine Nichtbehandlung der Bestände sprechen auch die hohen Grundflächen, die auf den 3 Parzellen um 60 m² liegen.

Anlässlich einer Begehung im Jahre 1920 wurde festgestellt, dass sich die Versuchsfläche in gutem Zustand befindet. Weiters wurde festgehalten, dass der Versuch von einem Durchforstungsversuch in eine Ertragsprobe übergeführt werden sollte.

Dass zur damaligen Zeit Holzdiebstähle auf den Versuchsflächen ein Problem zu sein schienen, zeigt der im Lagerbuch vermerkte Satz: „Wegen der gegen Frevel gut geschützten Lage ist die Weiterführung sehr erwünscht!“.

Über die Bestandesentwicklung zwischen den Aufnahmen 1892 und 1926 gibt es nur wenige Aufzeichnungen. In den Jahren 1902 und 1914 wurden einzelne Nutzungen durchgeführt, von denen die Stammzahlen in den BHD-Klassen mit einigen zugehörigen Baumängen aufgezeichnet wurden. Ab 1940 (Alter 100) wurden die Bestände auf den Parzellen 1 und 2 durch Windwürfe beeinflusst.

1948 gab es in diesen Parzellen bereits große Lücken. In den Aufzeichnungen wird außerdem von wiederholtem Käferbefall berichtet. Vor Eintritt der Schadereignisse ist in der Stammzahlhaltung eine gewisse Systematik erkennbar. Inwieweit hier planmäßig vorgegangen wurde, ist aufgrund des Fehlens eines Versuchsplanes nicht nachvollziehbar.

Höhere Vornutzungsanteile auf den Parzellen 1 und 2, die den verschieden starken Durchforstungsgraden widersprechen, werden durch den schadbedingten Aushieb starker Bäume gegen Versuchsende verursacht. Aufgrund der Schadereignisse und der dadurch verursachten Störung des Versuches wurde 1954 die letzte Aufnahme durchgeführt.

Die Versuchsfläche lag im Verwaltungsbereich der Forstverwaltung Hallein der Österreichischen Bundesforste. Die Betreuung des Versuches wurde von der Forstverwaltung Hallein, die in den letzten Versuchsjahren von Prof. Walter Bitterlich geleitet wurde, durchgeführt (Abb. 7).

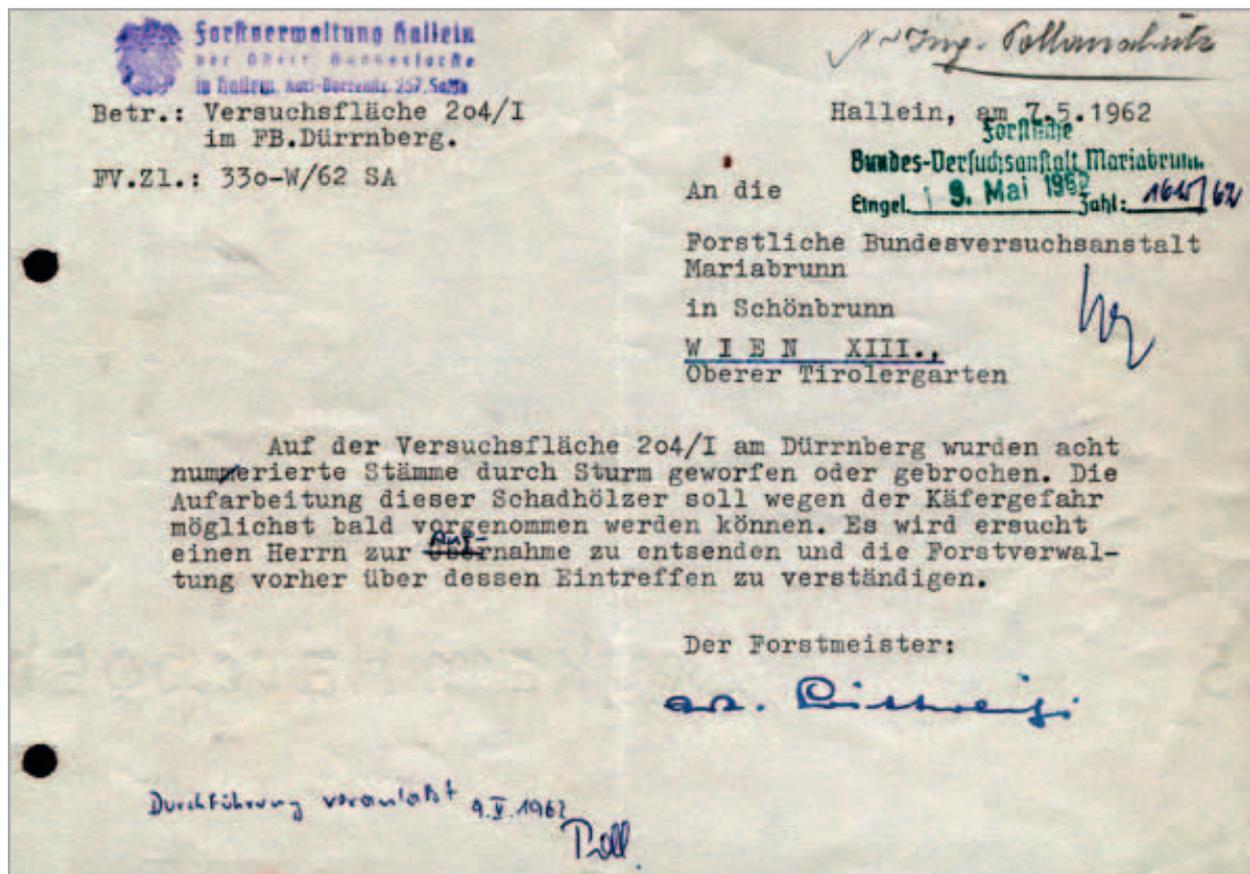


Abbildung 7: Mitteilung von Prof. Dr. Walter Bitterlich

Aufnahmen

- 1892 : Einrichtung durch die Forstverwaltung, erste flächenbezogene Aufnahme
- 1920: es wird empfohlen, den Versuch als Durchforstungsversuch aufzulassen und in eine Ertragsprobe überzuführen (wegen fehlender Aufnahmen ab 1892 und hohem Bestandesalter)
- 1926: Nummerierung der Probestämme, Revisionsaufnahme (BHD, Längen des Aushiebes)
- 1929: Revisionsaufnahme (BHD, Längen des Aushiebes)
- 1932: Revisionsaufnahme (BHD, Höhe, Längen des Aushiebes)
Stammscheibentnahme an 38 Bäumen (9 Fi, 11 Ta, 18 Lä)

- 1937: Revisionsaufnahme (BHD, Höhe, Längen des Aushiebes)
- 1943: Revisionsaufnahme (BHD, Längen des Aushiebes)
- 1946: Ausfälle durch Käferbefall, Revisionsaufnahme (BHD, Längen des Aushiebes)
- 1947: Ausfälle durch Käferbefall, Windwurf, Revisionsaufnahme (BHD, Längen des Aushiebes)
- 1949: Revisionsaufnahme (BHD, Längen des Aushiebes), bereits Lücken in Parzelle 2
- 1950: Revisionsaufnahme (BHD, Höhe, Längen des Aushiebes)
Stammscheibentnahme an 4 Bäumen (3 Fi, 1 Ta)
- 1951: Revisionsaufnahme (BHD, Längen des Aushiebes)
- 1953: Revisionsaufnahme (BHD, Längen des Aushiebes)
Stammscheibentnahme an 2 Bäumen (1 Fi, 1 Ta)
- 1954: letzte Revisionsaufnahme (BHD, Längen des Aushiebes)
Stammscheibentnahme an 3 Bäumen (2 Fi, 1 Ta)

4.5 Versuch Langbathsee

Standort

- Hauptwuchsgebiet: 4.1 - Nördliche Randalpen Westteil
- Seehöhe: 645 m
- Exposition: eben
- Boden: Verwitterungsprodukt der darunterliegenden diluvialen
Moränenschotter, Schwemmland,
7 cm Humus, 40 cm reiner Lehmboden, 60 cm schottriger Lehmboden,
Wurzeltiefe bis 100 cm
- Wasserhaushalt: sehr frisch
- Vegetation: dicke Moosdecke mit Sauerklee

Bestand

- Begründung: Voll- und Plätzeaat
- Baumart: Fichte
- Alter bei Versuchseinrichtung: 48 Jahre

Versuchsgeschichte

Der Versuch wurde 1890 als Lichtungsreihe in Fichte nach Graden I bis IV von Böhmerle eingerichtet. Es wurden 4 Parzellen mit je 2500 m² angelegt, die grundflächengesteuert verschieden behandelt werden sollten (Abb. 8).

Laut Lagerbuchaufzeichnungen war der Bestand bei Versuchseinrichtung vollkommen unbehandelt. Gemäß den Vorstellungen von Böhmerle sollte nach dem ersten Eingriff 1890 die Grundfläche auf Parzelle 2 84 %, auf Parzelle 3 80 % und auf Parzelle 4 77 % der unbehandelten Vergleichsparzelle 1 betragen. 1892 wurde eine Tannen-Plätzeaat durchgeführt, die aber keinen Erfolg brachte. Daraufhin wurden 1894 und 1896 3- und 6-jährige Tannen gepflanzt, die aber in den folgenden 5 Jahren alle abgestorben sind.

In den Jahren 1907 und 1908 wurde der Versuchsbestand mit verschiedenen Baumarten unterbaut. Es wurden Tanne, Omorikafichte, Ahorn, Erle, Douglasie, Buche, Stehfichte, Strobe und Silbertanne verwendet, indem jede Parzelle in 9 Quadrate geteilt wurde und jedes Quadrat mit einer



Abbildung 8: Lageplan Versuch Langbathsee

Baumart bepflanzt wurde. Bei einer Begehung im Jahre 1920 wurde festgehalten, dass von dieser Pflanzung nur mehr kümmerliche Reste und wegen Wildverbiss ohne Aussicht auf Erhaltung vorhanden waren.

1941 erfolgte im Bereich der Parzellen 3 und 4 ein Unterbau mit 4-jährigen Fichten, Tannen und einigen Douglasien.

Aus kriegsbedingten Gründen wurde 1944 vom Landesforstamt Salzburg wegen der günstigen Lage an der Straße auf einen Abtrieb des Bestandes gedrängt. Nach längerem Schriftwechsel der Versuchsleitung mit dem damaligen Reichsforstmeister wurde von ihm einer Erhaltung des Versuchsbestandes stattgegeben.

Das Landesforstamt hatte jedoch bereits mit der Schlägerung begonnen, von der ein Teil des Versuches betroffen war. Nachdem die vom Reichsforstmeister nicht genehmigte Nutzung eingestellt wurde, wurde vereinbart, als Ersatz die geplante Nutzung des Bestandes im Bereich des Versuches Ödensee nicht durchzuführen. Bei einer Begehung im Jahre 1945 wurde festgestellt, dass nur mehr die Parzellen 1, 4 und einzelne Bäume der Parzelle 2 vorhanden waren.

Aufnahmen

- 1890: Auswahl, erste Aufnahme (BHD) mit Nummerierung der Bäume
- 1895: BHD-Messung
- 1900: Revisionsaufnahme (BHD, Längen des Aushiebes)
- 1905: Revisionsaufnahme (BHD, Längen des Aushiebes)
- 1908: Revisionsaufnahme (BHD)
- 1927: Revisionsaufnahme (BHD, Längen des Aushiebes)
- 1929: Revisionsaufnahme (BHD, Höhe, Längen des Aushiebes)
- 1934: Revisionsaufnahme (BHD, Höhe, Längen des Aushiebes)
- 1939: Revisionsaufnahme (BHD, Längen des Aushiebes)
- 1941: Revisionsaufnahme (BHD, Längen des Aushiebes)
- 1944: Revisionsaufnahme (BHD, Längen des Aushiebes)
- 1947: Aufnahme auf Parzelle 1 und 4 (BHD, Längen des Aushiebes)
Stammscheibenentnahme an 10 Bäumen

5. Datenmaterial

5.1 Alte Dauerversuchsflächen

Das verwendete Datenmaterial umfasst die Messdaten von der ersten Beobachtung bis zur Auflösung des Versuches der 5 untersuchten Dauerversuche. Im Wesentlichen wurden ertragskundliche Grunddaten zur Berechnung des Wachstums der Einzelbäume und des Bestandes erhoben. Die einzelnen Datensätze wurden nach Parzellen getrennt erhoben:

- Brusthöhendurchmesser aller Bäume
- Baumhöhen an Teilkollektiven, vielfach nur Längenmessungen am Aushieb

Ergänzend dazu wurden teilweise weitere Merkmale wie Soziale Stellung, Aushiebsursache, Qualitätsmerkmale von Krone und Schaft oder Reisiggewichte festgehalten.

Die Messungen erfolgten periodisch, wobei die Anzahl der Messungen sowie die Periodenlängen zwischen den 5 Versuchen stark variierten (Tab. 1, Abb. 9).

Tabelle 1: Beobachtungsdauer und Messungen

Versuch	Seehöhe (m)	Baumart	Varianten	Beobachtung	Aufnahmen
Hallein	950	Fichte, Tanne	3	1892 - 1954	13
Langbathsee	650	Fichte	4	1890 - 1947	12
Ödensee	770	Fichte	2	1906 - 1958	8
St. Martin	1100	Fichte	2	1907 - 1958	7
Thiersee	1220	Fichte, Tanne	2	1903 - 1958	10

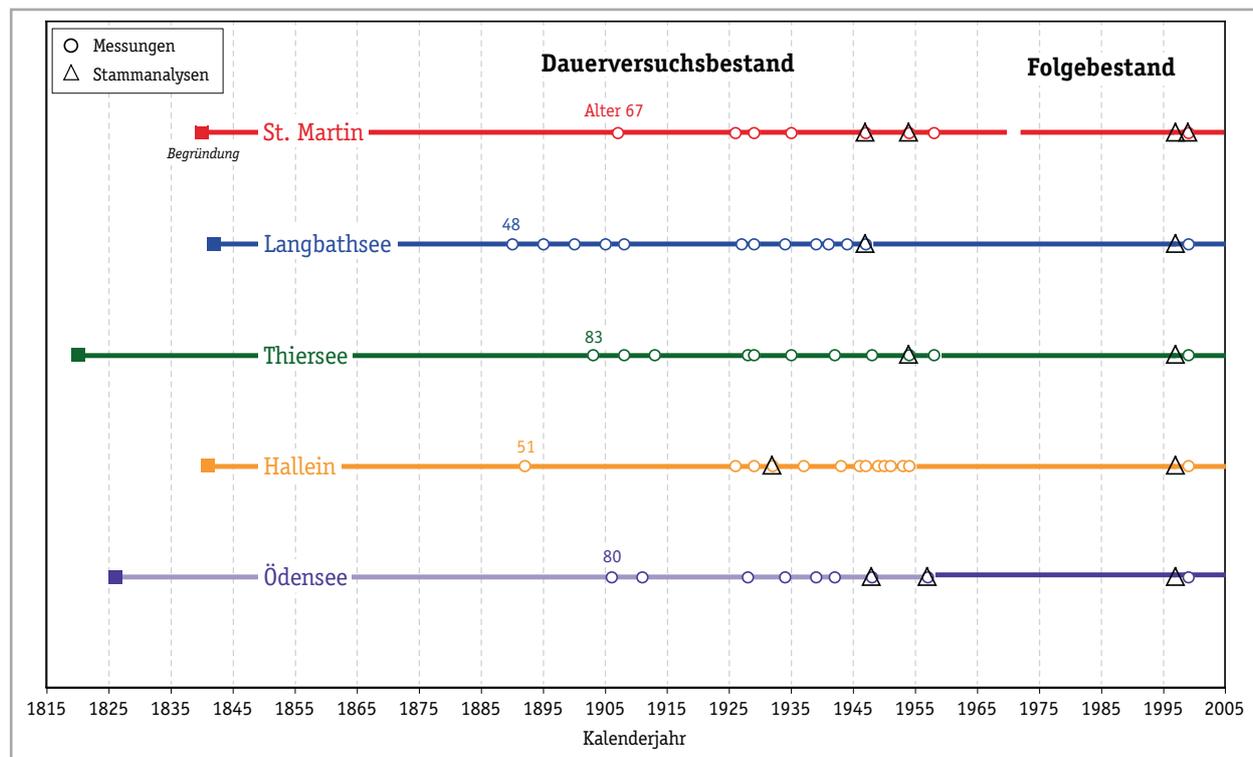


Abbildung 9: Beobachtungsdauer und Messungen

Weiter wurden an einigen Bäumen Stammscheiben für die Berechnung von Stammanalysen gewonnen (Tab. 2). Diese Stammscheibenentnahme erfolgte in der Regel im Zuge von Nutzungen, wobei die Auswahlkriterien der Stammanalysenbäume wegen fehlender diesbezüglicher Aufzeichnungen nicht nachvollzogen werden können. Eine Überprüfung der Brusthöhendurchmesser der Analysenbäume in Beziehung zur Durchmesserverteilung des Bestandes hat gezeigt, dass es sich meist um Bäume der herrschenden Bestandesschicht handelte.

Tabelle 2: Anzahl der Stammanalysen der ehemaligen Dauerversuche

Versuch	Anzahl Stammanalysen	Jahr	Fichte	Tanne	Lärche	Anzahl Oberhöhenbäume
Hallein	46	1932	9	11		3
		1950	3	1		3
		1953	1	1		1
		1954	2	1	17	1
Langbathsee	10	1947	10			2
Ödensee	11	1948	3			
		1958	8			4
St. Martin	16	1947	11			
		1954	4	1		1
Thiersee	3	1953	1	2		1

5.2 Folgebestände

Das Datenmaterial von den Folgebeständen umfasst Messdaten einer Aufnahme aus dem Jahr 1999. Es wurden innerhalb einer genau vermessenen Fläche im ehemaligen Versuchsflächenbereich bei allen Bäumen der Brusthöhendurchmesser und an einem systematisch ausgewählten Teilkollektiv die Baumhöhen gemessen. Die Messung der Höhen an den Oberhöhenbäumen wurde zwingend durchgeführt. Weiter wurden Durchmesser der vorhandenen Stöcke gemessen, um Rückschlüsse auf die Vornutzungsmassen ziehen zu können (Tab 3).

Tabelle 3: Messkollektive der Folgebestände

Versuch	Messfläche (m ²)	Baumart	Anzahl Bäume	Anzahl Stöcke
Hallein	2500	Fichte	323	83
Langbathsee	2500	Fichte	221	70
Ödensee	2500	Fichte	165	141
St. Martin	1000	Fichte	275	0
Thiersee	2000	Fichte (Ta, Ah)	208	214

Weiters wurden 2 Jahre vor den Messungen im Frühjahr 1997 in den Folgebeständen Fichten gefällt und Stammscheiben zur Berechnung von Stammanalysen entnommen. Es wurde auch darauf geachtet, dass einige Bäume aus dem Oberhöhenkollektiv stammen.

Es konnten Messdaten von insgesamt 73 Stammanalyseebäumen verwendet werden. Die Anzahl sowie der Anteil an Oberhöhenbäumen sind in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Stammanalysen aus den Folgebeständen

Versuch	Anzahl Stammanalysen	Oberhöhenbäume
Hallein	12	4
Langbathsee	12	7
Ödensee	20	5
St. Martin	15	4
Thiersee	16	3

Zur Feststellung der allgemeinen Nährstoffversorgung der Bäume wurden im Herbst 2002 an 10 Fichten je Versuchsfläche Nadelproben (1. und 2. Nadeljahrgang aus dem Bereich des 7. Quirls) gewonnen.

6. Methodik

6.1 Datenerhebung

6.1.1 Alte Dauerversuche

Vor 1900 wurden auf den Dauerversuchsflächen die Probestämme nicht einzelbaumweise nummeriert. Es stand nicht die Zuwachsleistung des Einzelbaumes im Vordergrund, sondern die Massenleistung einer Fläche. Zu diesem Zweck wurde bei sämtlichen Bäumen eines vorher genau definierten Versuchsflächenbereiches der Brusthöhendurchmesser mittels Kluppe gemessen und die Zuordnung in einer Kluppliste in 1 cm Stufen beginnend ab einer Kluppschwelle von 2 cm vorgenommen. Für Stangenhölzer (Mittelstammdurchmesser < 15 cm) wurden 3, für Mittelhölzer (Mittelstammdurchmesser <15-25 cm) 4 und für Starkhölzer (Mittelstammdurchmesser > 25 cm) 5 Stammklassen gebildet. Die Einteilung der Stammklassen wurde folgendermaßen durchgeführt:

- Stangenhölzer – in die I. Stammklasse (kleinen Durchmesser) 2/6,
in die II. Stammklasse 3/6,
in die III. Stammklasse 1/6 der Gesamtstammzahl
- Mittelhölzer - in die I. Stammklasse 2/8,
in die II. Stammklasse 4/8,
in die III. Stammklasse 1/8
in die IV. Stammklasse 1/8 der Gesamtstammzahl
- Starkhölzer - in die I. Stammklasse 2/10,
in die II. Stammklasse 4/10,
in die III. Stammklasse 2/10,
die IV. Stammklasse 1/10
in die IV. Stammklasse 1/10 der Gesamtstammzahl

Es wurde folgend für jede Stammklasse die mittlere Kreisfläche und daraus der Durchmesser des Grundflächenmittelstammes berechnet. Aus diesem Durchmesserbereichen wurden Probestämme ausgewählt und je Stammklasse 1 bis 4 Bäume gefällt. Diese wurden genau vermessen und anhand

der sektionsweisen Kluppierung das Volumen berechnet. Die so ermittelten Volumina wurden mit den Stammzahlen in den Stammklassen multipliziert und ergaben in Summe das Volumen des Gesamtbestandes. Die Berechnung der Aushiebsmassen erfolgte durch einzelbaumweise Vermessung (sektionsweise Kluppierung) der gefällten Bäume.

In dieser Untersuchung wurden die zwei Versuche Langbathsee und Hallein vor 1900 angelegt. Bei diesen beiden Versuchen erfolgte daher bei Versuchseinrichtung noch keine Einzelbaumnummerierung. Die Bestandesmassen wurden damals über eine Vollkluppierung und gefällten Modellstämmen aus den BHD-Stärkeklassen hochgerechnet. Diese ertragskundlichen Daten dieser Versuchsflächen für die erste Aufnahme wurden aus den Aufzeichnungen in den Lagerbüchern übernommen. Bei den anderen 3 Versuchen Ödensee, Thiersee und St. Martin erfolgte schon bei Versuchseinrichtung eine Einzelbaumnummerierung, sodass nach Digitalisierung dieser Messdaten bereits ab der ersten Aufnahme mit den standardmäßigen Auswertungsprogrammen gerechnet werden konnte.

Bezüglich des Versuchsdesigns kann festgestellt werden, dass in der Regel vermutlich auch aus Gründen des Aufwandes der Anlage und der Messungen je Variante nur eine Versuchsparzelle ohne Wiederholungen angelegt wurde, sodass weitreichende statistische Auswertungen im Sinne der heutigen Versuchsflächenanlagen nicht möglich sind.

Generell muss bei dieser Untersuchung angemerkt werden, dass alle 5 Dauerversuche erst bei relativ hohem Bestandesalter zwischen 48 und 83 Jahren eingerichtet worden sind. Bei der Berechnung der Gesamtwuchsleistung ergeben sich daher größere Unsicherheiten. In Langbathsee und Hallein wurden die Bestände bei Versuchseinrichtung zwar als vollkommen unbehandelt eingestuft. Die bis dahin abgestorbene und nicht erfasste Bestandesmasse führt aber dennoch zu einer, wenn auch nur geringen Unterschätzung der Gesamtwuchsleistung. Anders stellt sich die Situation auf den anderen 3 Versuchen dar, bei denen es vor der Erstaufnahme bereits Nutzungen gab. Teilweise lagen auch Aufzeichnungen darüber vor. Die Vollständigkeit ist aber aus heutiger Sicht nicht mehr überprüfbar. Diese mögliche Unterschätzung der Gesamtwuchsleistung musste bei einem Vergleich mit der Gesamtwuchsleistung der Folgebestände berücksichtigt werden.

Höhenmessungen wurden nur in sehr geringem Umfang durchgeführt, in der Regel wurden nur die Längen der Aushiebsbäume erhoben. Die Baumhöhen an stehenden Bäumen wurden bei niedrigen Bäumen bis ca. 10 Meter Höhe mit einer Messlatte gemessen. Die Messung bei höheren Bäumen erfolgte bis 1953 mit Leitern, Stangen und Maßband (Schmied, 1932). Die Ausrüstung bestand aus mehreren Leitern und einem an einem Seil befestigten Sitz. Ein Mitarbeiter wurde, nachdem im oberen Kronenbereich eine Umlenkrolle befestigt worden ist, im Sitz hochgezogen. Nachdem ein Hochziehen bis zur Baumspitze nicht möglich war, musste der Messende den restlichen Teil mit einer Stange messen. Dabei wurde er von einem weiteren Mitarbeiter, der auf einen Nachbarbaum geklettert war, eingewiesen. Diese Ausrüstung war in drei Kisten mit 2 Rädern verpackt und wog in Summe über 300 kg. Die Arbeitsleistung mit dieser Methode betrug maximal 20 Bäume pro Arbeitstag. Es ist daher auch verständlich, dass wegen des sehr hohen Messaufwandes nur wenige Höhenmessungen durchgeführt und daher meist nur die Längen an Aushiebsbäumen gemessen wurden. Nach 1953 wurden die Baumhöhen mit dem Höhenmessgerät Blume Leiss mit fixer Basis gemessen.

Die Berechnung einer Bestandeshöhenkurve mit den Messdaten der Aushiebsbäume kann bei der Schätzung der Höhen bei Bäumen ohne Höhenmessung zu Verzerrungen führen. Dies besonders dann, wenn bei Aushieben nur schwächere Bäume mit hohen H/D-Werten entnommen werden. Die geschätzten Höhen der verbleibenden Bäume liegen zu hoch, was folglich auch zu einer Überschätzung des Einzelbaum- und Bestandesvolumens führt.

6.1.2 Folgebestände

Im Zuge der Besichtigung der Folgebestände wurden die Grenzen der ehemaligen Dauerversuchsflächen rekonstruiert. Teilweise konnten die ehemaligen Begrenzungssteine der Parzellen wieder gefunden werden. Ansonsten wurde die Lage anhand alter Lageskizzen und Grenzsteine ausgeforscht.

Im Juli 1997 wurden im Bereich der Dauerversuchsflächen Fichten zur Gewinnung von Stammscheiben für die Berechnung von Stammanalysen ausgewählt.

Bei der Auswahl der Probestämme wurde darauf geachtet, dass die entnommenen Bäume zumindest dem herrschenden und teilweise auch dem Oberhöhenkollektiv angehörten.

Die Auswahl der Analysenbäume erfolgte nach folgenden Kriterien:

- herrschende oder vorherrschende Bäume
- allseitig gut ausgebildete Krone
- keine Ersatzwipfelbildung
- keine Stammverletzungen
- keine Randbäume

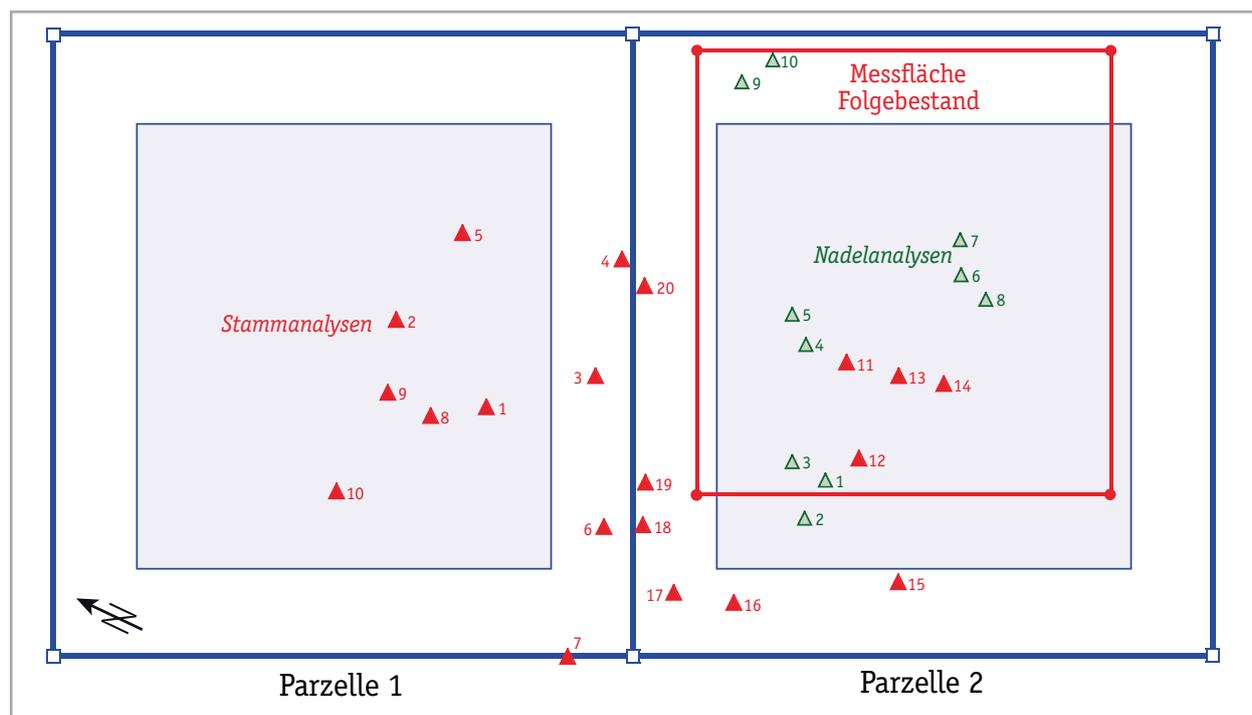


Abbildung 10: Lageplan Versuch Ödensee

Die Auswahl sollte auch zumindest 3 Bäume aus dem Oberhöhenkollektiv beinhalten. Da nach den Bestandesmessungen 1999 festgestellt wurde, dass beim Versuch St. Martin nur ein Analysebaum aus dem Oberhöhenbereich stammte, wurden im Herbst 1999 auf dieser Fläche noch zusätzlich 3 Oberhöhenbäume gefällt und Stammscheiben entnommen. Es wurde je nach Baumlänge je Baum zwischen 6 und 12 Stammscheiben geworben. Die erste Stammscheibe wurde zwecks Altersbestimmung beim Stockabschnitt entnommen, weiters wurde eine Scheibe zwingend in Brusthöhe geschnitten. Die Entnahmehöhen der weiteren Stammscheiben richteten sich nach der vom Betrieb gewünschten Ausformung. In den Abbildungen 10 bis 14 sind die Lage der Messfläche der Folge-

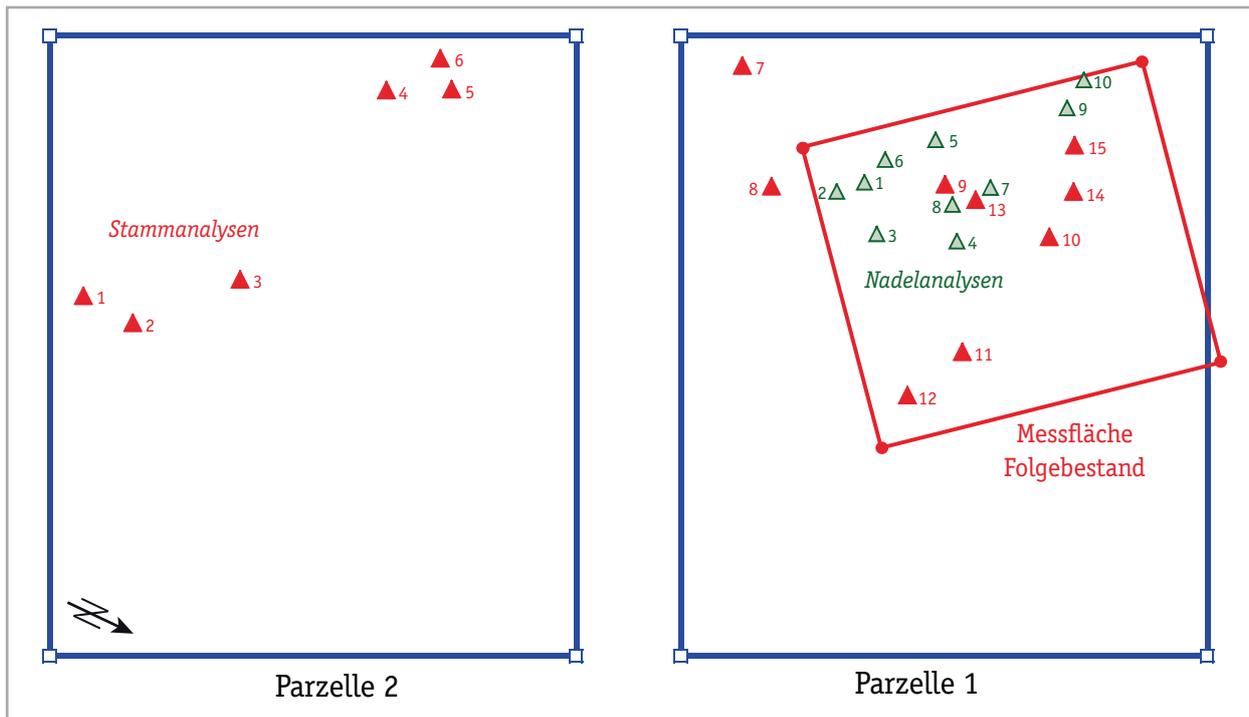


Abbildung 11: Lageplan Versuch St. Martin

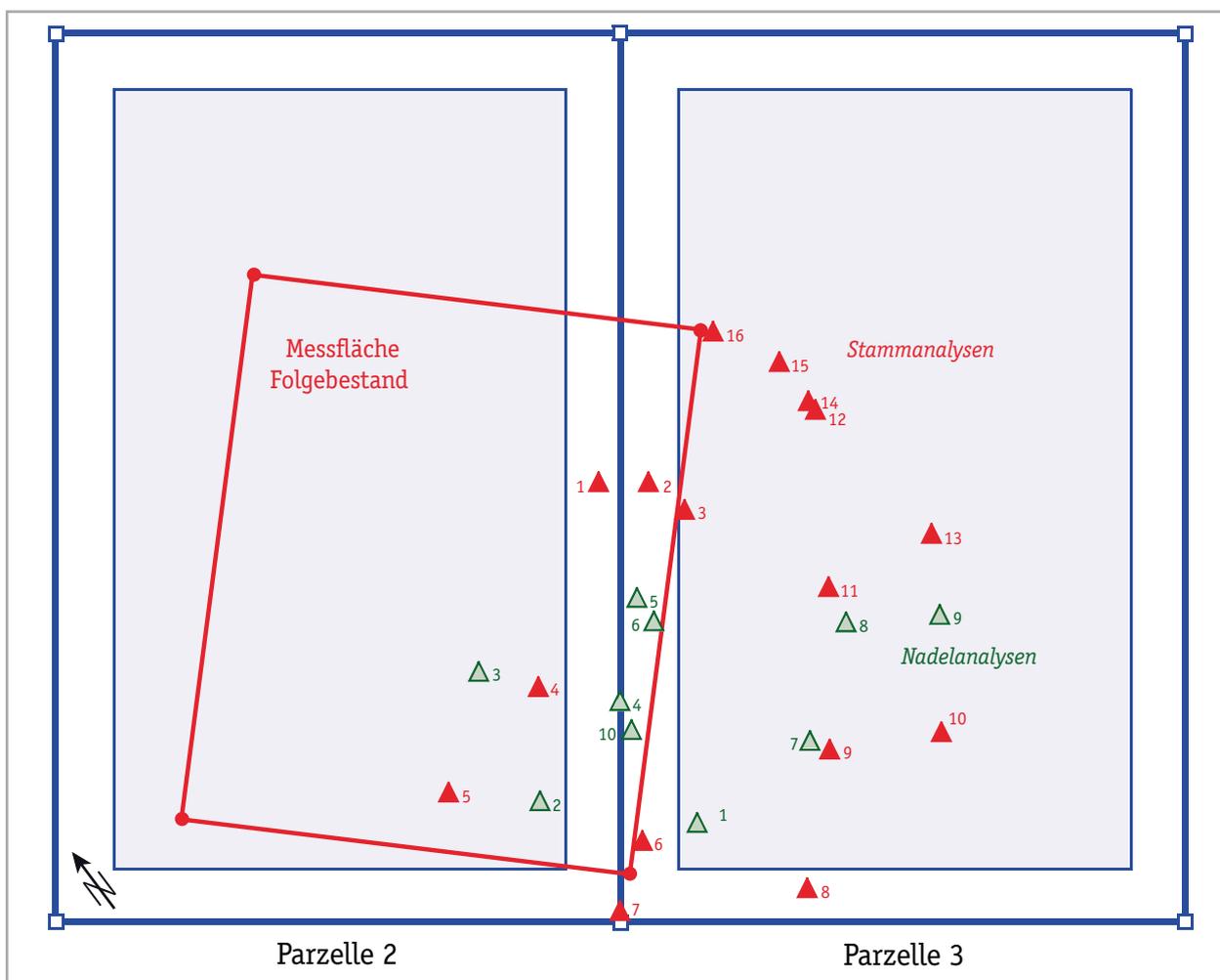


Abbildung 12: Lageplan Versuch Thiersee

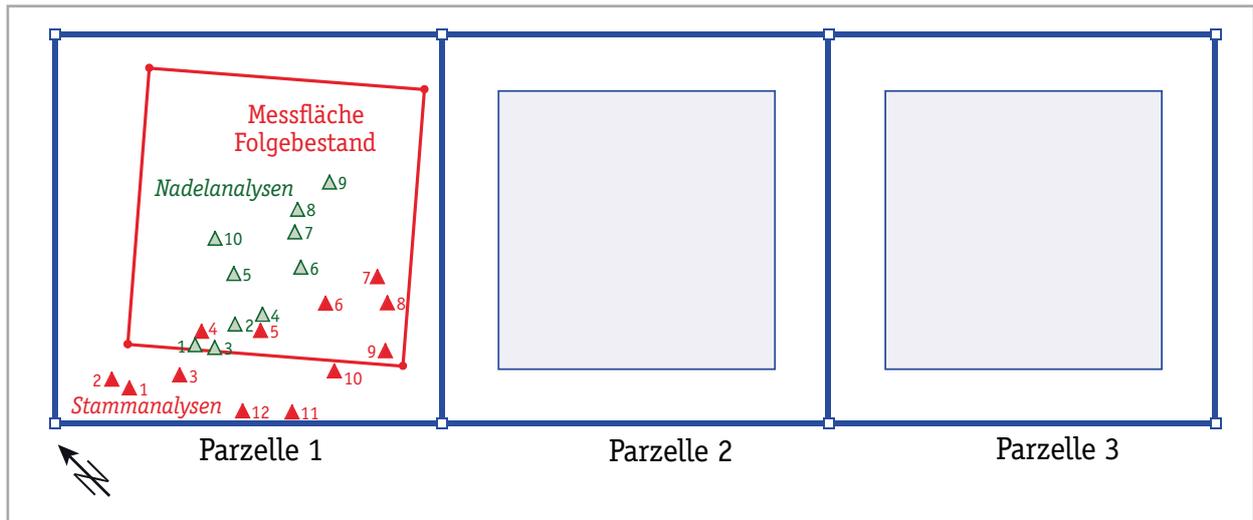


Abbildung 13: Lageplan Versuch Hallein

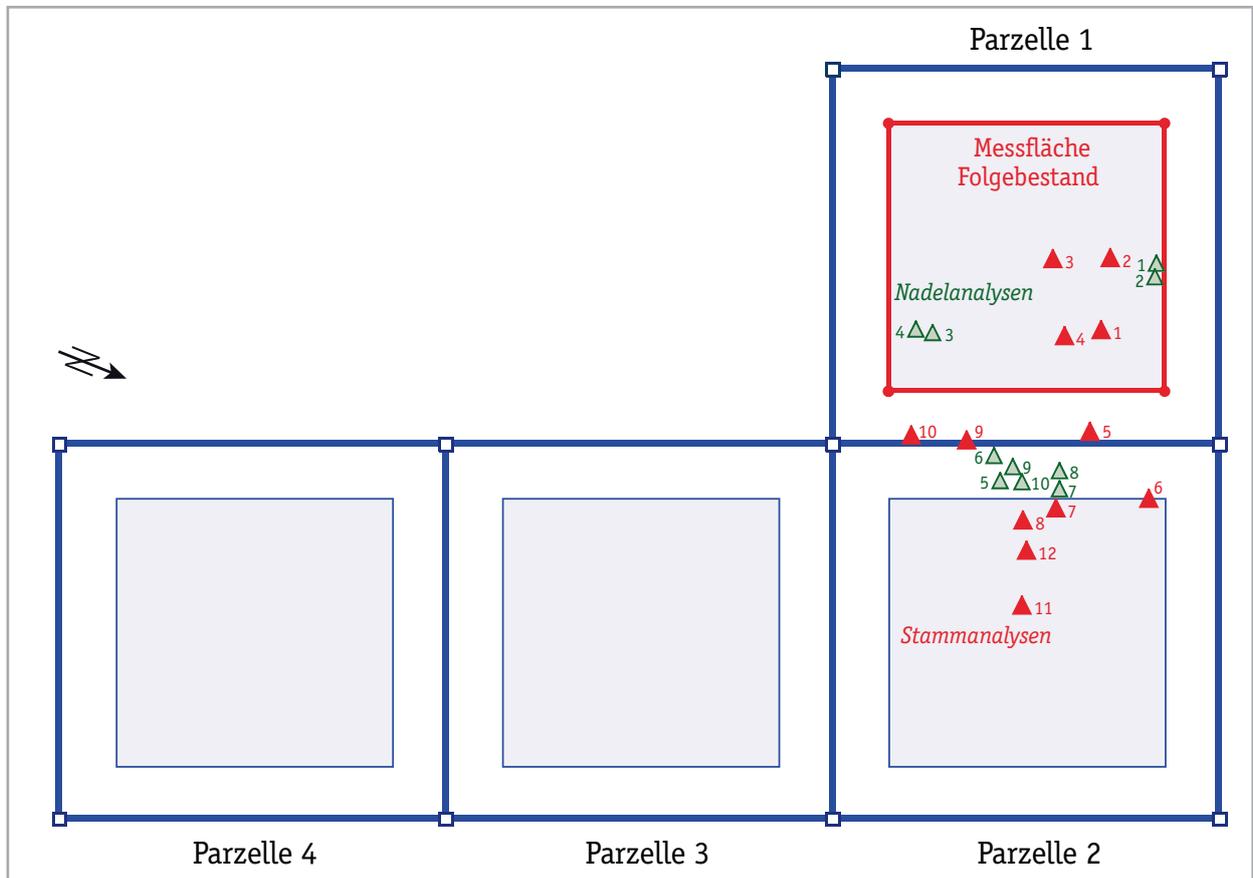


Abbildung 14: Lageplan Versuch Langbathsee

bestände sowie die Position der Analyseebäume in Beziehung zu den ehemaligen Dauerversuchsflächen dargestellt.

Auf der festgelegten Fläche wurden 1999 in den Folgebeständen (Bestandesalter 28 bis 52 Jahre) die Brusthöhendurchmesser an allen Bäumen gemessen und auch gleichzeitig die Baumart erhoben. Die Messung der Baumhöhen erfolgte an einem systematisch ausgewählten Messkollektiv, wobei jeder 4. Baum der Kluppliste erfasst wurde. Weiters wurde bei allen Oberhöhenbäumen eine Höhenmessung durchgeführt. Die Oberhöhe entspricht in diesem Fall der Definition nach Assmann

(1961), also der mittleren Höhe der 100 stärksten Bäume/ha. Damit möchte man erreichen, dass diese Höhe über das gesamte Bestandesleben hinweg aus dem gleichen Baumkollektiv gebildet wird, man nimmt also an, dass die 100 dicksten Bäume in der Jugendphase auch im Altbestand die gleichen Bäume sind.

Zur Abschätzung der Vornutzungen wurden die Durchmesser aller Stöcke gemessen sowie das ungefähre Nutzungsjahr geschätzt, sofern der Forstbetrieb keine genauen Informationen über den Zeitpunkt der Vornutzungen liefern konnte.

Die Messung der Brusthöhendurchmesser wurde mit Umfangband auf Millimetergenauigkeit durchgeführt, die Baumhöhe wurde mit dem Ultraschallhypsonometer „Vertex“ auf Dezimeter genau gemessen.

Um festzustellen, aus welchem Durchmesserbereich des Bestandes die Stammanalysenbäume aus dem Jahr 1996 stammten, war es erforderlich, den Radialzuwachs von 1996 bis 1999 zu ermitteln und die Durchmesserverteilung im Jahr 1996 zu schätzen. Dazu wurden je Versuch an mehreren Bäumen in verschiedenen Durchmesserstufen in Brusthöhe je zwei Bohrkerne gezogen (Abb. 15). Eine BHD-Verteilung sowie die Entnahmebereiche der Stammanalysen sind in Abbildung 16 beispielhaft für den Versuch Langbathsee dargestellt.

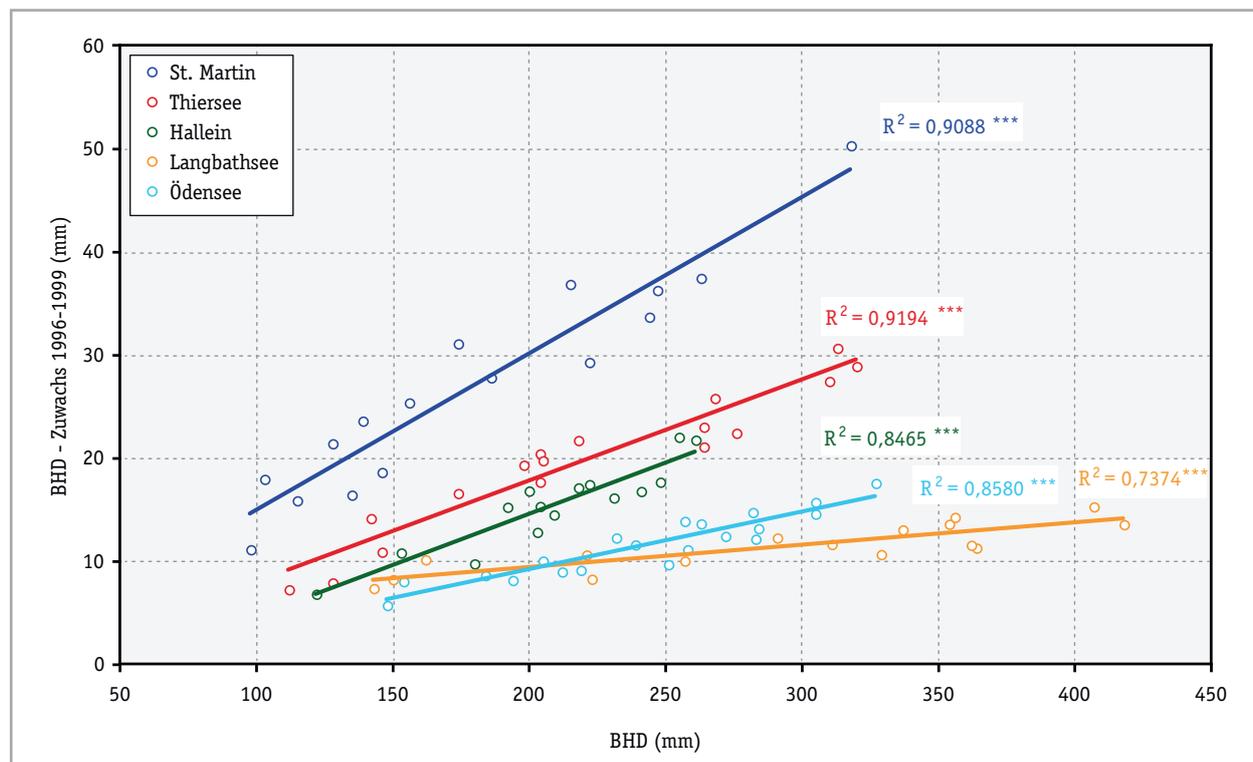


Abbildung 15: BHD-Zuwachs 1996 bis 1999

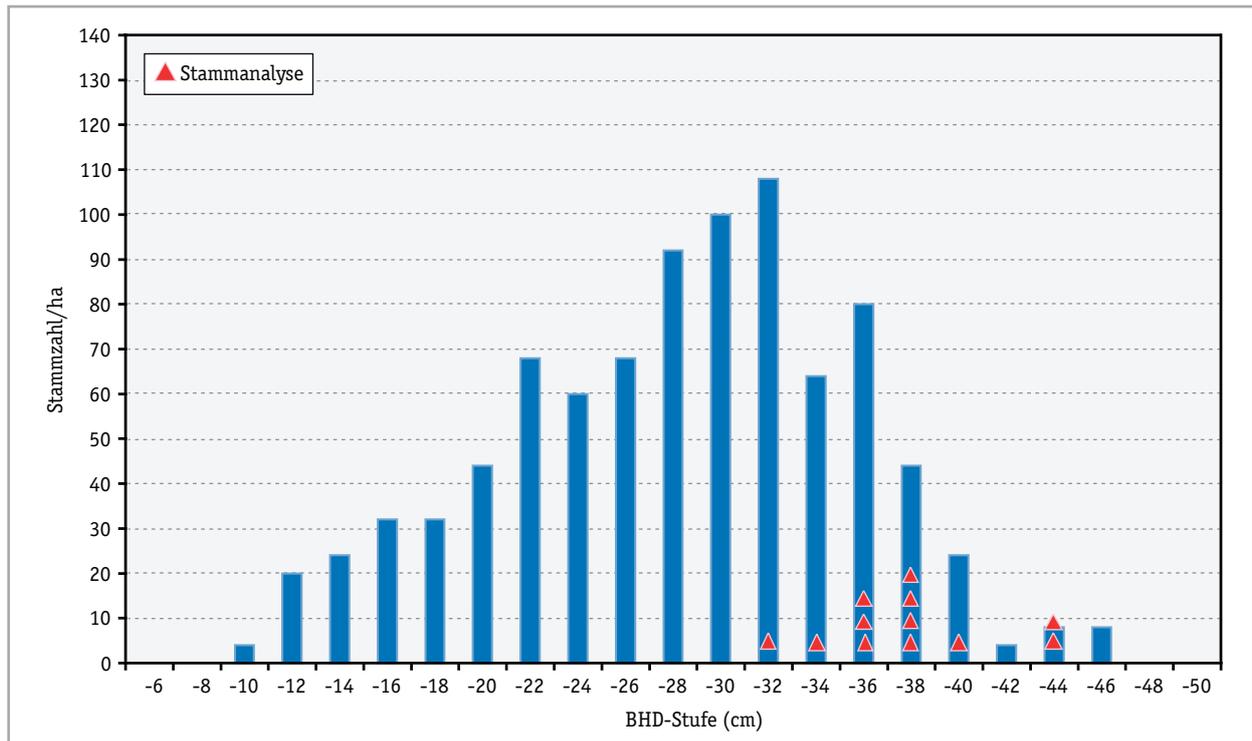


Abbildung 16: BHD-Verteilung und Stammanalysen im Folgebestand bei Versuch Langbathsee

Zur Feststellung der Nährstoffversorgung der Bäume wurden im November 2002 an 10 herrschenden Fichten je Versuch aus dem Bereich des untersuchten Bestandes Nadelproben des 1. und 2. Nadeljahrganges geworben.

6.2 Auswertung

6.2.1 Alte Dauerversuche

6.2.1.1 Bestandesmessungen

Die Messungen wurden damals in Lagerbüchern und Messheften aufgezeichnet. Für Aushiebe wurden eigene Aushiebshefte geführt. Sämtliche Messdaten wurden in Standardlisten übertragen, die dem Format unserer heutigen Aufnahmemanuale entsprechen und mit dem Datenformat der Erfassungsdateien abgestimmt sind. Es ist sicher verständlich, dass bei diesen extrem großen Datenmengen sowohl im Zuge des händischen Übertragens der Daten als auch der elektronischen Dateneingabe Fehler passieren können. Fehler, die im Zuge des Umschreibens erfolgen, sind verständlicherweise nur mit sehr hohem Aufwand nachzuvollziehen und zu korrigieren. Eingabefehler können im Falle unserer Datenerfassung ausgeschlossen werden. Sämtliche Daten wurden von zwei Mitarbeitern unabhängig voneinander eingegeben und anschließend abgeglichen. Dadurch konnte jeder Eingabefehler erkannt werden, weil es höchst unwahrscheinlich ist, dass ein gleicher Eingabefehler unabhängig voneinander gemacht wird. Sämtliche Messdaten alter Dauerversuche ab dem Zeitpunkt der einzelbaumweisen Nummerierung der Probestämme sind in digitaler Form getrennt für jeden Versuch als sogenannte „Rohdatei“ in Form eines ASCII-Files gespeichert. Die Auswertung

der Messungen der Dauerversuche erfolgte mit dem speziell für Dauerversuche an der damaligen Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien von Johann, Pollanschütz und Schieler entwickelten Programmpaket „Auswertung von periodisch wiederholt aufgenommenen Dauerversuchsflächen [DFL]“.

Aufgrund von Plausibilitätsüberprüfungen der Messdaten und vorgegebenen Überprüfungen von Minimal- und Maximalbereichen beim BHD- und Höhenzuwachs können Messfehler, (vielleicht auch Schreibfehler) durch das Auswertungsprogramm relativ rasch erkannt werden. Fehler bei Durchmesserdaten sind problematisch, weil sie nicht wie bei falschen Höhenmessungen einfach bei der Berechnung der Durchmesser-Höhenfunktion ausgeschlossen werden können. Jeder Baum, der in die Auswertung miteinbezogen wird, benötigt, um existent zu sein, einen Wert für den Brusthöhendurchmesser. Einzelne BHD-Korrekturen sind bei längeren Messreihen eines Baumes oft sinnvoll möglich. Wesentlich schwieriger sind Korrekturen, wenn nur zwei Messungen für einen Baum vorliegen. Hier bleibt es eigentlich nur dem Auswerter überlassen, eine gutachtliche Schätzung als Ersatz für einen fehlerhaften Wert anzusetzen. In einigen wenigen Fällen mag dies vertretbar sein, weil diese Schätzung das Gesamtergebnis in der Regel nicht oder nur marginal beeinflussen kann. Ein Sonderfall ist in der Regel die Auswertung der Höhenmessungen. Mit Ausnahme bei Aufnahmen, wenn von allen Bäumen Höhenmessungen gemacht werden, ist im Zuge der Auswertung eine Höhenausgleichsfunktion zur Schätzung der fehlenden Höhen zu berechnen.

Die Korrektur von einzelnen Höhenmessungen ist bei Zeitreihen von mehreren Höhenmessungen eines Baumes vielfach sinnvoll möglich. Wenn aber eine Korrektur der Höhe nach Datenlage unmöglich ist, kann man sich relativ einfach dadurch helfen, indem dieser Höhenmesswert bei der Berechnung der Koeffizienten der Ausgleichsfunktion ausgeschieden wird. Vielfach stößt man jedoch auch bei diesem Vorgehen an die Grenzen, wenn der Umfang an Höhenmessungen sehr klein ist.

Im Rahmen des DFL-Auswertungsprogrammes werden Ausgleichsfunktionen von 4 Kurventypen über dem BHD (Durchmesserhöhenkurven) berechnet. Als jeweils optimale Funktion wird diejenige angesehen, die bei möglichst geringer Reststreuung die günstigste Verteilung der Differenzen von gemessener zu berechneter Höhe um die Ausgleichsfunktion aufweist. Bei sehr wenigen Höhenmessungen in einem Aufnahmejahr ist es durchaus möglich, dass die Ausgleichsfunktionen zur Konstruktion einer Durchmesser-Höhenkurve eines Bestandes von Aufnahmejahr zu Aufnahmejahr nicht mehr plausibel vergleichbar sind und die Zuwächse vollkommen falsch dargestellt werden. Einige Probleme, die eine sinnvolle Berechnung von Durchmesserhöhenkurven in einigen Aufnahmejahren erschwerten oder überhaupt verhinderten:

- Sehr wenige Höhenmessungen
- Höhenmessungen nur über kleinen BHD-Bereich (etwa aus Mittelstammbereich)
- Längenmessungen nur an den Aushiebsbäumen
- Überhaupt keine Höhenmessungen in einem Aufnahmejahr

Für die Ermittlung von Schätzbeziehungen für Baumhöhen in Aufnahmejahren ohne Höhenmessungen oder mit ungeeigneter DHK wurde das Verfahren der Altershöhenkurve (AHK) herangezogen. Das bedeutet, dass die für ein Aufnahmejahr berechneten Regressionskoeffizienten der einzelnen DHKs regressionsanalytisch über dem Alter ausgeglichen werden. Dies führt zu harmonisierten Höhenschätzwerten mit zunehmendem Alter. Dies verhindert eine Kreuzung von DHK-Kurven aufeinanderfolgender Aufnahmejahre, wie dies vor allem in den BHD-Randbereichen bei manchen Kurven möglich ist. Generell ist festzuhalten, dass bei entsprechender Anzahl und gleichmäßig über den BHD-Bereich verteilten Höhenmessungen eine DHK den tatsächlichen Höhenverlauf im jeweiligen Aufnahmejahr am besten abzubilden vermag. In vielen Fällen ist es aber aus dem Zwang heraus, für

alle Bäume Höhenschätzwerte zu bekommen, durchaus eine geeignete Methode, die Schätzungen mittels AHK durchzuführen.

Beschreibung - Programm DFL:

Das Programm umfasst 5 verschiedene Subdirectories in denen im Zuge der Programmabfolge vor der Berechnung der Versuchsergebnisse die Erstellung verschiedener Dateien erforderlich ist:

- SD „ROHDAT“ – enthält die bei der Datenerfassung erstellten Rohdateien
- SD „ODKENN“ – enthält Kennungsdateien getrennt nach Versuch und Parzellen
- SD „ORIG“ – enthält aus der Rohdatei erstellte Originaldateien
- SA „DHK“ – enthält die Dateien mit berechneten DHK und AHK-Koeffizienten
- SA „PROG“ – enthält alle Auswertungsprogramme

Die Auswertung mit diesem Programm muss nach festgelegten Programmschritten durchgeführt werden.

Schritt 1 - Aufbau einer Kennungsdatei

Diese Datei ist für jede einzelne Parzelle zu erstellen. Sie enthält Informationen wie Versuchsnummer, Parzellenummer, Größe der Messparzellen, Kennziffer der Hauptbaumart, Anzahl der Aufnahmejahre und Alter im ersten Aufnahmejahr. Die einzelnen Aufnahmejahre sind durch Vorzeichen in Haupt- und Nebenjahre zu trennen. Als Hauptjahre werden Aufnahmejahre bezeichnet, in denen alle Bäume einer Parzelle gemessen wurden. Nebenjahre sind solche, in denen nur ein Teilkollektiv, normalerweise nichtplanmäßiger Aushieb (z.B. Schneebruch, Borkenkäferbefall) aufgenommen wurde. Weiters enthält diese Datei noch den Versuchsort und den Versuchszweck. Sämtliche Informationen zur Erstellung dieser Datei sind den Aufnahmemanualen zu entnehmen und dienen einerseits der Kontrolle (Aufnahmejahre, Alter) bei der Weiterverarbeitung der Rohdatei sowie der Berechnung der Hektarwerte und andererseits für die Bezeichnung der Ausgabelisten.

Schritt 2 - Aufbau einer Originaldatei

Für jede Parzelle eines Versuches wird über die Rohdatei eine Originaldatei mit fix definiertem Format erstellt. Diese Datei enthält folgende Informationen für jeden einzelnen Probebaum:

- Teilfläche
- Aufnahmejahr
- Alter
- Baumnummer
- Aushiebskennziffer (Ursache des Ausscheidens)
- Baumart
- Soziale Stellung
- Kennziffer für Kronengüte
- Kennziffer für Schaftgüte
- Art der BHD-Messung (Kluppe, Umfangband)
- Brusthöhendurchmesser
- Höhenmesskennziffer

- Codierung:
- 0 keine Messung
 - 1 systematische Auswahl (z.B. jeder 4. Baum)
 - 2 in Systematik aber auch Oberhöhenbaum
 - 3 nicht in Systematik aber Oberhöhenbaum
 - 4 Längenmessung an liegenden Aushiebsbäumen
 - 5 Stehendmessung mit Leitern oder Bambusstangen
 - 6 Ausreisserwert (im Zuge der Auswertung vergeben)
- Art der Höhenmessung (direkt, Winkelmessung)
 - Basis oder Baumhöhe
 - Winkel bei indirekter Höhenmessung)
 - Höhe oder Winkel des Kronenansatzes
 - Möglichkeit zur Speicherung von weiteren 12 Sondermerkmalen (z.B. Lagekoordinaten, Z-Stamm, Schälwundengröße usw.)

Im Zuge der Erstellung dieser Originaldatei werden gleichzeitig formale Fehler gesucht. Es werden Fehler angezeigt, wenn die Aufnahmejahre in der Rohdatei mit den angegebenen Aufnahmejahren in der Kennungsdatei nicht übereinstimmen, Bäume in aufeinanderfolgenden Aufnahmejahren nicht mehr vorhanden und vorher nicht als Aushieb gekennzeichnet worden sind oder wenn Bäume wieder vorhanden sind, obwohl sie vorher bereits ausgeschieden wurden. In diesem Fall sind eine Korrektur der Rohdatei und eine Neuerstellung der Originaldatei erforderlich.

Schritt 3 - Überprüfung auf formale Fehler

Unter formalen Fehlern werden in diesem Zusammenhang solche Fälle verstanden, in denen die Daten eines Satzes (=Baum pro Aufnahmejahr) nicht mit den Vorschriften der Aufnahmeanweisung (z.B. fehlende Längenmessung bei Aushieben, fehlende oder falsche Kennziffern für Art der BHD- oder Höhenmessung, falsches Alter usw.) übereinstimmen oder vorgegebene Grenzbereiche bei BHD und Höhe über- oder unterschritten werden. Mit diesem Programm erfolgt gleichzeitig eine Markierung der Fehler mit verschiedenen Buchstaben, um die Art des Fehlers zu erkennen.

Schritt 4 - Korrektur der formalen Fehler

Die im vorigen Schritt angeführten Fehlermeldungen sind anhand der Aufnahmemanuale zu überprüfen. Sofern es sich um eindeutige Fehler bei der Datenerfassung oder nachvollziehbare Schreibfehler handelt, werden diese Korrekturen mit einem Programm direkt in der Originaldatei durchgeführt. Mit diesem Programm besteht die Möglichkeit, sowohl Fehler in Serie (z.B. falsches Alter in einem Aufnahmejahr) als auch Werte eines Einzelbaumes zu korrigieren. Fehlermarkierungen, die aufgrund von nicht erfassten Daten angezeigt werden, können auch einfach gelöscht werden. Nach der Korrektur von Fehlern sowie der Löschung von Fehlermarkierungen wird die Datei abschließend noch nach möglichen übersehenen Fehlermarkierungen durchsucht.

Schritt 5 - Prüfung auf Plausibilität

Im Gegensatz zu den formalen Fehler- und Verdachtsfällen kann es Werte geben, die zwar formal richtig sind, deren Merkmalsbelegung aber nicht plausibel erscheint. Zum Beispiel, wenn sich eine Baumartenkennziffer im Laufe der Zeit ändert oder wenn die Baumhöhe oder der Brusthöhendurchmesser abnimmt. Um derartige Fehler finden zu können ist es notwendig vor der Überprüfung die Höhe und den BHD zu berechnen. Bei diesem Programmschritt werden daher diese Werte dahingehend überprüft, wie sie erhoben wurden. Bei indirekter Höhenmessung über Winkelmessung wird

die Höhe berechnet, ansonsten wird der Wert direkt übernommen. Die Berechnung des Durchmessers erfolgt bei Vorliegen von 2 Werten bei kreuzweiser Kluppierung oder bei Umfangmessung. Falls nur ein Wert in Form einer Kluppierung erhoben wurde, wird der Wert direkt übernommen. Die so übernommenen oder berechneten Werte werden in der Originaldatei abgespeichert. Etwaige Plausibilitätsfehler werden mit dem in Schritt 4 beschriebenen Programm in der Originaldatei richtig gestellt.

Schritt 6 - Ausgabe der Daten der Originaldatei

Dieses Programm ermöglicht die Ausgabe der Originaldateien am Bildschirm oder am Drucker. Es sind damit jahrweise, baumweise sowie jahr- und baumweise Zusammenfassungen möglich.

Schritt 7 - Berechnung der Koeffizienten der Durchmesserhöhenkurven

Bei diesem Parteschritt werden Koeffizienten der Durchmesserhöhenkurven (DHK) berechnet, um auch für Bäume ohne gemessene Höhen Werte schätzen zu können. Es werden automatisch vier verschiedene Kombinationen von Transformationen berechnet, die im Zuge der Programmentwicklung von Pollanschütz ausgewählt wurden:

$$\begin{aligned} \ln(H-1,3) &= A_0 + A_1/BHD \\ \ln(H-1,3) &= A_0 + A_1 * \ln(BHD) + A_2/BHD \\ \ln(H-1,3) &= A_0 + A_1 * \ln(BHD) \\ (H-1,3) &= A_0 + A_1 * \ln(BHD) \end{aligned}$$

Es besteht die Möglichkeit unplausible oder stark vom Mittel abweichende Höhenmesswerte von der Berechnung auszuschließen, indem bei diesen Bäumen die Höhenmesskennziffer auf 6 gesetzt wird.

Das Regressionsprogramm berechnet für jedes Aufnahmejahr (nur Hauptjahre) die Regressionskoeffizienten und Konstanten der 4 Durchmesserhöhenkurven und speichert sie in einer Datei.

Schritt 8 - Vergleich der gemessenen Baumhöhen

Das Programm berechnet getrennt nach Aufnahmejahren (nur Hauptjahre) für jeden Durchmesser der Höhenmessbäume aus der Regressionsgleichung die zugehörige Höhe und vergleicht sie mit der gemessenen Höhe. Es wird ein pseudografisches Bild mit Zahlen und Zeichen erzeugt, wobei die BHD aufsteigend sortiert werden. Der Ausdruck listet die Stammnummer, den BHD, die Höhenmesskennziffer, die gemessene und berechnete Höhe sowie deren Differenz auf. In der grafischen Darstellung werden die Differenzen zwischen gemessener und berechneter Höhe in Teilen der Reststreuung ausgegeben, wobei die 3fache Reststreuung die Toleranzgrenze bildet. Überschreitet ein Wert diese Grenze entweder im positiven oder im negativen Bereich wird dieser Baum als „Ausreisser“ gekennzeichnet. Zweck dieses Auswertungsschrittes ist das Erkennen von stark abweichenden Werten und die Beurteilung des Kurvenverlaufes. Derartige Ausreisserwerte werden durch Umsetzen der Höhenmesskennziffer auf 6 von der Berechnung ausgeschlossen. In diesem Fall müssen die Programmschritte 7 und 8 so lange ausgeführt werden, bis keine Ausreisserwerte mehr vorkommen.

Schritt 9 - Grafische Darstellung der Höhenkurven

Dieses Programm ermöglicht die grafische Darstellung der berechneten Höhenkurven in den einzelnen Jahren, um die Plausibilität der Kurvenverläufe zu überprüfen.

Schritt 10 - Berechnung von Altershöhenkurven

Altershöhenkurven (AHK) werden berechnet, um einerseits unregelmäßige Verläufe von Durchmesserhöhenkurven auszugleichen und andererseits auch um in Nebenjahren Höhen schätzen zu können. Die Berechnung der AHK-Regressionskoeffizienten in den einzelnen Aufnahmejahren erfolgt über einen regressionsanalytischen Ausgleich der DHK-Regressionskoeffizienten über dem Alter: $A = AA_0 + AA_1 \cdot \text{Alter} + AA_2 / \text{Alter}$.

Schritt 11 - Zeichnen der DHK- und AHK-Kurven

In dieser Grafik werden die DHK- und AHK-Kurvenverläufe je Parzelle gemeinsam dargestellt, wobei unter den 4 bei der Berechnung möglichen Variablenkombinationen gewählt werden kann.

Schritt 12 - Berechnung der Versuchsergebnisse

Als Versuchsergebnisse können berechnet werden:

Zustandskennwerte - sind charakteristische Kennwerte (Summen, Mittel-, Minimal- und Maximalwerte) je Parzelle und Hektar für jedes Aufnahmejahr.

Leistungstabelle - hier werden die Hauptergebnisse eines Dauerversuches zusammengestellt, sie umfasst charakteristische hektarbezogene Kennwerte sowie Mittelwerte:

Aufnahmejahr, Bestandesalter, Baumart, Stammzahl, Höhe, BHD und HD-Wert der Oberhöhenbäume (100 stärksten Bäume/ha), Höhe, BHD und HD-Wert des Grundflächenmittelstammes, Grundfläche und Vorrat des verbleibenden Bestandes, Grundfläche, Vorrat, BHD und Höhe der Grundflächenmittelstammes des ausscheidenden Bestandes, die Gesamtwuchsleistung, die laufenden Zuwächse der Grundfläche und des Volumens und den durchschnittlichen Gesamtzuwachs.

Das Programm bietet die Möglichkeit, die Höhenberechnung bei Bäumen ohne Höhenmessung nach 2 Arten durchzuführen. Einerseits über die DHK in den Hauptjahren. Für Nebenjahre werden die Höhen aus der DHK des vorangegangenen Hauptjahres berechnet. Diese Option wird in erster Linie angewendet, wenn nur 3 oder weniger Hauptjahre vorhanden sind und daher keine AHK berechnet wird. Eine weitere Möglichkeit, die in der Regel angewendet wird, ist die Höhenberechnung über die AHK.

Die Berechnung des Einzelbaumvolumens erfolgt unter Verwendung verschiedener Formzahlfunktionen. Für die Baumarten Fichte (BHD >10 cm), Tanne, Kiefer, Lärche, Rotbuche und Traubeneiche werden die Formzahlfunktionen nach Pollanschütz (1974), für die grüne Douglasie und Japanlärche die Formzahlfunktion nach Bergel (1971, 1973) verwendet. Für die Baumart Fichte mit einem BHD kleiner als 10 cm kommt die Formzahlfunktion von Johann (1968), für die Schwarzkiefer die Formzahlfunktion von Schieler (1988) zur Anwendung, Die Formzahlfunktionen werden den entsprechenden Baumarten im Programm mittels der Baumartenkennzahlen automatisch zugeordnet. Für Baumarten, für die im Programm keine Funktion vorhanden ist, ist eine Zuordnung zu den vorhandenen Formzahlfunktionen erforderlich.

Die Auswertung der Dauerversuchsdaten und die Darstellung der Ergebnisse wurden entsprechend der DESER-Norm 1993 durchgeführt (Abb. 17). Die DESER-Norm sind Normen der Sektion Ertragskunde im deutschen Verband Forstlicher Forschungsanstalten zur Aufbereitung von waldwachstumskundlichen Dauerversuchen. Johann (1993) hat nach Sitzungsprotokollen der Arbeitsgruppe Dauerversuche (Dick, Dong, Gerold, Johann, Klädtke, Nagel, Niefnecker, Pretzsch, Röhle, Spelsberg, Spiecker, Utschig, Zingg) eine Endfassung erstellt. Diese Norm wurde erarbeitet, um das Verständnis von Auswertungsergebnissen von Dauerversuchen zu erleichtern. Auswertungsergebnisse, die dieser Norm

entsprechen, sollen derart hergeleitet und dargestellt werden, dass Ergebnisse vergleichbar werden. Die DESER-Norm regelt die Standardauswertung von Basiserhebungen auf Dauerversuchflächen.

Die DESER-Norm enthält Vorschriften zu folgenden Elementen der Versuchsauswertung:

- Plausibilitätskontrolle
- Behandlung verdächtiger und fehlerhafter Werte
- Höhenberechnung
- Zu berechnende Kennwerte des Versuchsverlaufes
- Berechnungsvorschriften
- Abkürzungs- und Formvorschriften für die Ausgabelisten

Ertragskundliche Bestandesdaten der Versuchfläche Oedensee
 Forstliche Bundesversuchsanstalt Institut für Waldwachstum und Betriebswirtschaft

Versuch 102 Parzelle 02 Anwertungsjahr 1942 Alter 110 Größe 2000 Hauptbaumart FI Anwertungsdatum: 19091217 113025.4 Seite 1
 In allen Jahren ATRK aus DHK 5 2 0. $\ln(H - 13) = A_0 + A_1/BHD$, wobei $A_X = AA_{K0} + AA_{K1} + Alter + AA_{K2}/Alter$ Formzahlordnung:
 Vorratberechnung mit Formzahlfunktionen der Hauptbaumarten Österreichs, POLLANSCHÜTZ, 1974, in Vorratstimator Schaltholz mit Rinde je ha.
 Versuchsauswertung nach DESER-NORM-1993 FI, DI.1, DI.2, H1.1, H1.2, H2.1, H2.2, H3.1, H3.2, K1.4, K2.1, K2.2, DIA3

Jahr Year	Alt. T	Verbleibender Bestand/remaining stand								Anschließendes Bestand/renwood					Gesamtbestand/total stand									
		BA SP	NV N	HO hdom	DO ddom	HO/DO h/dom	HG hg	DG dg	HG/DG h/dg	GV G	VV V	NA N	HG hg	DG dg	HG/DG h/dg	GA G	VA V	GWLV m ³	mGB m ³	IG m ³	IV m ³	DGZ %	PER %	
Der Aushieb vor Versuchsbeginn ist unbekannt, er wurde vernachlässigt																								
1900	90	FI	924	26.2	35.1	75	22.6	24.8	91	39.7	439	132	23.0	25.2	90	7.9	86	526	42.1	0.95	17.3	6.6	2	
		TA	60				25.2	31.5	89	8.7	61	12	21.1	21.7	97	0.4	5	60	4.8	0.08	1.8	0.8	5	
		GES	984				22.9	25.3	90	44.4	500	164	22.9	25.2	91	8.2	92	586	46.9	1.03	18.9	7.4	3	
1911	83	FI	618	27.8	36.6	76	21.9	27.3	90	36.6	437	200	22.4	23.4	109	7.9	80	613	41.4	0.96	13.6	7.2	17	
		TA	46				26.7	32.8	82	4.1	56	20	23.8	23.2	95	1.0	13	74	4.6	0.06	1.4	0.9	17	
		GES	664				25.0	27.9	90	40.7	493	229	22.6	22.6	100	8.9	102	686	46.0	0.63	13.1	8.1	17	
1929	102	FI	480	32.3	42.4	77	29.7	33.2	90	41.5	579	132	23.7	24.3	111	4.7	57	610	63.3	0.67	13.0	7.9	6	
		TA	44				31.1	37.4	83	4.8	76	8	24.5	22.4	100	0.8	4	39	5.0	0.08	1.3	1.0	6	
		GES	524				29.9	33.3	89	46.3	654	140	23.8	24.1	111	5.0	62	649	68.5	0.74	14.3	8.9	6	
1944	108	FI	394	33.8	44.0	70	31.7	36.8	90	40.9	505	96	26.3	24.7	106	4.6	61	606	41.9	0.53	10.6	8.2	5	
		TA	36				32.9	41.0	80	4.7	78	8	28.5	28.9	99	0.5	8	106	4.7	-0.2	0.8	1.0	5	
		GES	430				31.8	37.2	85	45.6	573	104	26.5	25.1	106	5.1	69	694	46.6	0.51	10.9	9.2	5	
1947	111	FI										8	30.3	32.4	94	0.7	0							
		TA										0	0.0	0.0	0	0.0	0							
		GES										8	30.3	32.4	94	0.7	0							
1950	114	FI	368	34.7	45.8	78	32.6	38.1	85	47.0	627	12	29.7	30.5	97	0.9	12	941	42.3	0.22	5.7	8.5	3	
		TA	32				34.9	42.9	79	4.6	77	0	0.0	0.0	0	0.0	0	108	4.9	0.19	3.0	1.0	3	
		GES	400				32.7	38.5	85	46.0	704	12	29.7	30.5	97	0.9	12	1049	47.2	0.41	8.7	9.3	3	
1942	106	FI	312	31.1	40.2	75	31.0	36.6	90	38.8	585	32	33.2	30.3	85	3.9	59	956						8.3
		TA	34				35.1	45.9	79	4.0	68	12	32.3	30.0	89	3.2	49	117						1.0
		GES	356				33.2	39.1	85	42.8	652	44	32.9	30.4	86	5.1	78	1075						9.3

Abbildung 17: Beispiel für eine Leistungstabelle nach der Deser Norm

Bei den flächenbezogenen Auswertungen vor dem Zeitpunkt der Baumnummerierung lagen Berechnungsergebnisse für die Grundfläche, das Bestandesvolumen und den Grundflächenmittelstamm in den alten Lagerbüchern vor. Es wurden die Berechnungen anhand der Klupplisten und der analysierten Probestämme in den verschiedenen Durchmesserbereichen neuerlich durchgeführt. Aus den Messungen der analysierten Probestämme wurden die Bestandeshöhenkurve und Formzahlen abgeleitet. Mit diesen geschätzten Höhen- und Formzahlen wurde für jede BHD-Stufe unter Berücksichtigung der Stammzahl je BHD-Stufe das Volumen berechnet. Insgesamt wurden ertragskundliche Kennwerte wie Stammzahl, Höhe und BHD des Grundflächenmittelstammes und der Oberhöhenbäume, Bestandesvolumen und die Bestandesgrundfläche berechnet.

6.2.1.2 Berechnung von Stammanalysen

Die Messungen der Stammscheiben wurden bis etwa 1954 mit einem Messlineal mit Lupe durchgeführt, wobei an 4 Radien der periodische Zuwachs mit einer Genauigkeit von 0,1 mm gemessen

wurde. Die Periodenlängen variierten von 1 bis 10 Jahren, wobei der überwiegende Teil der Messungen Periodenlängen zwischen 3 und 5 Jahren aufwies. Diese in Messbüchern vorliegenden Messdaten wurden digital erfasst und auf jährliche Radialzuwächse umgerechnet, um das Programm zur Berechnung von Stammanalysen anwenden zu können. Die Berechnung der jährlichen Zuwächse erfolgte in der Art, dass der Periodenzuwachs zu gleichen Teilen auf die Jahre innerhalb der Periode aufgeteilt wurde. Die 4 Messrichtungen wurden daraufhin durch Mittelbildung zu einem jährlichen Wert zusammengefasst. Unter Einbeziehung weiterer Daten wie Baumart, BHD, Höhe und Abschnittshöhe der Scheibe konnte dann eine für das Berechnungsprogramm der Stammanalysen geeignete Datei erstellt werden.

Ab 1954 erfolgten die Jahringmessungen mit der Eklund'schen Jahringmessmaschine. Seit 1977 werden die Jahrringe anhand von Stammscheiben und Bohrkernen mittels Digitalpositiometer (nach Johann, Typ II) mit einer Gerätegenauigkeit von 1/100 mm gemessen.

Die Berechnung der Stammanalyse erfolgt mit einem an unserem Forschungszentrum entwickelten Programm. Der Höhenzuwachs wird zwischen den Entnahmehöhen der Stammscheiben in Beziehung zur Größe des zugehörigen Jahringes anhand der Differenz der Jahrringanzahl berechnet. Der jährliche Volumenzuwachs ohne Rinde wird aus der jährlichen Differenz eines für jedes Jahr neu berechneten Drehkörpers berechnet, wobei die Verbindungsstrecke eines Jahringes von Scheibe zu Scheibe sowohl als lineare Verbindung als auch über eine Spline-Funktion berechnet werden kann. Im Rahmen dieser Untersuchung erfolgte der Vergleich der Analysen aus dem Vor- und Folgebestand hinsichtlich Radial- bzw. BHD-Zuwachs sowie hinsichtlich der Baumhöhenentwicklung. Die Volumenentwicklung als funktionelle Größe von BHD und Höhe wurde nicht analysiert. Im Detail wurden jedoch auch die Baumformen verglichen, im vorliegenden Fall der Formquotient BHD zu D03 sowie die unechte Formzahl, die aus den Analyseergebnissen von BHD, Höhe und Volumen abgeleitet wurde.

Die Berechnung der Stammanalyse wird auch grafisch dargestellt. In Abbildung 18 sind beispielhaft eine Grafik einer Stammanalyse sowie eine Ausgabeliste der Berechnungen dargestellt.

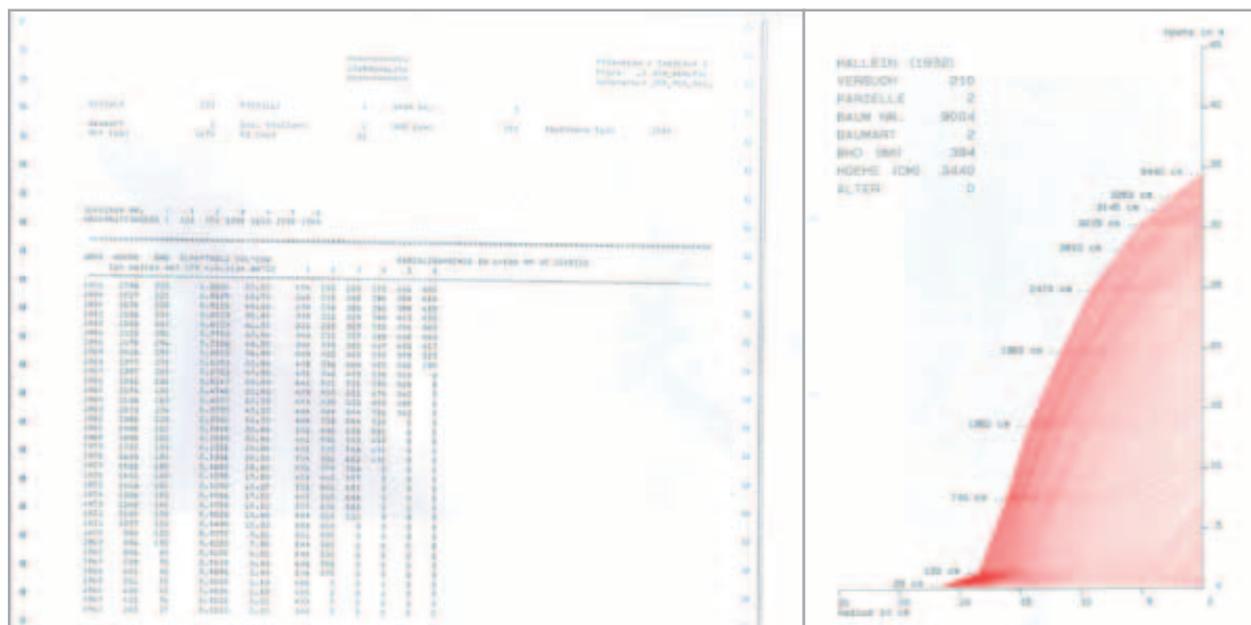


Abbildung 18: Beispiel Grafik Stammanalyse und Ausgabeliste

6.2.2 Folgebestände

6.2.2.1 Bestandesmessungen

Nachdem in den Folgebeständen Messdaten von nur einer Messung vorlagen, konnte das Auswertungsprogramm „DFL“, bei dem zumindest zwei zeitlich verschiedene Aufnahmen notwendig sind, nicht angewendet werden. Die Berechnungen der ertragskundlichen Kenndaten wurden daher mit dem Programm Microsoft Excel durchgeführt.

Da die Baumhöhen nur an einem Teilkollektiv gemessen wurden, wurde anhand der gemessenen Höhen eine Bestandeshöhenkurve mit der Höhe als Funktion des Brusthöhendurchmessers berechnet. Mit dieser Funktion wurden für die Bäume ohne Höhenmessungen die fehlenden Höhen hergeleitet. Es wurde mit 3 verschiedenen Funktionstypen gerechnet, wobei die Funktionen $H=e^{A0 + A1 \cdot 1/BHD} + 1,3$ (Typ A) und $H=1/(A0 + A1 \cdot 1/BHD)^2 + 1,3$ (Typ B) sowie $H=A0 + A1 \cdot \ln BHD$ (Typ C) verwendet wurden. Für die Höhenschätzung wurde für einen Bestand jene Funktion angewendet, die in der grafischen Darstellung die beste Anpassung sowie das höchste Bestimmtheitsmaß ergeben hatte. Bei den Folgebeständen in Ödensee und Langbathsee wurden die Höhen mit

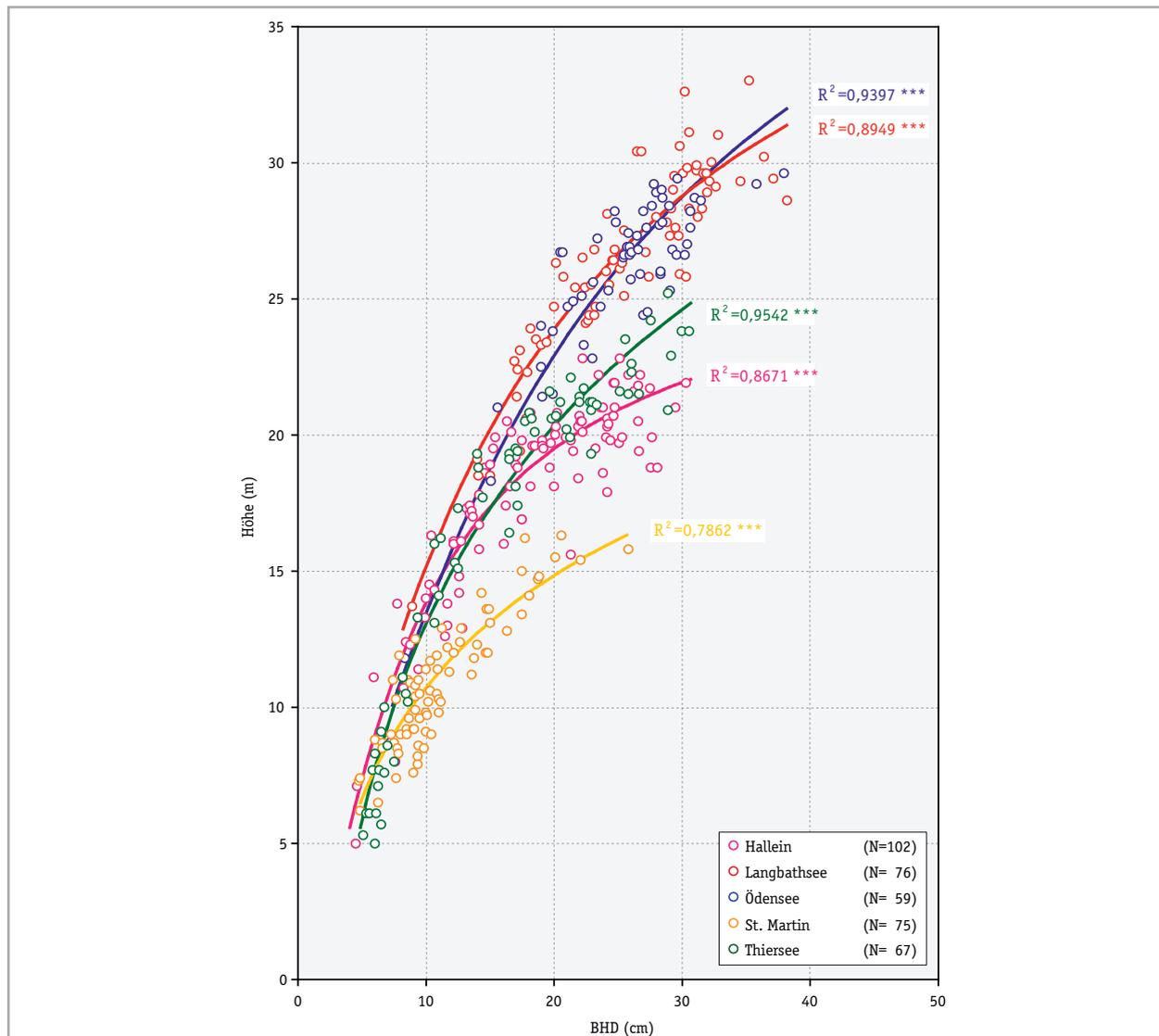


Abbildung 19: Durchmesser-Höhenkurven

dem Typ B, in Hallein mit dem Typ A und in St. Martin und Thiersee mit dem Typ C berechnet. Diese Höhenfunktion beim Typ C ergibt bei BHD = 0 eine Höhe von $-\infty$. Diese Funktion wurde aber dennoch angewendet werden, weil in beiden Beständen die kleinsten Durchmesser über 5 cm lagen (Abb. 19).

Die Berechnung des Schaftholzvolumens mit Rinde der Einzelbäume wurde mittels Formzahlfunktionen ausgeführt, wobei ab einem BHD von 10,5 cm die Formzahlfunktionen nach Pollanschütz (1974), zwischen 7,0 und 10,5 cm nach Schieler (1988) und bei einem BHD unter 7 cm die Formzahlfunktionen nach Johann (1968) zur Anwendung kamen.

Zwecks Abschätzung der Masse der Vornutzungen und zur Berechnung einer Gesamtwuchsleistung wurden die Durchmesser aller noch erkennbaren Stöcke erhoben. Beim Versuch Hallein wurden 83 Stöcke, in Langbathsee 70, in Ödensee 137 und in Thiersee 210 Stöcke gemessen. Auf dem Versuch in St. Martin wurden bis zum Zeitpunkt den Messungen keine Vornutzungen durchgeführt, sodass für diesen Versuch auf eine Darstellung in Abbildung 20 verzichtet wurde.

Aus den Messungen im Zuge der Nutzung der Bäume für die Berechnung von Stammanalysen (Verhältnis Stockdurchmesser zu Brusthöhendurchmesser) wurde der Brusthöhendurchmesser aus den Stockdurchmessern der ausgeschiedenen Bäume für jeden einzelnen Versuch geschätzt. Es hat sich gezeigt, dass das Verhältnis zwischen Stock- und Brusthöhendurchmesser auf allen Versuchen sehr ähnlich verläuft (Abb. 20). Die dazugehörige Höhe wurde aus der berechneten Bestandeshöhenkurve des Aufnahmejahres 1999 ermittelt. Eine altersmäßige Verlagerung der Höhenkurve (Prodan 1965, Assmann 1961, Pretzsch 2002) wurde nicht berücksichtigt. Diese Bäume der Vornutzungen gehörten überwiegend zu den unteren Durchmesserklassen mit schlechter sozialer Stellung. Es kann daher angenommen werden, dass sich das h/d Verhältnis in dieser sozialen Stammklasse während des relativ kurzen Zeitraumes zwischen Nutzung und Bestandesmessung nicht wesentlich verändert hat. Mit diesen geschätzten BHD und Höhen erfolgte einzelbaumweise die Berechnung des Baumvolumens und zusammengefasst die Ermittlung der Gesamtmasse der Vornutzungen.

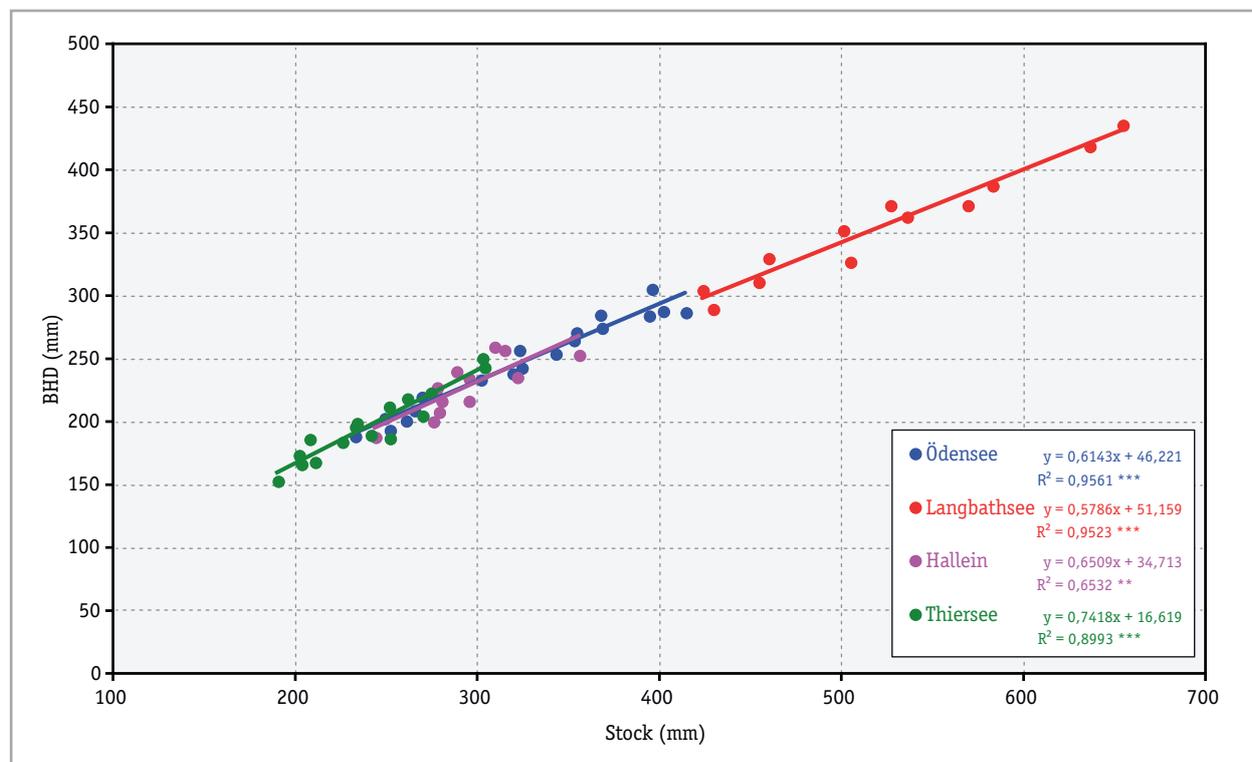


Abbildung 20: Verhältnis BHD-Stock der Stammanalysen

6.2.3 Wachstumsvergleich Vor- und Folgebestand

Die Wachstumsvergleiche erfolgten sowohl durch Vergleiche der Bestandesmessungen als auch der Stammanalysen.

Anhand der Bestandesmessungen konnten folgende ertragskundlichen Kennwerte verglichen werden:

- Stammzahl
- Brusthöhendurchmesser (Gesamtbestand, Oberhöhenbäume)
- Baumhöhen (Bestandeshöhe, Oberhöhe)
- Bestandesgrundfläche
- Bestandesvorrat
- Gesamtwuchsleistung
- Bestandesdichte (Stand Density Index)
- Ertragsklasse

Die Ergebnisse der Stammanalysen wurden für folgende Vergleiche zwischen den Bestandesgenerationen verwendet:

- Brusthöhendurchmesserentwicklung
- Baumhöhenentwicklung
- Stammform (Formquotient BHD/D03, Formzahl)
- Ertragstafelvergleich der Höhenentwicklung

7. Ergebnisse

7.1 Versuch Ödensee

7.1.1 Vorbestand (Dauerversuch)

7.1.1.1 Bestandesmessung

Die Entwicklung der Stammzahl als ein Kennzeichen der Bestandesbehandlung lässt erkennen, dass die Stammzahlen für einen 80 jährigen Bestand auf beiden Parzellen bei Versuchseinrichtung mit 1400 bzw. 1048 Bäumen je ha noch sehr hoch lagen. Es ist anzunehmen, dass bis zu diesem Zeitpunkt die als schwache Durchforstung bezeichnete Behandlung auf Parzelle 1 weitgehend nur eine schwache Niederdurchforstung sowie eine Entnahme abgestorbener Bäume war. Bei Versuchseinrichtung erfolgte eine Stammzahlabenkung, wobei nur stärkere Bäume entnommen wurden. Die Eingriffe waren auf beiden Parzellen gleich stark (Absenkung der Stammzahl um 160 Bäume je ha). Bereits 5 Jahre später erfolgte vor allem auf Parzelle 1 ein weiterer jedoch stärkerer Eingriff, sodass die Stammzahlunterschiede zwischen den Parzellen von ursprünglich 352 Bäumen auf 172 Bäumen je ha verringert wurden. Es folgten bis zum Bestandesalter von 116 Jahren einige weitere Entnahmen. Im Jahr 1942 (Alter 116) wurde auf Parzelle 1 eine stärkere Nutzung durchgeführt, was zu gleichen Stammzahlen von 356 Bäumen/ha auf beiden Parzellen führte. Der Bestand auf Parzelle 2 wurde 1946 ohne vorherige Information der Versuchsleitung vollständig genutzt. Es wurde

daraufhin eine Ersatzparzelle im angrenzenden Bestand eingerichtet, bei dem die Stammzahl bei 428 Bäumen/ha lag. 10 Jahre später bei einem Bestandesalter von 132 Jahren wurden sämtliche Versuchsbestände vollständig genutzt (Abb.21).

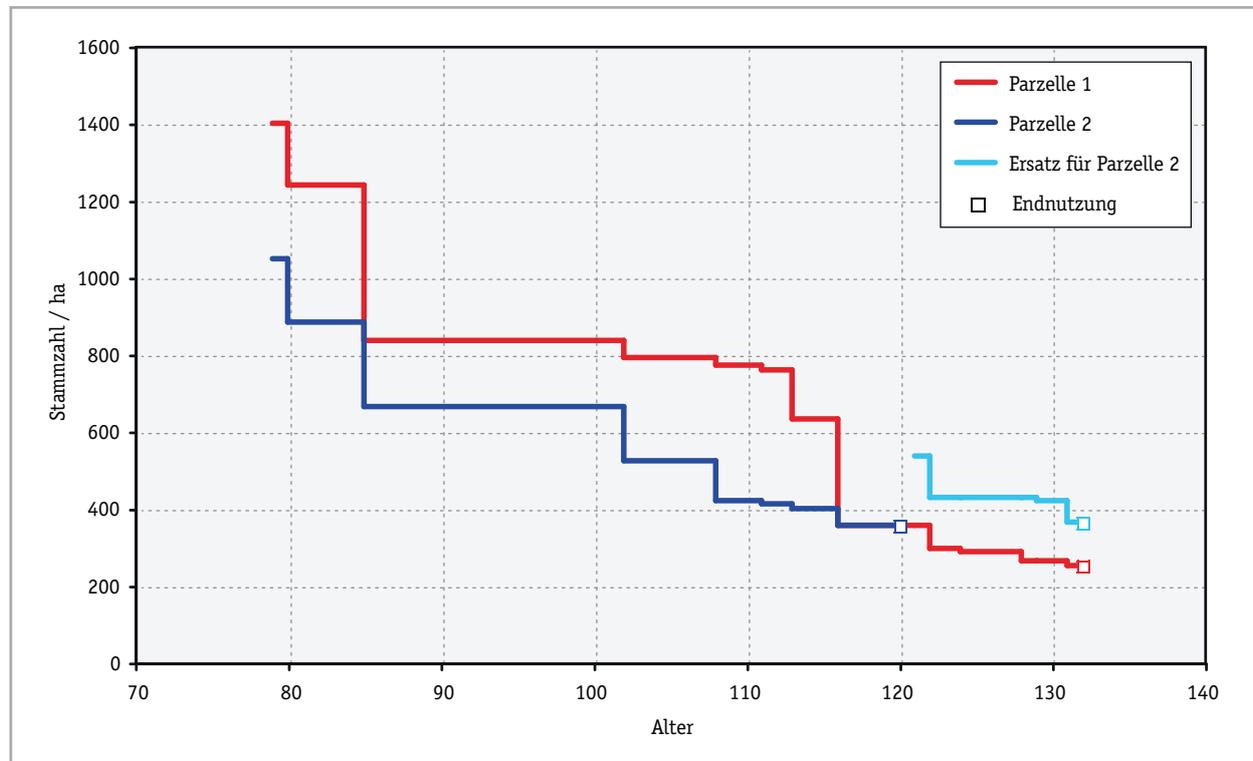


Abbildung 21: Vorbestand Ödensee - Stammzahl

Der Verlauf der Oberhöhenentwicklung zeigt auf beiden Parzellen einen weitgehend parallelen Verlauf, wobei die Oberhöhe auf Parzelle 2 um 1,4 m größer ist. Auffallend ist das Absinken der Oberhöhe auf Parzelle 1 bei einem Bestandesalter von 116 Jahren. Dies ist darauf zurückzuführen, dass bei Nutzungen im Jahr 1942 auch Bäume aus dem Oberhöhenkollektiv aus dem Bestand entfernt wurden. Die Oberhöhe auf der Ersatzparzelle entspricht in etwa dem Verlauf auf Parzelle 1. Der Vergleich der Oberhöhenentwicklung mit Werten der Ertragstafel für Fichte Bayern zeigt stärkere Abweichungen. Der Anstieg der Oberhöhe verläuft wesentlich steiler als in der Ertragstafel angegeben. Der Anstieg während der Versuchsdauer entspricht mehr als 2 Bonitätsstufen. Eine größere Höhendifferenz konnte bei der Bewertung der Bestandesmittelhöhe festgestellt werden. Hier beträgt die Differenz zwischen Parzelle 1 und 2 bei Versuchsbeginn 2,9 m und vergrößert sich bis zum Alter 116 auf 3,1 m bei einer Mittelhöhe von 30,1 (Parzelle 1) bzw. 33,2 m auf Parzelle 2 (Abb.22).

Die Auswirkungen der unterschiedlichen Bestandesbehandlungen sind bei der Entwicklung des Brusthöhendurchmessers des Grundflächenmittelstammes klar erkennbar. Der kleinere Standraum je Baum durch höhere Stammzahlen auf Parzelle 1 führte zu einem um 5,6 cm geringeren BHD bei Versuchsbeginn. Diese Differenz vergrößerte sich durch die versuchsbedingte unterschiedliche Bestandesbehandlung bis zum Alter 116 auf 8 cm. Während auf der stammzahlärmeren Variante auf Parzelle 2 ein BHD von 39,1 cm berechnet wurde, erreichte er auf Parzelle 1 nur 31,1 cm. Der BHD des Grundflächenmittelstammes auf der Ersatzparzelle entspricht ungefähr dem BHD auf Parzelle 1 (Abb.23).

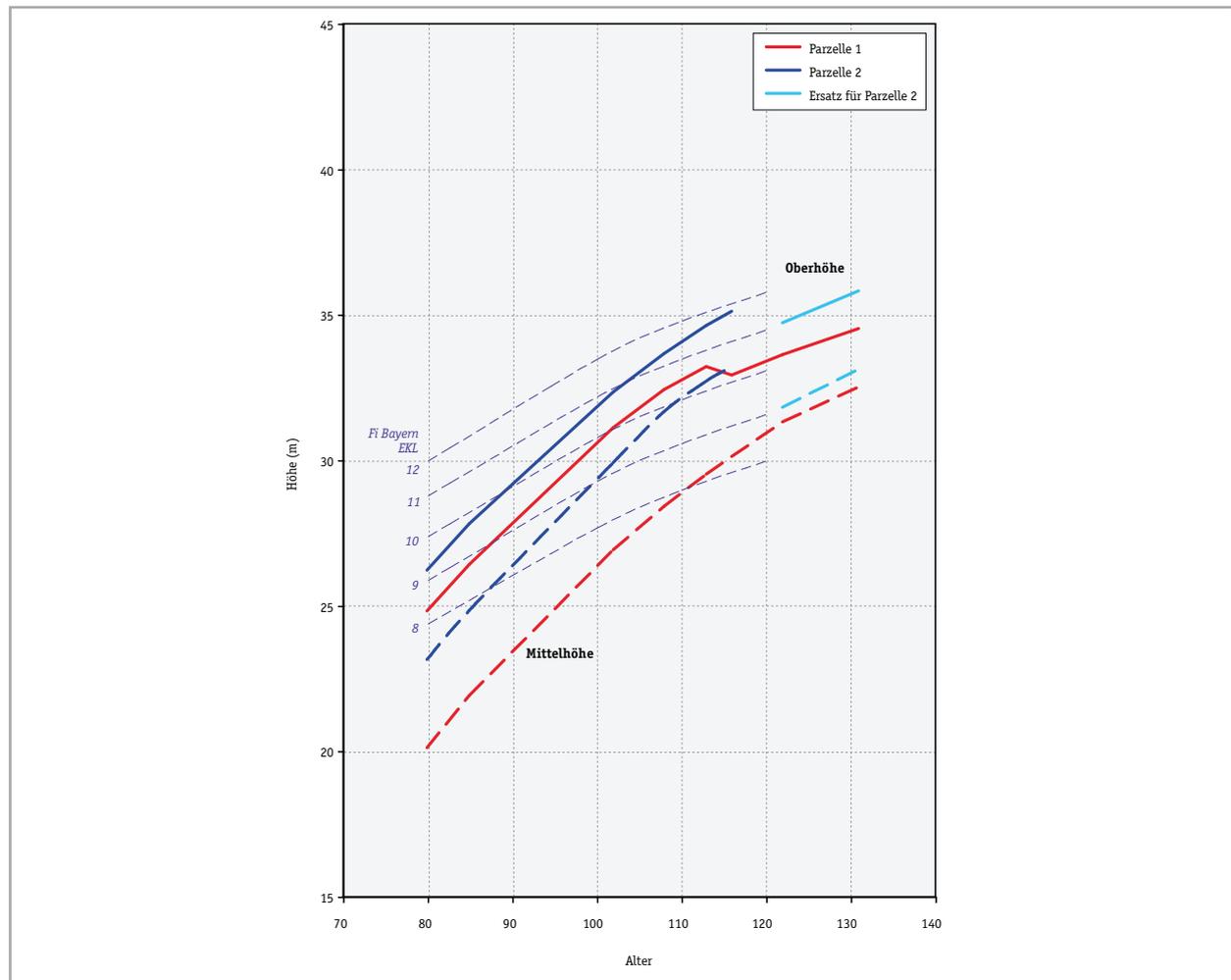


Abbildung 22: Vorbestand Ödensee - Höhe

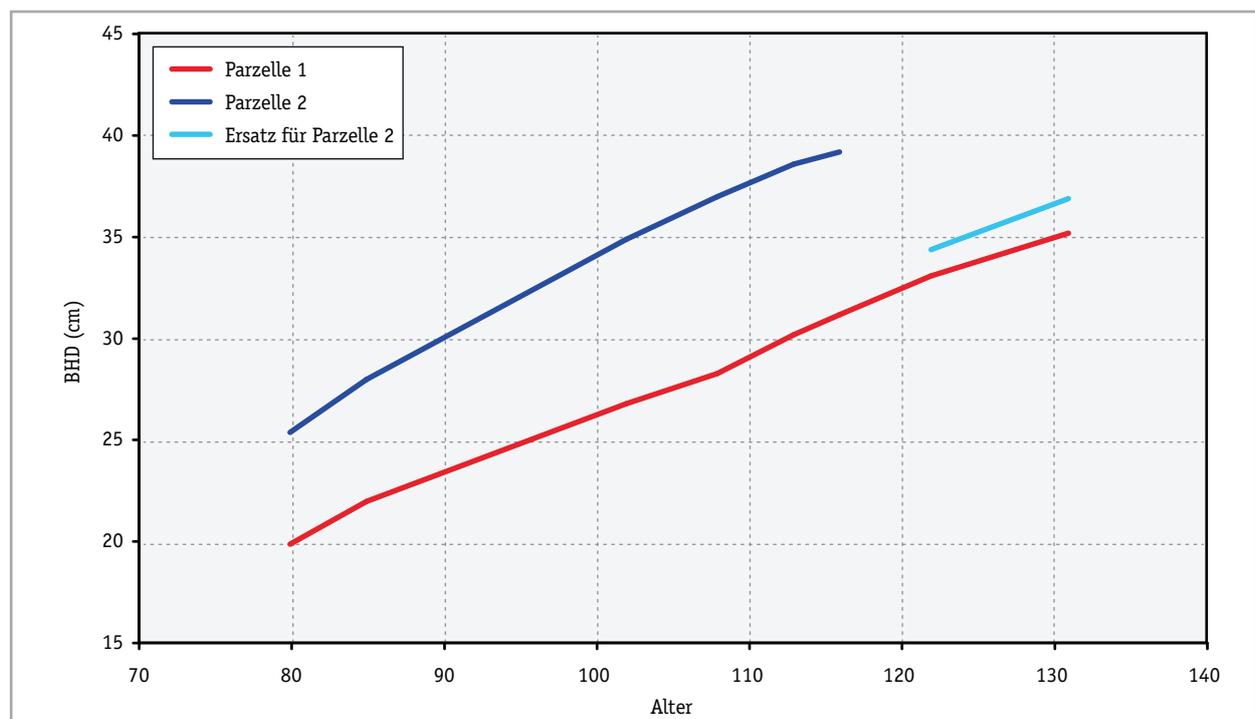


Abbildung 23: Vorbestand Ödensee - BHD des Grundflächenmittelstammes

Auch die Verteilung der BHD im Alter 80 bei Versuchsbeginn zeigt ein deutlich unterschiedliches Bild zwischen den Parzellen. Während auf Parzelle 1 über 61 % der Bäume einen BHD bis 20 cm aufweisen, sind dies auf Parzelle 2 mit 27,9 % deutlich weniger. In die Klasse 20 bis 30 cm fallen auf Parzelle 1 34 %, auf Parzelle 2 liegt ungefähr die Hälfte der Bäume in diesem Bereich. Stärker als 30 cm sind auf Parzelle 1 nur 4,6 %, auf Parzelle 2 hingegen 20,6 % der Bäume (Abb. 24).

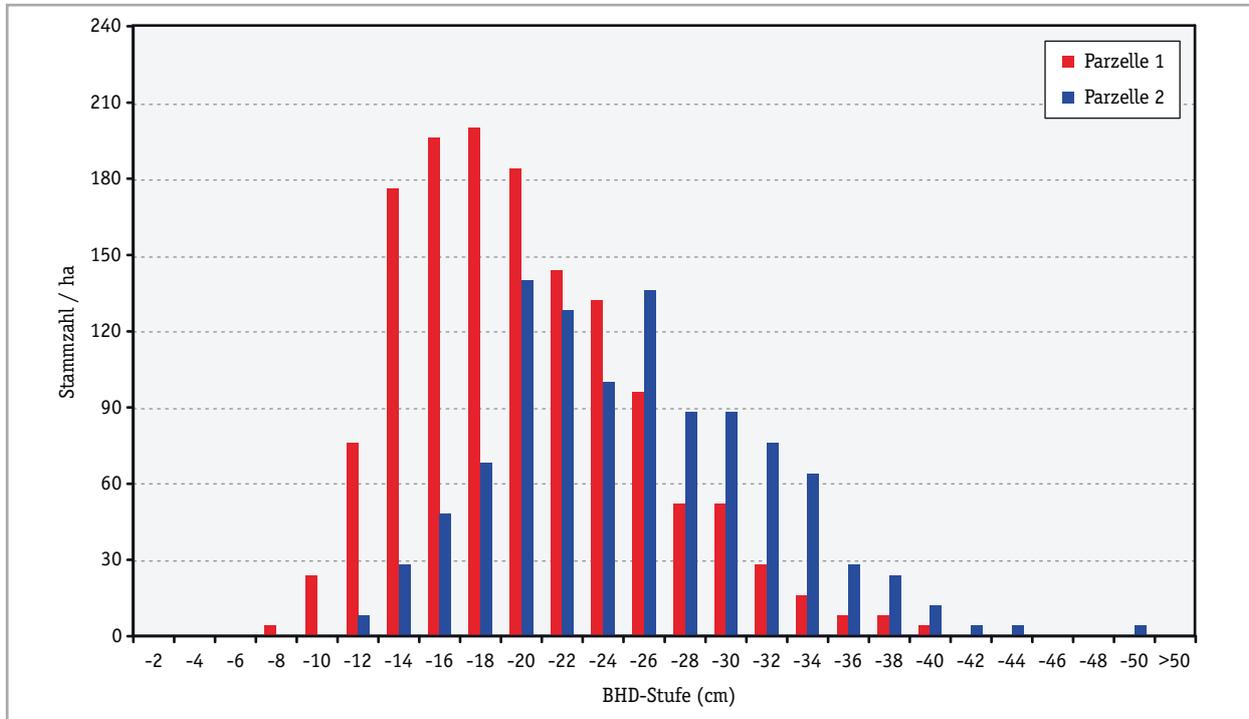


Abbildung 24: Vorbestand Ödensee - BHD-Verteilung im Alter 80

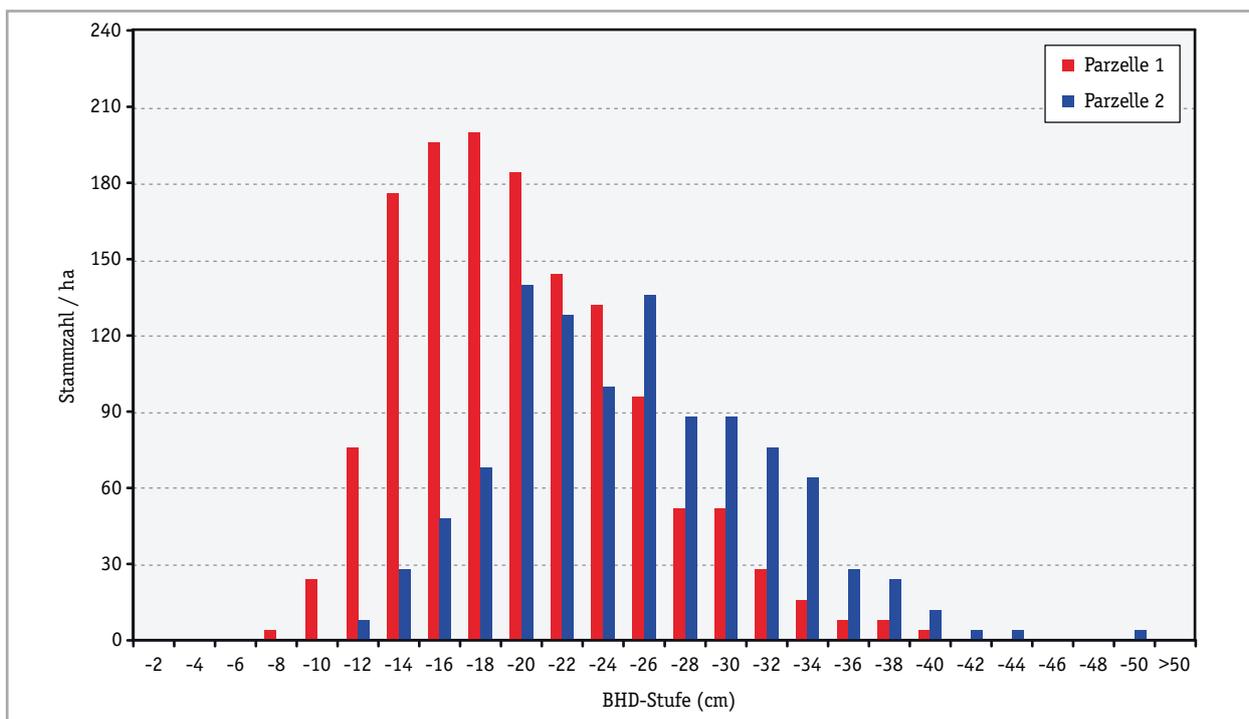


Abbildung 25: Vorbestand Ödensee - BHD-Verteilung im Alter 116

Im Alter 116 zeigt sich ein ähnliches Bild. Auf Parzelle 1 haben mehr als die Hälfte der Bäume einen BHD unter 30 cm und nur 8,2 % über 40 cm. Auf Parzelle 2 liegt die Hälfte der Bäume in einem BHD Bereich zwischen 30 und 40 cm, 41 % der Bäume haben einen BHD der stärker als 40 cm ist (Abb. 25).

Der H/D Wert des Grundflächenmittelstammes im Alter 80 liegt auf Parzelle 1 bei 102, auf Parzelle 2 bei 91. Durch die stärkeren Eingriffe in den folgenden Jahren kommt es auf Parzelle 2 zu einem geringen Absinken des HD-Wertes bis zum Alter 116 auf 85. Dies ist in erster Linie darauf zurückzuführen, dass in der Regel meist nur Bäume mit hohen HD-Verhältnissen entnommen wurden. Auf der stammzahlreicheren Parzelle bleibt der HD-Wert lange um 100 an und sinkt ab erst ab dem Alter 113 aufgrund der beginnenden Nutzungen bis zum Abtrieb des Bestandes auf 93 ab. Der HD-Wert auf der Ersatzparzelle entspricht in etwa dem Wert auf Parzelle 1 (Abb. 26).

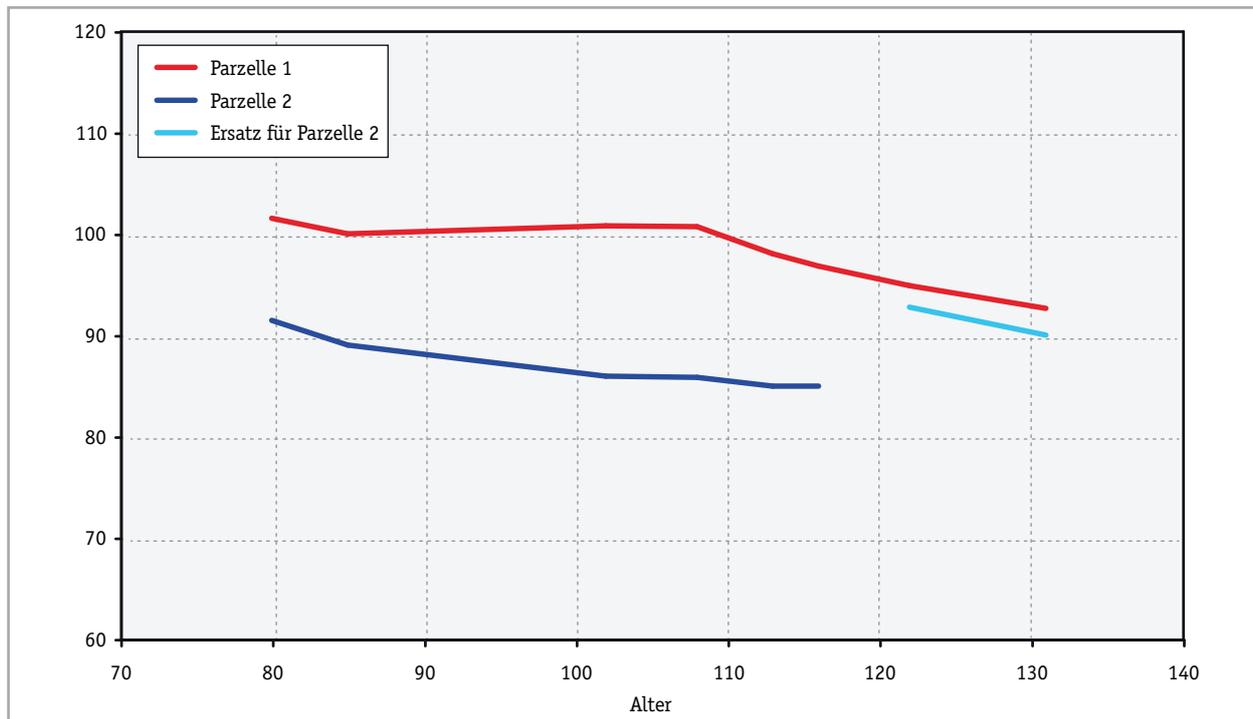


Abbildung 26: Vorbestand Ödensee - HD-Wert des Grundflächenmittelstammes

Die Bestandesgrundflächen der beiden Parzellen liegen bei Versuchsbeginn bei 43,4 (Parzelle 1) bzw. 52,6 m² / ha (Parzelle (2) und weisen somit einen Unterschied von 9,2 m² auf. Ab einem Alter von 102 Jahren liegen die Grundflächen auf beiden Parzellen in ähnlicher Höhe zwischen 45 und 50 m² / ha. Auf Parzelle 1 kommt es durch die starke Nutzung im Jahr 1942 zu einer Grundflächenabsenkung um 19,1 m² / ha auf 27 m² / ha. Danach bleibt auf dieser Parzelle die Grundfläche bis zur Nutzung unter 30 m² / ha. Auf der Ersatzparzelle liegt die Grundfläche auf dem Niveau der Parzelle 2 (Abb.27).

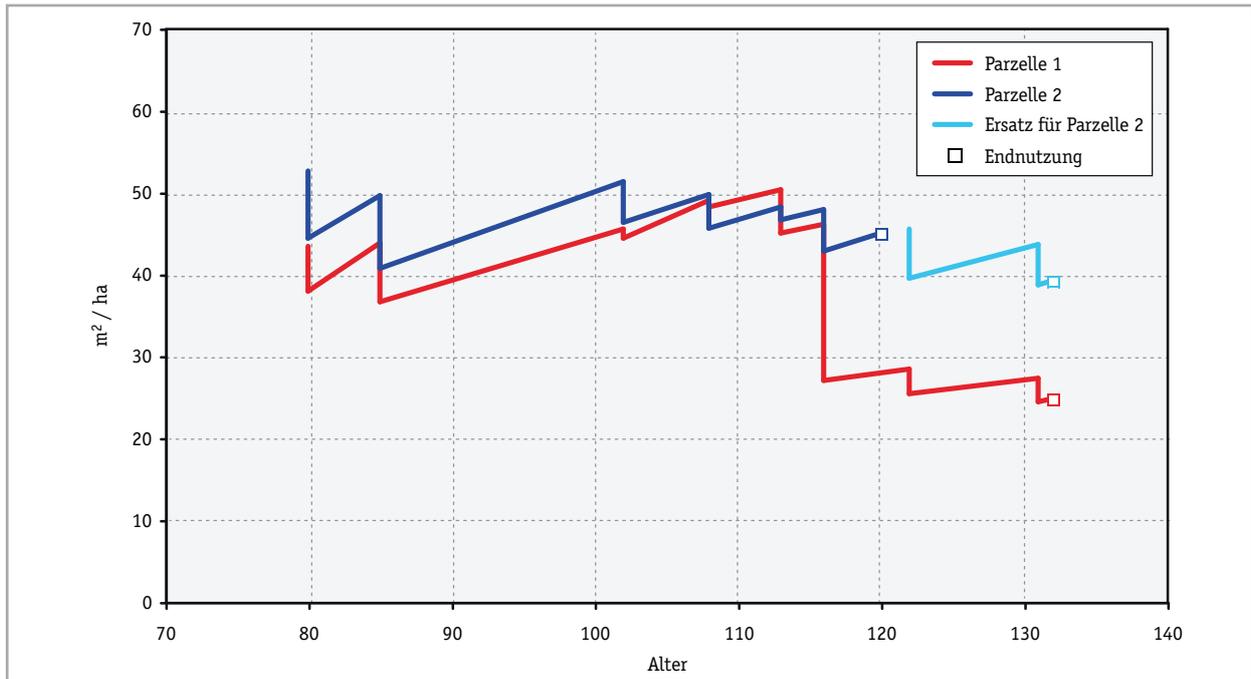


Abbildung 27: Vorbestand Ödensee - Grundfläche

Die Vorräte liegen im Alter 80 nach dem ersten versuchsbedingten Eingriff (Entnahme auf Parzelle 1 - 58 Vfm/ha, auf Parzelle 2 - 92 Vfm/ha) auf der stammzahlärmeren Parzelle 2 bei 500 Vfm/ha, auf Parzelle 1 stocken zu diesem Zeitpunkt um 109 Vfm weniger Schaftholz mit Rinde. Die Vorratsentwicklung zeigt mit zunehmenden Bestandesalter bis zum Alter 102 einen annähernd parallelen Verlauf. Im Alter 108 ist der Holzvorrat mit 663 bzw. 671 Vfm/ha auf beiden Parzellen fast gleich hoch. Im Alter 116 sinkt der Vorrat auf Parzelle 1 durch die Nutzung von 272 Vfm auf 391 Vfm/ha ab (Abb.28).

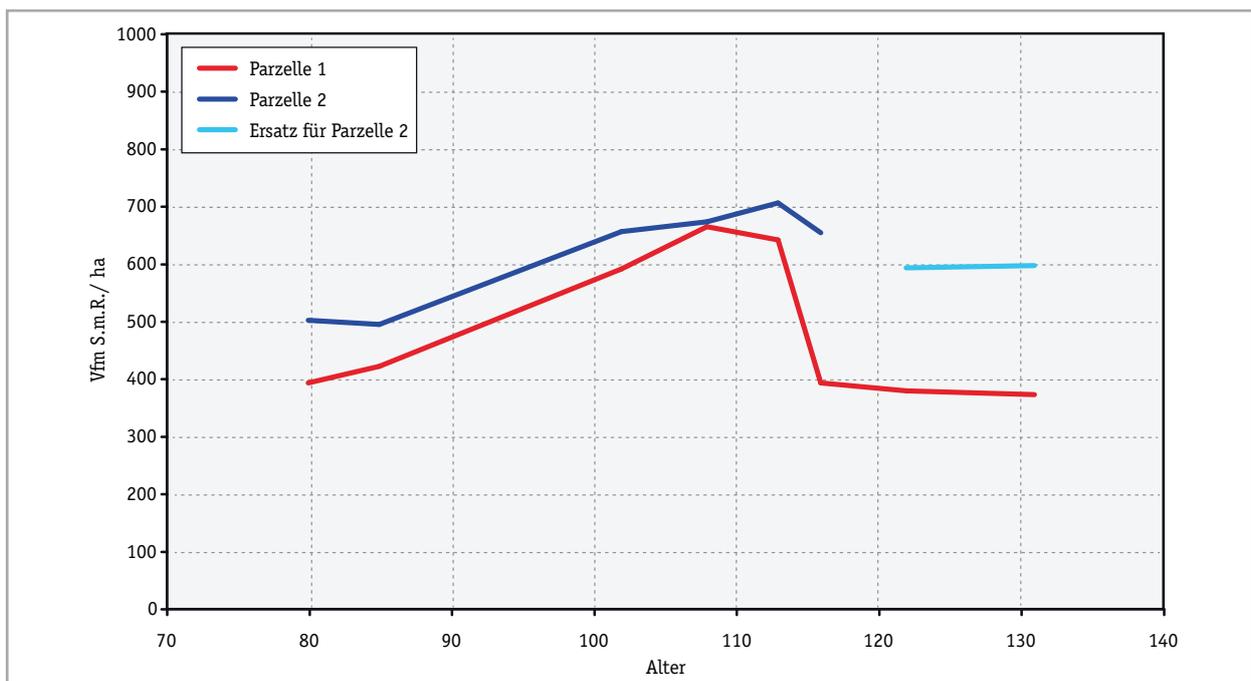


Abbildung 28: Vorbestand Ödensee - Vorrat

Bei der Beurteilung der Gesamtwuchsleistung ist zu berücksichtigen, dass es über die Vornutzungen bis zu Versuchsbeginn keine Aufzeichnungen gibt. Daher konnten die Vornutzungsmengen bis dahin nicht in die Berechnung der gesamten Wuchsleistung miteinbezogen werden. Dies führt zu einer nicht definierbaren Unterschätzung der Gesamtwuchsleistung. Somit konnte die GWL nur auf dem vorhandenen Vorrat vor der ersten mengenmäßig erfassten Nutzung bei Versuchsbeginn angesetzt werden. Dieser lag auf Parzelle 1 bei 449 Vfm/ha sowie auf Parzelle 2 bei 592 Vfm/ha. Ein Vergleich mit Ertragstafelwerten Fichte Bayern hat gezeigt, dass die GWL deutlich tiefer liegt als sie der Oberhöhenbonität entsprechen würde. Liegt etwa die Oberhöhenbonität bei Parzelle 2 im Alter 80 knapp über der 9. Ertragsklasse, erreicht sie bei Ansatz der Gesamtwuchsleistung nicht einmal die 8. Ertragsklasse. Die Differenz beträgt also mehr als eine Ertragsklasse. Noch größer ist die Differenz auf Parzelle 1 mit einem Bonitätsunterschied von über 2 Stufen. Die Beurteilung der Differenz der Gesamtwuchsleistung mit zunehmenden Bestandesalter zeigt einen leichten Anstieg. Betrag der Unterschied im Alter 80 zwischen Parzelle 1 und 2 noch 143 Vfm/ha, wurde im Alter 116 eine Differenz von 198 Vfm/ha berechnet (Abb.29).

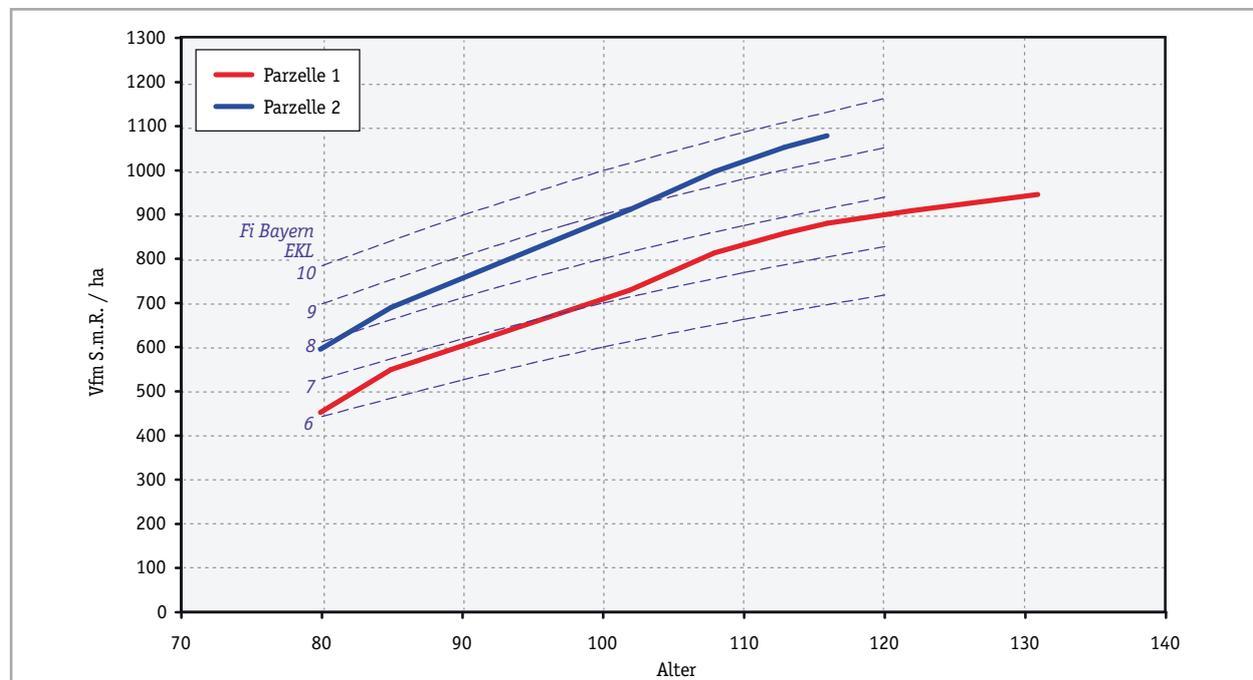


Abbildung 29: Vorrat Ödensee - Gesamtwuchsleistung

Abschließend wurde noch als weiteres Maß für die Bestandesdichte der Stand Density Index (SDI) nach Reineke (1933) berechnet und mit dem von Sterba (1981) für das Ertragstafelgebiet Fichte Bayern ermittelten maximalen SDI von 1280 verglichen. Bei Versuchsbeginn wurde ein SDI von 853 (Parzelle 1) und 901 (Parzelle 2) ermittelt. Diese Werte liegen deutlich unter dem maximalen SDI des Ertragstafelgebietes Fichte Bayern von 1280. Es kann also auf den beiden Parzellen durch die Nutzungen vor Versuchsbeginn nicht von „vollbestockten“ Beständen ausgegangen werden. Das Absinken der Oberhöhe durch die starken Nutzungen auch im Oberhöhenkollektiv bedingte auf Parzelle 1 einen deutlichen Knick im Verlauf des SDI über der Oberhöhe. Der SDI sank von 851 auf 505 ab. Dies ist auch in anderer Darstellungsweise der logarithmierten Stammzahl über dem logarithmierten BHD des Grundflächenmittelstammes erkennbar (Abb.30, 31).

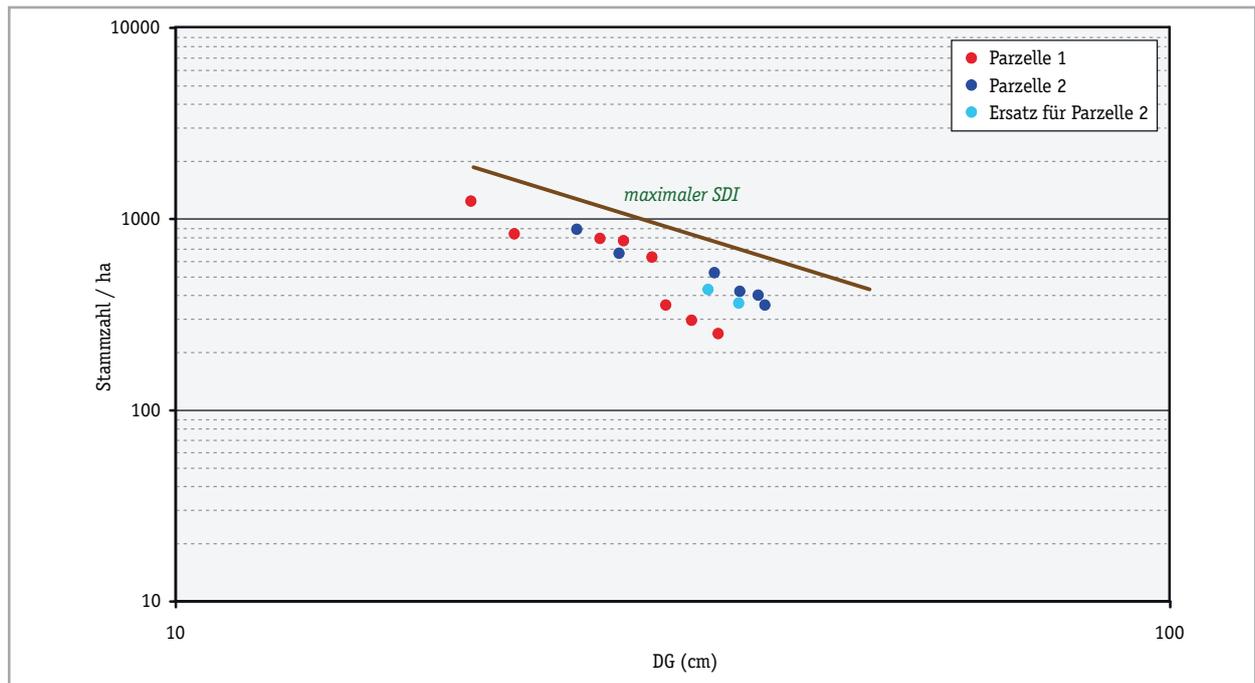


Abbildung 30: Vorbestand Ödensee - Stand Density Index

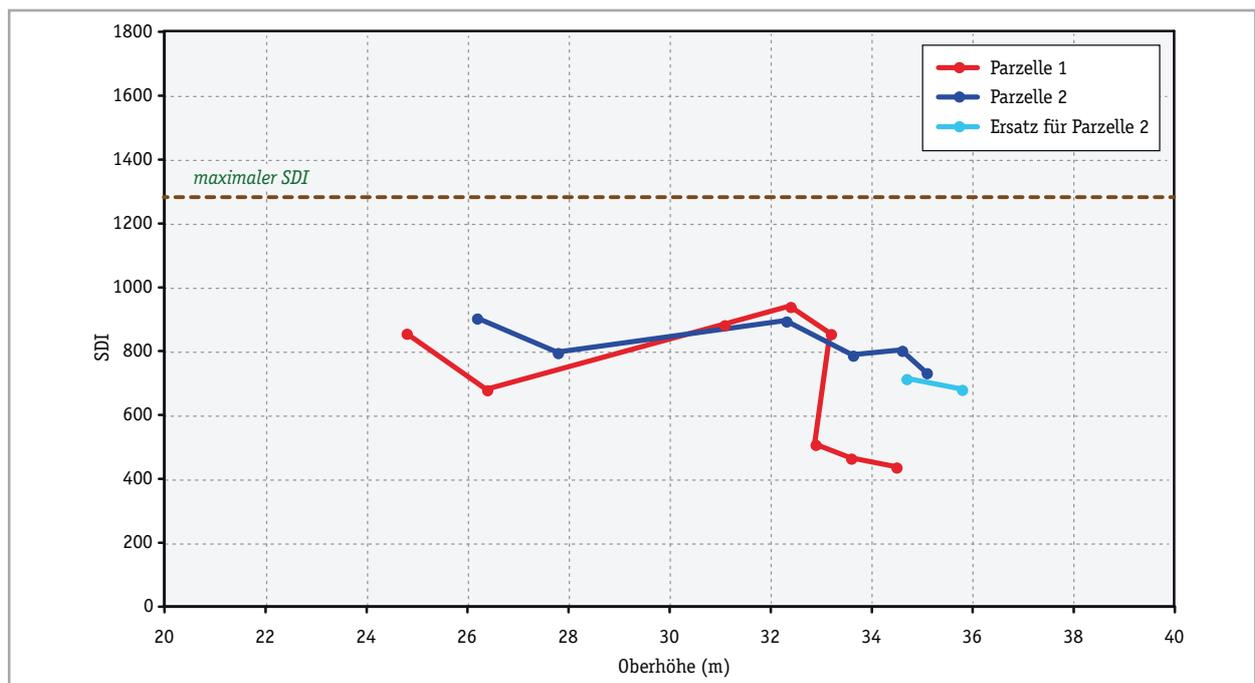


Abbildung 31: Vorbestand Ödensee - Stand Density Index über Oberhöhe

Ertragskundliche Bestandesdaten der Versuchsfläche Ödensee über die gesamte Versuchsdauer sind im Anhang tabellarisch dargestellt.

7.1.1.2 Stammanalysen

Es wurden Messdaten von insgesamt 12 Stammanalysen untersucht, wovon drei Bäume 1948 und acht Bäume 1958 gefällt wurden. Die Jahrringzählung an den durchschnittlich 20 cm hohen Stöcken

hat ergeben, dass die Anzahl zwischen 122 und 131 Jahrringen liegt. Die Analysen 1948 beinhalten keinen Oberhöhenstamm, 1956 stammten vier Bäume aus dem Bereich des Oberhöhenkollektives (Abb.32, 33).

In der folgenden Tabelle 5 sind einige Kennzahlen der Analysenbäume zusammengefasst.

Tabelle 5: Kennzahlen der Analysenbäume aus dem Vorbestand

Nr	Jahr-Fällung	Höhe (m)	BHD m.R. (cm)	BHD o.R. (cm)	D03 o.R. cm)	Formzahl Analyse
1	1948	31,7	31,0	29,1	25,1	0,462
2	1948	30,6	31,6	29,6	24,5	0,457
3	1948	31,2	34,9	32,3	26,2	0,436
4	1956	33,5	43,3	40,9	30,4	0,383
5	1956	31,5	30,7	28,6	24,3	0,489
6	1956	32,9	34,7	32,6	27,1	0,465
7	1956	32,1	34,4	31,8	26,8	0,486
8	1956	32,0	36,7	33,2	27,8	0,468
9	1956	33,9	36,9	34,9	28,4	0,459
10	1956	32,1	32,2	30,6	26,1	0,498
11	1956	29,8	37,5	34,6	27,2	0,426

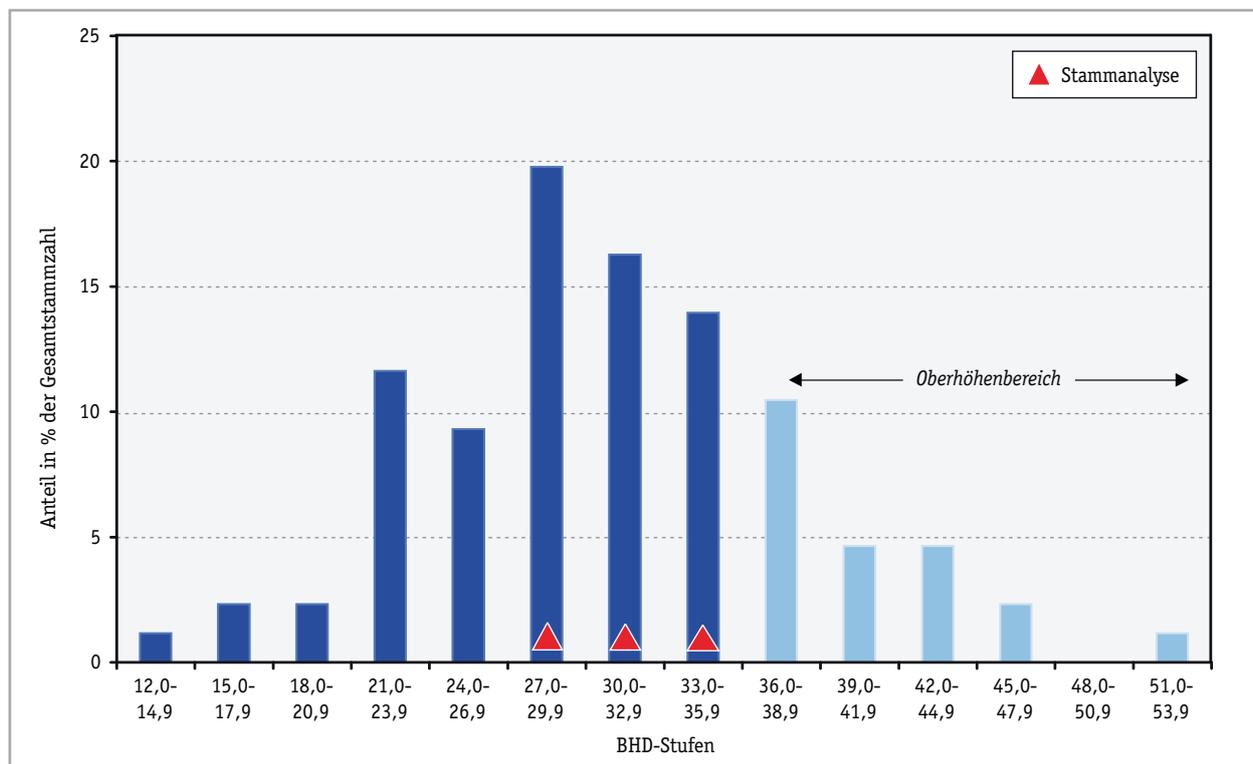


Abbildung 32: Verteilung der Stammanalysen 1948 im Vorbestand Ödensee

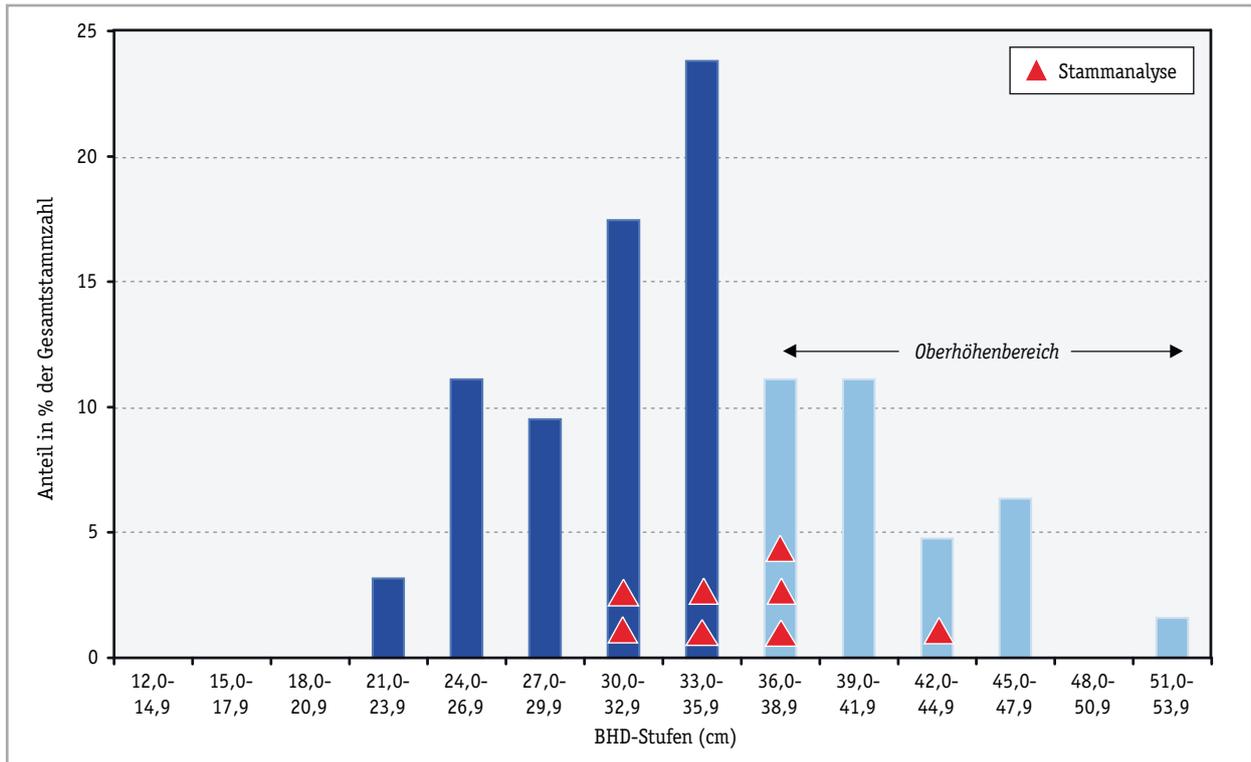


Abbildung 33: Verteilung der Stammanalysen 1958 im Vorbestand Ödensee

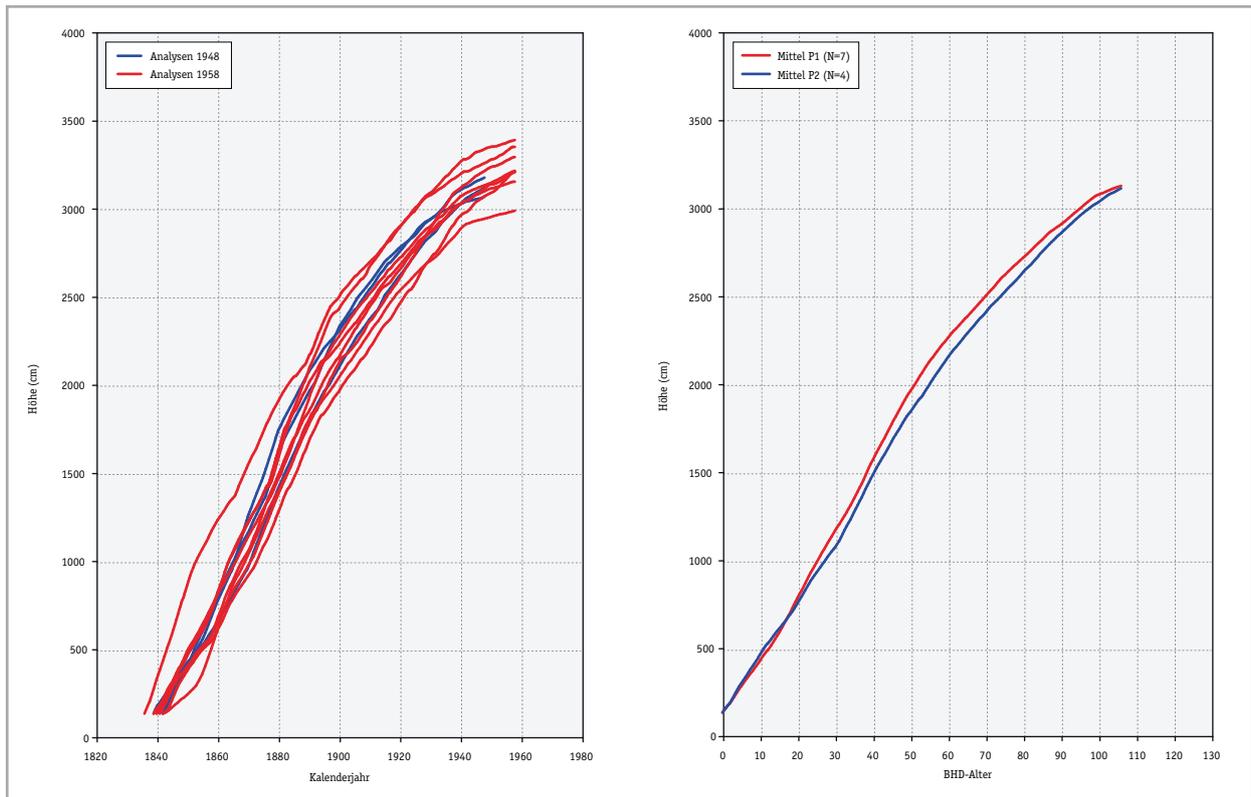


Abbildung 34: Stammanalysen Vorbestand Ödensee
Höhe

Abbildung 35: Stammanalysen Vorbestand Ödensee
Mittlere Höhe je Parzelle

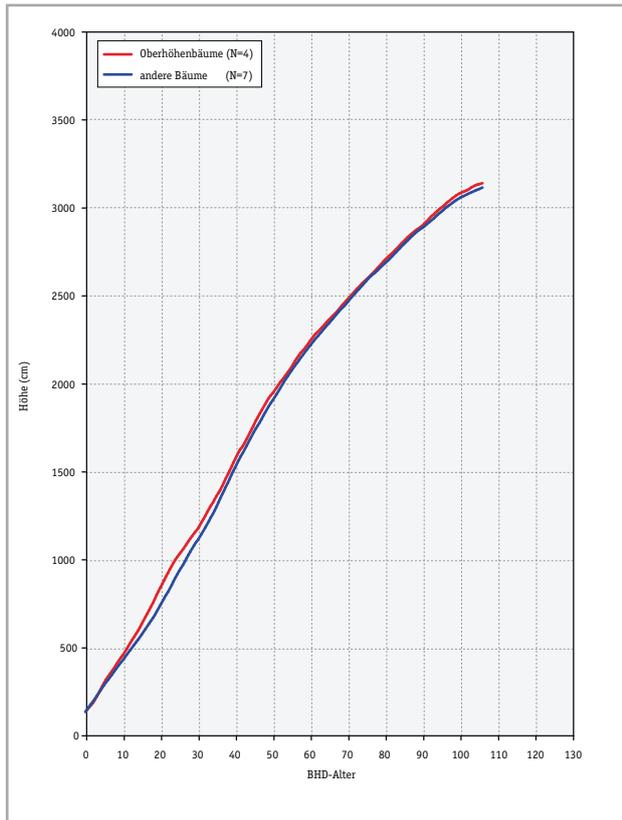


Abbildung 36: Stammanalysen Vorbestand Ödensee Oberhöhe

Die Höhenentwicklung über dem Kalenderjahr zeigt in der Jugendphase bei den meisten Bäumen einen relativ gleichmäßigen Verlauf. Zum Zeitpunkt der Fällung beträgt die Maximaldifferenz 4m. Ein Baum weist um 1840 einen deutlichen Höhenvorsprung gegenüber den anderen Bäumen auf, nähert sich aber mit zunehmendem Alter dem Höhenverlauf der übrigen Bäume. Der Vorsprung am Beginn ist dadurch erklärbar, dass dieser Baum um einige Jahre älter als die übrigen ist. Die Analysen 1948 haben einen ähnlichen Höhenverlauf wie die Bäume aus dem Jahr 1956 (Abb. 34). Auch ein Vergleich der Analysen getrennt nach den Fällungsbereichen auf Parzelle 1 und 2 aufgesetzt auf einem BHD-Alder von 0 bei 130 cm Höhe erbrachte keine Unterschiede, sodass eine weitgehende standörtliche Homogenität angenommen werden kann (Abb. 35). Die Höhenentwicklung getrennt nach dem Oberhöhenkollektiv und den anderen Bäumen lässt einen fast identen Verlauf erkennen (Abb. 36). Aufgrund dieser Ergebnisse erscheint es zulässig alle Stammanalysen für Vergleiche mit dem Folgebestand zusammenzufassen.

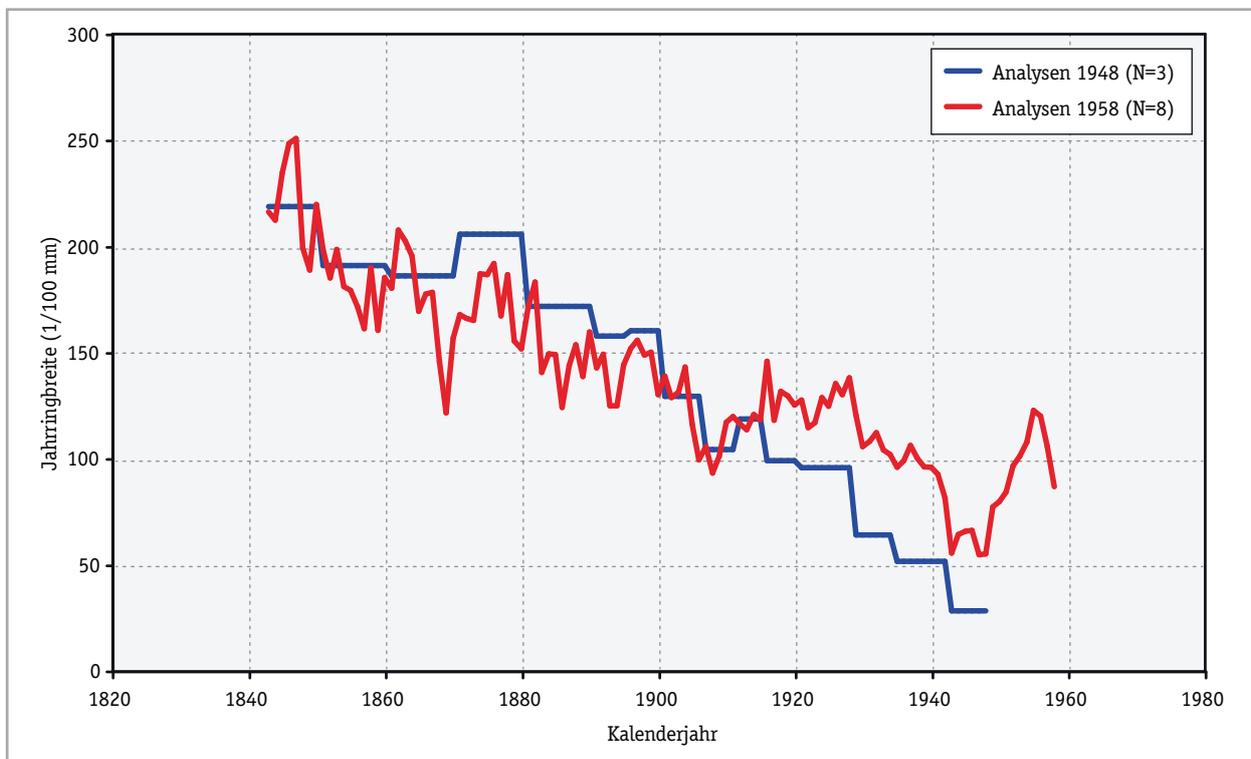


Abbildung 37: Stammanalysen Vorbestand Ödensee - Mittlerer Radialzuwachs in Brusthöhe

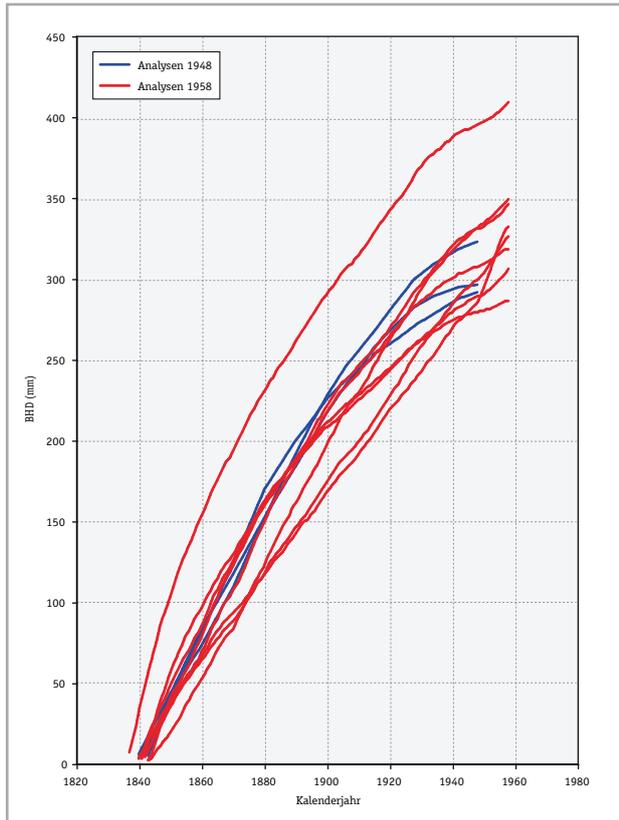


Abbildung 38: Stammanalysen Vorbestand Ödensee
Mittlere BHD-Entwicklung

Der mittlere Radialzuwachsverlauf in Brusthöhe verläuft bei den Analysen 1948 durchgehend abfallend, wobei das Zuwachsverhalten bis 1915 ungefähr den Analysen aus 1958 entspricht. Danach liegt es deutlich unter dem Zuwachs der anderen Analysenbäume. Der Radialzuwachsverlauf der Analysen 1958 verläuft dem Alterstrend entsprechend überwiegend kontinuierlich fallend, wobei jedoch 1908 und 1948 deutliche Freistellungseffekte zu erkennen sind, vor allem nach 1948 in sehr deutlicher Ausprägung (Abb. 37). Bei der BHD-Entwicklung der Einzelbäume weicht der Baum mit dem Altersvorsprung deutlich von den anderen ab. Der BHD-Vorsprung beträgt im Jahr 1840 um 3 cm. Mit zunehmendem Alter vergrößert sich diese Differenz erheblich auf durchschnittlich mehr als 6 cm. Bei einigen Bäumen ist etwa ab 1925 ein verhältnismäßig stärkerer Rückgang des Dickenwachstums erkennbar, was zu einer Verflachung der Durchmesserentwicklung führt. Dies betrifft vor allem die Analysen aus dem Jahr 1948 (Abb. 38).

Die Baumform wurde durch die Dimension des Durchmessers in 3/10 der Baumhöhe (D_{03}) in Beziehung zum Brusthöhendurchmesser

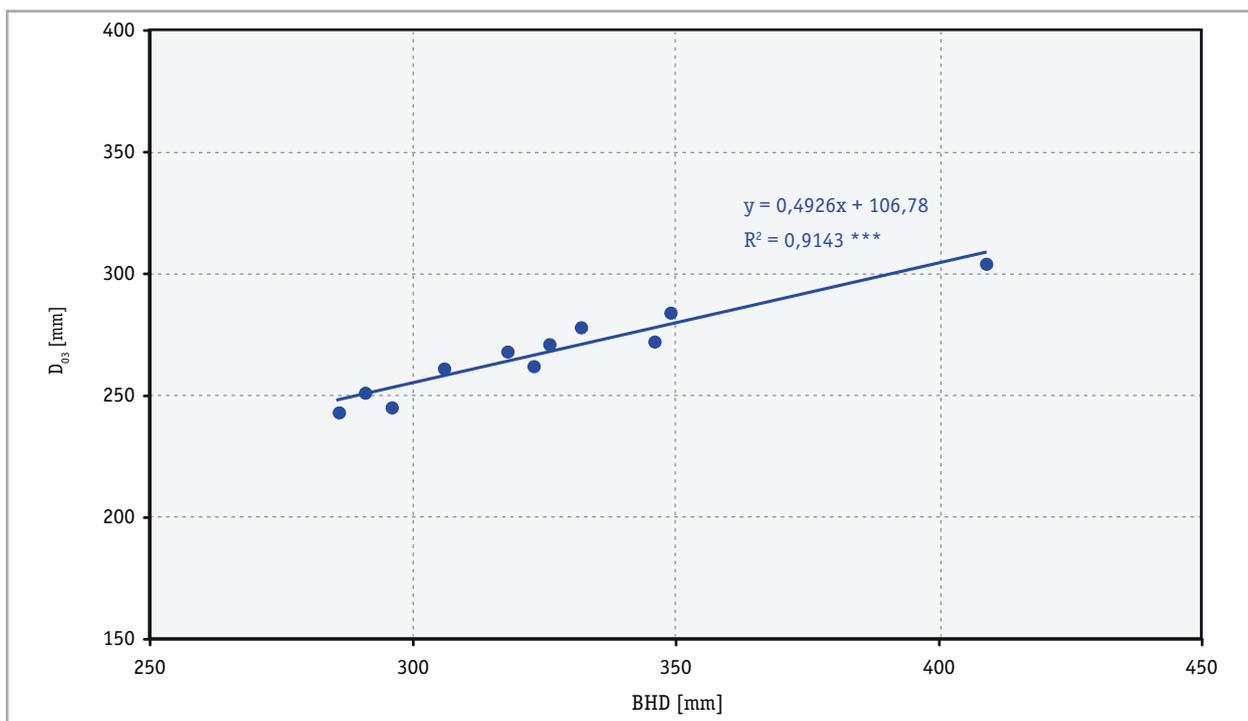


Abbildung 39: Stammanalysen Vorbestand Ödensee - BHD zu D_{03}

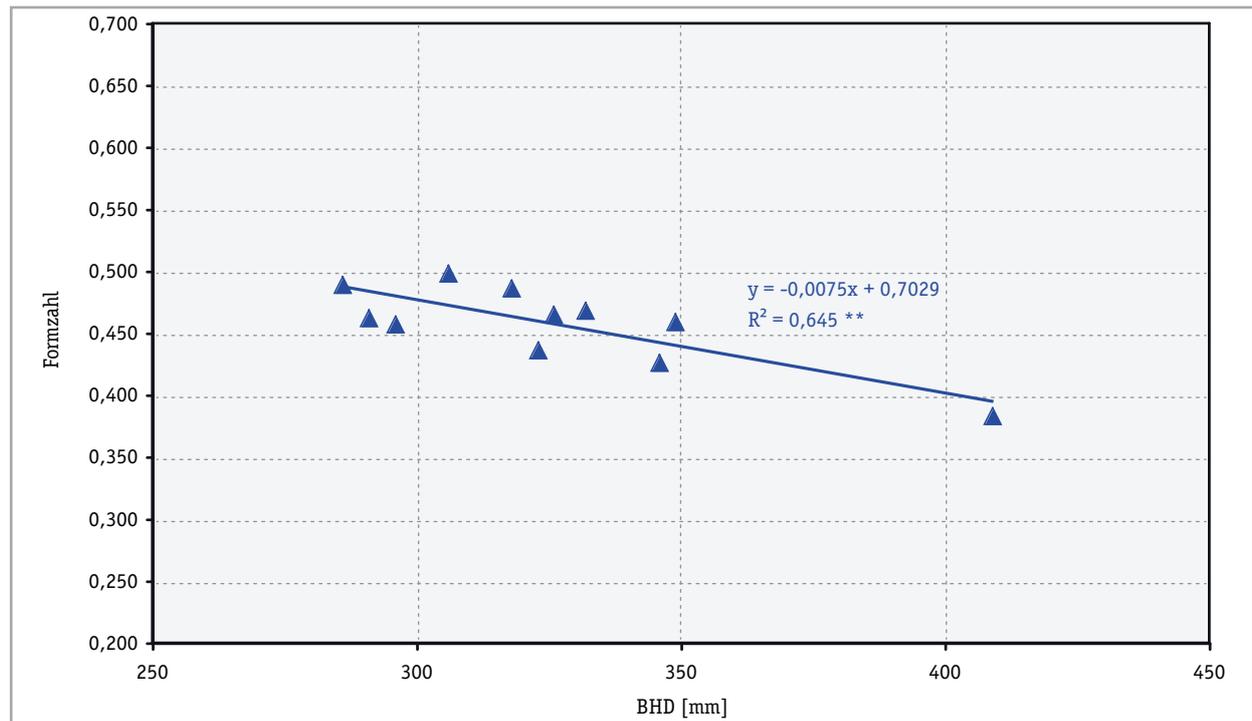


Abbildung 40: Stammanalysen Vorbestand Ödensee - Formzahl

sowie der Formzahl, berechnet aus der Stammanalyse ohne Rindenberücksichtigung untersucht. Der D03 über dem BHD kann durch eine Gerade mit einem Anstieg von 0,492 sehr gut erklärt werden (Abb. 39). Bei der Beurteilung der Formzahl ist zu berücksichtigen, dass die Berechnung über die Stammanalyse mit Durchmessern ohne Rinde erfolgt. Diese Formzahlen liegen größtenteils zwischen 0,42 und 0,50, wobei mit steigendem BHD kein eindeutiger Trend erkennbar ist. Die Baumform des Baumes mit dem weitaus stärksten BHD weicht von den anderen Bäumen ab. Die Formzahl liegt deutlich tiefer bei 0,38 (Abb. 40).

7.1.2 Folgebestand

7.1.2.1 Bestandesmessung

Die Messungen im Folgebestand wurden im Spätsommer 1999 durchgeführt. Im Jahr davor wurde der Bestand durchforstet, wobei 46 % der Bäume entnommen wurden. Ohne Berücksichtigung des Zuwachses 1999 kann angenommen werden, dass die Grundfläche um ca. 27 % abgesenkt wurde und der Anteil der Aushiebsmasse am Bestandesvorrat ungefähr 24 % betrug. Der Bestand wird aus reiner Fichte gebildet, wobei einzelne naturverjüngte Buchen in der Unterschicht vorhanden sind.

Die ertragskundlichen Kennzahlen des verbleibenden Bestandes und des Aushiebes sind in Tabelle 6 zusammengefasst:

Tabelle 6: Ertragskundliche Kennzahlen des Folgebestandes Ödensee

	Aktueller Bestand	Vornutzung
Jahr	1999	1998
Alter	50	49
N/ha	660	564
HO (m)	27,6	
DO (cm)	35,5	
HG (m)	24,6	19,4
DG (cm)	26,8	17,5
HD/DG	92	111
G/ha (m²)	37,2	13,6
V/ha (Vfm S.m.R.)	448	140
GWL (Vfm S.m.R.)	588	
SDI	738 (1999) / 1264 (1998)	

Die Bestandesdaten haben gezeigt, dass die Wuchleistung etwa einer 19. Ertragsklasse der Ertragstafel Fichte Bayern entspricht. Die gilt sowohl für die Oberhöhe, Mittelhöhe, den Grundflächenmittelstamm und folglich auch für den Bestandesvorrat. Abweichungen ergeben sich bei der Vornutzungsmasse durch höhere Werte in der Ertragstafel, was daher auch eine Differenz der Gesamtwuchleistung zur Folge hat.

Als Zeichen dafür, dass vor der Durchforstung der Bestand etwa eine Vollbestockung aufwies, kann die Höhe des Stand Density Index von 1264 zu diesem Zeitpunkt angesehen werden. Dieser Wert liegt sehr nahe an dem für das Ertragstafelgebiet Fichte Bayern von Sterba berechneten maximalen SDI von 1280.

7.1.2.2 Stammanalysen

Es wurden Messdaten von insgesamt 20 Probestämmen analysiert, wovon 5 Bäume aus dem Oberhöhenkollektiv stammen (Abb. 41). Die Jahrringzählung an den durchschnittlich 20 cm hohen Stöcken hat ergeben, dass die Anzahl zwischen 36 und 51 Jahrringen liegt.

In der folgenden Tabelle 7 sind einige Kennzahlen der Analysenbäume zusammengefasst.

Tabelle 7: Kennzahlen der Analysenbäume aus dem Folgebestand Ödensee

Nr	Jahr-Fällung	Höhe (m)	BHD m.R. (cm)	BHD o.R. (cm)	D03 o.R. (cm)	Formzahl Analyse
1	1997	21,4	25,1	22,5	18,5	0,440
2	1997	16,2	21,9	20,5	15,7	0,386
3	1997	16,6	20,5	18,4	15,9	0,462
4	1997	19,7	23,2	20,8	17,6	0,452
5	1997	18,4	20,4	18,2	15,7	0,485
6	1997	21,1	23,9	21,7	17,9	0,453

Nr	Jahr-Fällung	Höhe (m)	BHD m.R. (cm)	BHD o.R. (cm)	D03 o.R. (cm)	Formzahl Analyse
7	1997	22,7	26,3	24,1	19,1	0,421
8	1997	18,0	21,2	19,5	15,9	0,432
9	1997	17,4	18,4	16,9	13,6	0,424
10	1997	19,1	20,8	18,9	16,2	0,491
11	1997	24,4	28,3	26,2	21,0	0,434
12	1997	25,2	28,2	26,0	20,9	0,418
13	1997	25,6	28,4	26,0	21,6	0,444
14	1997	22,6	25,8	23,9	19,0	0,429
15	1997	21,2	28,8	25,9	20,8	0,441
16	1997	20,3	19,4	17,4	14,6	0,456
17	1997	23,1	25,7	23,4	19,4	0,440
18	1997	23,1	27,4	25,1	21,3	0,468
19	1997	23,3	30,5	27,7	22,3	0,414
20	1997	20,2	27,2	25,0	19,9	0,431

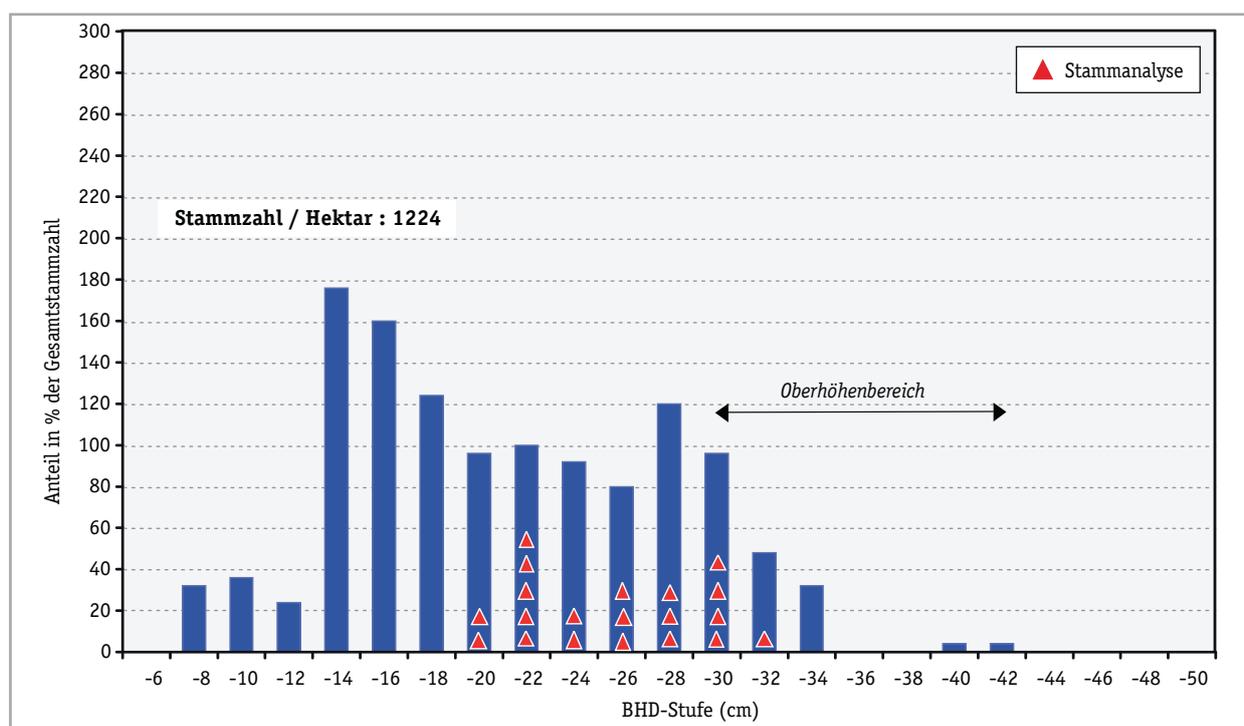


Abbildung 41: Verteilung der Stammanalysen im Folgebestand Ödensee

Das Bild der Höhenentwicklung zeigt durch das unterschiedliche Alter der Bäume ein breites Band, dessen Begrenzungen rein optisch annähernd parallel verlaufen. Dies drückt sich auch in der maximale Höhendifferenz aus. Im Jahr 1966 beträgt der maximale Höhenunterschied bedingt durch unterschiedliche Baumalter 8,2 m und verändert sich bis 1996 nur gering auf 9,4 m. Der Höhenanstieg verläuft bei den Oberhöhenbäumen etwas steiler als bei den übrigen Bäumen (Abb. 42). Wenn man die Höhenentwicklung aller Bäume ab einem einheitlichen BHD-Alter von 0, also ab einer Höhe von 1,3 m vergleicht, ergibt sich nach 5 Jahren zwischen den 20 Analyse-

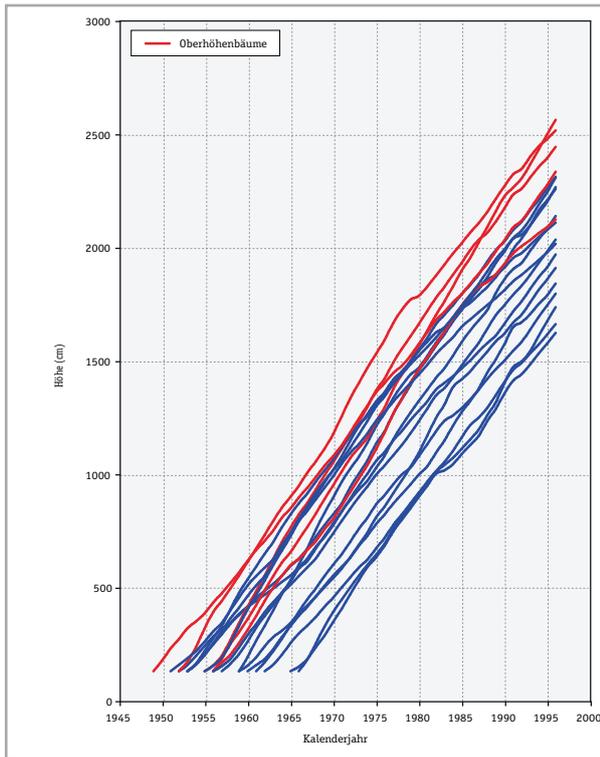


Abbildung 42: Stammanalysen Folgebestand Ödensee
Höhe über Kalenderjahr

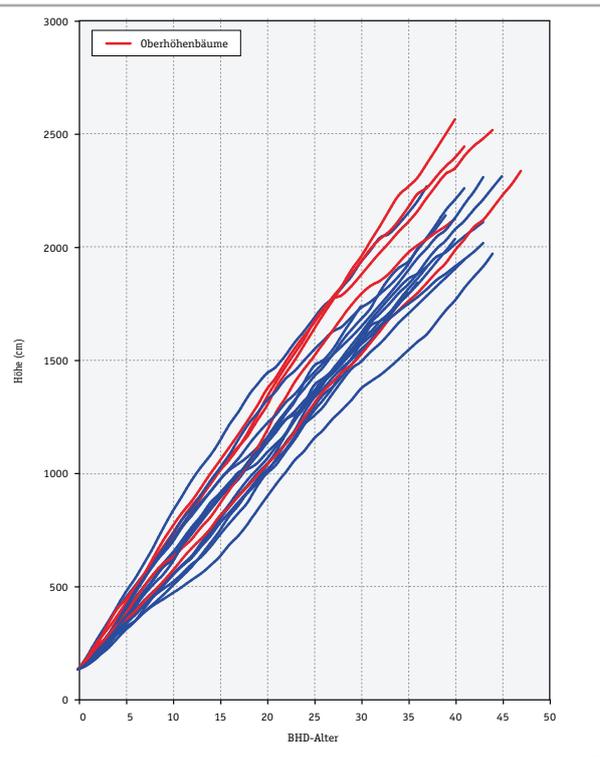


Abbildung 43: Stammanalysen Folgebestand Ödensee
Höhe über BHD-Alter

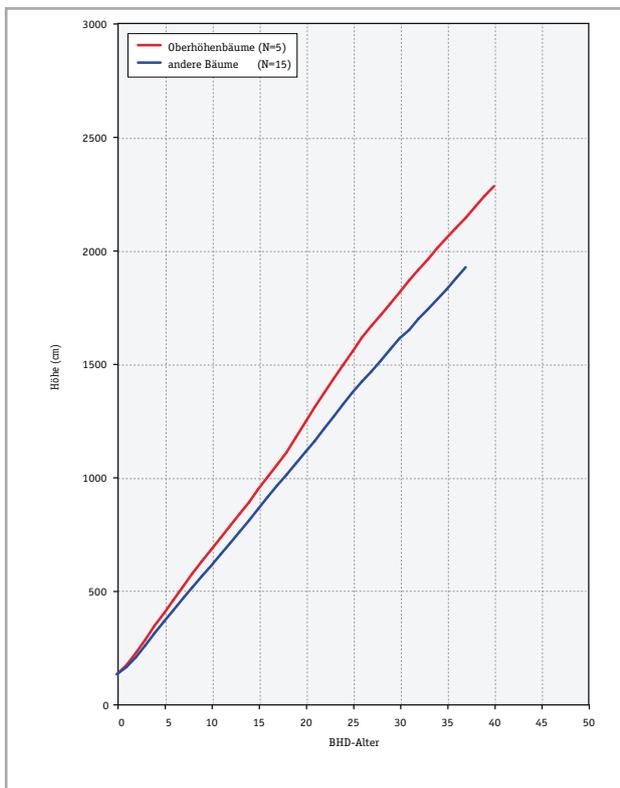


Abbildung 44: Stammanalysen Folgebestand Ödensee
Mittlere Höhenentwicklung

bäumen eine Maximaldifferenz von 1,6 m. Im BHD-Alter 40 beträgt der Höhenunterschied durch die unterschiedliche Höhenzuwachsleistung zwischen dem höchsten und niedrigsten Baum 8 m (Abb. 43). Bei Zusammenfassung der Bäume in das Oberhöhenkollektiv und die übrigen Bäume unterscheiden sich die mittleren Höhen der Kollektive bei einem BHD-Alter von 35 um 2,3 m, wobei die Höhenentwicklung der Oberhöhenbäume bereits von Beginn an steiler verläuft (Abb. 44).

Die Radialzuwachsentwicklung in Brusthöhe zeigt bei allen Bäumen einen leicht fallenden Trend, jedoch auf sehr hohem Leistungsniveau. In der Jugendphase liegen die mittleren Jahrringbreiten deutlich über 3 mm, gegen Ende des Untersuchungszeitraumes bei 1,5 bis 2 mm. Ein kontinuierlicher Zuwachsanstieg ab 1980, wie er bei mehreren anderen jahringanalytischen Untersuchungen festgestellt wurde, kann bei diesen Probestämmen nicht erkannt werden (Abb. 45).

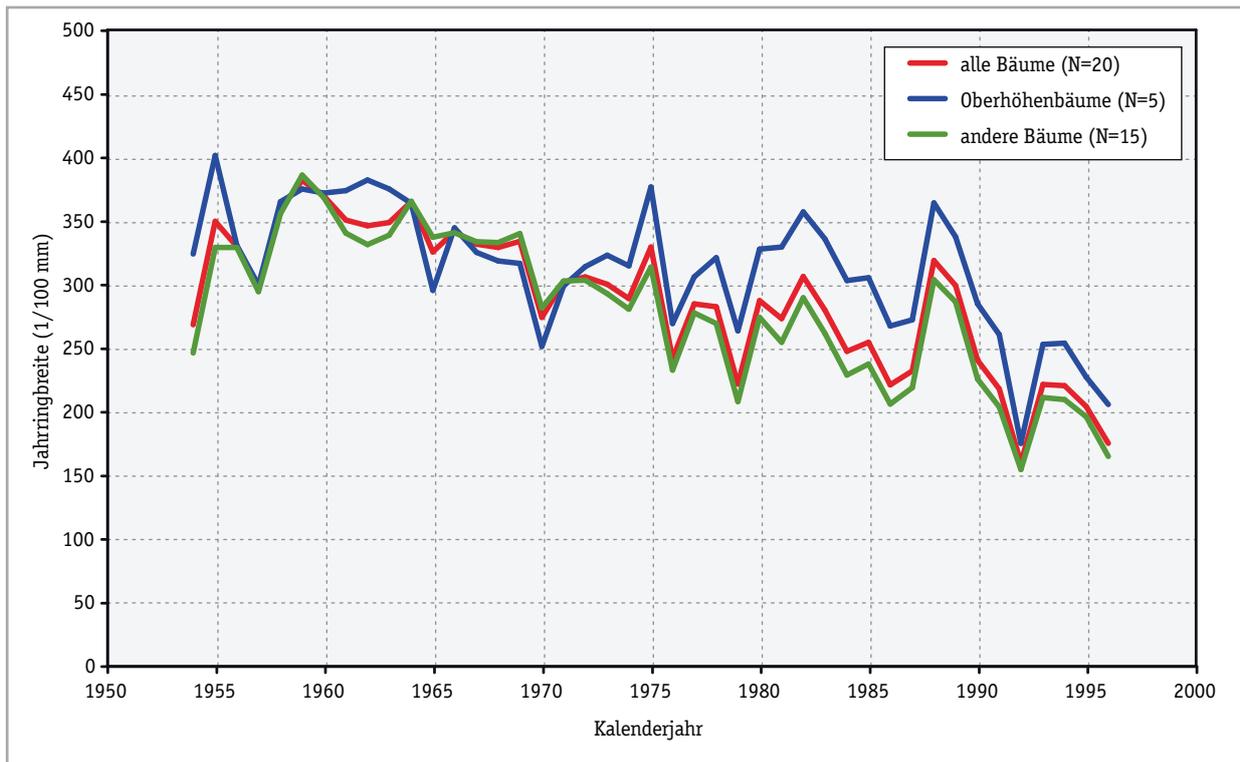


Abbildung 45: Stammanalysen Folgebestand Ödensee - Radialzuwachs in Brusthöhe

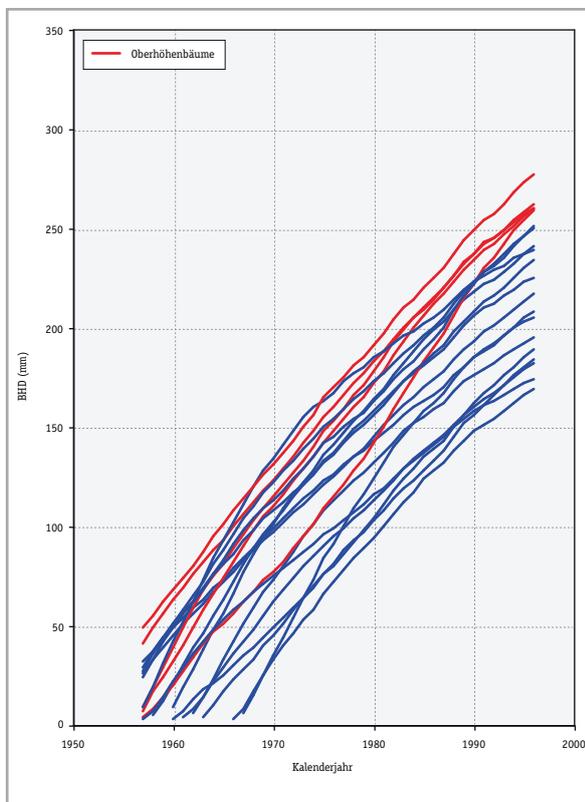


Abbildung 46: Stammanalysen Folgebestand Ödensee
BHD über Kalenderjahr

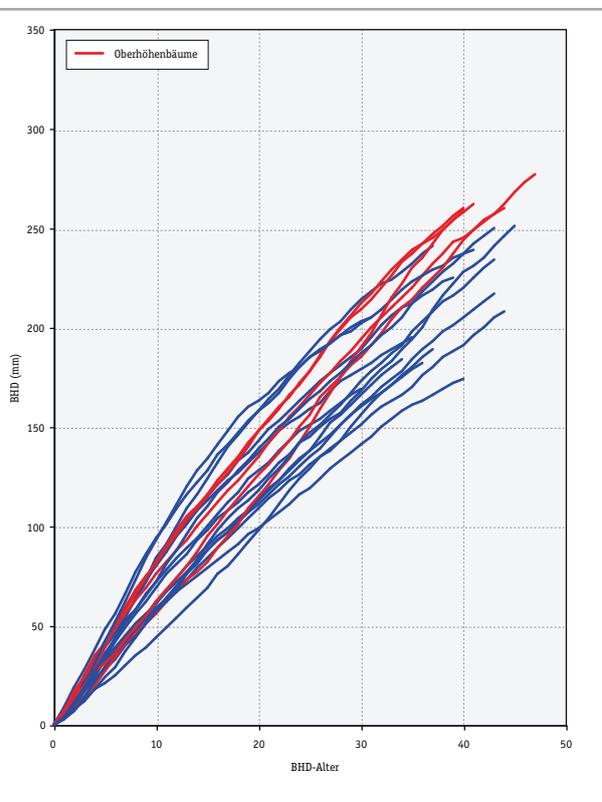


Abbildung 47: Stammanalysen Folgebestand Ödensee
BHD über BHD-Alter

Die Entwicklung der Brusthöhendurchmesser der Analysenbäume ist in Abb. 46 über dem Kalenderjahr dargestellt. 1996 beträgt die maximale Differenz der BHD ohne Rinde 10,8 cm. Zusammengefasst ergibt sich zwischen den Oberhöhenbäumen und den übrigen Bäumen 1996 ein Durchmesserunterschied von 5,3 cm. Beim Vergleich der Durchmesser über gleichem BHD-Alter ist zu erkennen, dass die Oberhöhenbäume nicht von Beginn an zu den stärksten Bäumen gehörten und bis zum BHD-Alter 20 im durchschnittlichen BHD Bereich lagen. Erst ab diesem Zeitpunkt liegt der Durchmesserzuwachs im Verhältnis zu den übrigen Bäumen deutlich höher. Im Mittel beträgt der Durchmesserzuwachs im BHD-Alter 35 ungefähr 3 cm (Abb. 47).

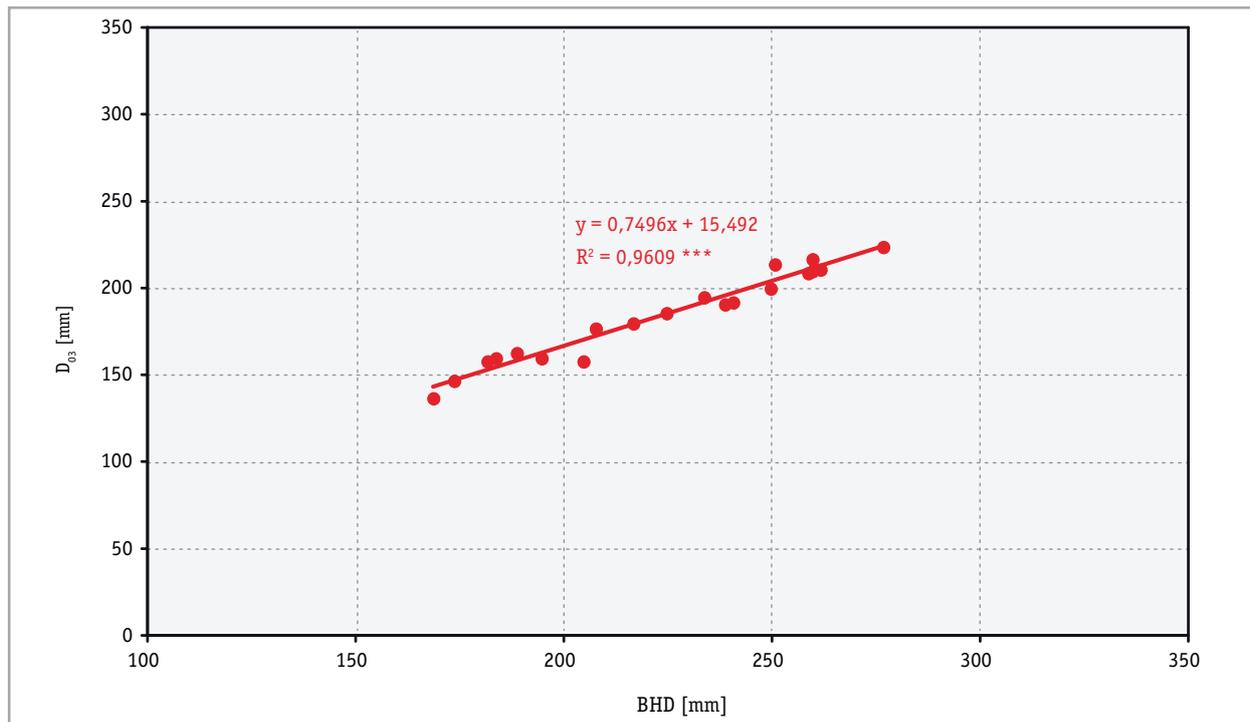


Abbildung 48: Stammanalysen Folgebestand Ödensee
BHD zu D03

Die Durchmesser in 3/10 der Höhe im Verhältnis zum Durchmesser in Brusthöhe liegen zwischen 76 und 86 %. Die D03 über dem BHD folgen einer linearen Entwicklung, die mit steigendem BHD einen Anstieg von 0,7496 aufweist (Abb. 48). Die Formzahlen liegen mit einer Ausnahme (0,39) im gesamten untersuchten BHD-Bereich von 16,9 bis 27,7 cm zwischen 0,41 und 0,49, wobei mit steigendem BHD keine eindeutige Änderung erkennbar ist. Ein linearer Ausgleich der Formzahlen über dem BHD würde fast parallel zur Abszisse mit einem Anstieg von - 0,0026 verlaufen (Abb. 49).

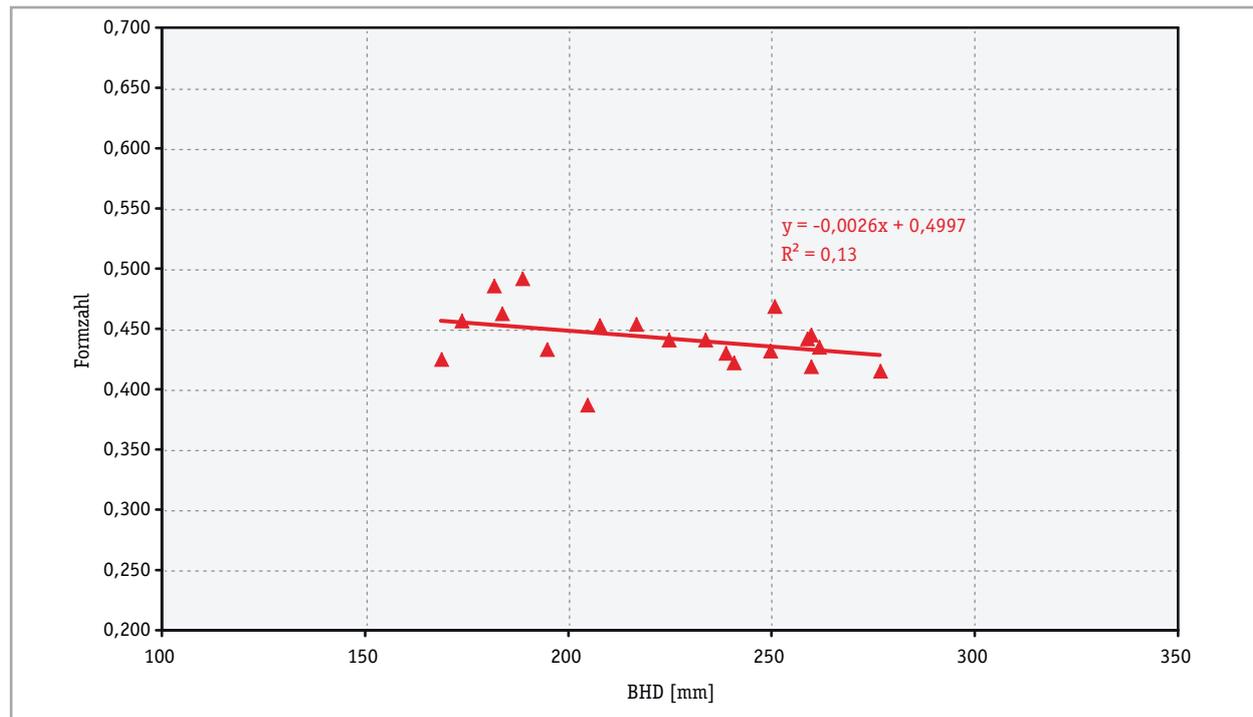


Abbildung 49: Stammanalysen Folgebestand Ödensee
Formzahl

7.1.2.3 Nadelanalysen

An 10 stehenden Bäumen wurden 2002 im Bereich des Untersuchungsbestandes Nadelproben des 1. und 2. Jahrganges aus dem Bereich des 7. Quirls entnommen. In der Tabelle 8 sind die Analyseergebnisse hinsichtlich der Elementgehalte in den Nadeln dargestellt. Die Konzentrationsangaben für Stickstoff, Phosphor, Kalium, Kalzium und Magnesium wird in % (g je 100g Trockensubstanz), für Eisen, Mangan und Zink in ppm (mg je 1000g Trockensubstanz) angegeben.

Tabelle 8: Elementgehalte der Nadelproben Ödensee

Baum	% N		% P	% K	% Ca	% Mg	ppm Fe	ppm Mn	ppm Zn
	1. Njg.	2. Njg.	1. Nadeljahrgang						
1	1,48	1,34	0,13	0,54	0,55	0,16	30	282	30
2	1,27	1,20	0,10	0,60	0,46	0,14	74	298	28
3	1,40	1,33	0,13	0,51	0,42	0,13	23	232	24
4	1,58	1,42	0,12	0,65	0,51	0,12	23	351	29
5	1,24	1,24	0,10	0,97	0,39	0,12	24	307	39
6	1,30	1,16	0,13	0,52	0,66	0,15	22	303	38
7	1,46	1,32	0,12	0,74	0,44	0,10	28	174	26
8	1,29	1,55	0,13	0,71	0,41	0,10	22	187	25
9	1,41	1,42	0,12	0,65	0,59	0,13	21	282	53
10	1,35	1,25	0,10	0,28	0,45	0,13	20	246	22

Die chemischen Analysen haben ergeben, dass beim Element Stickstoff im 1. Nadeljahrgang bei vier Bäumen eine mangelhafte ($\leq 1,30$), bei 5 Bäumen eine nicht ausreichende (1,31-1,50) und nur bei einem Baum eine ausreichende Versorgung gegeben ist. Bei Phosphor wurde bei keinem Baum eine ausreichende Versorgung ($> 0,13$) festgestellt. Neun Bäume waren mit Kalium ausreichend ($> 0,42$) versorgt, Kalzium war bei allen Bäumen ausreichend vorhanden. Der Grenzwert für ausreichende Versorgung mit Magnesium von 0,11 wurde von acht Bäumen überschritten. Sowohl bei Eisen als auch Zink wurde im Gegensatz zu Mangan bei der Mehrzahl der Bäume eine mangelhafte Versorgung festgestellt.

Ergänzend wurde noch das durchschnittliche Gewicht von 100 Nadeln beider Nadeljahrgänge erhoben. Die Werte sind in Tabelle 9 zusammengefasst.

Tabelle 9: 100 Nadelgewichte Ödensee (in mg)

Baum	1. Njg.	2. Njg.
1	649	717
2	414	464
3	672	802
4	725	690
5	594	505
6	549	531
7	578	685
8	577	641
9	780	769
10	449	554

7.1.3 Vergleich Wuchsleistung Vor- und Folgebestand Ödensee

7.1.3.1 Bestandesmessung

Ein direkter Vergleich der Messergebnisse ist nicht möglich, weil es keine altersmäßige Überschneidung gibt. Der Folgebestand weist ein Alter von 50 Jahren auf, der Versuch im Vorbestand wurde hingegen erst bei einem Bestandesalter von 80 Jahren eingerichtet. Außerdem ist beim Vergleich der Volumengesamtwuchsleistung zu beachten, dass der Bestand vor Versuchseinrichtung bereits durchforstet worden ist. Dies drückt sich auch im SDI von 853 bzw. 901 aus, der zeigt, dass die Bestockung bei Versuchsbeginn deutlich unter einer maximal möglichen liegt. Im Folgebestand hingegen kann von einer Vollbestockung ausgegangen werden, weil der SDI dem maximalen SDI des Ertragstafelgebietes Fichte Bayern entspricht. Über die Durchforstungen vor Versuchsbeginn gibt es aber keine Aufzeichnungen über die entnommene Masse, nur eine Beschreibung des Bestandes. Daher entspricht der Vorrat bei Versuchsbeginn nicht der tatsächlich geleisteten Gesamtwuchsleistung. Wenn man die 9. Ertragsklasse der Ertragstafel Fichte Bayern, die auf Parzelle 2 sowohl Ober- und Mittelhöhe als auch dem mittleren Durchmesser relativ gut entspricht, vergleicht, kann angenommen werden, dass bei Vornutzungen des Versuchsbestandes mehr als 100 Vfm entnommen worden sind. Dennoch ist beim Vergleich der Bestandesmassen erkennbar, dass die Masse im Folgebestand doch deutlich höher ist als beim Vorbestand. Auf der Parzelle 2 mit dem höheren Vorrat im Alter 80 entspricht die Masse in etwa der Masse des Folgebstandes, der jedoch um 30 Jahre jünger

ist (Abb. 50). Eine ähnliche Situation ist auch beim Vergleich der Grundflächen erkennbar. Wesentlich aussagekräftiger ist jedoch der Vergleich der Oberhöhen. Liegen die Oberhöhen im Vorbestand im Alter 80 bei 24,8 bzw. 26,2 m, werden diese Höhen im Folgebestand mit einer Oberhöhe von 27,6 m bereits mit 50 Jahren deutlich übertroffen (Abb. 51).

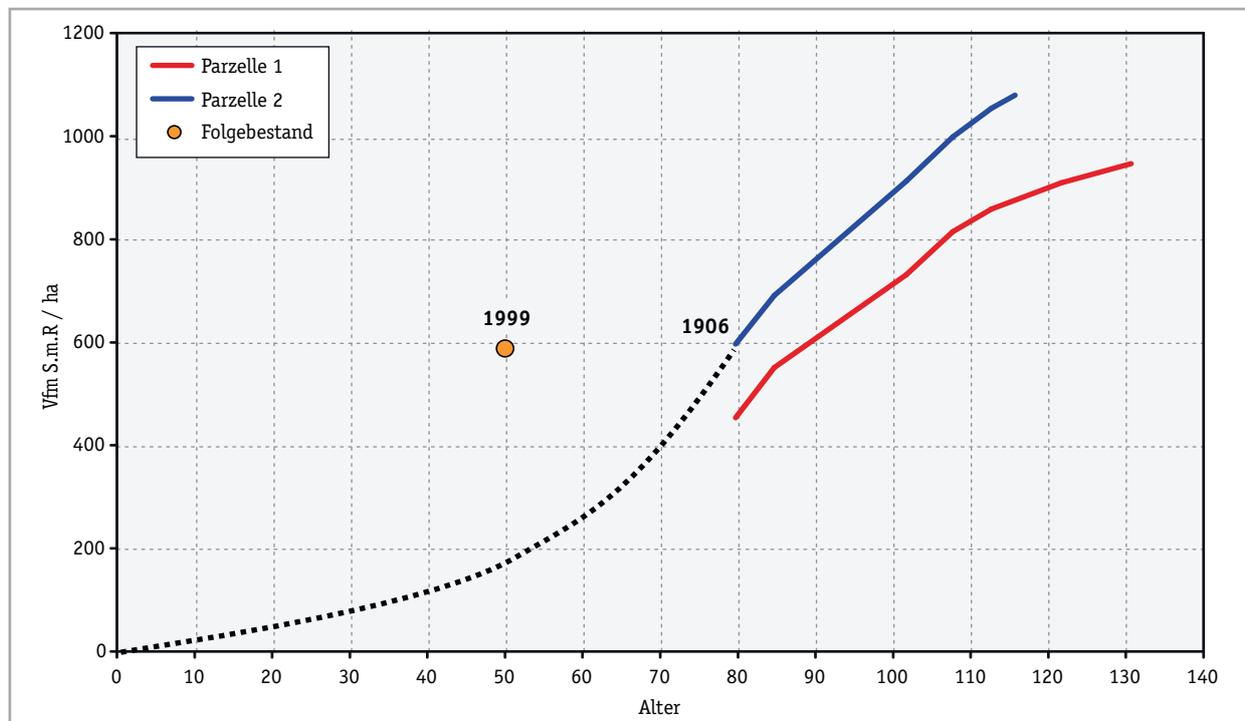


Abbildung 50: Ödensee - Vergleich der Gesamtwuchsleistung

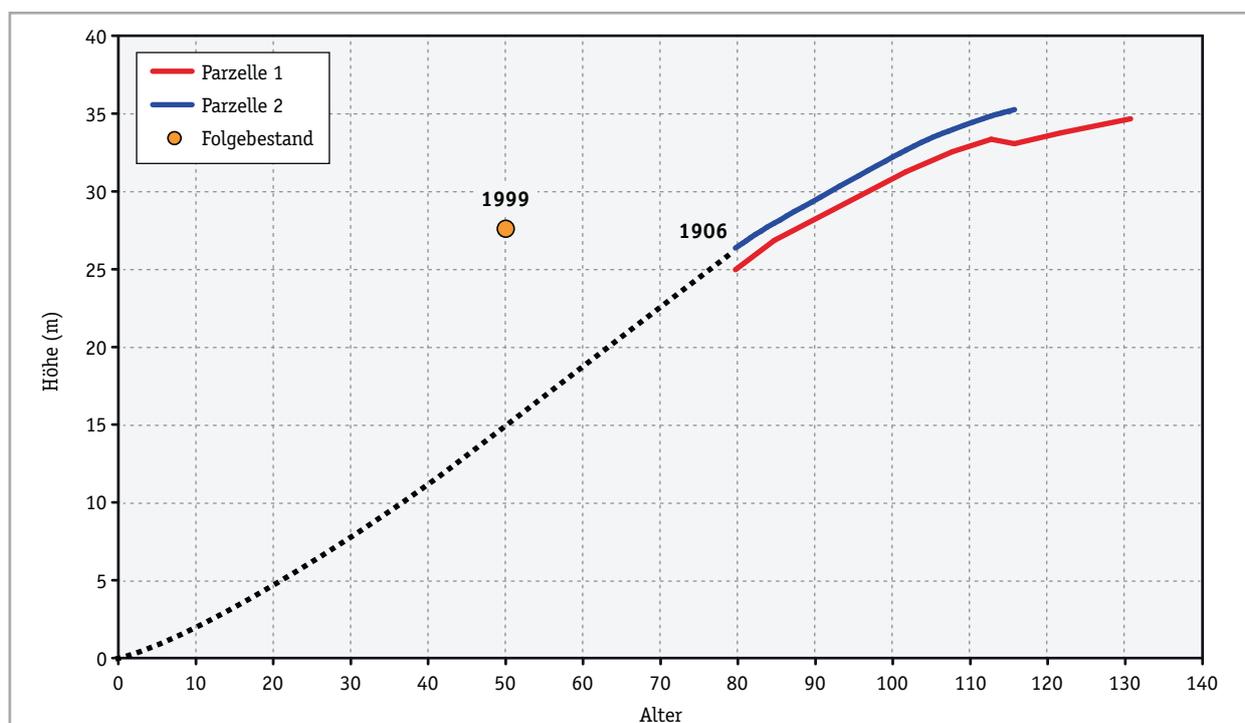


Abbildung 51: Ödensee - Vergleich der Oberhöhe

Die ertragskundlichen Kenndaten des Vor- und Folgebestandes sind in Tabelle 10 zusammengefasst.

Tabelle 10: Ertragskundliche Kenndaten des Vor- und Folgebestandes Ödensee

	Vorbestand (vor Aushieb 1906)		Folgebestand	
	Parzelle 1	Parzelle 2	Messung 1999	Vornutzung
Alter	80 (1906)		50	49
Baumart	10 Fichte		10 Fichte	
N/ha	1400	1048	660	564
DO (cm)	30,5	35,1	35,5	
HO (m)	24,8	26,2	27,6	
HO/DO	81	75	78	
DG (cm)	19,8	25,3	26,8	17,5
HG (m)	20,1	22,9	24,6	19,4
HG/DG	102	91	92	111
G (m ² /ha)	43,4	52,6	37,2	13,6
V (Vfm/ha)	449	592	448	140
GWL (Vfm/ha)	449	592	588	
SDI	853	901	1264	
EKL Fi Bayern	8 - 9		19	

7.1.3.2 Stammanalysen

Beim Vergleich der Stammanalysen aus dem Vor- und Folgebestand zeigen in ihrer Wuchsentwicklung deutliche Unterschiede. Vorerst wurde untersucht, ob sich die Baumformen der Stammanalysenbäume unterscheiden. Dazu wurde das Verhältnis der Durchmesser in Brusthöhe und in 3/10 der

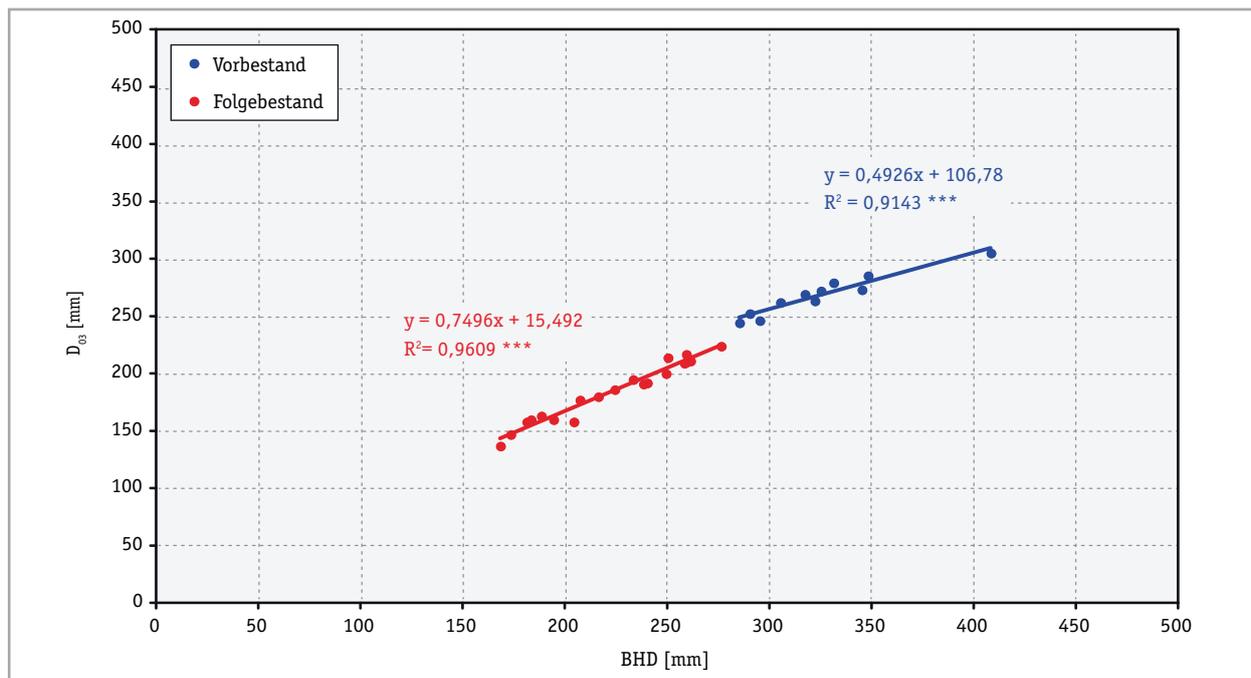


Abbildung 52: Stammanalysen Ödensee - BHD zu D03

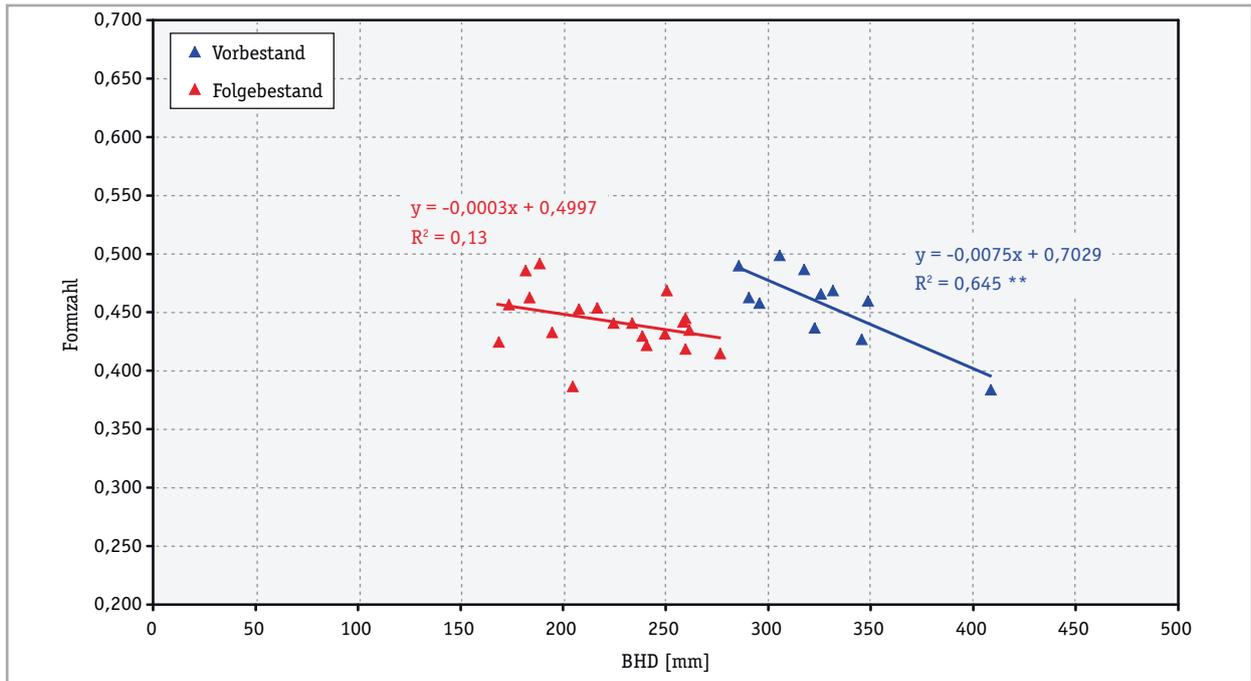


Abbildung 53: Stammanalysen Ödensee - Formzahl

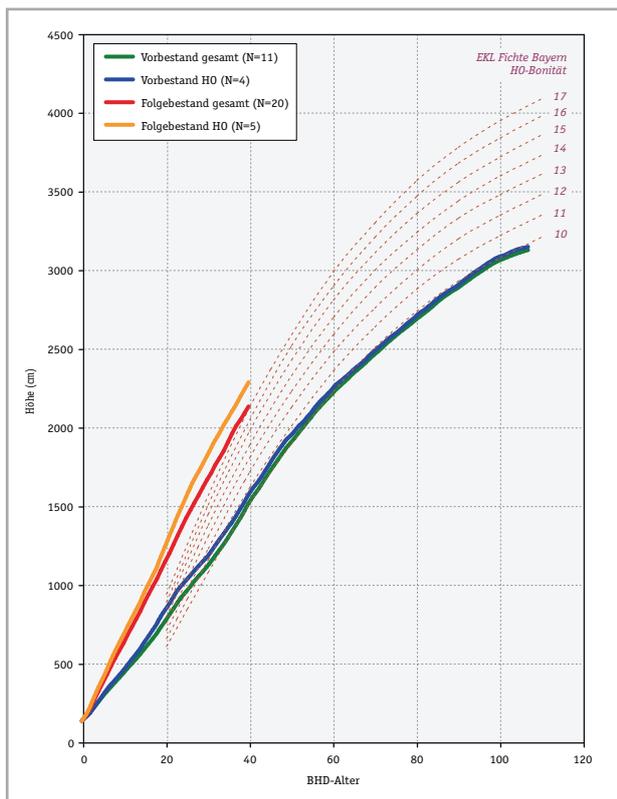


Abbildung 54: Stammanalysen Ödensee - Höhe

Baumhöhe (D03) dargestellt. Die Werte lassen sich sehr gut mit einer linearen Regression erklären. Diese Darstellung hat gezeigt, dass zwischen den Bäumen aus dem Vorbestand sowie aus dem Folgebestand nur sehr geringe Unterschiede bestehen, die Form der Bäume also sehr ähnlich ist (Abb. 52). Ein weiterer Vergleich, der Aussagen über die Baumform zulässt, wurde anhand der mittels Stammanalyse berechneten Formzahlen durchgeführt. Es konnten keine Abhängigkeiten zwischen BHD und Formzahl festgestellt werden. Die Formzahlen liegen überwiegend zwischen 0,41 und 0,50. Je ein Baum aus dem Vorbestand und aus dem Folgebestand liegt mit einer Formzahl von 0,38 bzw. 0,39 darunter. Auch bei dieser Untersuchung können keine Formunterschiede zwischen den Analysen aus dem Vor- und Folgebestand erkannt werden (Abb. 53).

Beim Wachstumsvergleich der Stammanalysenbäume wurde einerseits die Entwicklung des Höhenwachstums und weiters des Durchmesserwachstums in Brusthöhe herangezogen. Es hat sich gezeigt, dass die Höhenzuwächse im Folgebestand wesentlich größer sind als im Vorbestand. Die Entwicklung verläuft daher deut-

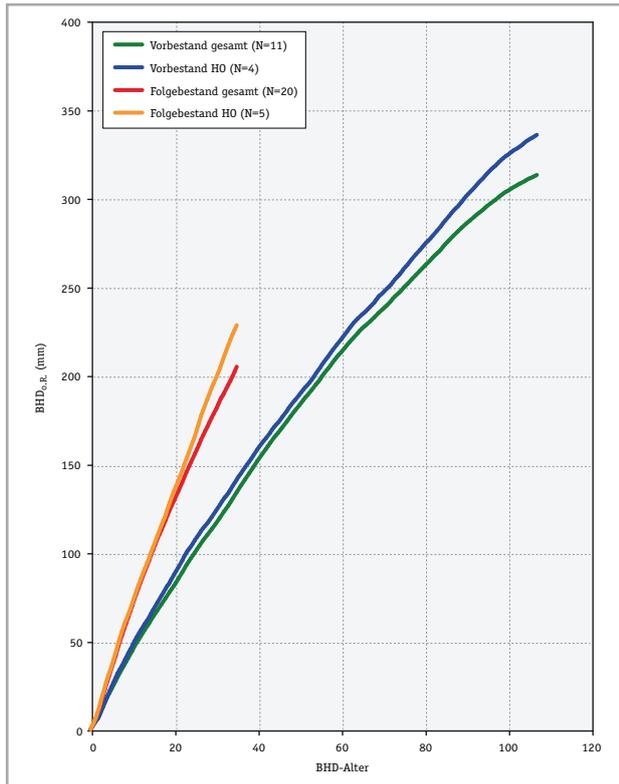


Abbildung 55: Stammanalysen Ödensee - BHD

lich steiler und zeigt bei einem BHD-Alter von 40 Jahren bereits einen deutlichen Vorsprung. Ein Vergleich der Oberhöhenkollektive ergibt eine noch stärkere Differenz als beim Vergleich aller Bäume. Im Vergleich mit der Ertragstafel Fichte Bayern entspricht die Oberhöhenentwicklung der Stammanalysen aus dem Vorbestand etwa einer 10. Ertragsklasse (dGZ_{100}). Im Folgebestand wird hingegen eine Bonität erreicht, die deutlich über einer 17. Ertragsklasse liegt (Abb. 54). Beim Vergleich der BHD-Entwicklung besteht natürlich ein Einfluss, aus welchem Durchmesserbereich die Stammanalysen stammen. Dennoch zeigt sich auch hier die deutliche Überlegenheit des Durchmesserzuwachses der Bäume aus dem Folgebestand (Abb. 55).

Bereits nach 10 Jahren ausgehend von einem BHD-Alter 0 zeigt die Höhenentwicklung im Folgebestand im Vergleich zum Vorbestand anhand der analysierten Bäume bereits einen Vorsprung von 2 Metern. Diese Differenz nimmt mit zunehmenden Alter stark zu und beträgt nach 35 Jahren beim Gesamtkollektiv 6 m und beim Oberhöhenkollektiv sogar 7 m. Beim Durchmesser zeigt sich eine ähnliche Entwicklung. Bei einem BHD-Alter von 10 beträgt der

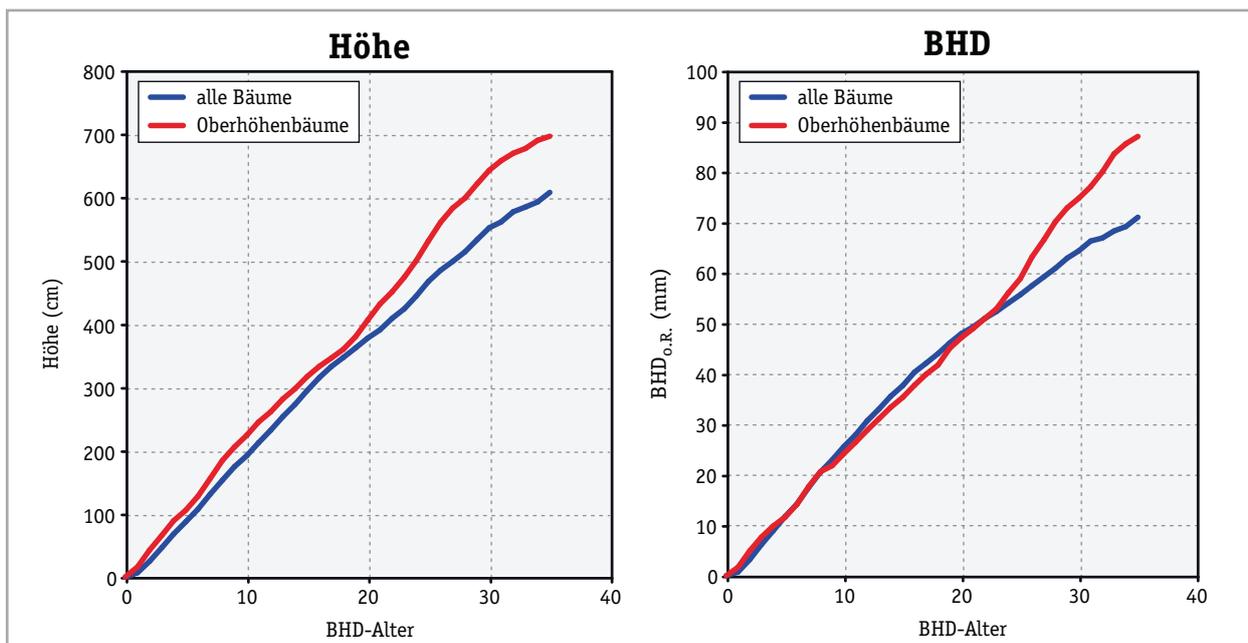


Abbildung 56: Stammanalysen Ödensee - Höhen- und BHD-Mehrzuwachs im Folgebestand

Vorsprung der Bäume aus dem Folgebestand 2,5 cm, bei einem BHD-Alter von 35 beim Gesamtkollektiv 7,1 cm und beim Oberhöhenkollektiv 8,7 cm (Abb. 56).

7.2 Versuch St. Martin

7.2.1 Vorbestand (Dauerversuch)

7.2.1.1 Bestandesmessung

Die Stammzahlen unterscheiden sich bei Versuchsbeginn zwischen der gemäß Versuchsplan „mäßig“ und „stark“ durchforsteten Variante um 217 Bäume je ha. Es wurden vier Jahre vor Versuchsbeginn 1907 beide Parzellen schwach durchforstet. Kurz vor Versuchsbeginn wurde auf Parzelle 2 stärker eingegriffen, was zu den unterschiedlichen Stammzahlen geführt hat. Vor den Durchforstungseingriffen ist anzunehmen, dass auf beiden Parzellen ungefähr gleich hohe Stammzahlen waren. Es folgten auf beiden Parzellen mehrere kleinere Eingriffe. Eine stärkere Entnahme wurde bei einem Bestandesalter von 89 Jahren ausgeführt, die aber auf beiden Parzellen mit 143 bzw. 146 Bäumen/ha gleich stark war. Gegen Ende der Versuchsdauer nähern sich durch einen stärkeren Eingriff auf Parzelle 1 die Stammzahlen an und wurden auf beiden Parzellen deutlich unter 300 Bäume/ha abgesenkt. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass es bis zu einem Bestandesalter von 107 Jahren abweichend vom Versuchsplan keine deutlichen Unterschiede in der Eingriffsstärke zwischen den Parzellen gibt (Abb. 57).

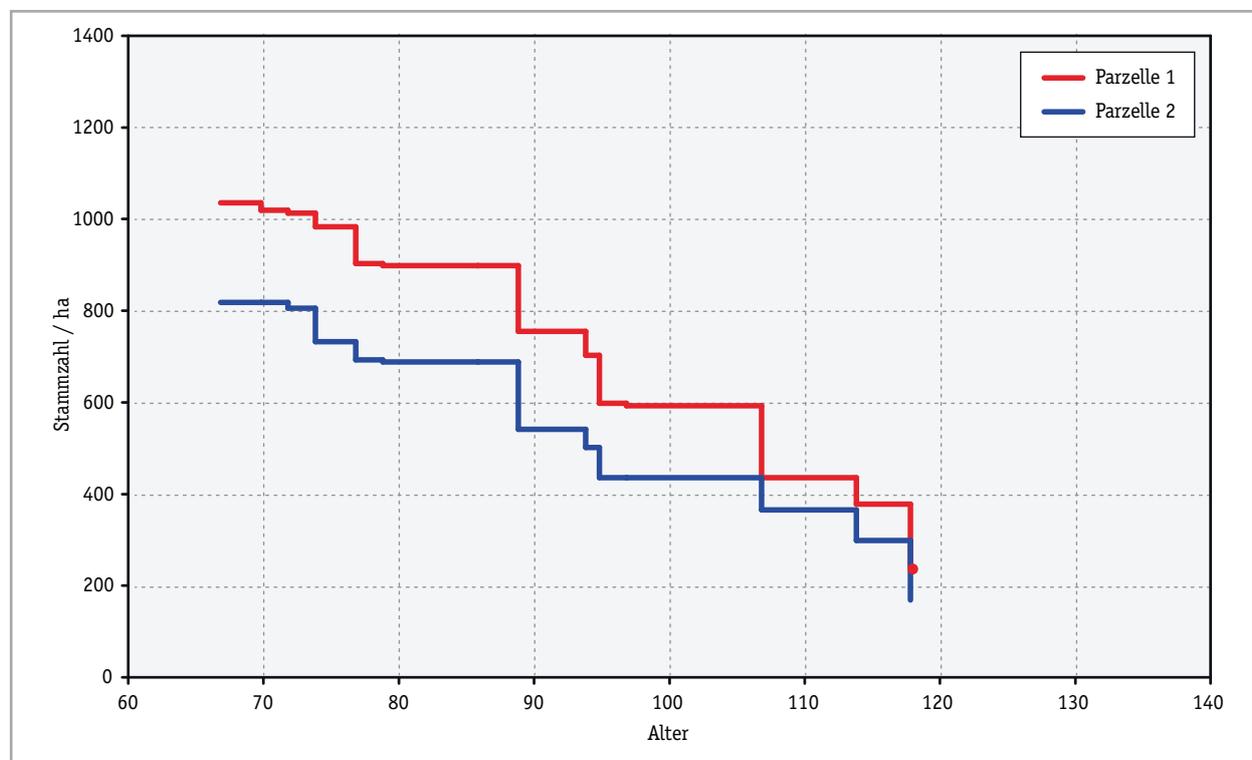


Abbildung 57: Vorbestand St. Martin - Stammzahl

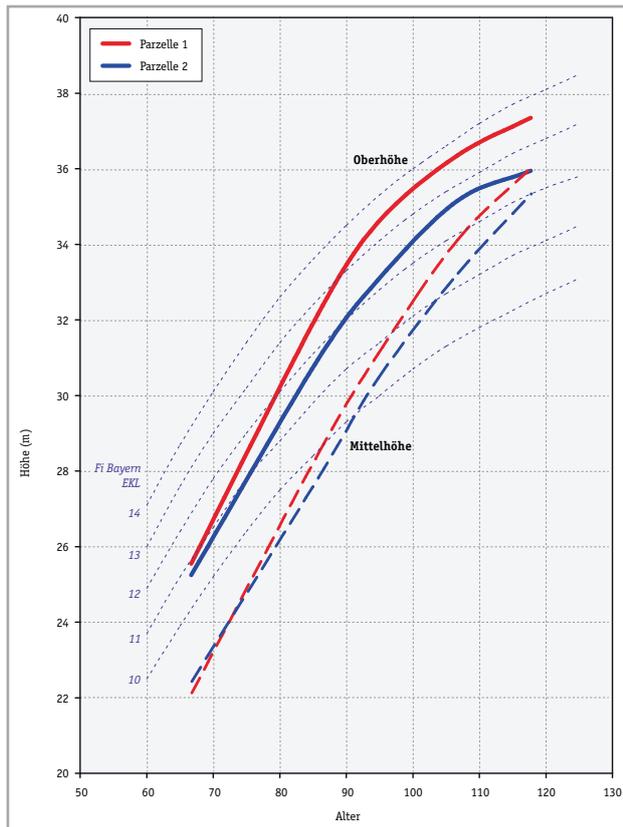


Abbildung 58: Vorbestand St. Martin - Höhe

Die Oberhöhe liegt bei Versuchsbeginn auf beiden Parzellen mit knapp über 25 m in gleicher Höhe. Mit steigendem Bestandesalter unterscheiden sich die Oberhöhen zunehmend stärker, wobei die Differenz beim 107-jährigen Bestand 1,2 m beträgt. Die verhältnismäßig stärkere Verflachung der Oberhöhenentwicklung ab dem Alter 110 auf Parzelle 2 ist dadurch bedingt, dass auch Bäume aus dem Oberhöhenkollektiv genutzt wurden. Dennoch beträgt der Unterschied bei Versuchsende bei einer Oberhöhe um 36 m nur 1,4 m. Die Oberhöhenentwicklung der Versuchsbestände im Vergleich zur Ertragstafel Fichte Bayern zeigt einen deutlich steileren Anstieg. Entspricht sie mit 70 Jahren etwa einer 11. Oberhöhenbonität, erreicht sie gegen Ende auf Parzelle 1 eine Bonität von 13,5. Die Bestandesmittelhöhen unterscheiden sich zwischen den Parzellen nur gering. Bei Versuchsende beträgt die Differenz nur 70 cm (Abb. 58).

Ein Zeichen für die Homogenität und gleiche Behandlung des Versuchsbestandes vor Versuchsbeginn ist auch die Entwicklung des Brusthöhendurchmessers des Grundflächenmittelstammes. Die BHD sind auf beiden Par-

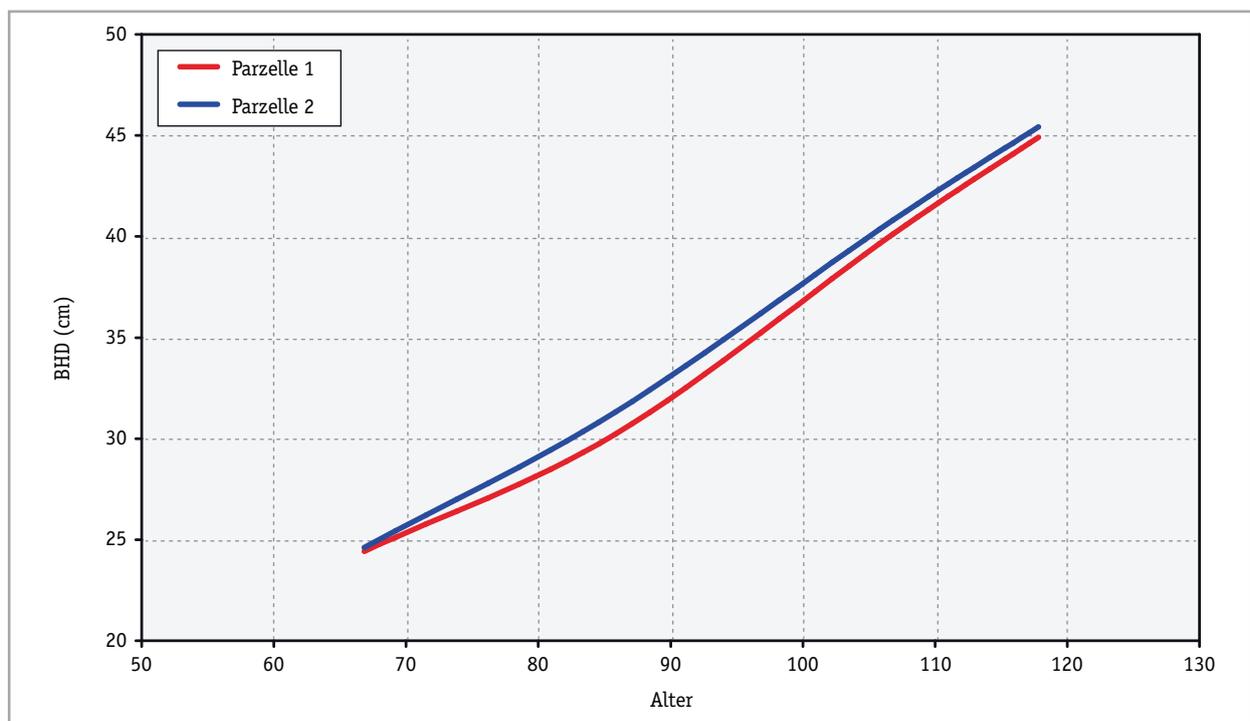


Abbildung 59: Vorbestand St. Martin - BHD des Grundflächenmittelstammes

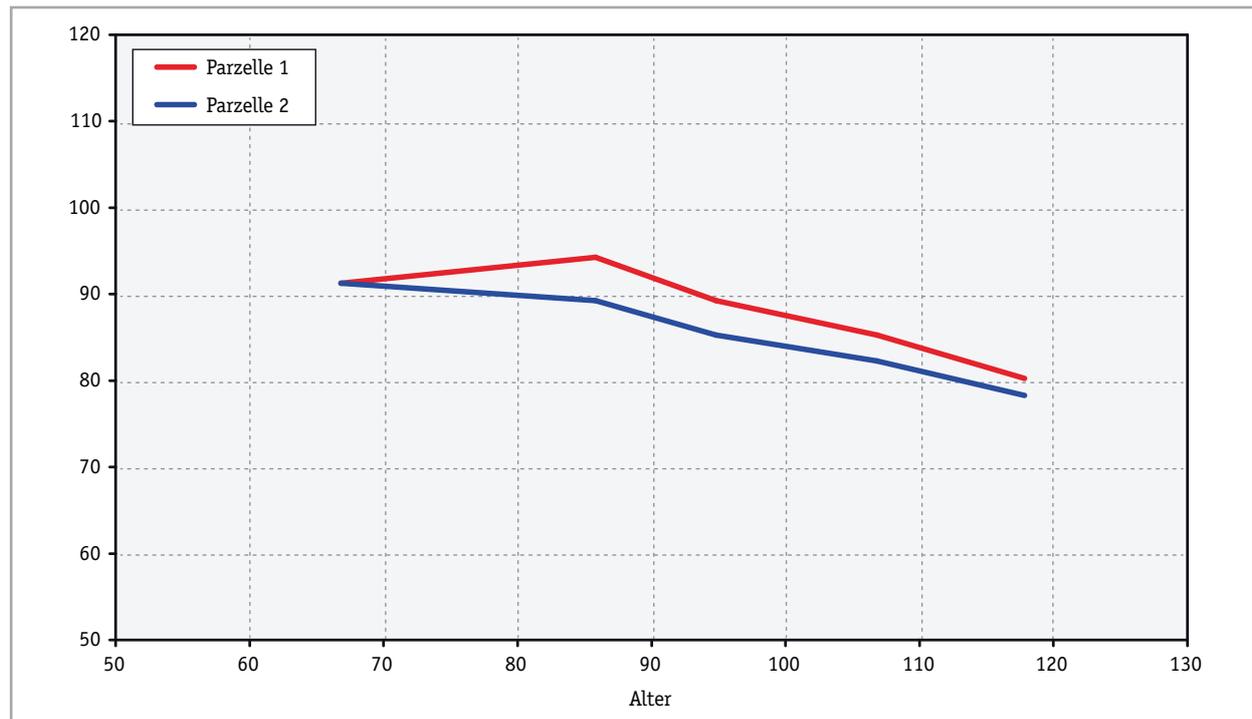


Abbildung 60: Vorbestand St. Martin - HD-Wert des Grundflächenmittelstammes

zellen mit 24,3 bzw. 24,5 cm annähernd gleich groß. Die stärkere Absenkung der Stammzahlen auf Parzelle 2 bewirkt eine geringe Zuwachssteigerung gegenüber Parzelle 1, die jedoch im Alter 89 nur einen Maximalunterschied von 1,3 cm bewirkt. Im weiteren Verlauf verringert sich diese Differenz wieder und erreicht im Alter 118 bei einem BHD von ungefähr 45 cm nur 5 mm (Abb. 59).

Die mittleren HD Werte unterscheiden sich auf den beiden Parzellen ebenfalls nur gering. Bei Versuchsbeginn im Alter 67 sind sie auf beiden Parzellen mit 91 gleich hoch. Auf Parzelle 1 steigt der HD Wert kurzfristig auf 94 an und sinkt danach wieder bis auf 80 ab. Auf Parzelle 2 sinkt der HD Wert von Beginn an kontinuierlich bis zum Ende auf 78 ab. Dies zeigt, dass die Bestandesstabilität trotz gering unterschiedlicher Behandlung kaum Unterschiede aufweist (Abb. 60).

Die Bestandesgrundflächen liegen bei Versuchsbeginn bei 47,6 m²/ha auf Parzelle 1 und 38,3 m²/ha auf Parzelle 2. Der Eingriff auf Parzelle 2 im Jahr des Versuchsbeginnes führte vermutlich zu dieser Differenz von 9,3 m²/ha. Auf Parzelle 1 wird im Alter 86 mit 67,1 m²/ha der Maximalwert erreicht. Die Grundflächenentwicklung laufen auf beiden Parzellen bis zum Alter 107 annähernd parallel, wobei die Bestandesgrundfläche auf Parzelle 2 um ungefähr 10 bis 13 m²/ha tiefer liegt. Die Eingriffe im Alter 107 bewirkten auf Parzelle 1 eine Absenkung der Grundfläche um 11,2 m²/ha auf 54,1 m²/ha. Beim letzten Eingriff wurde die Grundfläche auf beiden Parzellen deutlich auf 37,4 m²/ha (Parzelle 1) und 26,4 m²/ha (Parzelle 2) abgesenkt (Abb. 61).

Bei der Beurteilung der Gesamtwuchsleistung konnten zwei Nutzungen vor Versuchsbeginn, die im Lagerbuch vermerkt waren, berücksichtigt werden. Im Jahr 1902 und 1903 wurden im späteren Versuchsbestand 20 Vfm/ha entnommen. Im Jahr der Versuchsanlage 1907 erfolgte nur auf Parzelle 2 eine Nutzung, die eine Gesamtmenge von 70 Vfm/ha umfasste. Über mögliche weitere Nutzungen vor dieser Zeit gibt es keine Aufzeichnungen und können daher nicht berücksichtigt werden. Die Gesamtwuchsleistung liegt auf beiden Parzellen mit 535 Vfm/ha (Parzelle 1) und 510 Vfm/ha (Parzelle 2) ungefähr gleich hoch. Mit zunehmendem Alter unterscheiden sich aber die Gesamtwuchsleistungen beider Parzellen immer deutlicher. Auf Parzelle 2 bleibt die gesamte Wuchsleistung

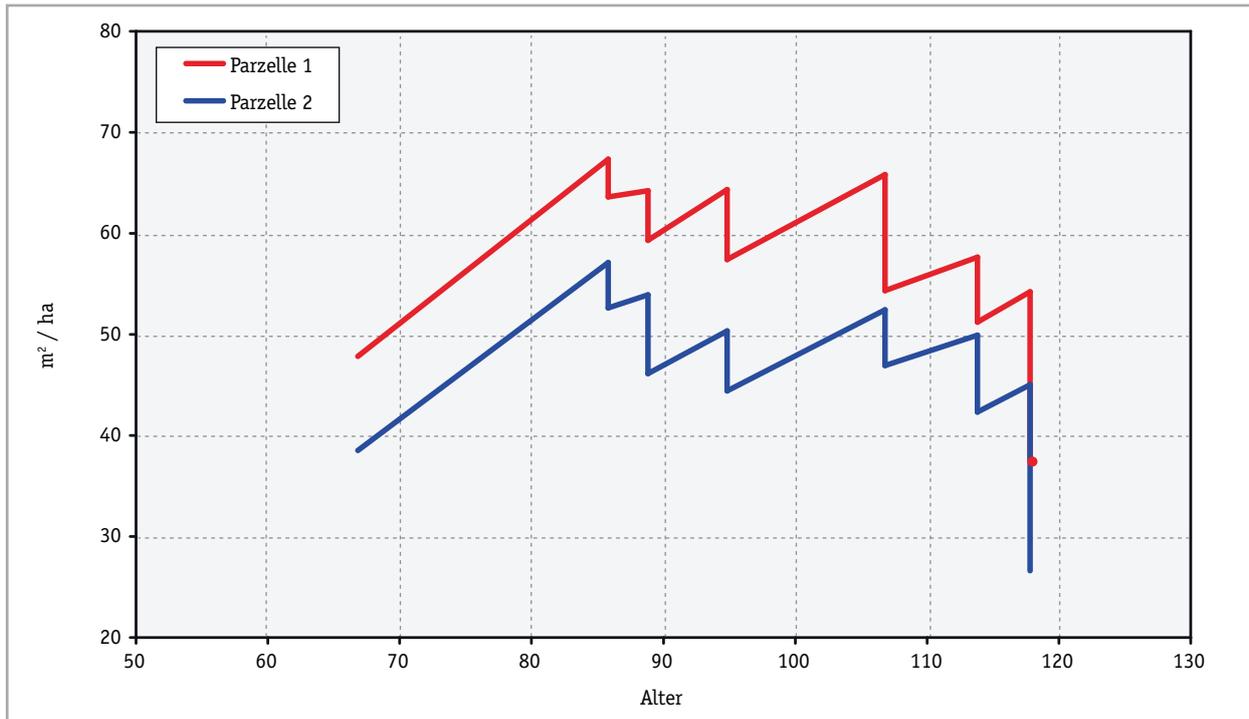


Abbildung 61: Vorbestand St. Martin - Grundfläche

hinter der auf Parzelle 1 immer stärker zurück. Bereits im Alter 86, also nach 29 Jahren, beträgt der Unterschied bereits 87 Vfm/ha. Diese Differenz steigt bis Versuchsende bei einem Bestandesalter von 118 Jahren auf 125 Vfm/ha an. Dies entspricht einer um 9,4 % geringeren Gesamtwuchsleistung als auf Parzelle 1, auf der eine Gesamtwuchsleistung von gesamt 1335 Vfm/ha Schaftholz mit Rinde berechnet wurden. Der Bestandesvorrat liegt 1907 auf Parzelle 1 bei 515 Vfm/ha, auf Parzelle 2 ist er bedingt durch die Nutzung um 96 Vfm/ha niedriger. Die Vorräte steigen folgend bis zum

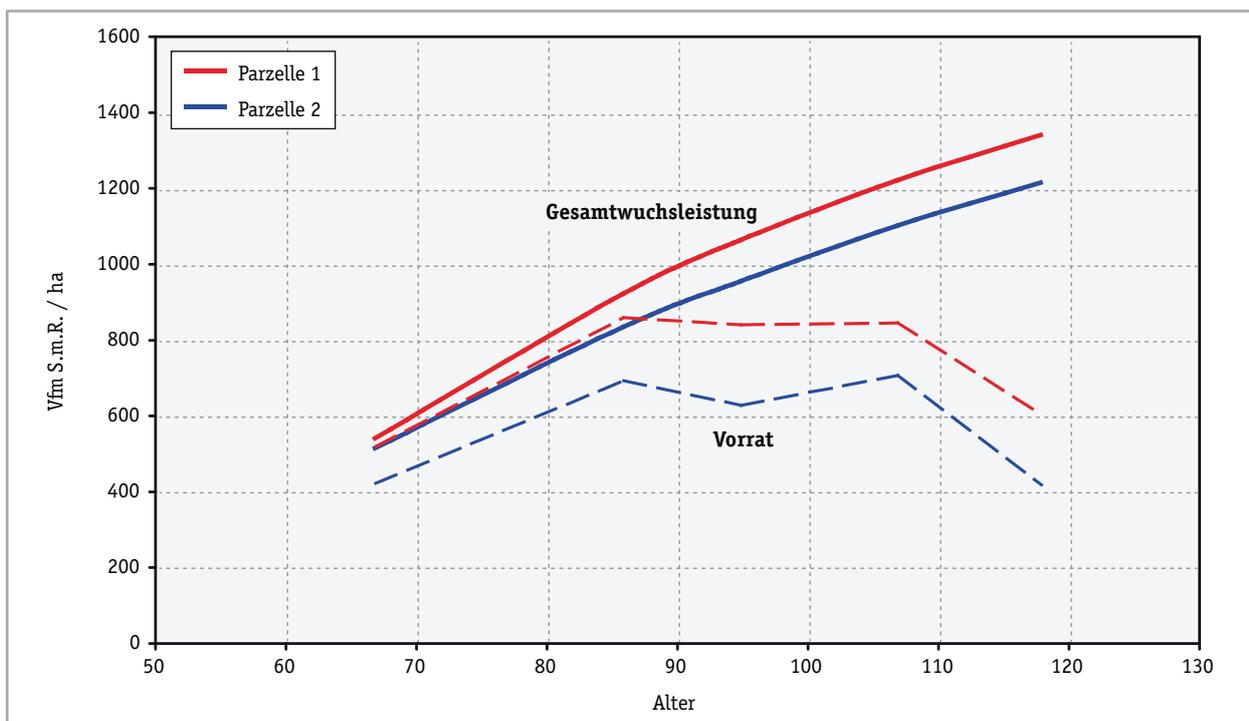


Abbildung 62: Vorbestand St. Martin - Gesamtwuchsleistung und Vorrat

Alter 86 stark an und bleiben danach durch die Nutzungen auf beiden Parzellen auf annähernd gleichem Niveau gehalten, wobei der Bestandesvorrat auf Parzelle 1 zwischen 800 und 850 Vfm/ha und auf Parzelle 2 zwischen 600 und 700 Vfm/ha liegt. Im Alter 118 bei Versuchsende wird der Vorrat auf Parzelle 1 um 30 % und auf Parzelle 2 um 40 % abgesenkt. Dies führt zu Vorräten von 599 Vfm/ha auf Parzelle 1 und 415 Vfm/ha auf Parzelle 2 (Abb. 62).

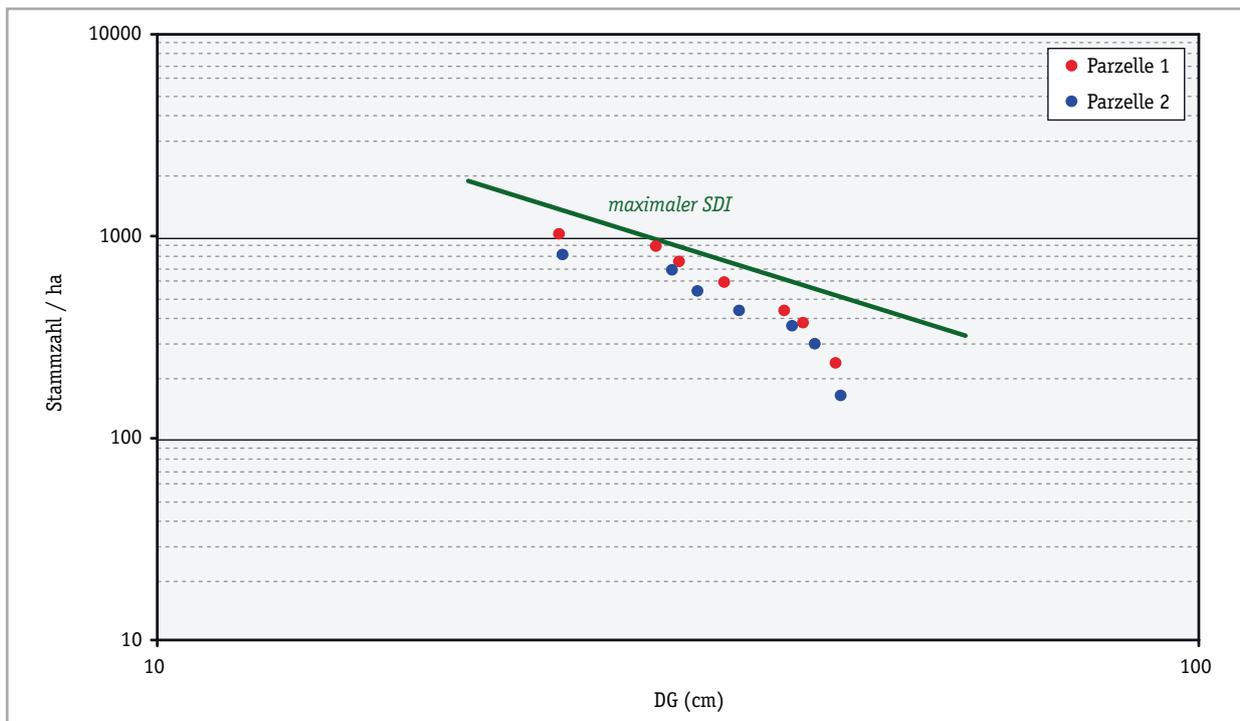


Abbildung 63: Vorbestand St. Martin - Stand Density Index

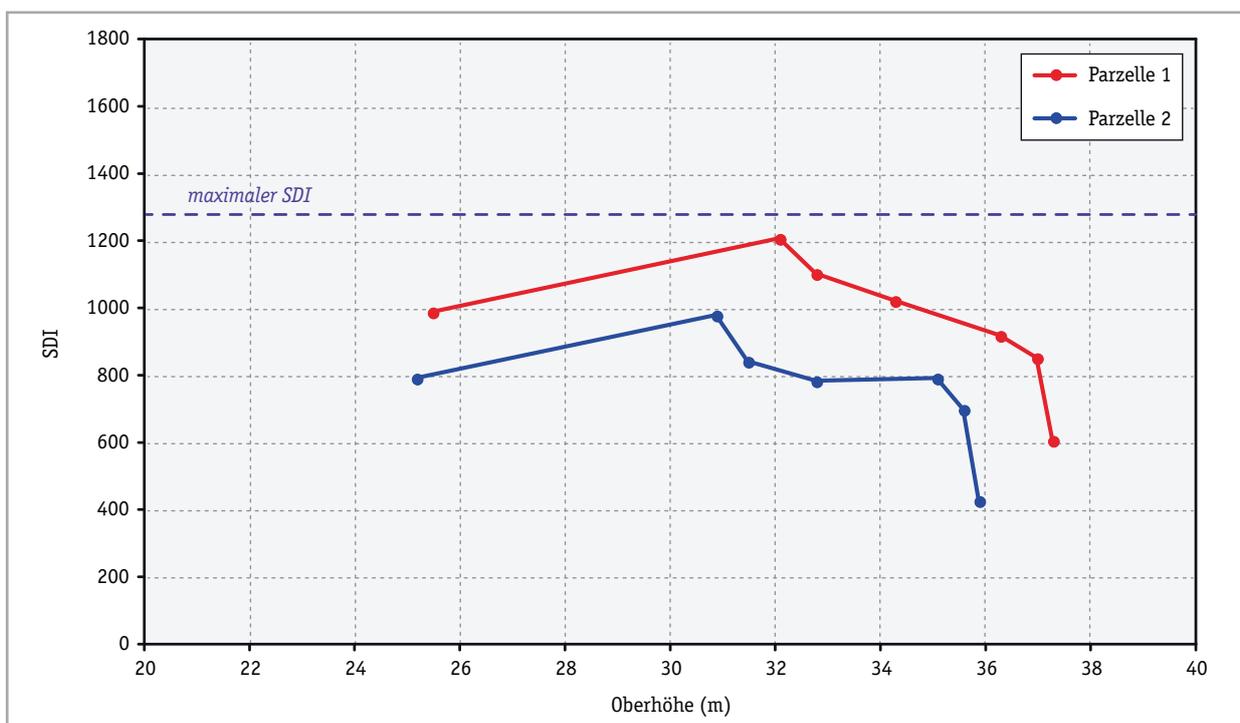


Abbildung 64: Vorbestand St. Martin - Stand Density Index über Oberhöhe

Bei Versuchsbeginn wurde für Parzelle 1 ein Stand Density Index von 984 und auf Parzelle 2 von 787 berechnet. Diese Werte liegen deutlich unter dem maximalen SDI des Ertragstafelgebietes für Fichte Bayern. Es ist jedoch festzustellen, dass in den folgenden Jahren die Indices auf beiden Parzellen auf 1203 bzw. 975 ansteigen. Dieser Wert für Parzelle 1 liegt damit sehr nahe am maximalen SDI von 1280, was für eine annähernde Vollbestockung spricht. Danach sinken die Indices kontinuierlich ab und erreichen bei Versuchsende Werte von 602 und 423 (Abb. 63, 64).

Ertragskundliche Bestandesdaten der Versuchsfläche St. Martin über die gesamte Versuchsdauer sind im Anhang tabellarisch dargestellt.

7.2.1.2 Stammanalysen

Es wurden Messdaten von insgesamt 15 Stammanalysen untersucht, wovon 11 Bäume 1947 und 4 Bäume 1954 gefällt wurden. Sämtliche Analysen beinhalten nur einen Oberhöhenstamm. 1947 kann ein Analysenbaum dem Oberhöhenkollektiv zugerechnet werden. Die anderen Analysen stammen überwiegend aus dem mittleren Durchmesserbereich (Abb. 65, 66).

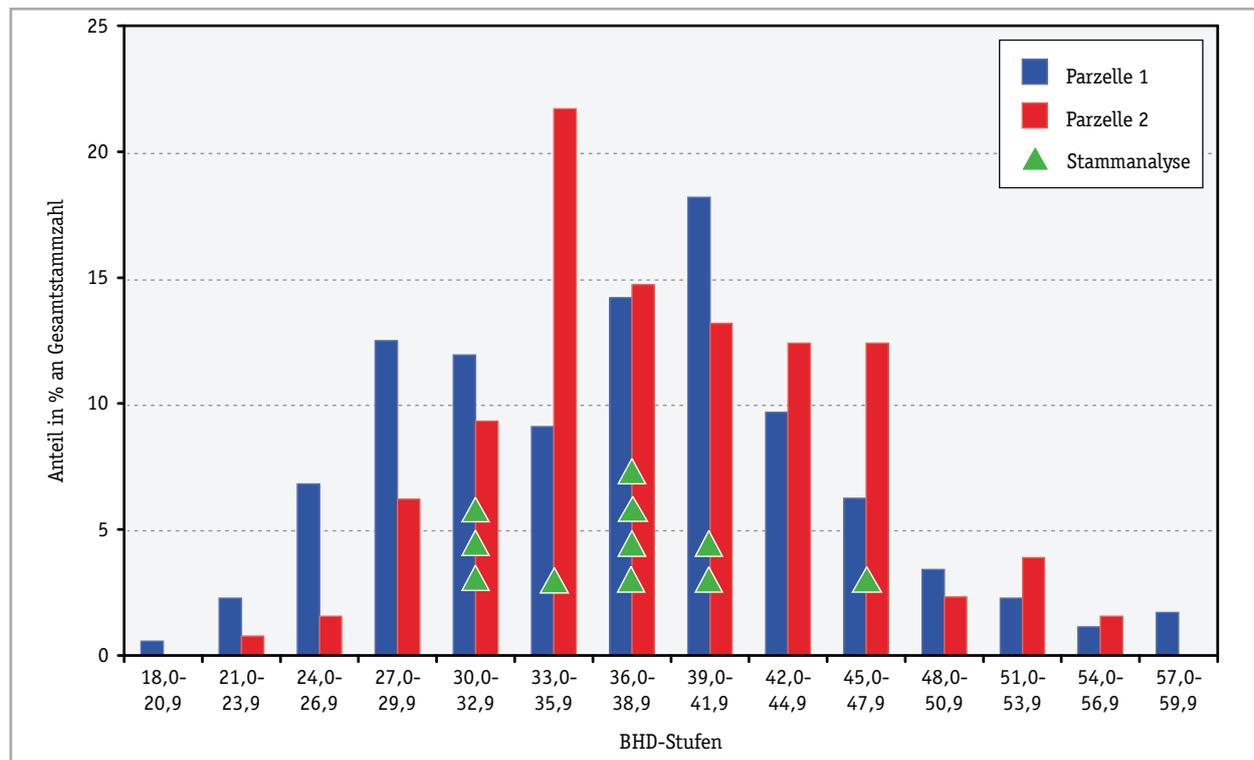


Abbildung 65: Verteilung der Stammanalysen 1947 aus dem Vorbestand St. Martin

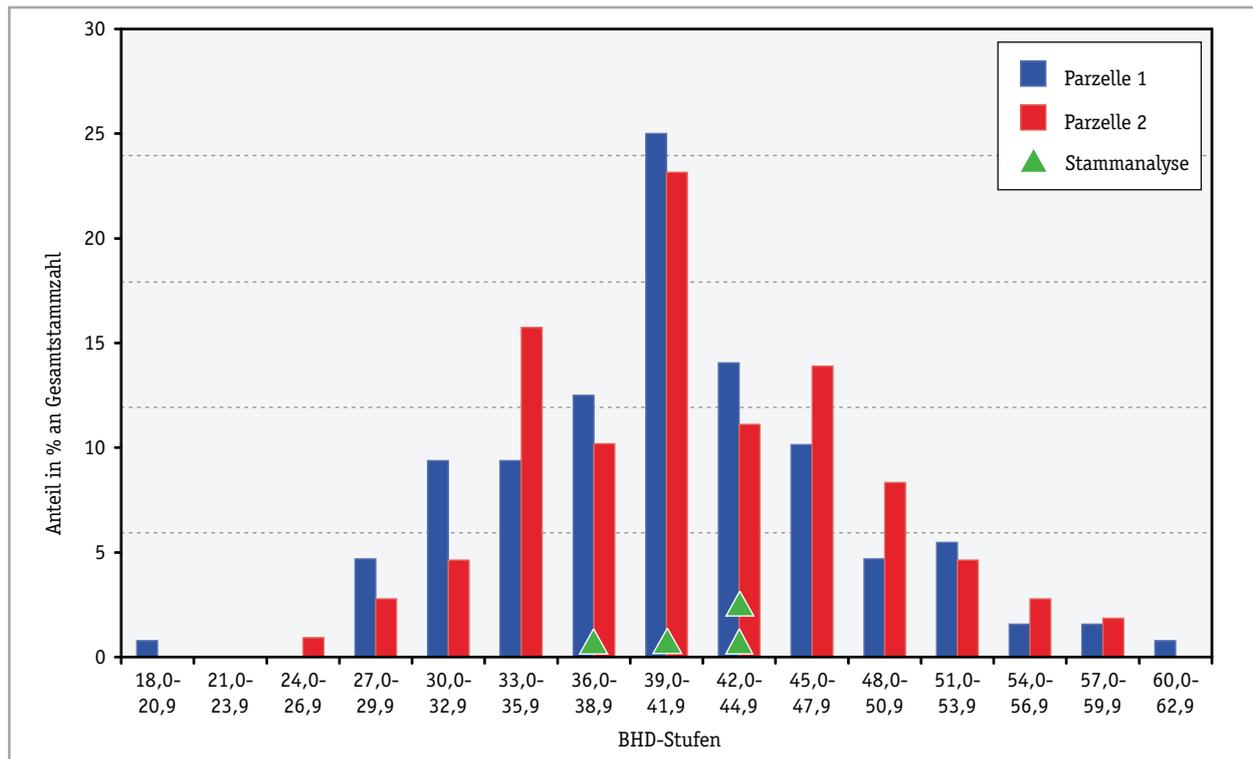


Abbildung 66: Verteilung der Stammanalysen 1954 aus dem Vorbestand St. Martin

In der folgenden Tabelle 11 sind einige Kennzahlen der Analysenbäume zusammengefasst.

Tabelle 11: Kennzahlen der Analysenbäume aus dem Vorbestand St. Martin

Nr	Jahr-Fällung	Höhe (m)	BHD m.R. (cm)	BHD o.R. (cm)	D03 o.R. (cm)	Formzahl Analyse
1	1947	31,2	34,5	31,9	26,8	0,466
2	1947	31,9	32,9	31,0	24,4	0,435
3	1947	29,0	30,9	28,8	23,8	0,473
4	1947	33,3	40,6	38,1	31,6	0,465
5	1947	31,3	37,2	34,7	28,6	0,462
6	1947	31,0	36,8	33,8	27,6	0,442
7	1947	36,7	45,7	42,0	34,8	0,468
8	1947	33,6	37,2	34,8	29,5	0,471
9	1947	31,2	37,0	33,9	26,8	0,424
10	1947	30,3	31,5	29,3	25,6	0,515
11	1947	32,5	40,5	35,7	29,7	0,473
12	1954	35,9	36,9	35,0	29,4	0,472
13	1954	35,3	44,9	42,0	34,4	0,464
14	1954	34,3	41,2	42,4	34,1	0,448
15	1954	35,0	44,8	39,1	31,3	0,443

Die Höhenentwicklung zeigt bei allen Bäumen in der Jugend einen sehr gleichmäßigen Höhenzuwachs. Auch ist erkennbar, dass alle Bäume ein annähernd gleiches Baumalter haben. Dies wird auch durch Jahrringzählungen an den Stöcken bestätigt. Es wurden bei den Analysen 1947 Jahrringanzahlen zwischen 103 und 106 sowie 1954 zwischen 110 und 112 festgestellt. Die Höhenzuwächse differenzieren sich etwa ab dem Kalenderjahr 1885. Auffallend ist die Entwicklung des Oberhöhenbaumes, dessen Höhenzuwachs sich vom Zuwachs der übrigen Bäume abhebt, indem der Anstieg bereits ab 1865 deutlich steiler verläuft. Ohne Berücksichtigung des Oberhöhenbaumes beträgt der maximale Höhenunterschied der Analysenbäume im Jahr 1947 sechs Meter. Weiters ist erkennbar, dass die Analysen 1954 bei zunehmendem Alter durch etwas bessere Höhenzuwachsleistung von den Analysen 1947 abweichen (Abb. 67). Die Trennung der Analysenbäume nach den beiden Parzellen zeigt einen fast identen Höhenverlauf (Abb. 68).

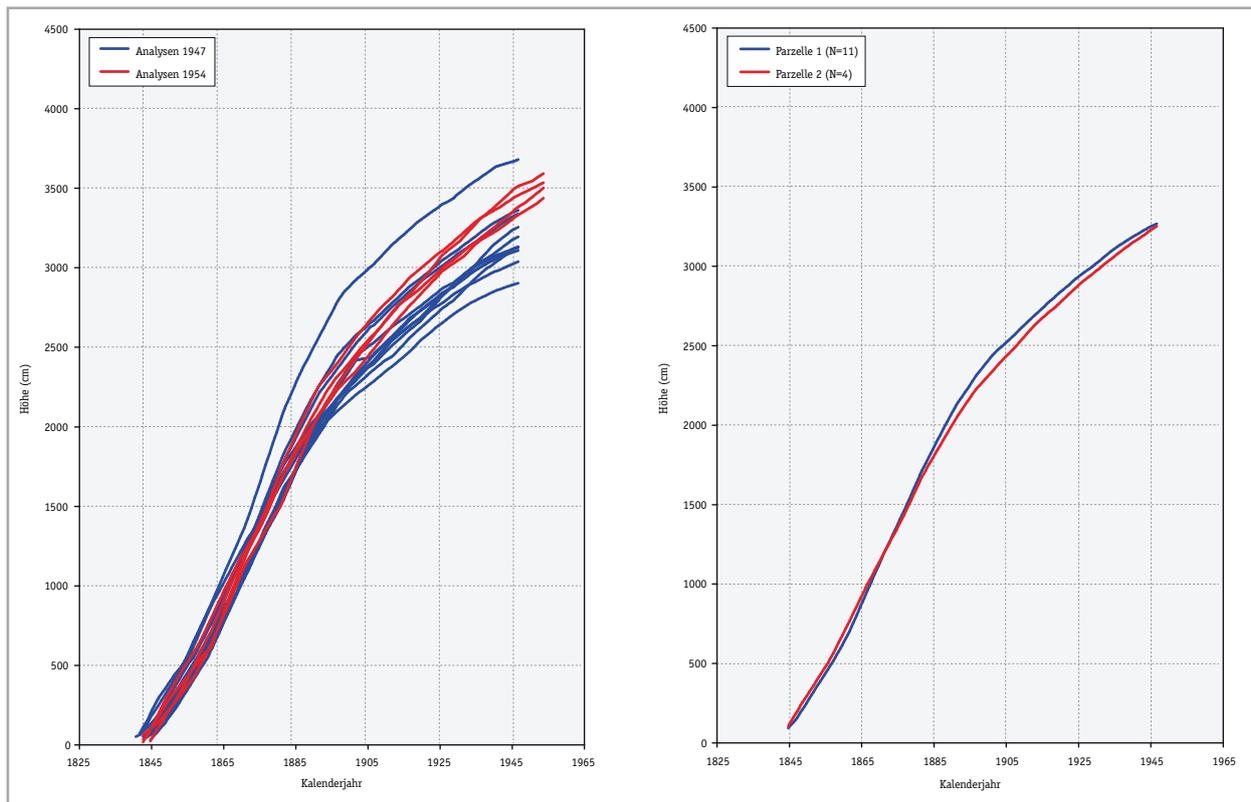


Abbildung 67: Stammanalysen Vorbestand St. Martin
Höhe

Abbildung 68: Stammanalysen Vorbestand St. Martin
Höhe je Parzelle

Der mittlere Radialzuwachs in Brusthöhe verläuft generell dem Alterstrend entsprechend. Bis 1882 entspricht die mittlere Jahrringbreitenentwicklung der Analysen 1947 den Analysen 1954, wobei die mittlere Jahrringbreite über 2,5 mm liegt. Danach ist ein Zuwachsrückgang erkennbar, der bei den Analysen 1947 verhältnismäßig stärker ist. Die Jahrringbreitenentwicklung liegt ab diesem Zeitpunkt bei annähernd synchronem Verlauf gegenüber den Analysen 1954 um durchschnittlich 0,3 mm darunter (Abb. 69).

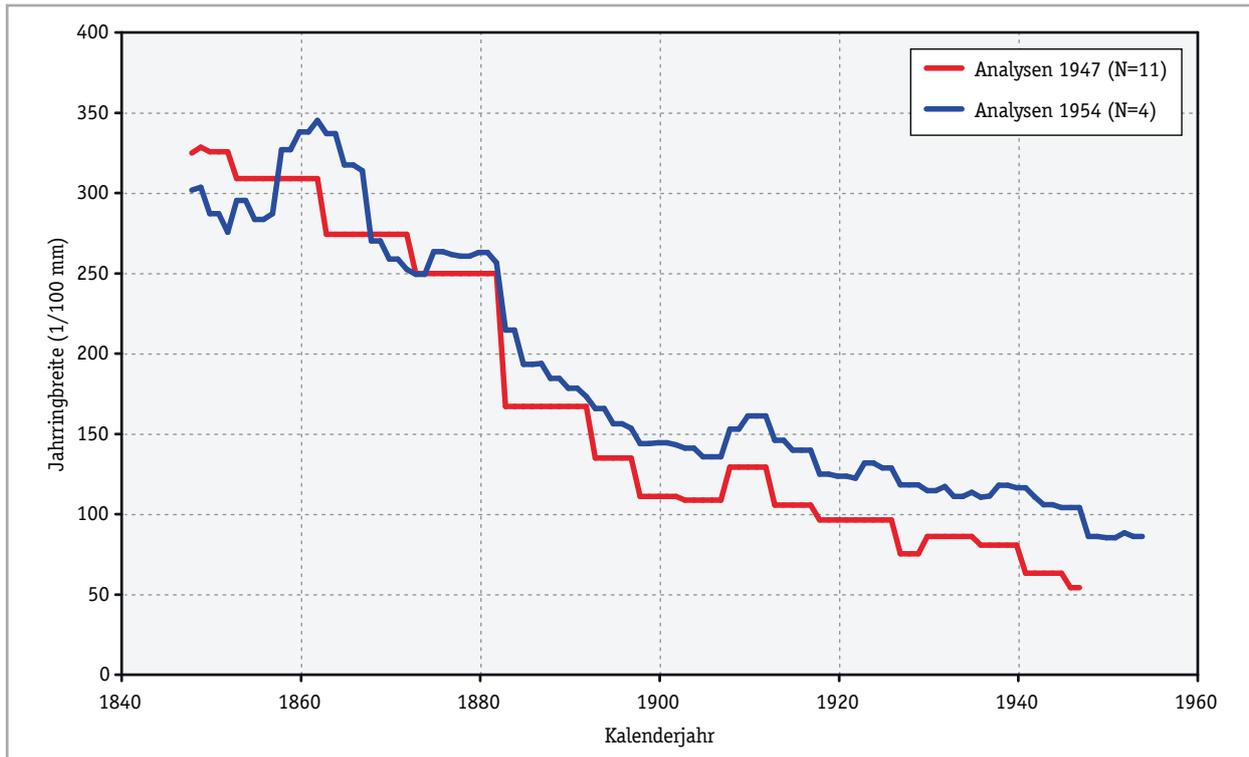


Abbildung 69: Stammanalysen Vorbestand St. Martin - Mittlerer Radialzuwachs in Brusthöhe

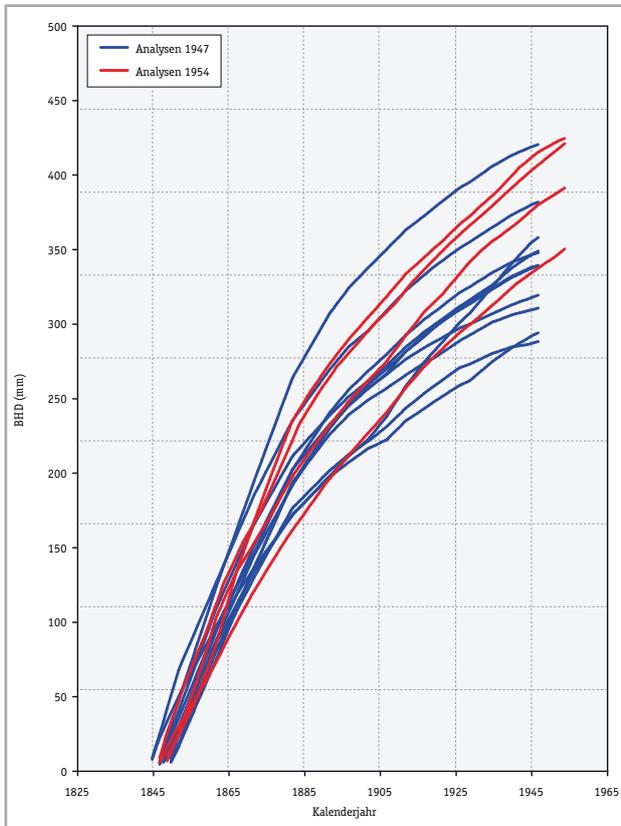


Abbildung 70: Stammanalysen Vorbestand St. Martin
Mittlere BHD-Entwicklung

Die BHD-Entwicklung verläuft in den ersten 25 Jahren bei beiden Analysekollektiven ähnlich. Danach erfolgt eine stärkere Differenzierung, bei der 1947 ein maximaler Durchmesserunterschied von 13,2 cm besteht. Weiters ist erkennbar, dass die Durchmesserentwicklung bei den Analysen 1947 im Vergleich zu den Analysen 1954 steiler ansteigt (Abb. 70).

Das Verhältnis des Durchmessers in 3/10 Baumhöhe zum Durchmesser in Brusthöhe liegt zwischen 79 und 87 %. In Abbildung 71 ist erkennbar, dass ein hoher linearer Zusammenhang zwischen D03 und BHD besteht. Die Mehrzahl der über die Stammanalyse berechneten Formzahlen liegt mit einer Ausnahme (0,515) zwischen 0,424 und 0,473. Über den gesamten untersuchten BHD-Bereich zwischen 28,8 und 42,4 cm sind die Höhen der Formzahlen gleichmäßig verteilt, sodass keine Veränderung mit steigendem BHD erkennbar ist (Abb. 72).

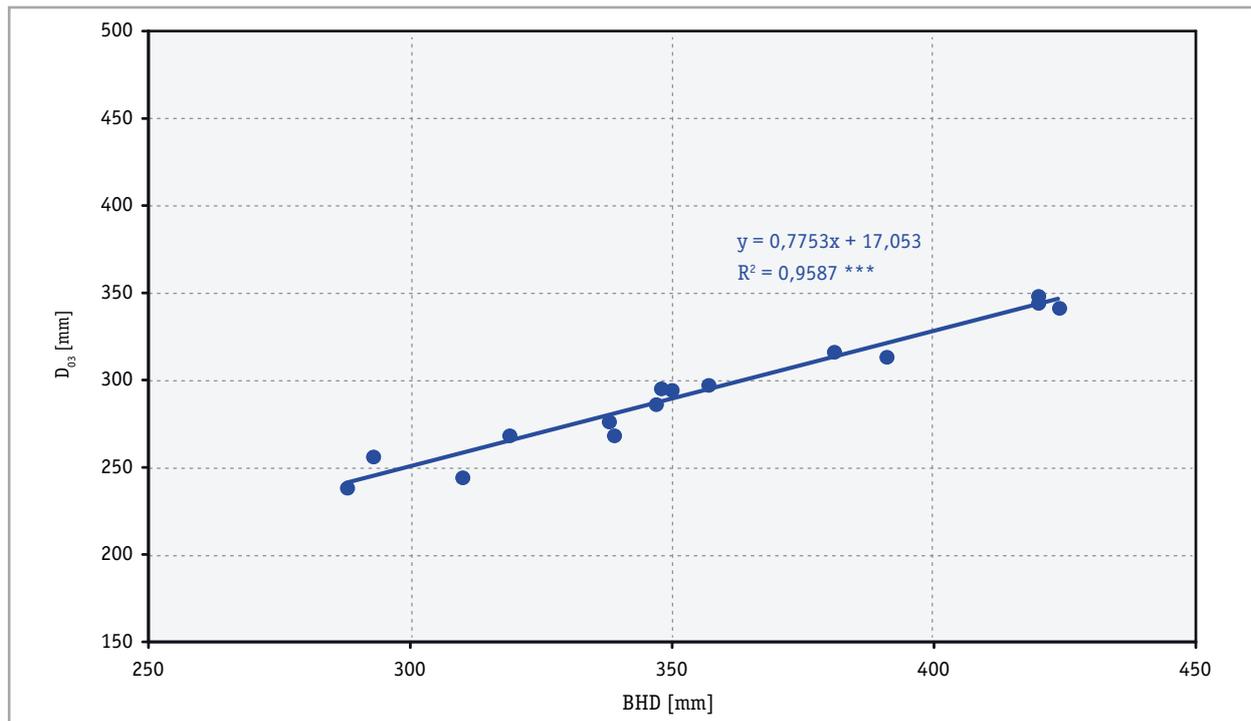
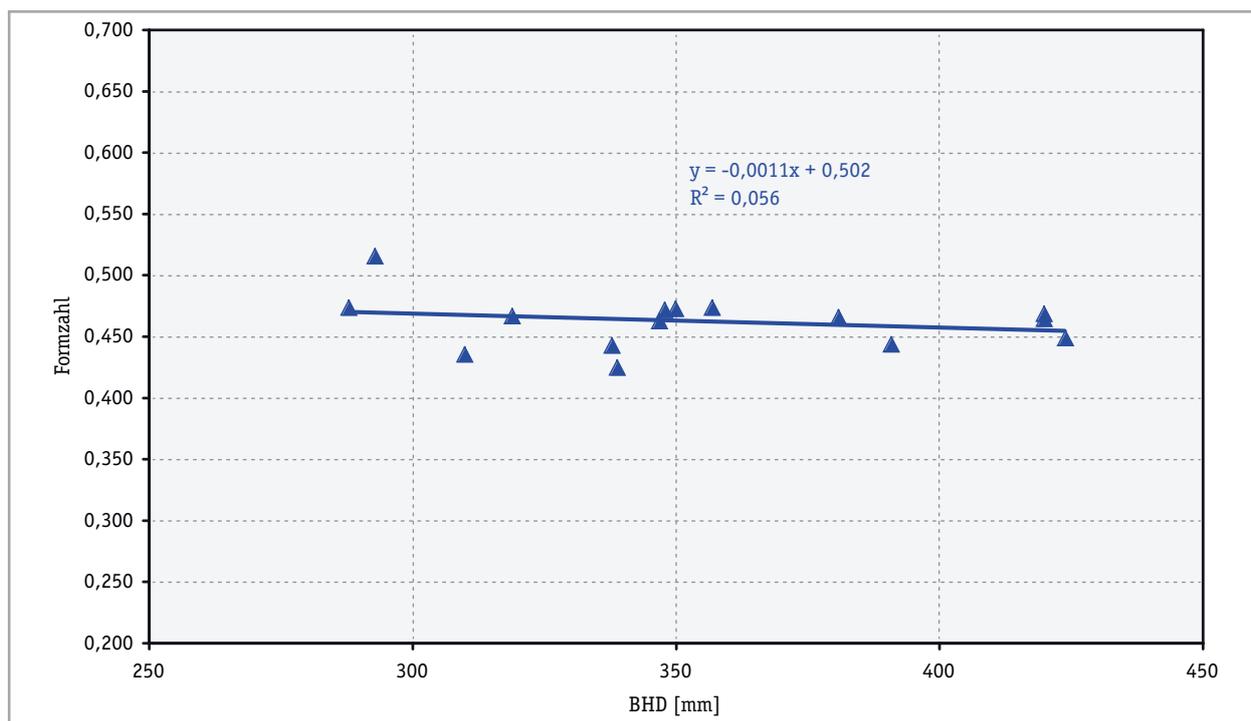
Abbildung 71: Stammanalysen Vorbestand St. Martin - BHD zu D_{03} 

Abbildung 72: Stammanalysen Vorbestand St. Martin - Formzahl

7.2.2 Folgebestand

7.2.2.1 Bestandesmessung

Die Messungen von BHD und Höhe wurden im Folgebestand im Spätsommer 1999 durchgeführt. Der naturverjüngte Bestand wird aus reiner Fichte gebildet, wobei auf der 1000 m² grossen Messfläche eine einzige Tanne in der Oberschicht vorhanden war. Der Bestand war zum Zeitpunkt der Messungen vollkommen unbehandelt. Das Alter der Bäume ist aufgrund des natürlichen Aufkommens nicht einheitlich. Anhand von Jahrringzählungen an den Stöcken der Analyseebäume sowie von Bohrkernproben aus dem Stockbereich wurde ein mittleres Bestandesalter von 28 Jahren geschätzt. Die 1997 im Bereich der Messfläche entnommenen Stammanalysenbäume wurden bei den Berechnungen berücksichtigt.

Die ertragskundlichen Kennzahlen des verbleibenden Bestandes sind in Tabelle 12 zusammengefasst:

Tabelle 12: Ertragskundliche Kennzahlen des Folgebestandes St. Martin

	verbleibend
Jahr	1999
Alter	28
N/ha	2750
HO (m)	15,2
DO (cm)	25,1
HG (m)	10,1
DG (cm)	12,6
HD/DG	80
G/ha (m ²)	34,0
V/ha (Vfm S.m.R.)	199
GWL (Vfm S.m.R.)	199
SDI	916

7.2.2.2 Stammanalysen

Es wurden Messdaten von insgesamt 15 Bäumen analysiert, wovon 12 im Frühjahr 1997 gefällt wurden. Nachdem bei diesem Kollektiv nur ein Baum aus dem Oberhöhenbereich stammte, wurden 1999 nach der Bestandesmessung 3 weitere Oberhöhenbäume geschlägert. Die Jahrringzählung an den ca. 20 cm hohen Stöcken hat Anzahlen zwischen 19 und 32 Jahrringen ergeben. In der Tabelle 13 sind Kennzahlen der Analysenbäume aus dem Folgebestand zusammengestellt.

Tabelle 13: Kennzahlen der Analysenbäume aus dem Folgebestand St. Martin

Nr	Jahr-Fällung	Höhe (m)	BHD m.R. (cm)	BHD o.R. (cm)	D03 o.R. (cm)	Formzahl Analyse
1	1997	6,7	8,0	6,7	6,1	0,491
2	1997	9,8	13,3	11,7	9,9	0,433
3	1997	11,2	13,9	12,1	9,5	0,400
4	1997	9,9	15,6	13,7	11	0,406
5	1997	9,0	14,7	12,7	10,8	0,446

Nr	Jahr-Fällung	Höhe (m)	BHD m.R. (cm)	BHD o.R. (cm)	D03 o.R. (cm)	Formzahl Analyse
6	1997	8,4	13,5	11,4	9,8	0,442
7	1997	12,9	15,7	14,4	11,8	0,427
8	1997	7,3	8,3	6,9	5,7	0,433
9	1997	8,5	13,6	11,8	10,1	0,460
10	1997	10,0	13,1	11,3	9,4	0,439
11	1997	9,4	13,0	11,2	9,2	0,439
12	1997	12,9	23,8	20,7	15,2	0,352
13	1999	15,9	26,7	24,7	18,3	0,366
14	1999	14,4	23,3	21,5	15,7	0,360
15	1999	16,0	24,8	22,7	17,7	0,390

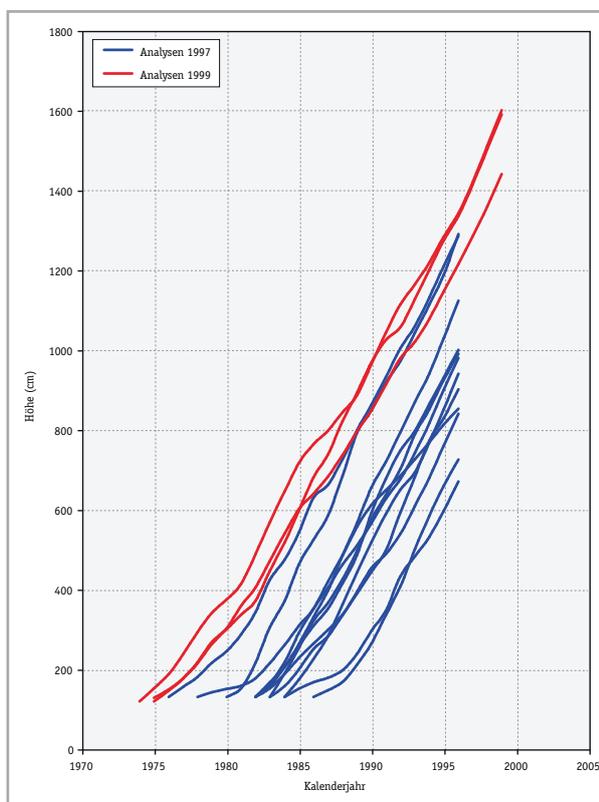


Abbildung 73: Stammanalysen Folgebestand
St. Martin - Höhe über Kalenderjahr

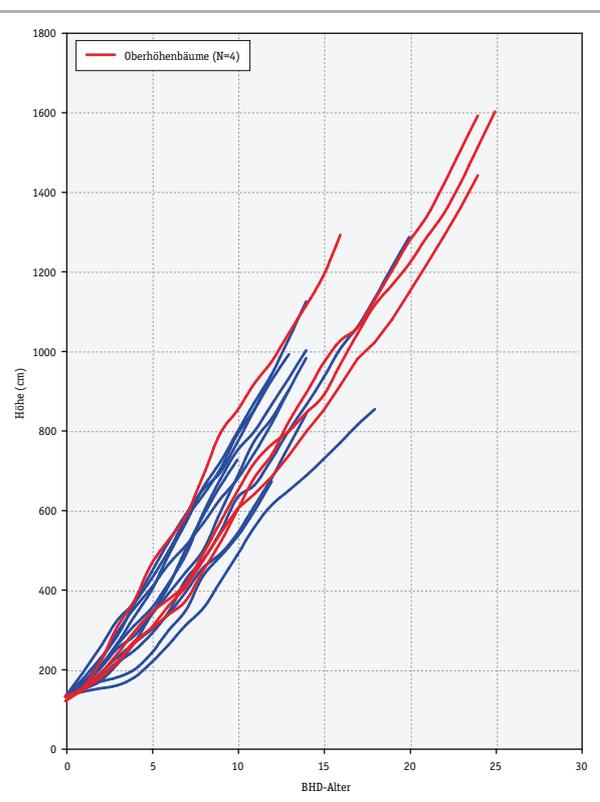


Abbildung 74: Stammanalysen Folgebestand
St. Martin - Höhe über BHD-Alter

Bei der Beurteilung der Höhenentwicklung ist deutlich das unterschiedliche Alter der Bäume zu erkennen. Vergleicht man etwa den niedrigsten Analysebaum bei Erreichen der Brusthöhe mit dem höchsten, war dieser Baum zu diesem Zeitpunkt bereits um 5 m höher. Im Jahr 1996 beträgt die Höhendifferenz bereits 6,7 m. Die Analysen 1999 sind um einige Jahre älter als die übrigen, woraus sich der Wuchsvorsprung ergibt (Abb. 73). Bei Verschieben der Höhenkurven auf ein vergleichbares Niveau, nämlich ein BHD-Alter von 0 bei Erreichen von 1,3 m Höhe, ergibt sich im Vergleich eine Veränderung. Die Höhenzuwächse der Analysen 1999 liegen ab Erreichen der Brusthöhe unter den Höhenzuwächsen einiger anderer Bäume (Abb. 74). Bei Zusammenfassung der Bäume in ein Oberhöhenkollektiv mit 4 Bäumen und ein weiteres Kollektiv mit den übrigen Bäumen verlaufen die

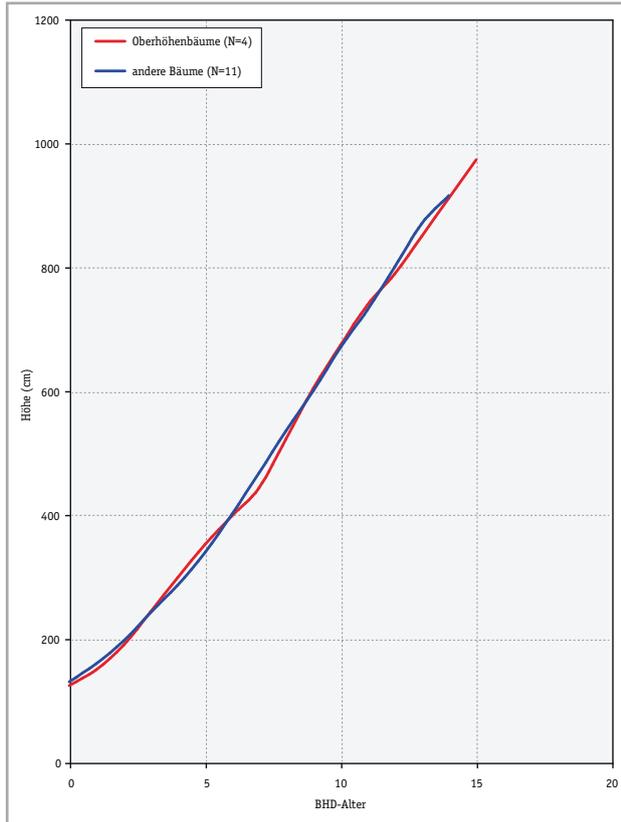


Abbildung 75: Stammanalysen Folgebestand St. Martin
Mittlere Höhenentwicklung

mittleren Höhenentwicklungen ab Brusthöhe vollkommen ident (Abb. 75).

Die Radialzuwächse in Brusthöhe zeigen bei allen Bäumen relativ große Jahrringbreiten, die großteils zwischen 3 und 6 mm liegen. Durch das geringe Alter der Bäume und die unterschiedliche Länge der Jahrringbreitenserien ist nur eine sehr geringe Synchronität der Serien untereinander erkennbar. Im Mittel liegen die Jahrringbreiten der Oberhöhenbäume deutlich über dem Mittel der übrigen Bäume. Es werden ab 1982 Jahrringbreiten zwischen 5 und 6 mm erreicht, bei den übrigen Bäumen um 4 mm (Abb. 76).

Bei Beurteilung der BHD-Entwicklung kann festgestellt werden, dass die Zuwächse der Analysenbäume deutlich unterschiedlich sind. Der Oberhöhenbaum der Analysen 1997 hat den eindeutig höchsten BHD-Zuwachs aller Bäume, der nach 15 Jahren gegenüber dem nächsthöheren Zuwachs bereits 5 cm beträgt. Der Zuwachs der Analysen 1999 liegt etwa im Bereich der übrigen Bäume (Abb. 77).

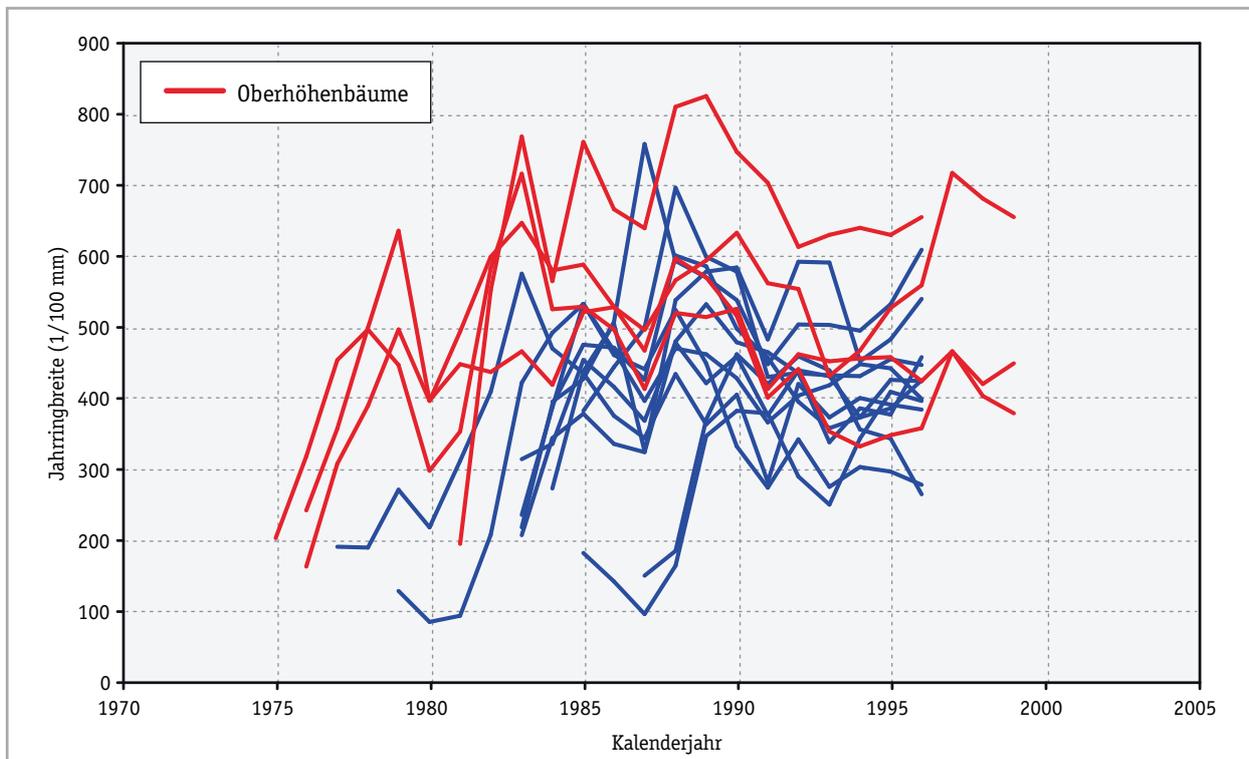


Abbildung 76: Stammanalysen Folgebestand St. Martin - Radialzuwachs

Die D03 der Analysen liegen zwischen 73 und 90 % der Brusthöhendurchmesser, wobei die Werte mit sinkendem BHD ansteigen. Die grafische Darstellung der Verhältnisse zeigt, dass sie einem linearen Trend auch über weite Durchmesserbereiche folgen. Dies ist auch in der Lage der Verhältnisse der relativ größeren Durchmesser der 4 Oberhöhenbäume zwischen 20 und 25 cm im Vergleich mit den anderen Durchmessern unter 15 cm sichtbar (Abb. 78).

Die Formzahlen aller Analyseebäume liegen zwischen 0,352 und 0,491. Mit Ausnahme von den 4 stärksten Oberhöhenbäumen liegen die Formzahlen zwischen 0,4 und 0,5, die aller Oberhöhenbäume unter 0,4 (Abb. 79).

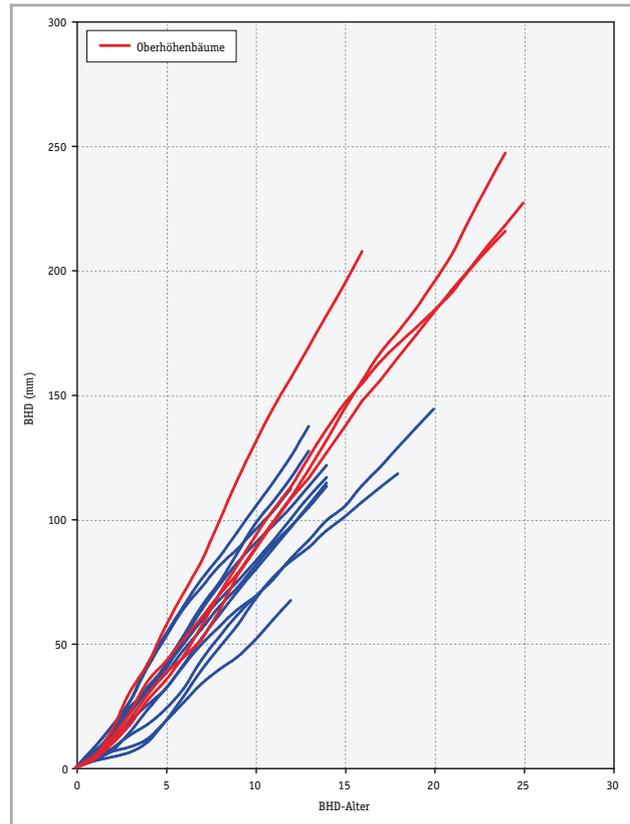


Abbildung 77: Stammanalysen Folgebestand St. Martin
BHD-Entwicklung

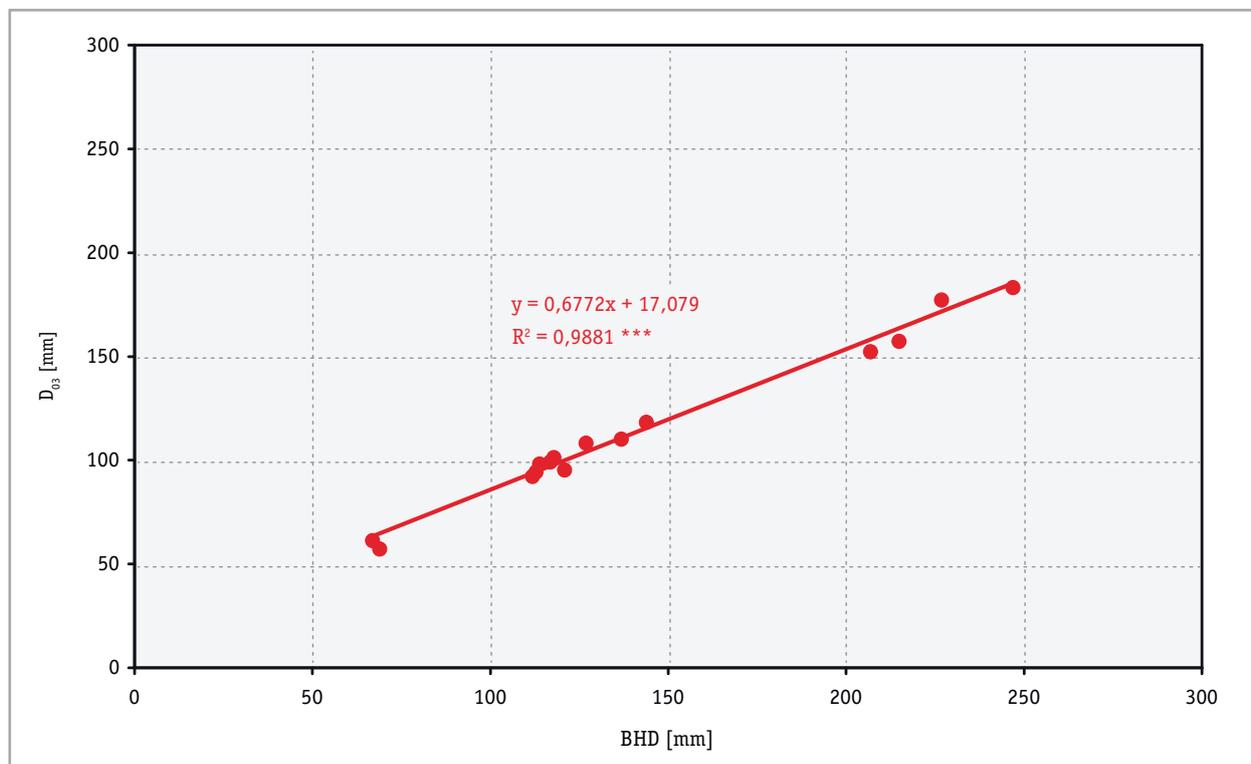


Abbildung 78: Stammanalysen Folgebestand St. Martin - BHD zu D03

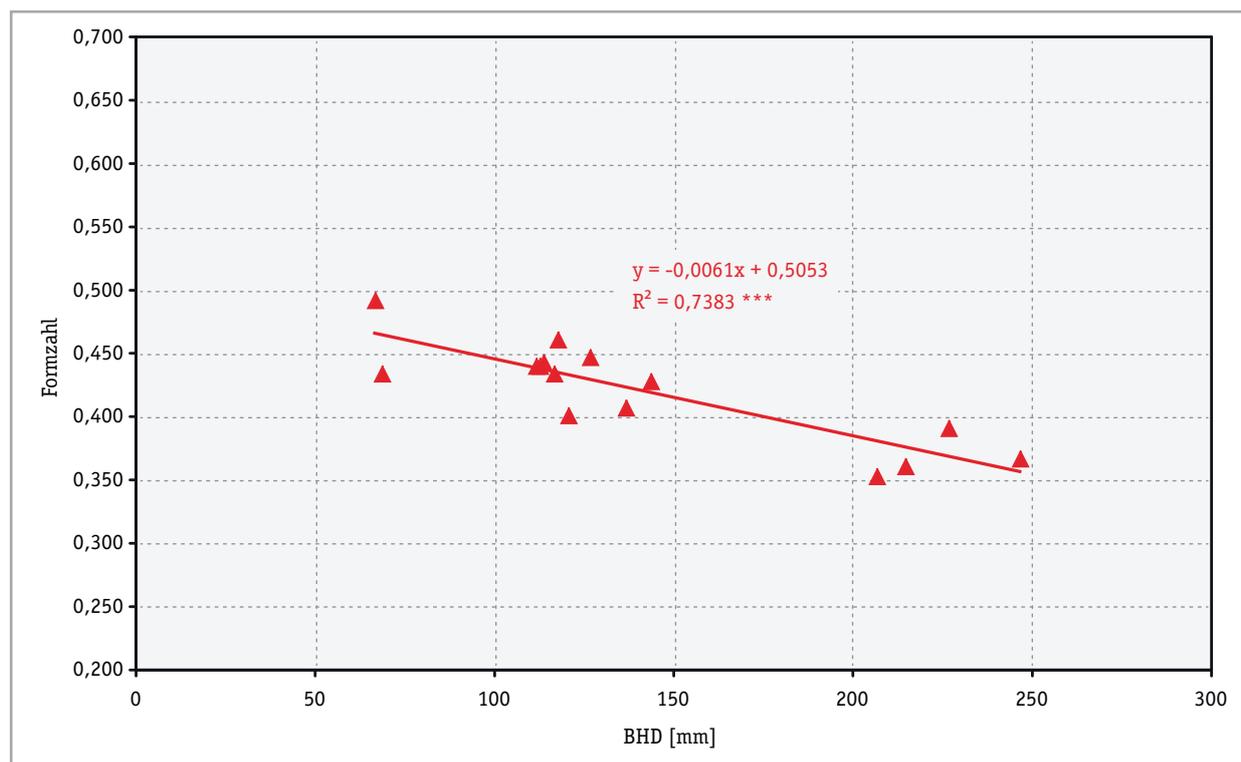


Abbildung 79: Stammanalysen Folgebestand St. Martin - Formzahl

7.2.2.3 Nadelanalysen

Tabelle 14: Elementgehalte der Nadelproben St. Martin

Baum	% N		% P	% K	% Ca	% Mg	ppm Fe	ppm Mn	ppm Zn
	1. Njg.	2. Njg.	1. Nadeljahrgang						
1	1,35	1,01	0,19	0,77	0,34	0,13	24	970	31
2	1,49	1,38	0,22	0,76	0,39	0,12	32	948	37
3	1,48	1,52	0,18	1,08	0,46	0,13	33	1129	44
4	1,25	1,29	0,16	0,72	0,34	0,12	53	929	34
5	1,49	1,46	0,19	0,67	0,49	0,12	39	696	34
6	1,50	1,45	0,19	0,71	0,55	0,10	74	1131	41
7	1,48	1,32	0,19	0,93	0,32	0,12	34	963	40
8	1,48	1,24	0,18	0,65	0,29	0,11	35	779	21
9	1,42	1,55	0,17	0,86	0,45	0,17	39	1204	42
10	1,53	0,91	0,17	0,91	0,37	0,10	33	912	33

Die chemischen Analysen haben ergeben, dass beim Element Stickstoff im 1. Nadeljahrgang bei einem Baum eine mangelhafte ($\leq 1,30$), bei 8 Bäumen eine nicht ausreichende ($1,31-1,50$) und nur bei einem Baum eine ausreichende Versorgung gegeben ist. Bei Phosphor wurde bei allen Bäumen eine ausreichende Versorgung ($> 0,13$) festgestellt. Mit Kalium sind alle Bäume ausreichend ($> 0,42$) versorgt, Kalzium war bei vier Bäumen in nicht ausreichendem Maße vorhanden. Der Grenzwert für nicht ausreichende Versorgung mit Magnesium von $0,11$ wurde von 7 Bäumen über-

schritten. Sowohl bei Eisen als auch bei Zink konnte nur bei einem Baum eine unter dem Optimalbereich liegende Versorgung analysiert werden. Mit Mangan waren alle Bäume optimal versorgt (Tab. 14).

Ergänzend wurde noch das durchschnittliche Gewicht von 100 Nadeln beider Nadeljahrgänge erhoben. Die Werte sind in Tabelle 15 zusammengefasst.

Tabelle 15: 100 Nadelgewichte St. Martin (in mg)

Baum	1. Njg.	2. Njg.
1	462	583
2	330	442
3	396	428
4	520	605
5	414	541
6	423	519
7	630	789
8	405	514
9	349	391
10	366	521

7.2.3 Vergleich Wuchsleistung Vor- und Folgebestand

7.2.3.1 Bestandesmessung

Der Versuch wurde bei einem Bestandesalter von 67 Jahren eingerichtet, der Folgebestand weist hingegen ein durchschnittliches Alter von 28 Jahren auf. Deshalb können die ertragskundlichen Kenndaten auch nicht direkt miteinander verglichen werden, weil keine altersmäßige Überlappung gegeben ist. Der Vergleich ist auch deshalb schwierig, weil die Altersdifferenz zwischen den Beständen mit 39 Jahren doch sehr groß ist. Beim grafischen Vergleich der Gesamtwuchsleistungen kann man erkennen, dass die Gesamtwuchsleistung des Folgebestandes über der Wuchsleistung des Vorbestandes liegt (Abb. 80).

Als wesentlich besserer Vergleichsparameter kann aber in diesem Fall die Oberhöhe herangezogen werden. Vergleicht man die Oberhöhenbonitäten der Ertragstafel Fichte Bayern ergeben sich zwischen Vor- und Folgebestand deutliche Unterschiede. Im Vorbestand ergibt sich aufgrund der Oberhöhe eine 11. Ertragsklasse (dGZ_{100}), im Folgebestand hingegen entspricht die Oberhöhe einer 16. Ertragsklasse und liegt somit um 5 Stufen höher. Auch bei grafischer Extrapolation des Oberhöhenverlaufes des Vorbestandes gegen 0 kann eine größere Oberhöhe im Folgebestand erkannt werden (Abb. 81). Grundflächen- oder Durchmesservergleiche erscheinen aufgrund der großen Altersdifferenz nicht sinnvoll.

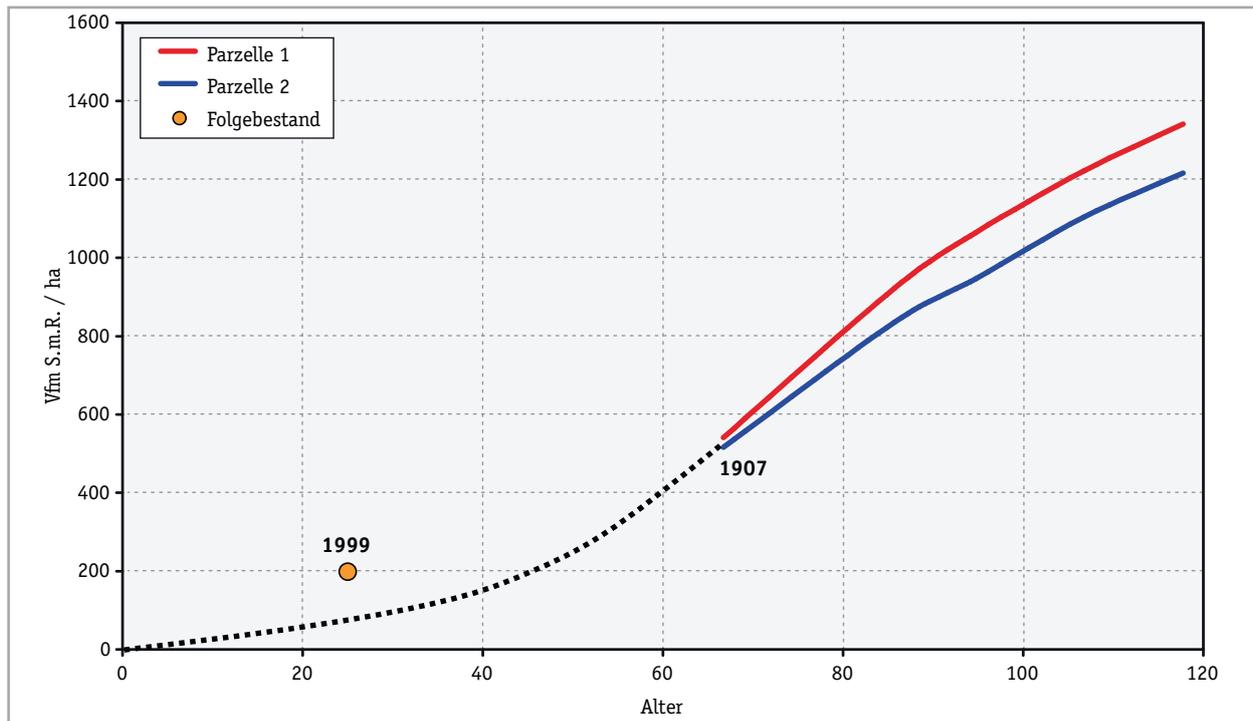


Abbildung 80: St. Martin - Vergleich der Gesamtwuchsleistung

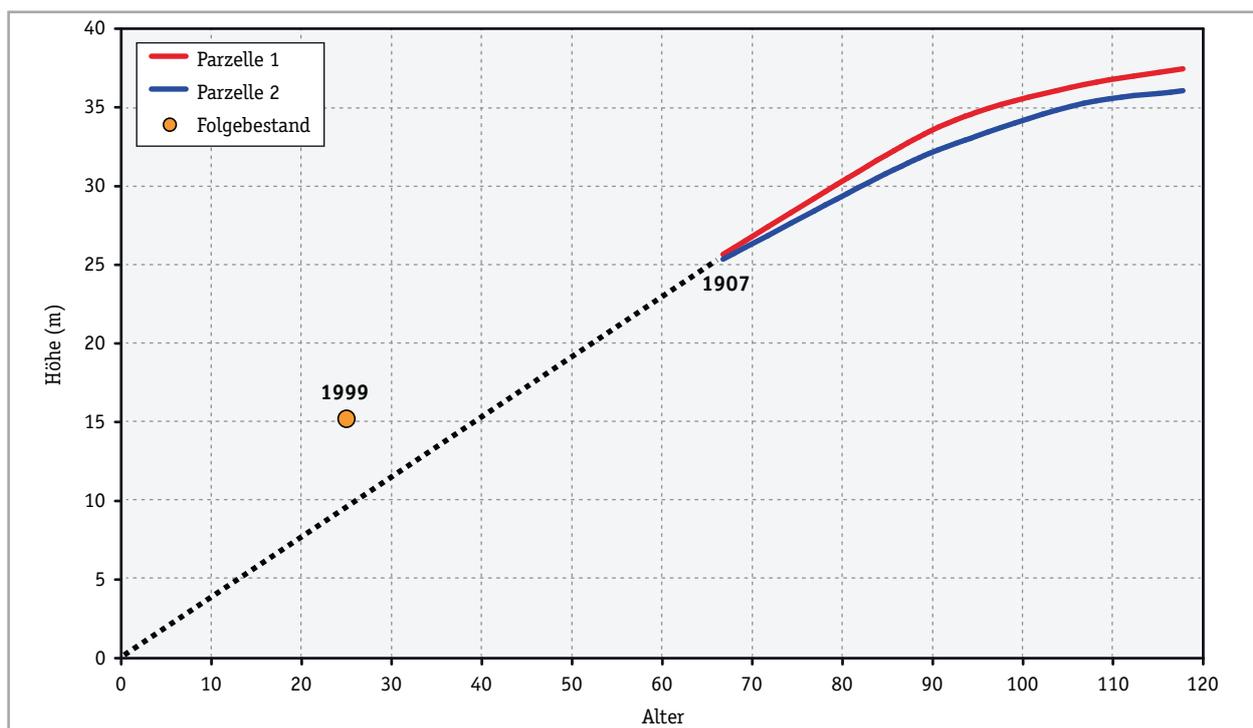


Abbildung 81: St. Martin - Vergleich der Oberhöhe

Die ertragskundlichen Kenndaten des Vor- und Folgebestandes sind in Tabelle 16 zusammengefasst.

Tabelle 16: Ertragskundliche Kenndaten des Vor- und Folgebestandes St. Martin

	Vorbestand		Folgebestand
	Parzelle 1	Parzelle 2	Messung 1999
Alter	67 (1907)		28
Baumart	10 Fichte		10 Fichte
N/ha	1030	813	2750
DO (cm)	35,2	32,3	25,1
HO (m)	25,5	25,2	15,2
HO/DO	72	78	61
DG (cm)	24,3	24,5	12,6
HG (m)	22,1	22,4	10,1
HG/DG	91	91	80
G (m ² /ha)	47,6	38,3	34,0
V (Vfm/ha)	515	419	199
GWL (Vfm/ha)	535	510	199
SDI	984	787	916
EKL Fi Bayern	11		16

7.2.3.2 Stammanalysen

Die Wuchsentwicklung der Stammanalysenbäume zeigt zwischen Vor- und Folgebestand deutlich erkennbare Unterschiede. Keine eindeutigen Unterschiede erbrachte der Vergleich der Baumform durch Vergleich von BHD und D03. Ein linearer Ausgleich der Wertepaare ergibt beim Vor- und

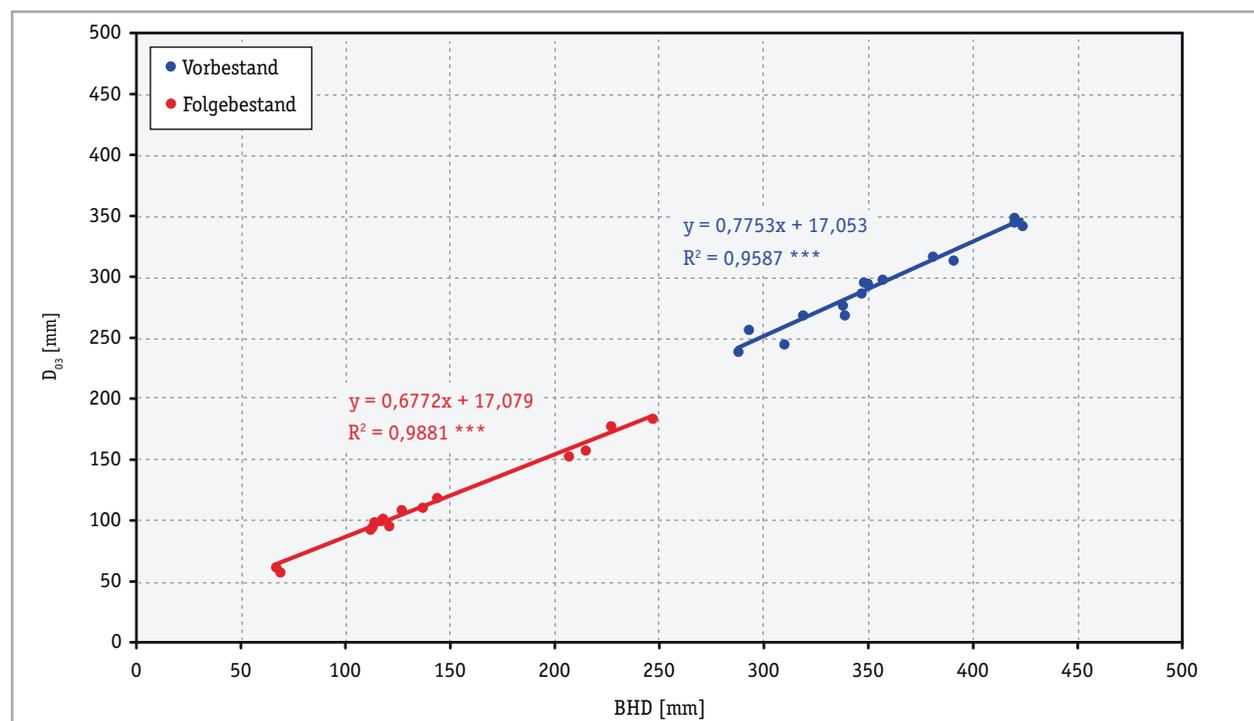


Abbildung 82: Stammanalysen St. Martin - BHD zu D03

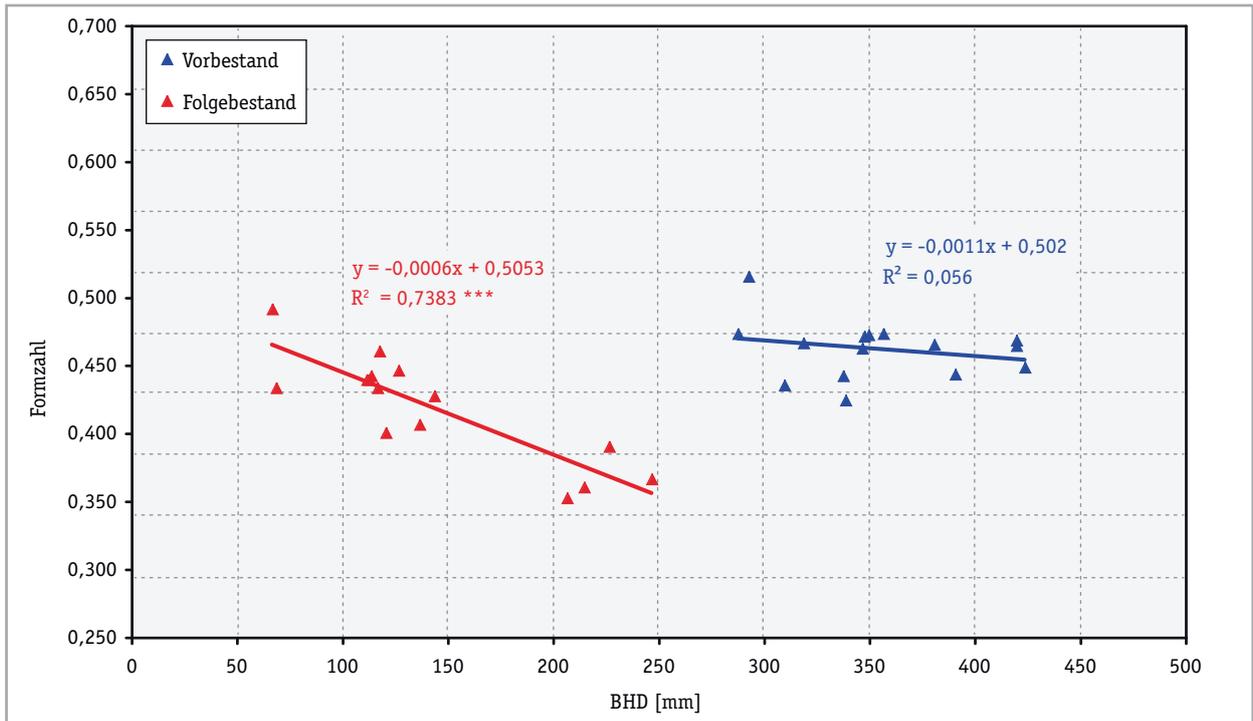


Abbildung 83: Stammanalysen St. Martin - Formzahl

Folgebestand sehr ähnliche Koeffizienten (Abb. 82). Die Berechnung der Formzahlen mittels Stammanalyse ergab im Folgebestand ein Absinken der Formzahlen mit steigendem Brusthöhen-durchmesser. Während die Formzahlen bei Durchmessern bis 15 cm zwischen 0,40 und 0,50 liegen, sinken sie bei einem Durchmesser über 20 cm unter 0,40. Im Vorbestand liegen die Formzahlen mit

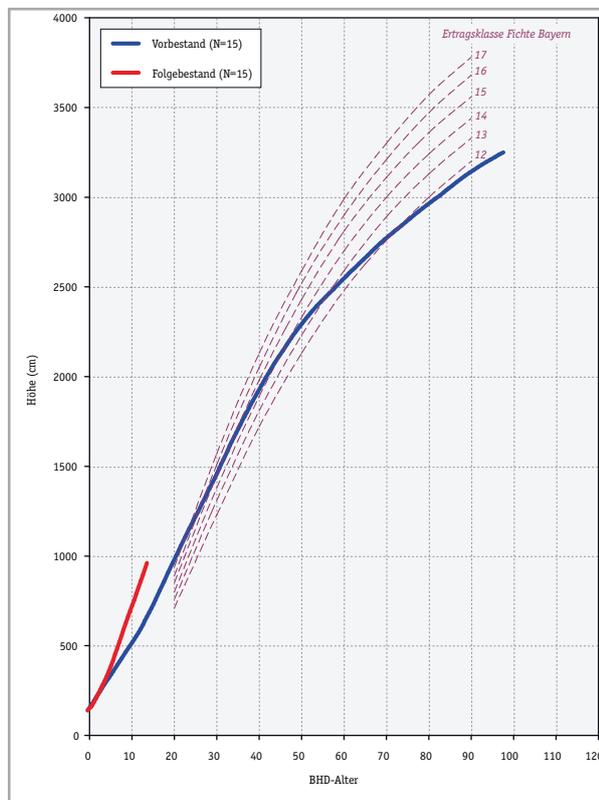


Abbildung 84: Stammanalysen St. Martin - Höhe

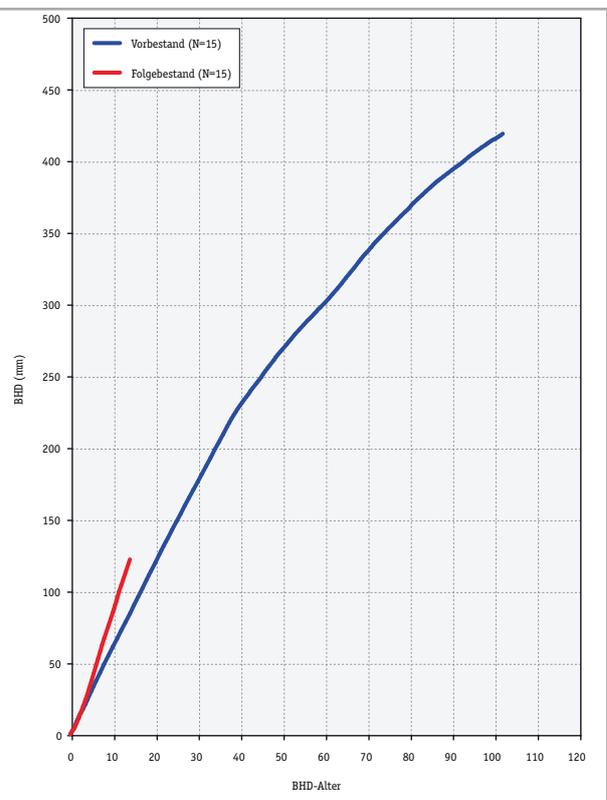


Abbildung 85: Stammanalysen St. Martin - BHD

einer einzigen Ausnahme über den gesamten Durchmesserbereich von 29 bis 42 cm zwischen 0,42 und 0,47 (Abb. 83).

Obwohl der Vergleichszeitraum des Höhenverlaufes von 14 Jahren aufgrund des geringen Alters des Folgebestandes kurz ist, kann bereits ein deutlicher Unterschied im Mittel aller Bäume festgestellt werden. Die Höhenentwicklung verläuft bei den Stammanalysen im Folgebestand wesentlich steiler als im Vorbestand. Nach einem BHD-Alter von 14 Jahren zeigen die Bäume aus dem Folgebestand im Durchschnitt ein um 44% besseres Höhenwachstum als die Bäume aus dem Vorbestand, die zu diesem Zeitpunkt eine mittlere Höhe von 6,5 m aufweisen (Abb. 84). Ein Vergleich der Oberhöhenkollektive erscheint nicht sinnvoll, weil die Stammanalysen aus dem Vorbestand nur einen einzigen Oberhöhenbaum beinhalten. Der Durchmesserzuwachs ist im Vergleich mit dem Vorbestand im Folgebestand ebenfalls größer. Der mittlere BHD beträgt bei einem BHD-Alter von 14 Jahren bei den Bäumen aus dem Folgebestand 12,2 cm und ist um 46% größer als bei den Bäumen aus dem Vorbestand (Abb. 85).

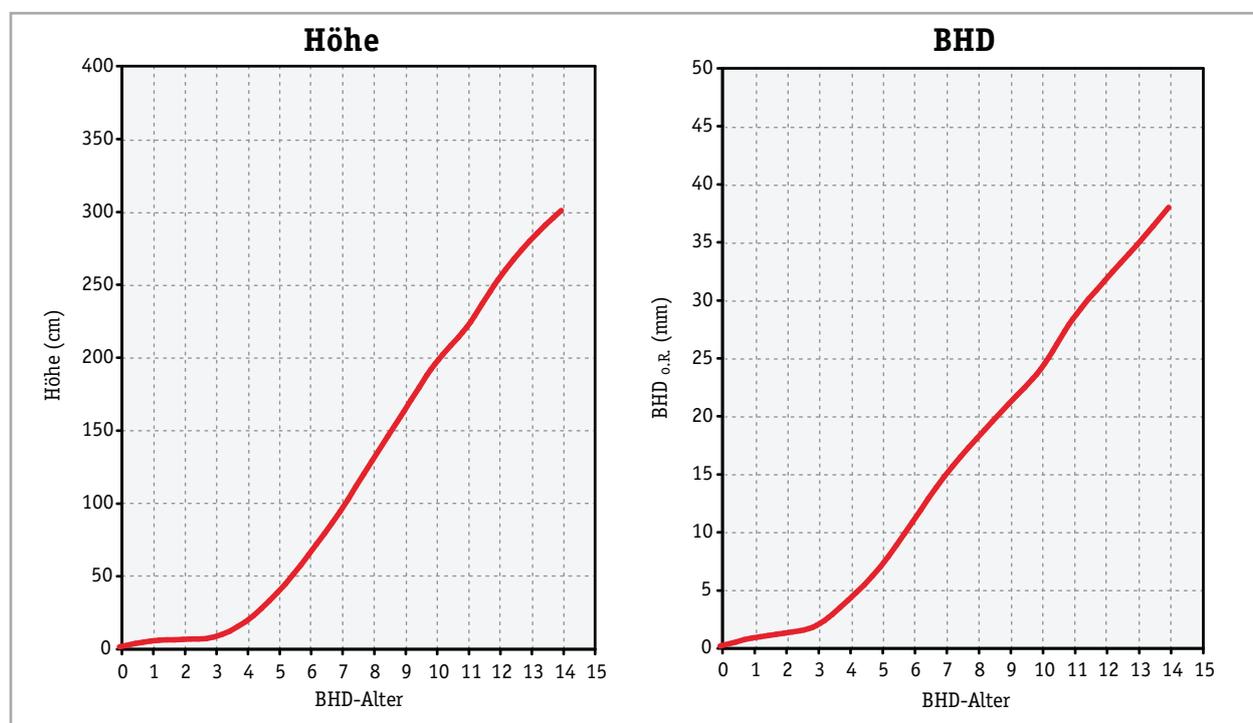


Abbildung 86: Stammanalysen St. Martin - Höhen- und BHD-Mehrzuwachs im Folgebestand

Abbildung 86 zeigt die Entwicklung der Höhen- und BHD-Differenzen über dem BHD-Alter. Bis 3 Jahre nach Erreichen der Brusthöhe (1,3 m) verlaufen sowohl die Höhen als auch BHD-Entwicklungen annähernd gleich. Danach wird jedoch das bessere Wachstum im Folgebestand immer deutlicher. Beim BHD-Alter 14 haben die Analysenbäume im Mittel bereits einen Höhenvorsprung von 3 m sowie einen um 3,8 cm stärkeren BHD.

7.3 Versuch Thiersee

7.3.1 Vorbestand (Dauerversuch)

7.3.1.1 Bestandesmessung

Die Entwicklung der Stammzahl zeigt bei Einrichtung des Versuches 1903 bei einem Bestandesalter von bereits 83 Jahren zwischen den beiden Parzellen einen deutlichen Unterschied. Nachdem der Bestand laut Aufzeichnung im Lagerbuch erst 1894 also bei einem Alter von 74 Jahren das erste Mal durchforstet wurde, wurde er bei Versuchseinrichtung auf die programmgemäße Stammzahl gebracht. Die stark durchforstete Parzelle 2 wurde auf eine Stammzahl von 935 Bäume/ha gestellt, die lichtwuchsdurchforstete Parzelle 3 deutlich stärker auf 428 Bäume/ha. In den Folgejahren kam es wiederholt zu einzelnen Schneebrüchen, die auf Parzelle 2 bis zum Alter 108 zu einer nicht versuchsprogrammgemäßen Absenkung der Stammzahlen auf 817 Bäume/ha führte. Bei diesem Bestandesalter war auch eine reguläre weitere Durchforstung auf Parzelle 1 vorgesehen, die Stammzahl wurde um weitere 142 Bäume/ha auf 675 Bäume/ha abgesenkt. Der nächste nicht planmäßige größere Eingriff erfolgte im Krieg 1942 (Alter 122) mit einer Entnahme von 167 Bäumen/ha. Im Alter 128 wurde der Bestand auf die dem Versuchsplan entsprechende Stammzahl von 321 gebracht. Auf Parzelle 3 wurden bis zum Alter 128 nur geschädigte Bäume im Gesamtausmaß von 206 Bäumen/ha entnommen. Bei diesem Alter wurde der Bestand planmäßig auf 204 Bäume/ha gestellt. Bis 1958 gab es auf beiden Parzellen noch weitere Zufallsnutzungen, sodass bei Versuchsende die Stammzahlen auf Parzelle 1 164 Bäume und auf Parzelle 2 nur mehr 121 Bäume/ha betragen (Abb. 87).

Der Verlauf der Oberhöhe lässt auf beiden Parzellen einen ähnlichen Verlauf erkennen. Bei Versuchsbeginn ist die Oberhöhe auf den Parzellen mit 27,2 bzw. 27,3 m fast gleich hoch. Auf Parzelle 3 verläuft der Kurvenanstieg geringfügig steiler als auf Parzelle 2, wobei der Maximalunterschied aber nur 50 cm beträgt. Beim Vergleich mit der Ertragstafel Fichte Bayern ist ein deutliches Abwei-

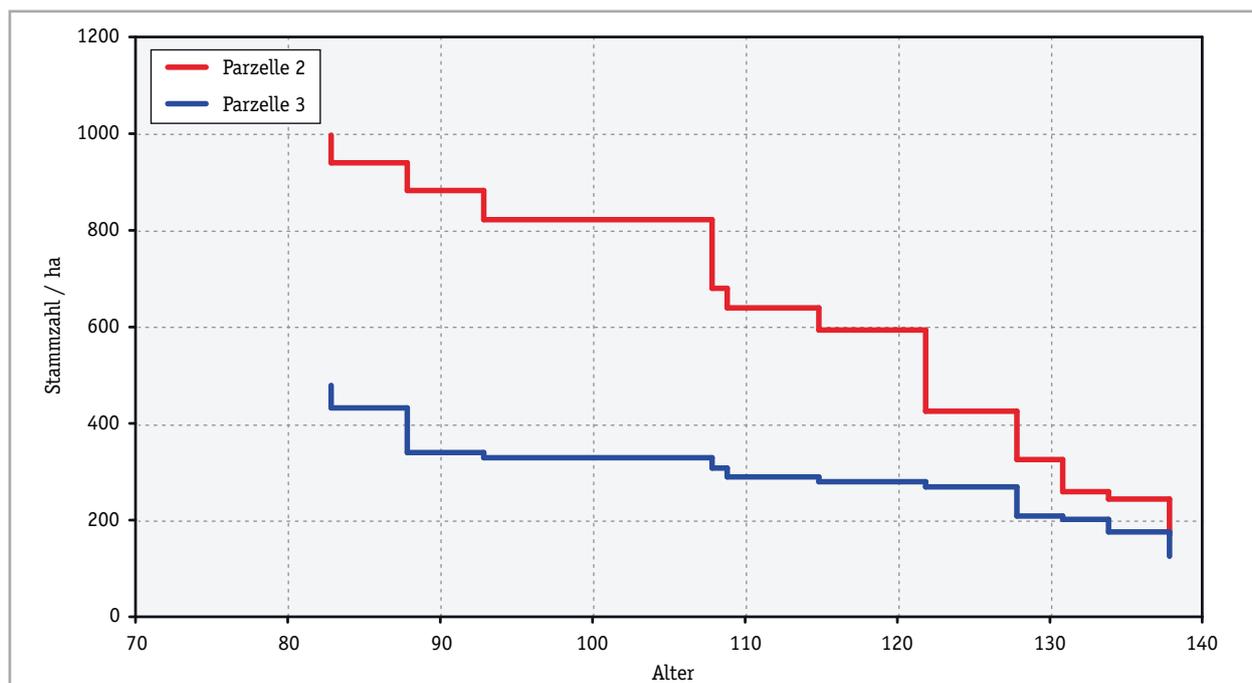


Abbildung 87: Vorbestand Thiersee - Stammzahl

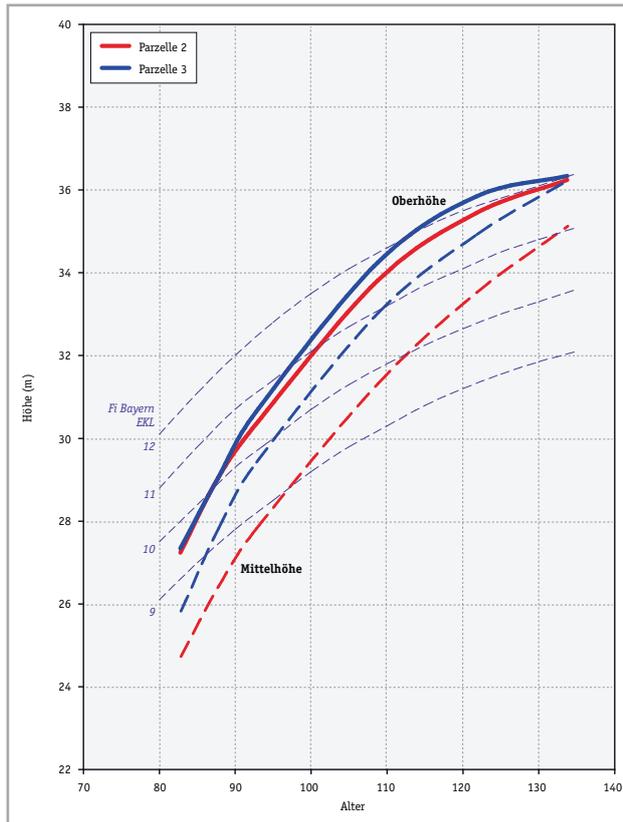


Abbildung 88: Vorbestand Thiersee - Höhe

chen von den Ertragstafelwerten erkennbar. Der Anstieg verläuft wesentlich steiler, als es der Ertragstafel entsprechen würde. Bei Versuchsbeginn im Alter 83 liegt die Oberhöhenbonität zwischen 9 und 10, gegen Versuchende entspricht die Oberhöhe hingegen einer 12. Ertragsklasse. Eine wenn auch nur geringe Differenz zeigt sich beim Vergleich der Bestandesmittelhöhe. Die Höhe auf Parzelle 3 liegt um maximal 1,7 m über der Höhe auf Parzelle 2. Der etwas steilere Anstieg auf Parzelle 3 ist auch hier erkennbar (Abb. 88).

Wie die Stammzahlen bereits gezeigt haben, bestanden bereits bei Versuchsbeginn deutliche Unterschiede zwischen den Parzellen. Diese Standraumunterschiede wirkten sich auch auf die Durchmesser des Grundflächenmittelstammes aus. Auf Parzelle 3 liegt der BHD bei 30,1 cm und ist somit bereits um 4,2 cm größer als auf Parzelle 2. In weiterer Folge bis zum Alter 122 verläuft der mittlere BHD-Zuwachs auf beiden Parzellen annähernd gleich. Der Eingriff im Alter 122 bewirkte durch die Standraumerweiterung auf Parzelle 2 ein etwas stärkeres Dickenwachstum als auf

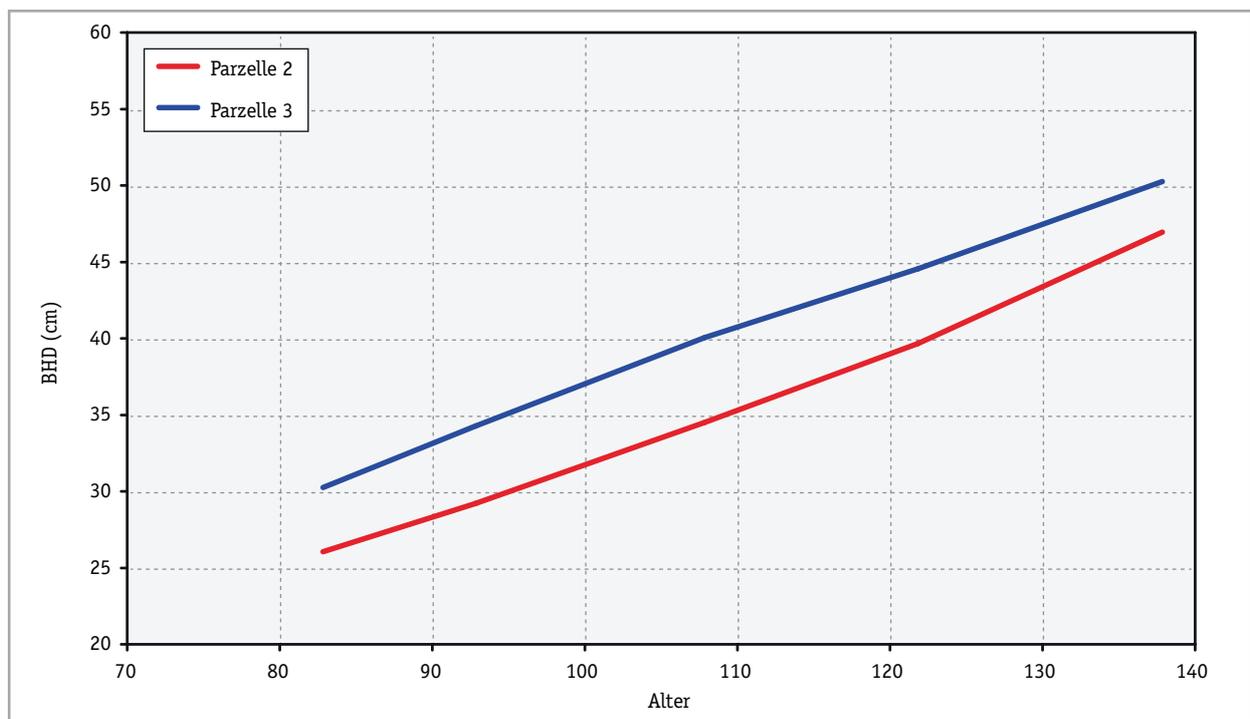


Abbildung 89: Vorbestand Thiersee - BHD des Grundflächenmittelstammes

Parzelle 3, sodass bei Versuchsende ein Unterschied von 3,3 cm bestand (Abb. 89).

Die HD Werte des Grundflächenmittelstammes liegen auf Parzelle 2 im Alter 83 mit 95 relativ hoch. Auf Parzelle 3 wurde ein Wert von 86 festgestellt, was für eine etwas größere Stabilität des Bestandes spricht. Ab dem Alter 93 sinken die HD Werte auf beiden Parzellen kontinuierlich, wobei dieses Absinken auf Parzelle 2 durch die Entnahme von den dünneren Bäumen mit hohen HD Werten etwas stärker ist. Bei Versuchsende liegen die HD Werte auf beiden Parzellen unter 80, auf Parzelle 2 bei 73 und auf Parzelle 3 bei 76 (Abb. 90).

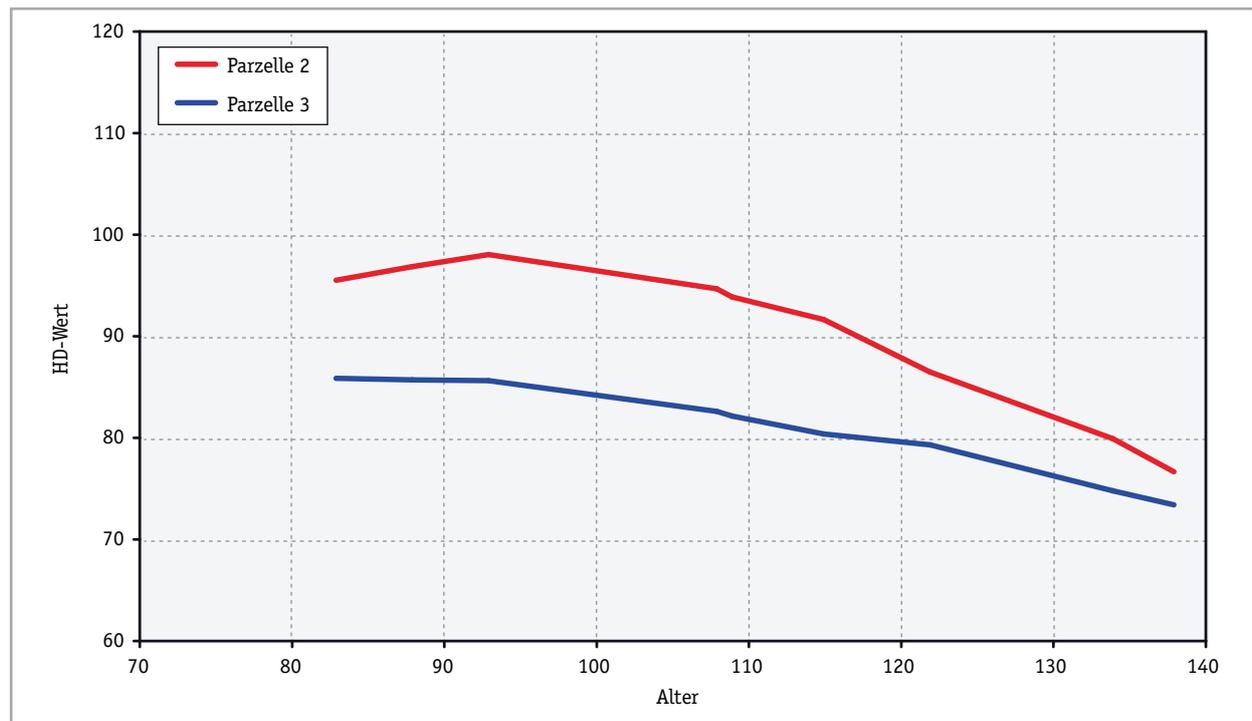


Abbildung 90: Vorbestand Thiersee - HD-Wert des Grundflächenmittelstammes

Die Bestandesgrundflächen liegen bei Versuchsbeginn bei 51,0 und 32,9 m²/ha und weisen somit einen Unterschied von 18,1 m² auf. Nachdem es auf Parzelle 3 nur sehr wenige Baumentnahmen gibt, steigt auf dieser Parzelle die Grundfläche mehr oder weniger durchgehend an, um im Alter 134 den Maximalwert von 44,9 m²/ha zu erreichen. Auf Parzelle 2 steigt die Grundfläche bis zum Alter 108 auf 63,5 m²/ha und bleibt trotz Entnahmen bis zum Alter 122 auf einem Niveau zwischen 57 und 61 m²/ha. Erst danach wird die Grundfläche deutlich abgesenkt und entspricht im Alter 128 mit 43,2 m²/ha dem Niveau von Parzelle 3. Bei Versuchsende wurden Grundflächen von 28,3 (Parzelle 2) und 23,9 (Parzelle 3) berechnet (Abb. 91).

Die Gesamtwuchsleistungen unterscheiden sich bei Versuchsbeginn mit 697 (Parzelle 2) und 708 Vfm/ha auf Parzelle 3 nur um 11 Vfm/ha. Bei diesen Wuchsleistungen wurde die im Lagerbuch vermerkten Aushiebsmassen von 54 Vfm/ha auf Parzelle 2 und 297 Vfm/ha auf Parzelle 3, die unmittelbar vor Versuchseinrichtung entnommen wurden, berücksichtigt. In den folgenden Jahren blieb die Gesamtwuchsleistung auf Parzelle 3 durch die sehr niedrige Stammzahlhaltung hinter der Leistung auf Parzelle 2 zurück, wodurch sich die Differenz bis zum Alter 138 auf 121 Vfm/ha vergrößerte. Bei Versuchsende betragen die Gesamtwuchsleistungen 1375 auf Parzelle 2 und 1254 Vfm/ha auf Parzelle 3. Die Bestandesvorräte weisen im Alter 83 Schaftholzmassen von 621 bzw. 381 Vfm/ha auf. Auf Parzelle 2 steigt der Vorrat bis zum Alter 108 stetig bis auf 874 Vfm/ha an.

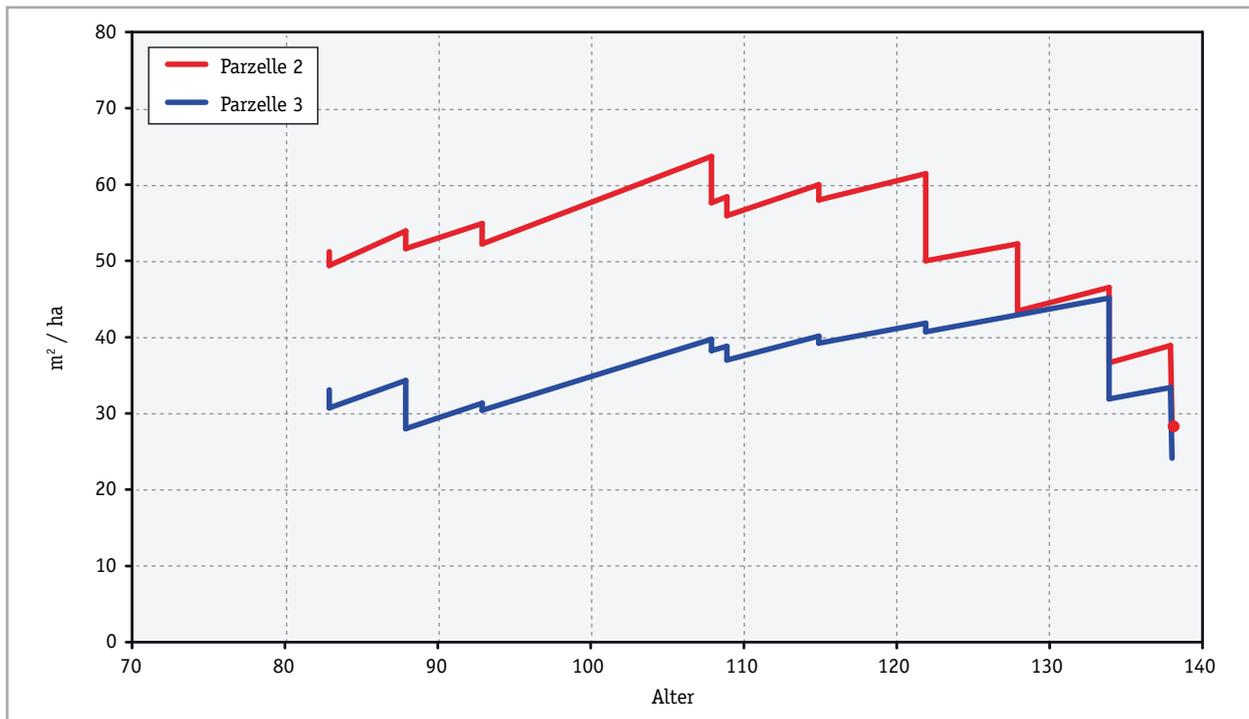


Abbildung 91: Vorbestand Thiersee - Grundfläche

Danach sinken die Vorräte durch die Entnahmen bis auf 457 Vfm/ha im Alter 138 ab. Auf Parzelle 3 steigt der Vorrat bis zum Alter 122 auf den Maximalwert von 643 Vfm/ha an. Im Alter 138 beträgt der Bestandesvorrat auf dieser Parzelle 391 Vfm/ha und liegt somit um 66 Vfm/ha unter dem Vorrat auf Parzelle 2 (Abb. 92).

Der Stand Density Index liegt auf beiden Parzellen unter dem maximalen SDI des Ertragstafel-

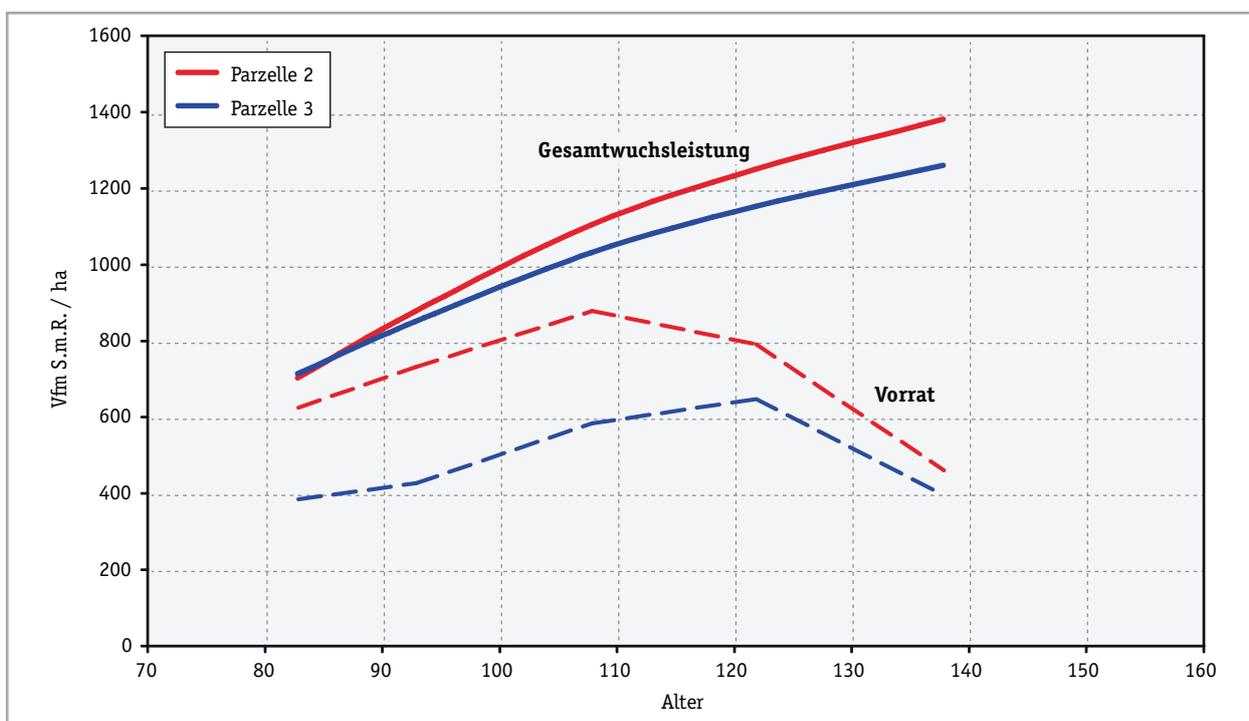


Abbildung 92: Vorbestand Thiersee - Gesamtwuchsleistung und Vorrat

gebietes Fichte Bayern von 1280. Im Alter 83 betragen die Werte 990 auf Parzelle 2 und 577 auf Parzelle 3. Auf Parzelle 2 bleibt der SDI bis zum Alter 122 bzw. einer Oberhöhe von 35 m ziemlich konstant um 1000. Erst danach bewirken die starken Entnahmen ein rasches Absinken auf einen Wert von 449. Ähnlich, nur auf einem wesentlich niedrigeren Niveau, ist die Entwicklung auf Parzelle 3. Die Werte variieren zwischen 500 und 650, wobei der Wert am Beobachtungsende 495 beträgt (Abb. 93, Abb. 94).

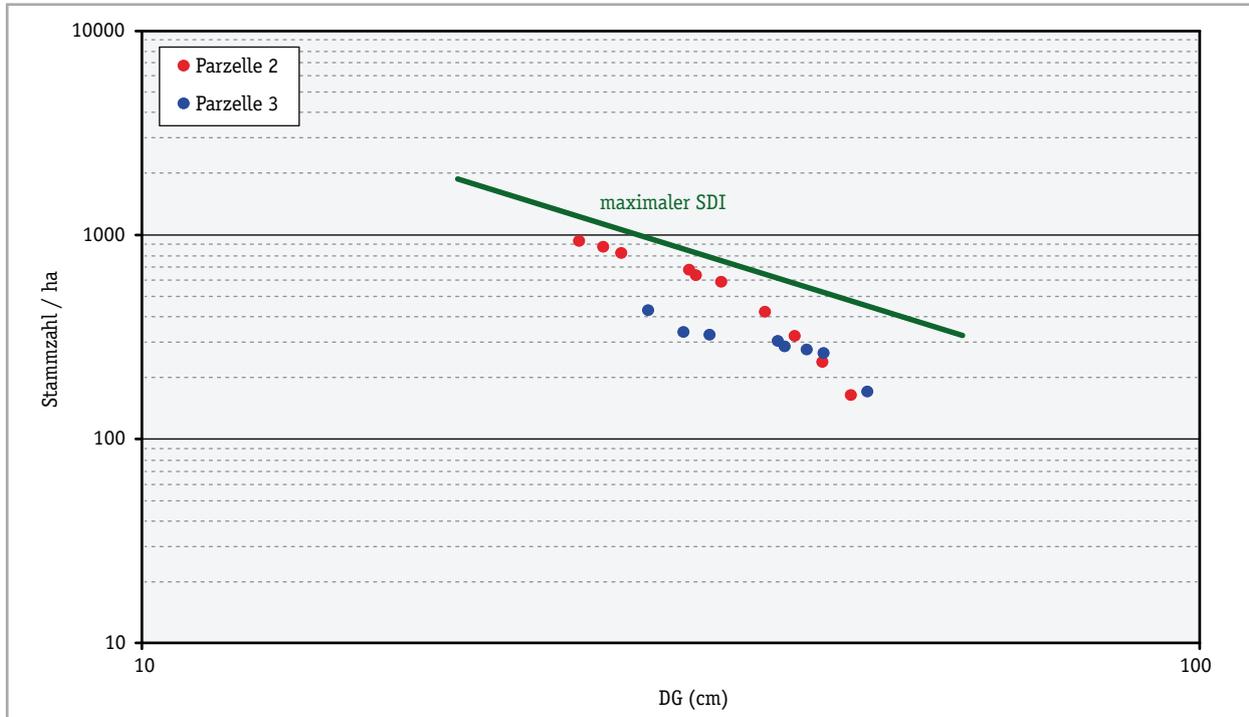


Abbildung 93: Vorbestand Thiersee - Stand Density Index

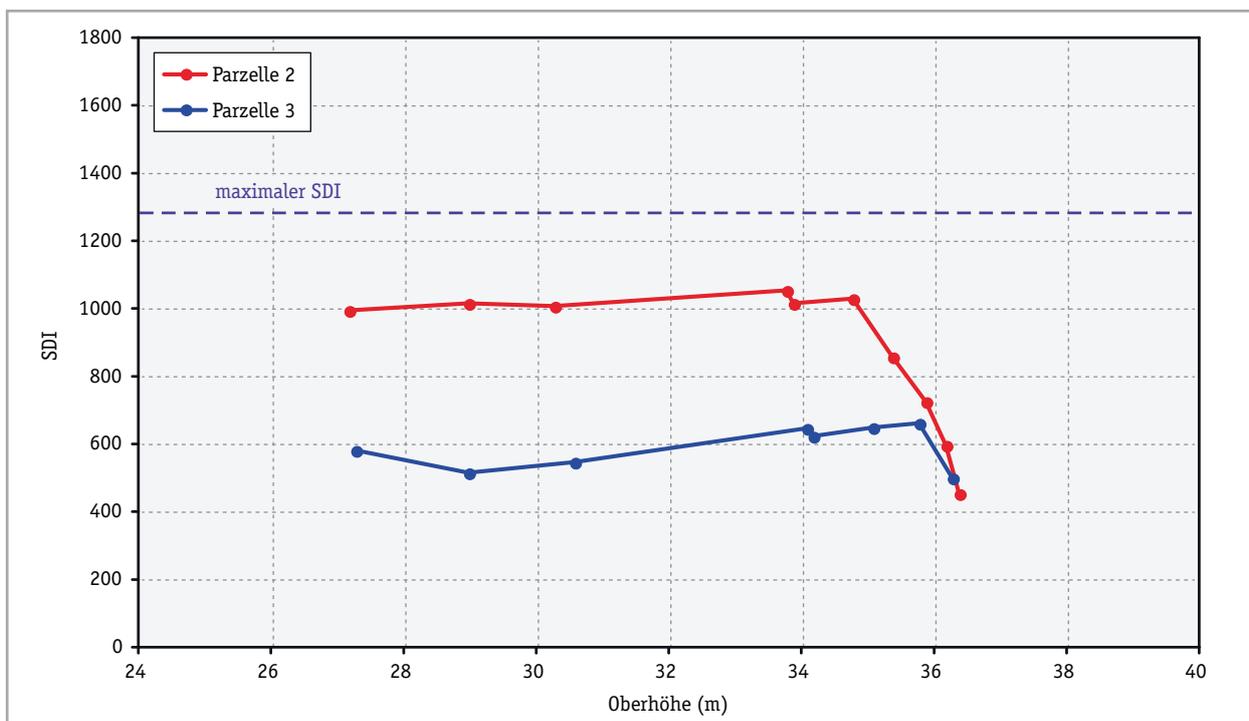


Abbildung 94: Vorbestand Thiersee - Stand Density Index über Oberhöhe

Ertragskundliche Bestandesdaten der Versuchsfläche Thiersee über die gesamte Versuchsdauer sind im Anhang tabellarisch dargestellt.

7.3.1.2 Stammanalysen

Es konnten Messdaten von nur insgesamt 3 Stammanalysen (1 Fichte, 2 Tannen) aus dem Jahr 1954 untersucht werden. Die Jahrringanzahl am Stock beträgt bei der Fichte 134 Jahrringe, bei den beiden Tannen 121 bzw. 127 Jahrringe. Eine Tanne und die Fichte stammen aus dem Oberhöhenbereich, eine Tanne aus den unteren BHD-Bereich (Abb. 95).

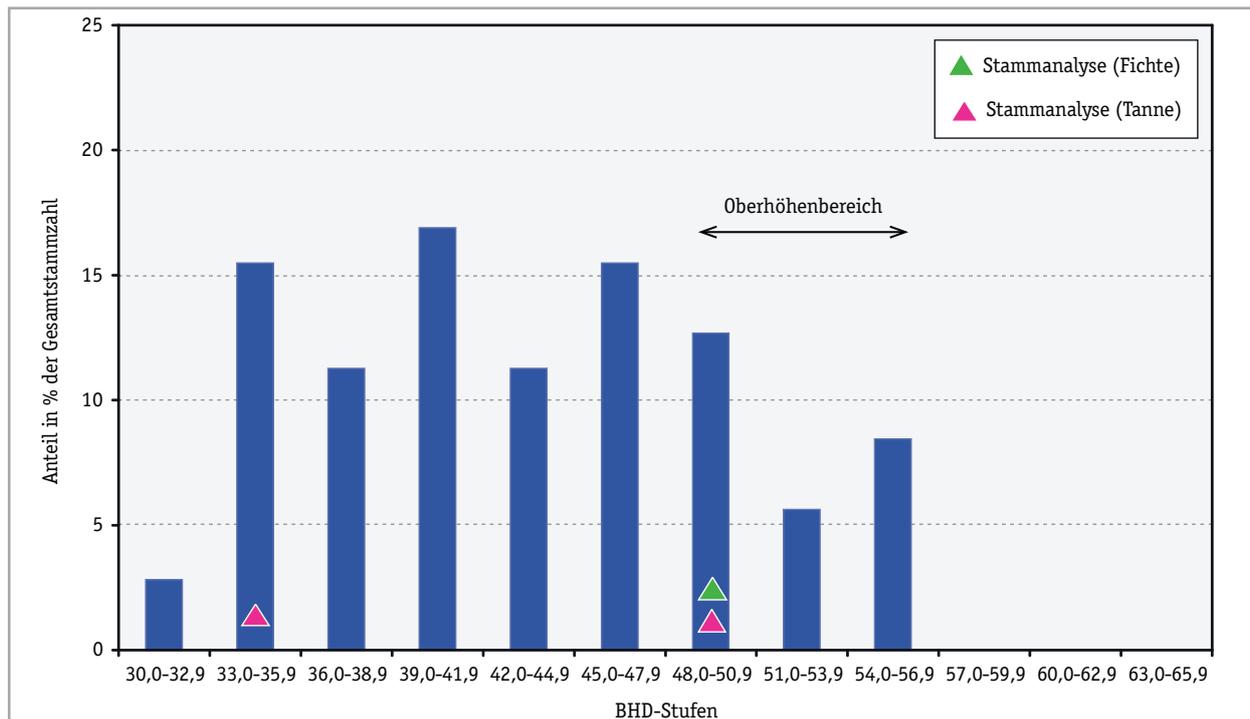


Abbildung 95: Vorbestand Thiersee - Verteilung der Stammanalysen

In der folgenden Tabelle 17 sind einige Kennzahlen der Analysenbäume zusammengefasst.

Tabelle 17: Kennzahlen der Analysenbäume aus dem Vorbestand Thiersee

Nr	Baumart	Höhe (m)	BHD m.R. (cm)	BHD o.R. (cm)	D03 o.R. (cm)	Formzahl Analyse
1	Fichte	37,85	48,2	46,6	38,9	0,476
2	Tanne	28,47	33,0	29,9	25,9	0,524
3	Tanne	37,28	49,3	46,5	38,3	0,500

Die Höhenentwicklung über dem Kalenderjahr zeigt bei den beiden Bäumen aus dem Oberhöhenbereich bei einer altersbedingten Verschiebung einen ähnlichen Anstiegsverlauf. Die zweite Tanne, die jüngste der 3 Bäume, bleibt von Beginn an in der Höhenzuwachsleistung zurück (Abb. 96). Bei Ansatz eines einheitlichen BHD-Alters verläuft die Höhenentwicklung ab Erreichen der Brusthöhe bei der Fichte und Tanne aus dem Oberhöhenbereich fast gleich. Die Entwicklung der 2. Tanne zeigt bei einem BHD-Alter von 111 Jahren eine um über 8 m geringere Höhe als die übrigen Bäume (Abb. 97).

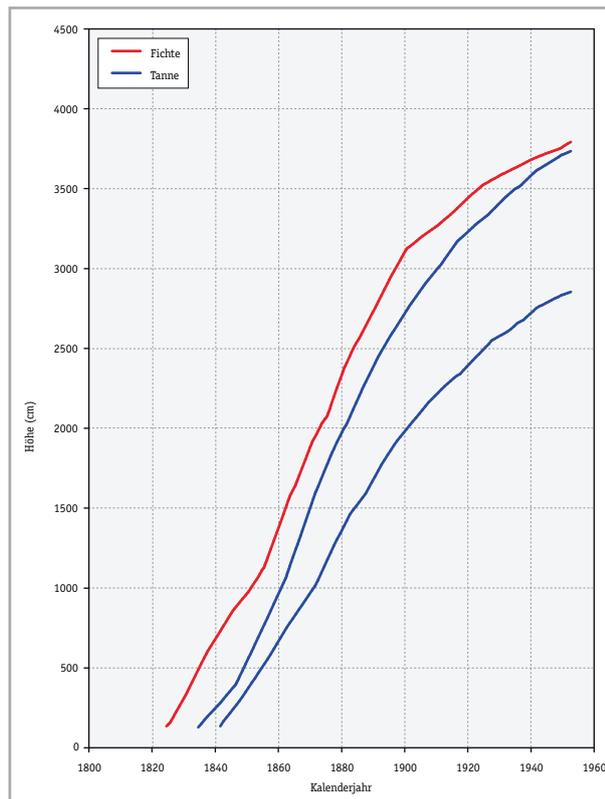


Abbildung 96: Stammanalysen Vorbestand Thiersee
Höhe

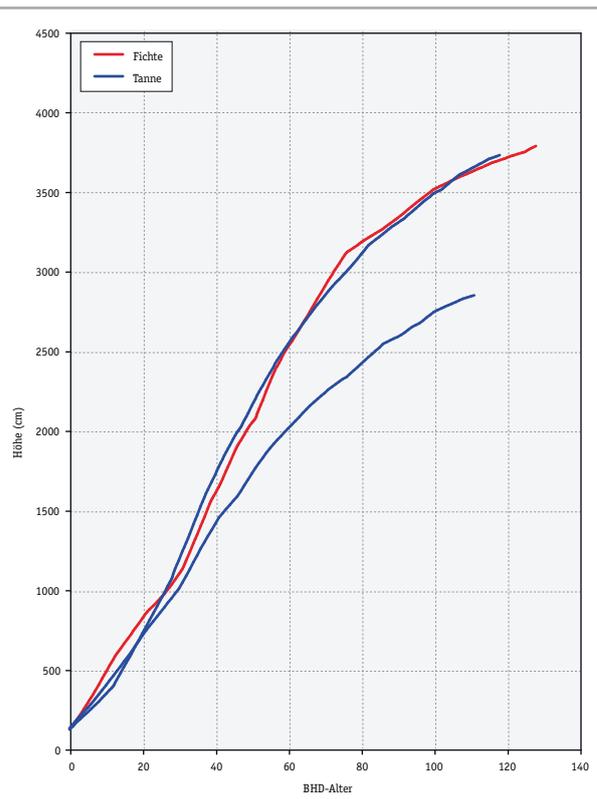


Abbildung 97: Stammanalysen Vorbestand Thiersee
Höhe über BHD-Alder

Bei Beurteilung des Radialzuwachses in Brusthöhe fällt vor allem der kurzfristige Zuwachsanstieg der Fichte ab dem Jahr 1900 auf. Dieser dürfte darauf zurückzuführen sein, dass dieser Baum bei den damaligen Nutzungen durch eine Standraumerweiterung begünstigt worden ist und daher einen deutlichen Lichtungszuwachs zeigt. Eine Tanne liegt in der Jugend deutlich über den beiden anderen Bäumen. Zum Fällungszeitpunkt 1953 liegen die Jahringbreiten zwischen 0,7 und 1,5 mm (Abb. 98).

Das bessere Dickenwachstum der vorhin erwähnten Tanne in der Jugend spiegelt sich natürlich auch beim Vergleich der BHD-Entwicklung wider. Der Maximalvorsprung gegenüber der Fichte beträgt bei einem BHD-Alder von 72 Jahren 7,4 cm, mit zunehmendem Alter verringert sich dieser Vorsprung durch stärkeres Wachstum der Fichte auf ungefähr 2 cm. Die schwächere Tanne bleibt beim Brusthöhendurchmesser gegenüber der Fichte zum Fällungszeitpunkt um 13 cm zurück (Abb. 99).

In Abbildung 100 ist der D03 über dem BHD ohne Rinde berechnet dargestellt. Die 3 Werte liegen auf einer Geraden mit dem Anstieg 0,793. Auch ist erkennbar, dass sowohl bei der Fichte als auch der Tanne mit gleichem BHD die Durchmesser in 3/10 der Baumhöhe gleich groß sind. Die Formzahlen berechnet aus den Stammanalysen liegen bei den beiden Bäumen mit einem BHD um 46 cm bei der Fichte bei 0,476, bei der Tanne genau bei 0,500. Für die dünnere Tanne mit einem BHD von 29,9 cm wurde eine etwas höhere Formzahl von 0,524 berechnet.

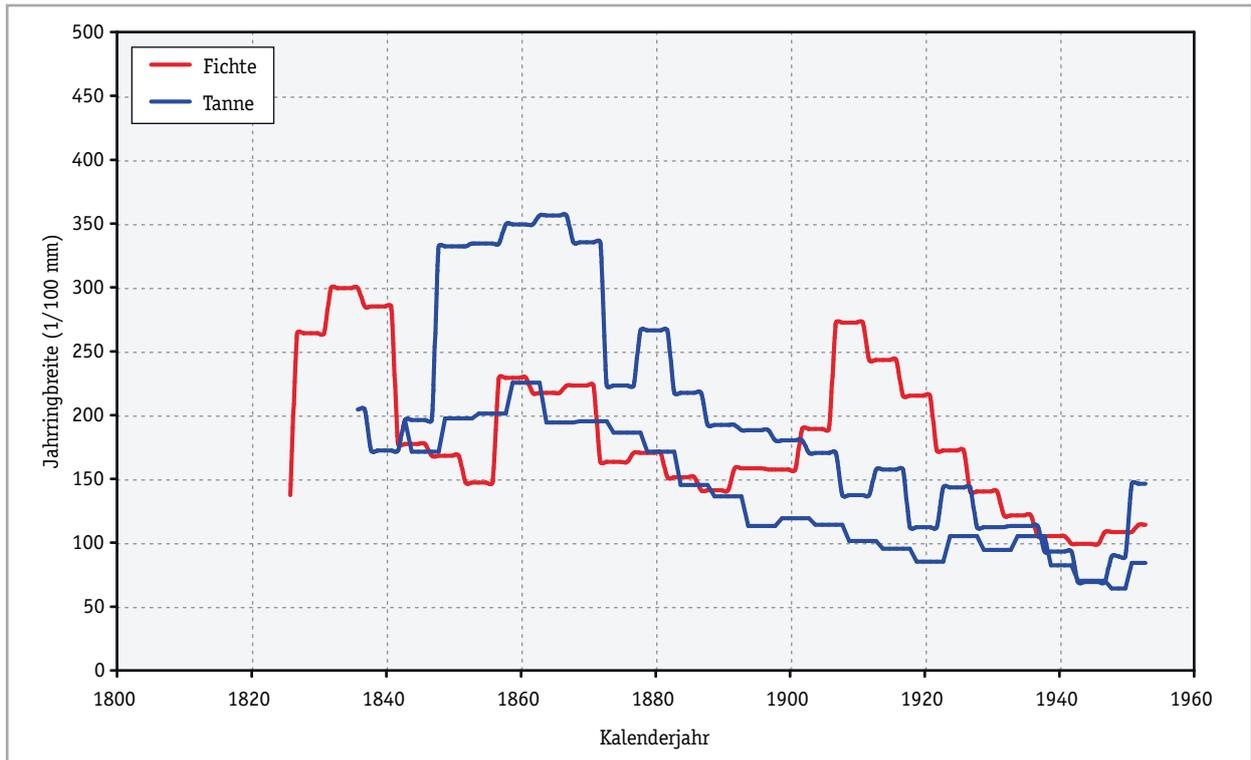


Abbildung 98: Stammanalysen Vorbestand Thiersee - Mittlerer Radialzuwachs in Brusthöhe

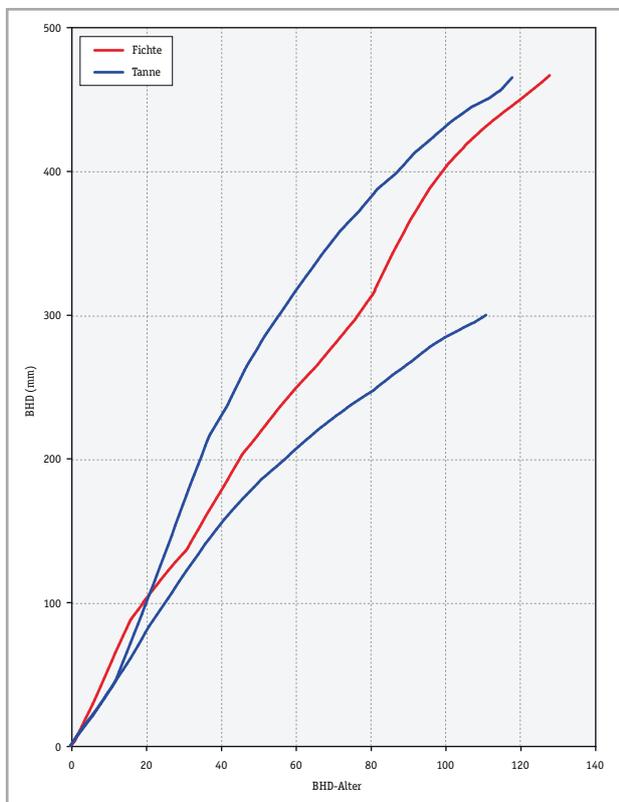


Abbildung 99: Stammanalysen Vorbestand Thiersee
Mittlere BHD-Entwicklung

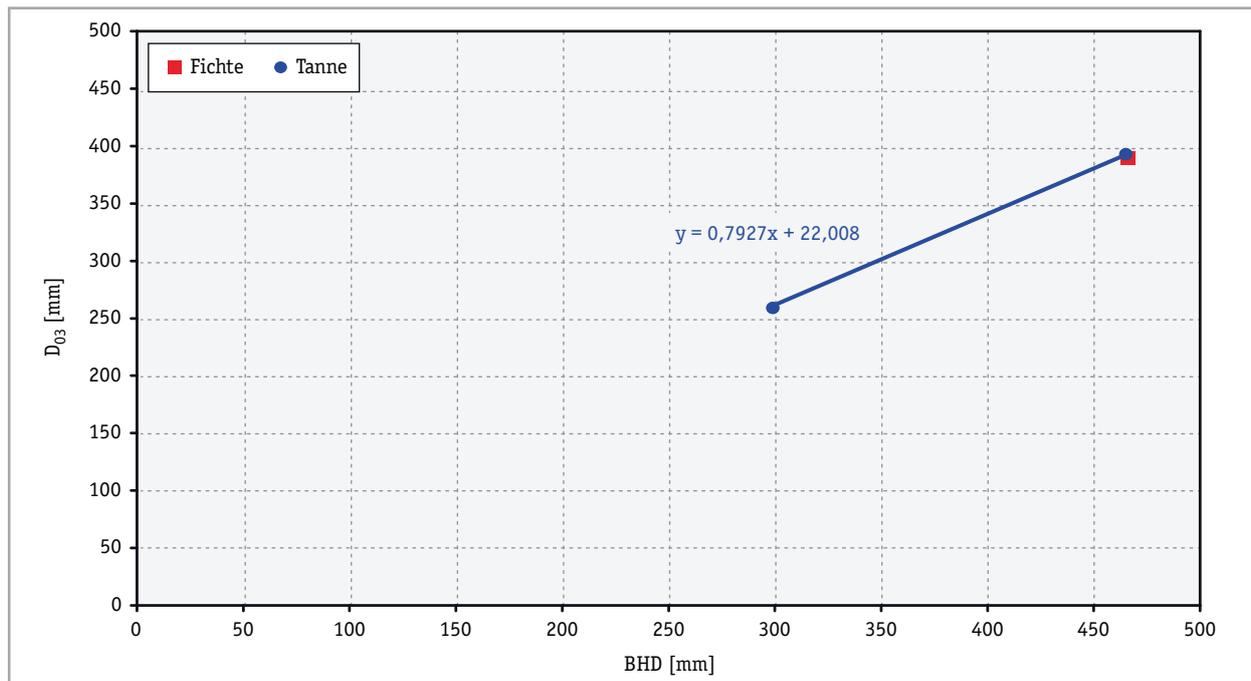


Abbildung 100: Stammanalysen Vorbestand Thiersee - BHD zu D03

7.3.2 Folgebestand

7.3.2.1 Bestandesmessung

Die Messungen wurden in diesem naturverjüngten Bestand im Spätsommer 1999 durchgeführt. 9 Jahre zuvor wurde der Bestand erstmals durchforstet, wobei von insgesamt 2110 Bäumen/ha 1050, das entspricht einem Stammzahlanteil von 50%, entnommen wurden. Die Grundflächenab-senkung betrug 14,0 m²/ha, die Aushiebsmasse 108 Vfm/ha. Der Bestand wird zu 8/10 aus Fichte gebildet, der restliche Baumartenanteil verteilt sich mit je einem Zehntel auf Tanne und Ahorn. Die ertragskundlichen Kennzahlen des Bestandes sind in Tabelle 18 zusammengestellt:

Tabelle 18: Ertragskundliche Kennzahlen des Folgebestandes Thiersee

	verbleibend	Vornutzung
Jahr	1999	1990
Alter	50	41
N/ha	1060	1050
H0 (m)	22,1	
DO (cm)	30,9	
HG (m)	15,9	12,8
DG (cm)	19,2	13,0
HD/DG	83	98
G/ha (m ²)	30,8	14,0
V/ha (Vfm S.m.R.)	288	108
GWL (Vfm S.m.R.)	396	
SDI	681	

Der Vergleich mit der Ertragstafel Fichte Bayern hat ergeben, dass die Wuchsleistung aufgrund der Oberhöhe einer 13. Ertragsklasse entspricht. Sowohl bei der Stammzahl, der Grundfläche, beim Bestandesvorrat als auch der Gesamtwuchsleistung liegen die Ertragstafelwerte aber deutlich höher, weil die aktuelle Bestockung unter den Vorgaben der Ertragstafel liegt.

7.3.2.2 Stammanalysen

Es konnten Messdaten von insgesamt 16 Bäumen analysiert werden, verteilt auf 14 Fichten und 2 Tannen. Die Jahrringanzahlen auf der Stockscheibe variieren aufgrund des Entstehens des Bestandes aus Naturverjüngung stark. Es wurden Jahrringanzahlen zwischen 30 und 70 festgestellt. In der folgenden Tabelle 19 sind einige Kennzahlen der Analysenbäume zusammengefasst:

Tabelle 19: Kennzahlen der Analysenbäume aus dem Folgebestand Thiersee

Nr	Jahr-Fällung	Baumart	Höhe (m)	BHD m.R. (cm)	BHD o.R. (cm)	DO3 o.R. (cm)	Formzahl Analyse
1	1997	Fichte	19,4	21,1	18,0	15,1	0,476
2	1997	Fichte	22,5	25,9	22,8	18,9	0,452
3	1997	Fichte	20,9	24,9	22,3	17,9	0,426
4	1997	Fichte	16,7	18,9	17,0	14,4	0,459
5	1997	Fichte	15,5	17,7	15,3	12,9	0,454
6	1997	Fichte	19,8	19,0	16,9	13,5	0,428
7	1997	Tanne	16,3	22,4	20,0	16,5	0,440
8	1997	Fichte	22,3	23,2	20,9	18,6	0,488
9	1997	Fichte	19,7	20,8	18,6	15,7	0,462
10	1997	Fichte	17,8	16,0	14,3	12,4	0,494
11	1997	Tanne	19,2	22,7	20,3	17,6	0,479
12	1997	Fichte	17,8	18,9	16,5	13,7	0,454
13	1997	Fichte	18,4	19,6	16,3	12,9	0,446
14	1997	Fichte	17,7	18,0	16,1	13,4	0,454
15	1997	Fichte	19,9	20,5	18,3	15,4	0,458
16	1997	Fichte	17,2	17,8	15,3	12,8	0,473

Die Höhenentwicklung über dem Kalenderjahr zeigt wegen des unterschiedlichen Alters ein breites Band, das über die gesamte Zeit eine annähernd gleiche Breite aufweist. Die maximale Höhendifferenz beträgt 1972 6,1 m, im Jahr 1996 bei einer Maximalhöhe von 22 m 7,1 m. (Abb. 101). Der Vergleich der Höhenentwicklung ab Erreichen der Brusthöhe ergibt nach 5 Jahren eine maximale Höhendifferenz von 2,5 m. Bei einem BHD-Alter von 25 Jahren erhöht sich diese Differenz durch das unterschiedliche Höhenwachstum auf 7,3 m. Die Höhenentwicklung der beiden Tannen entspricht in etwa dem durchschnittlichen Höhenzuwachs der Fichte (Abb. 102).

Der Radialzuwachs in Brusthöhe zeigt vor allem in der Jugend eine starke Variation. Ein einheitliches Zuwachsverhalten kann in den Jahren 1976, 1984 und 1991 erkannt werden, indem hier bei den meisten Bäumen Zuwachsrückgänge erkennbar sind. Eindeutige Lichtungseffekte sind anhand der Jahrringverläufe nicht ableitbar (Abb. 103).

Die Durchmesserentwicklung in Brusthöhe zeigt einerseits mit zunehmendem Alter eine immer größer werdende Differenzierung und eine etwas steilere Zuwachsentwicklung der Tanne.

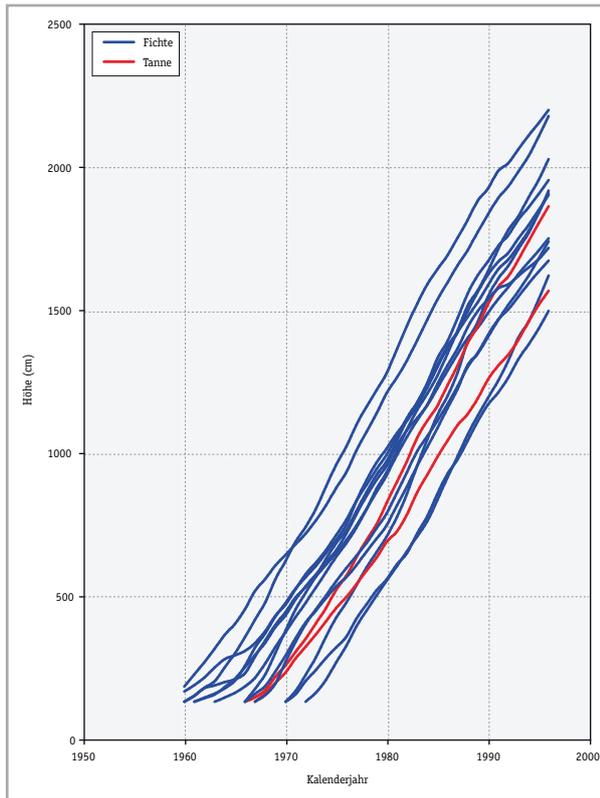


Abbildung 101: Stammanalysen Folgebestand Thiersee
Höhe über Kalenderjahr

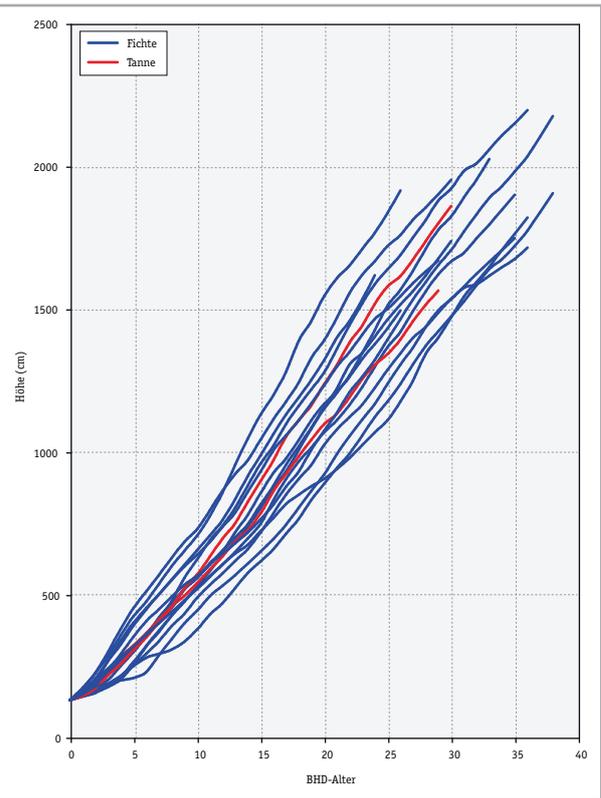


Abbildung 102: Stammanalysen Folgebestand Thiersee
Höhe über BHD-Alter

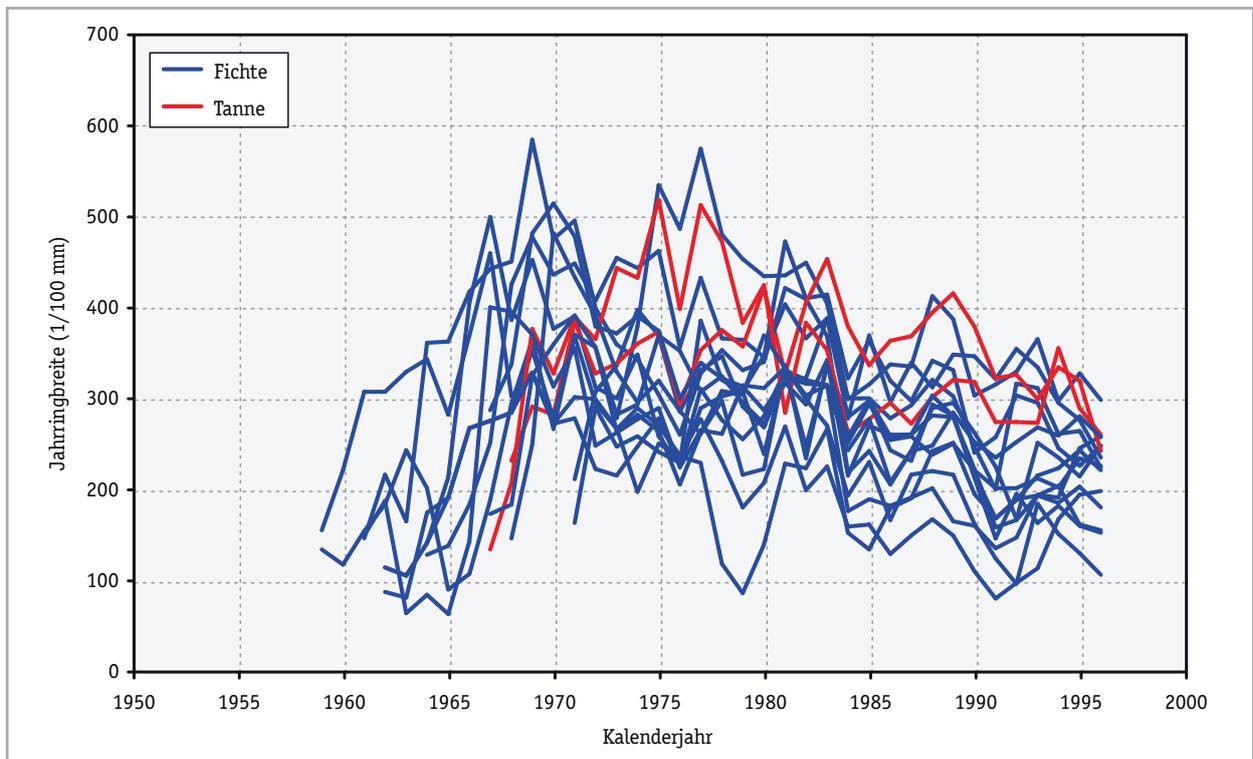


Abbildung 103: Stammanalysen Folgebestand Thiersee - Radialzuwachs in Brusthöhe

Die maximalen Durchmesserunterschiede betragen bei einem BHD-Alter von 5 Jahren 4,2 cm, bei einem Alter 30 bereits 8,1 cm. Der dickste Baum hat zu diesem Zeitpunkt einen BHD ohne Rinde von 20,9 cm. Die beiden Tannen liegen nur knapp darunter (Abb. 104).

Der Vergleich der D03 mit dem Durchmesser in Brusthöhe hat gezeigt, dass die Durchmesser in 3/10 der Höhe zwischen 79,1 und 88,0 % der BHD betragen. Der Ausgleich der Beziehung BHD zu D03 kann durch eine Gerade mit einem Anstieg von 0,8292 gut erklärt werden (Abb. 105). Alle Formzahlen liegen über den gesamten untersuchten BHD Bereich zwischen 0,426 und 0,494. Eine Änderung der Formzahlen in eine bestimmte Richtung bei Veränderung der Durchmesser ist nicht erkennbar (Abb. 106).

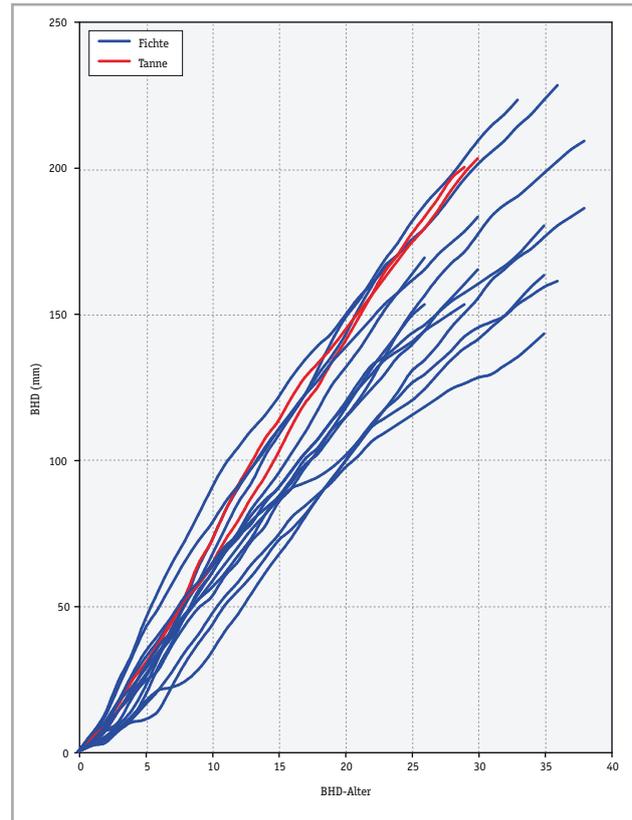


Abbildung 104: Stammanalysen Folgebestand Thiersee
BHD-Entwicklung

7.3.2.3 Nadelanalysen

Die Nadelproben geworben 2002 stammen aus dem Bereich des 7. Quirls. In Tabelle 20 sind die Elementgehalte der 10 Untersuchungsbäume zusammengestellt.

Tabelle 20: Elementgehalte der Nadelproben Thiersee

Baum	% N		% P	% K	% Ca	% Mg	ppm Fe	ppm Mn	ppm Zn
	1. Njg.	2. Njg.	1. Nadeljahrgang						
1	1,44	1,31	0,18	0,58	0,30	0,12	30	352	26
2	1,53	1,64	0,12	0,84	0,55	0,13	25	391	40
3	1,47	1,54	0,12	0,95	0,31	0,11	28	395	33
4	1,77	1,59	0,17	0,74	0,41	0,16	35	599	45
5	1,31	1,16	0,16	0,53	0,30	0,12	22	361	31
6	1,49	1,22	0,15	0,68	0,38	0,17	23	388	47
7	1,35	1,21	0,12	0,80	0,30	0,12	21	292	28
8	1,51	1,27	0,16	0,99	0,39	0,17	25	320	45
9	1,40	1,41	0,13	0,88	0,28	0,09	27	321	29
10	1,38	1,30	0,15	0,76	0,63	0,17	26	560	50

Die chemische Untersuchung der Nadeln hat ergeben, dass im 1. Nadeljahrgang 7 Bäume mit Stickstoff nicht ausreichend versorgt sind. Bei drei Bäumen wurde eine ausreichende Versorgung festgestellt. Mit Phosphor sind nur vier Bäume nicht ausreichend versorgt. Bei allen Bäumen ist die

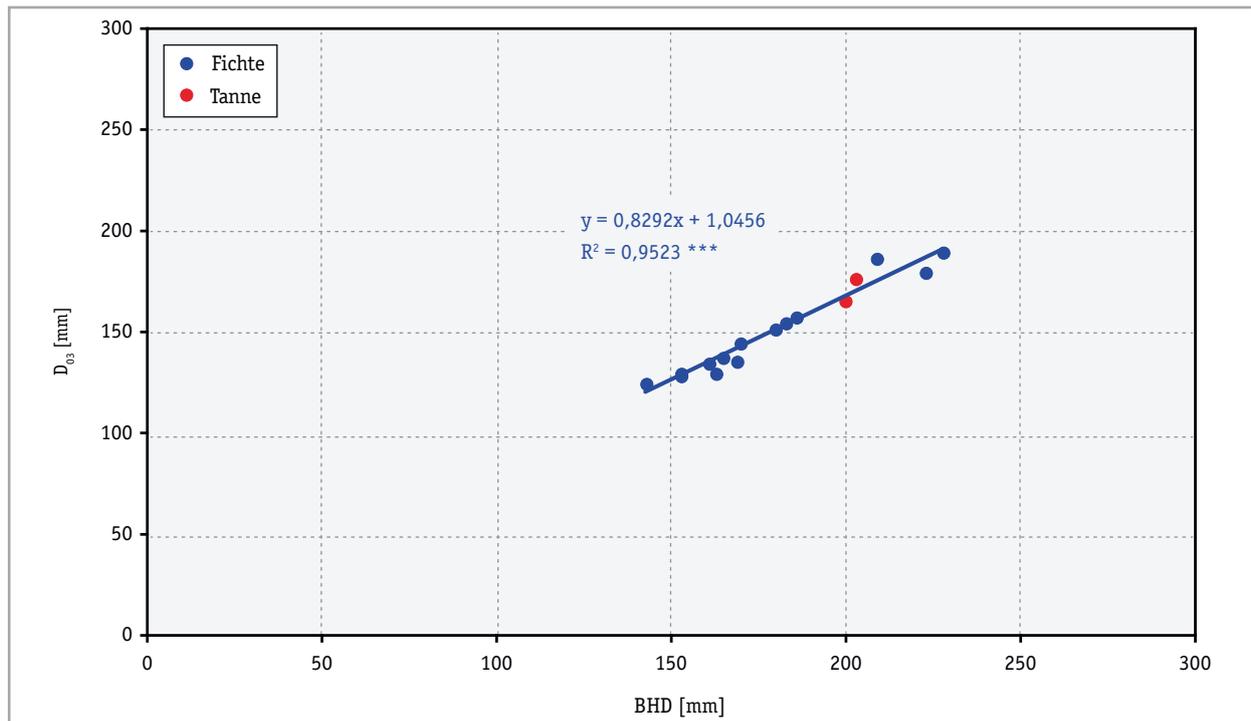


Abbildung 105: Stammanalysen Folgebestand Thiersee - BHD zu D03

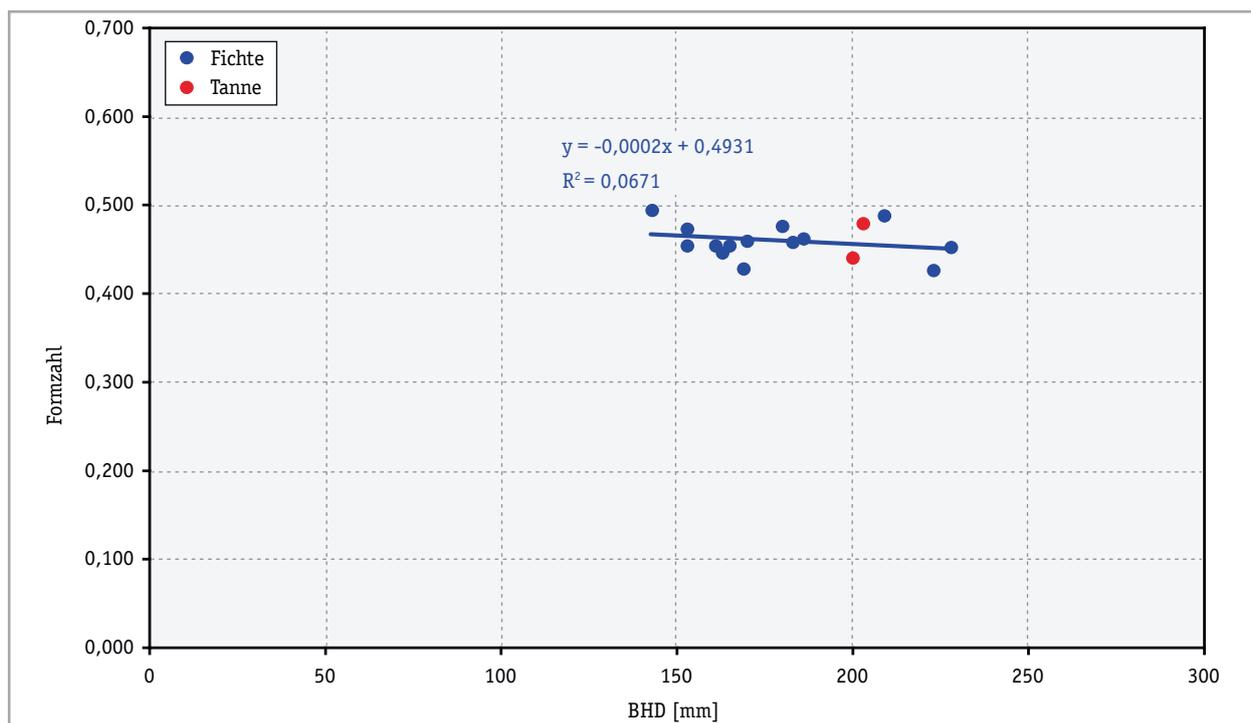


Abbildung 106: Stammanalysen Folgebestand Thiersee - Formzahl

Versorgung mit Kalium ausreichend. Bei fünf Bäumen zeigen die Analysen eine Unterversorgung von Kalzium, bei zwei Bäumen von Magnesium. Acht Bäume liegen unter einer optimalen Versorgung mit Eisen, Mangan ist bei allen Bäumen ausreichend vorhanden, eine Zinkunterversorgung konnte bei drei Bäumen analysiert werden.

Tabelle 21: 100 Nadelgewichte Thiersee (in mg)

Baum	1. Njg.	2. Njg.
1	310	990
2	883	831
3	708	575
4	592	584
5	708	720
6	628	651
7	335	526
8	641	647
9	591	512
10	664	702

7.3.3 Vergleich Wuchsleistung Vor- und Folgebestand

7.3.3.1 Bestandesmessung

Die Messergebnisse können nicht direkt miteinander verglichen werden, weil es auch bei diesem Versuch keine altersmäßige Überlappung gibt. Die Einrichtung des Dauerversuches im Vorbestand erfolgte erst bei einem Bestandesalter von 83 Jahren. Der Folgebestand hingegen weist ein Bestandesalter von 50 Jahren auf. Die Baumartenanteile sind in beiden Beständen nicht gleich. Im Vorbestand war der Tannenanteil etwas höher als im Folgebestand, in dem auch Ahorn einen Grundflächenanteil von 10% hat. Die Fichtenanteile unterscheiden sich mit 70 bzw. 80 % nur gering.

Sowohl der Vor- als auch der Folgebestand waren bei der ersten Aufnahme bereits durchforstet.

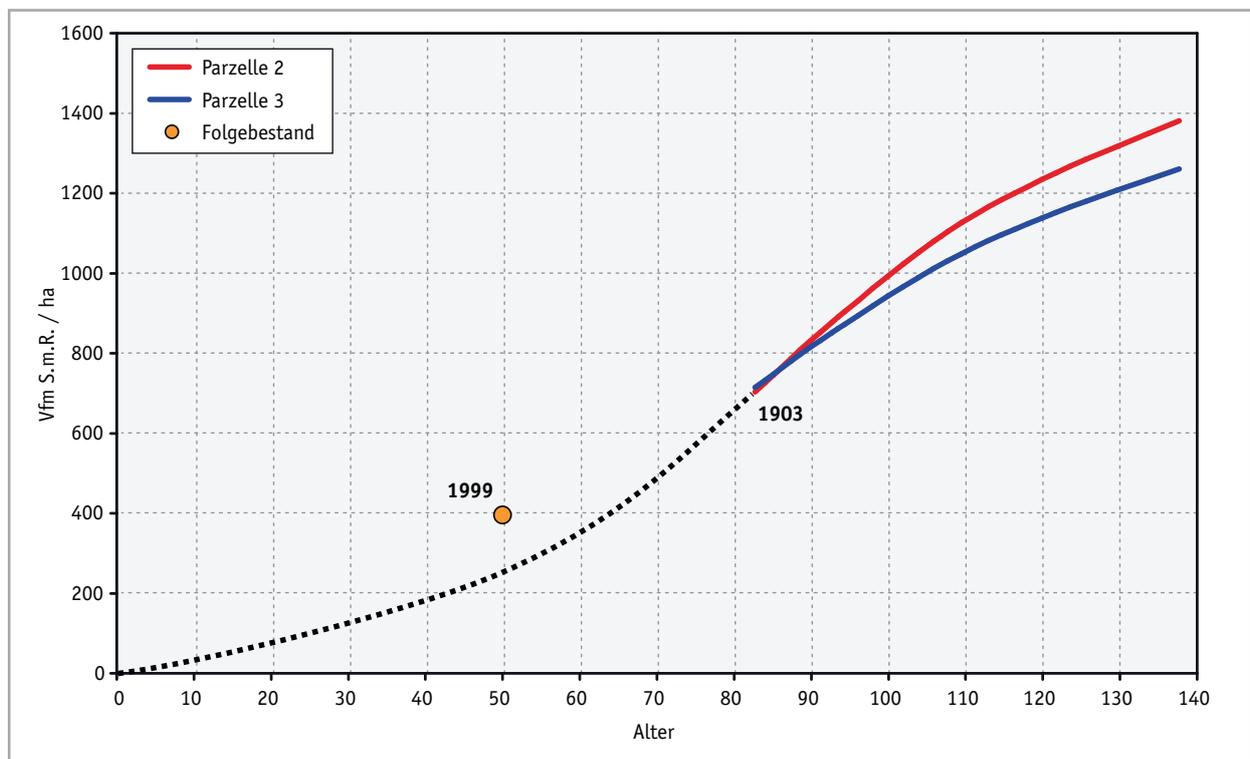


Abbildung 107: Thiersee - Vergleich der Gesamtwuchsleistung

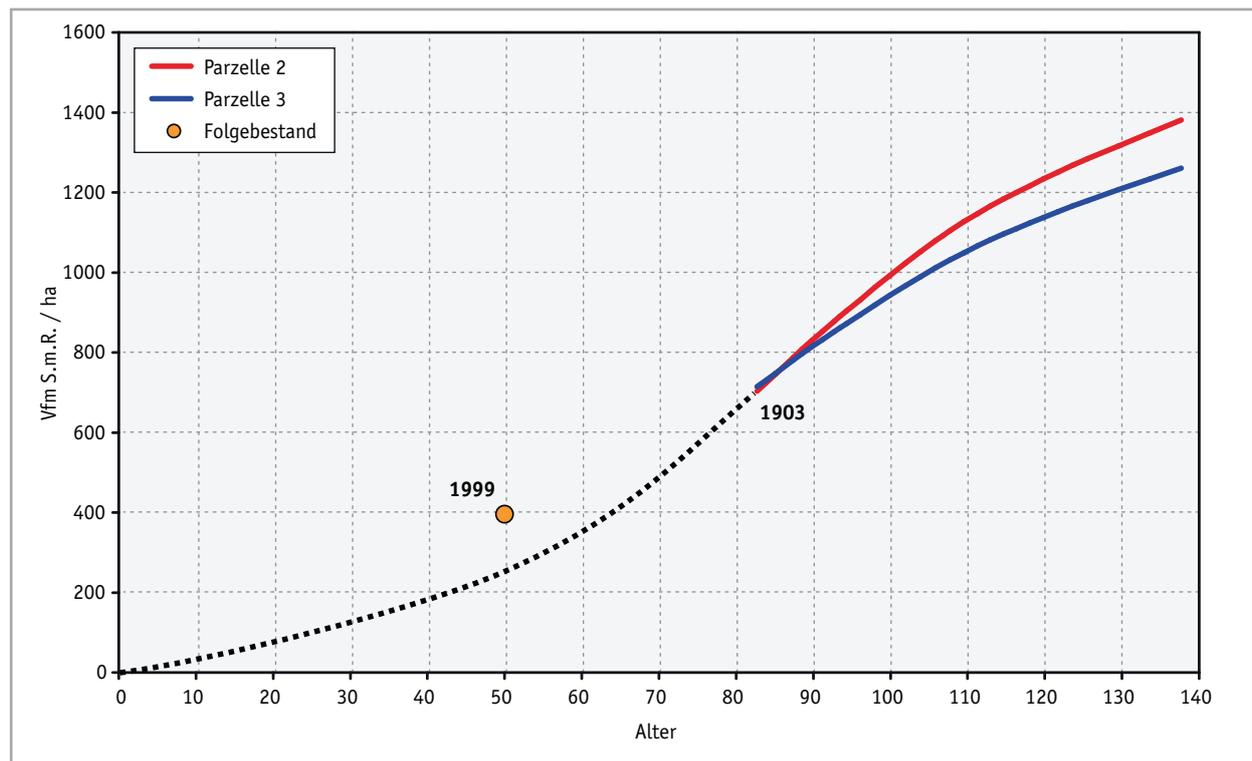


Abbildung 108: Thiersee - Vergleich der Oberhöhe

Der Vorbestand wurde 9 Jahre vor Versuchseinrichtung und unmittelbar davor durchforstet. Die erste Durchforstung dürfte nur sehr schwach gewesen sein, weil in der gesamten Unterabteilung nur insgesamt 43 Festmeter entnommen wurden. Eine Zuteilung an die Versuchsparzellen war nicht möglich. Bei der zweiten Durchforstung kurz vor Versuchseinrichtung wurden laut Aufzeichnungen auf Parzelle 2 54 und auf Parzelle 3 297 Vfm/ha entnommen, die bei der Berechnung der Gesamtwuchsleistung berücksichtigt werden konnten. Die Gesamtwuchsleistung des Vorbestandes dürfte daher nur geringfügig unterschätzt werden.

Die Gesamtwuchsleistung wurde anhand der grafischen Darstellung verglichen. Es zeigt sich, dass bei Extrapolation der Gesamtwuchsleistung des Vorbestandes gegen 0 die Gesamtwuchsleistung des Folgebestandes bei vergleichbarem Alter höher liegt. Eine wertmäßige Festlegung der Differenz ist aber aufgrund des Fehlens von Berechnungen im Vorbestand nicht möglich (Abb. 107).

Die Oberhöhe des Folgebestandes liegt höher als im Vorbestand. Dies zeigt die grafische Darstellung eindeutig. Wurde im Folgebestand bei einem Bestandesalter von 50 Jahren eine Oberhöhe von 22,1 m berechnet, liegt sie im um 33 Jahre älteren Vorbestand bei 27,3 m (Abb. 108). Vergleicht man die Oberhöhen anhand der Ertragstafel Fichte Bayern wird der Höhenwuchsvorsprung des Folgebestandes bestätigt. Der Vorbestand entspricht einer 10. Ertragsklasse, der Folgebestand hingegen einer 13. Ertragsklasse. Grundflächen- und Durchmesser Vergleiche sind wegen des doch sehr großen Altersunterschiedes der Bestände nicht zielführend möglich.

Die Bestandeskennzahlen des Vorbestandes in Tabelle 22 stellen die Bestandessituation vor dem dritten, dem Versuchsplan entsprechenden Aushieb im Jahr der Versuchseinrichtung dar.

Tabelle 22: Ertragskundliche Kennzahlen Vor- und Folgebestand Thiersee

	Vorbestand		Folgebestand	
	Parzelle 2	Parzelle 3	Messung 1999	Vornutzung
Alter	83 (1903 - vor Aushieb)		50	41
Baumart	7 Fichte, 3 Tanne		8 Fichte, 1 Tanne, 1 Ahorn	
N/ha	992	474	1060	1050
DO (cm)	35,7	36,1	30,9	
HO (m)	27,2	27,3	22,1	
HO/DO	76	76	72	
DG (cm)	25,6	29,7	19,2	13,2
HG (m)	24,6	25,7	15,9	13,9
HG/DG	96	87	83	105
G (m ² /ha)	51,0	32,9	30,8	14,0
V (Vfm/ha)	643	411	288	108
GWL (Vfm/ha)	697	708	396	
SDI	1030	625	681	
EKL Fi Bayern	10		13	

7.3.3.2 Stammanalysen

Beim Vergleich der Stammanalysen ist zu beachten, dass aus dem Vorbestand nur drei Stammanalysen vorliegen, von denen zwei von Tannen stammen. Die Beziehung von BHD zu D03 ist bei allen Stammanalysen sehr ähnlich, was sich auch in der grafischen Darstellung anhand eines linearen Ausgleiches gut zeigen lässt (Abb. 109).

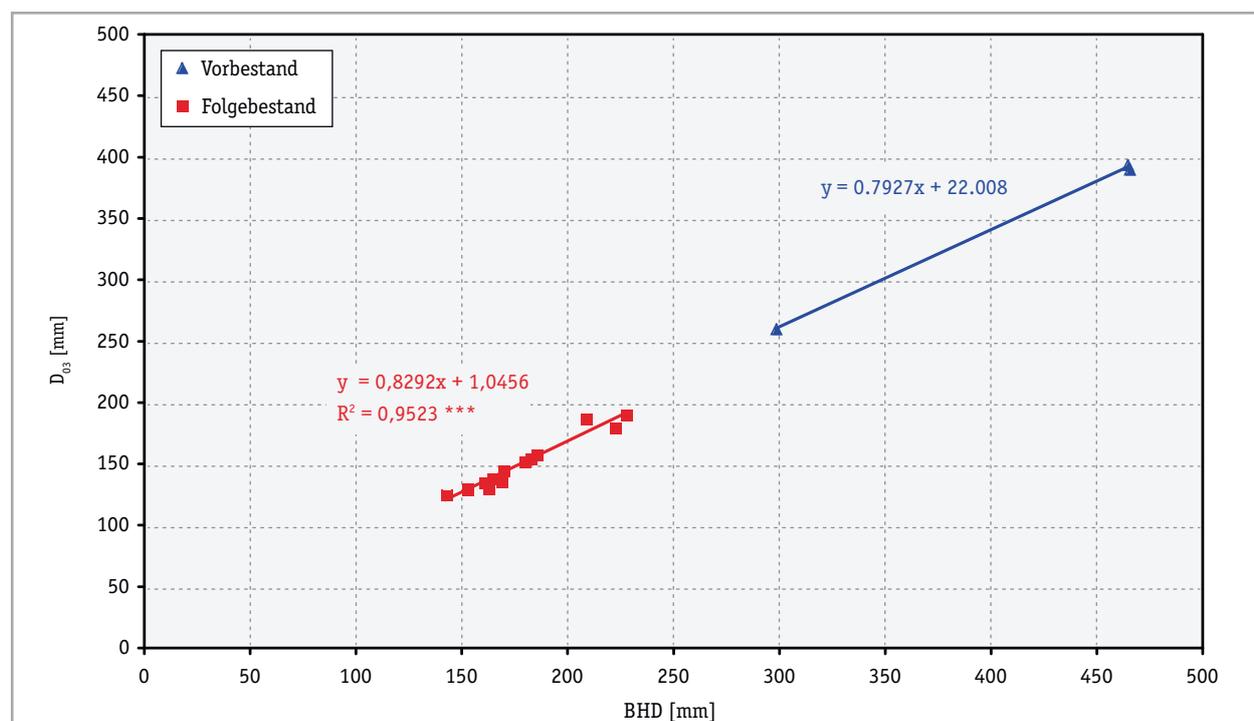


Abbildung 109: Stammanalysen Thiersee - BHD zu D03

Bei den mittels Stammanalyse berechneten Formzahlen ist erkennbar, dass alle Formzahlen der Bäume aus dem Folgebestand unabhängig vom BHD zwischen 0,42 und 0,50 liegen. Im Vorbestand wurden Werte zwischen 0,47 und 0,52 berechnet, wobei der höchste Wert von einer Tanne mit dem niedrigsten BHD stammt (Abb. 110).

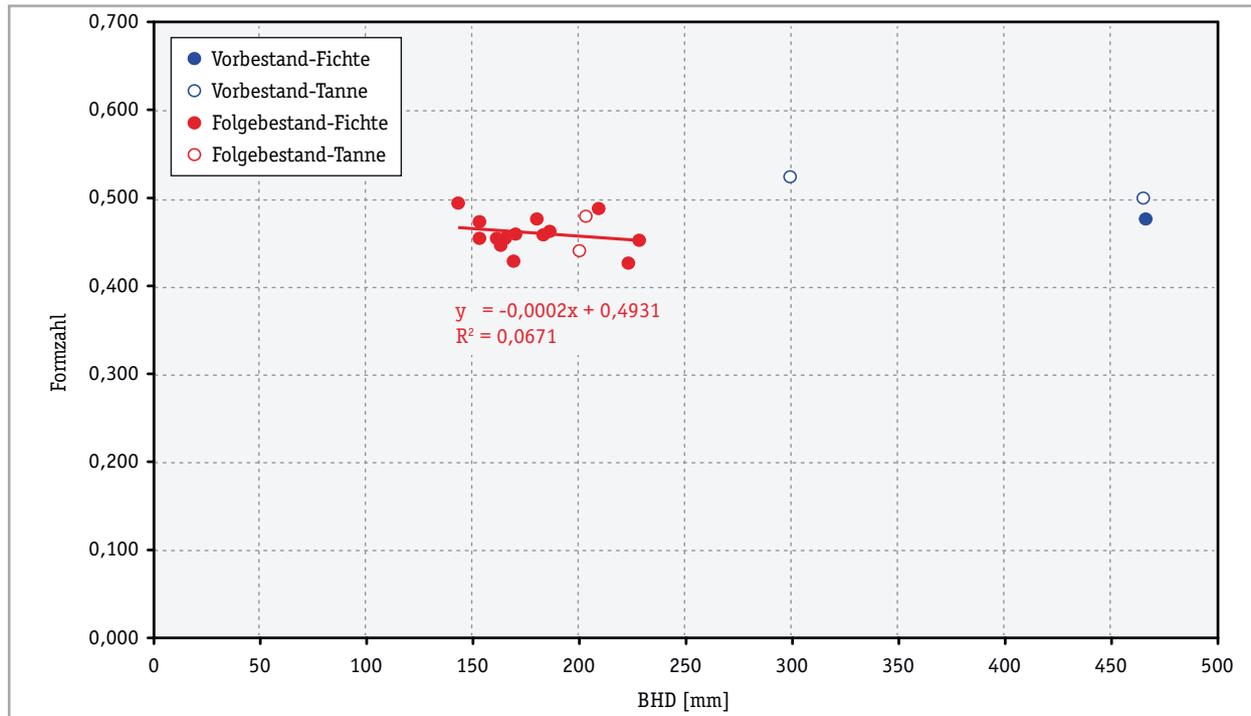


Abbildung 110: Stammanalysen Thiersee - Formzahl

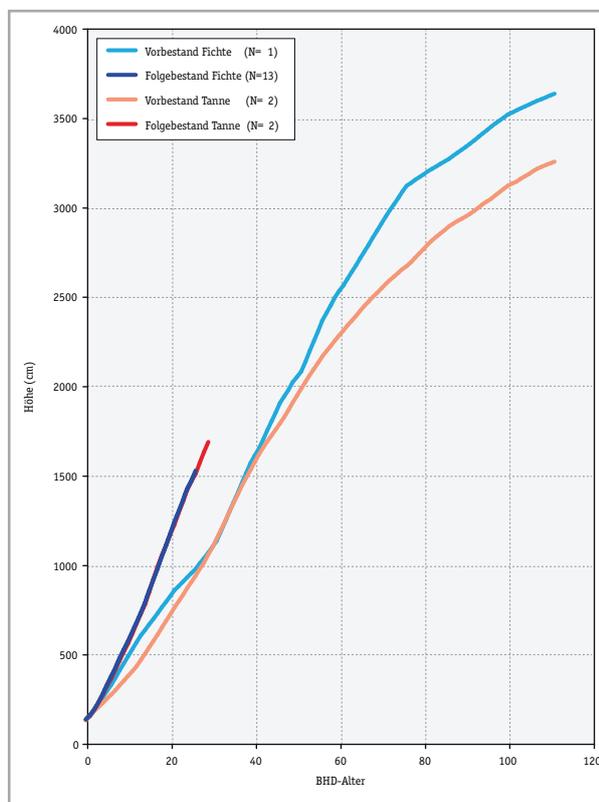


Abbildung 111: Stammanalysen Thiersee - Höhe

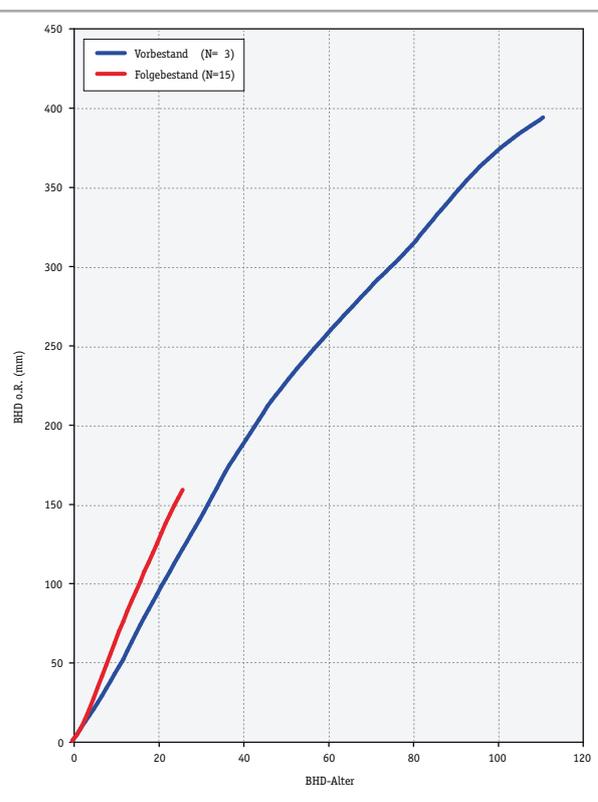


Abbildung 112: Stammanalysen Thiersee - BHD

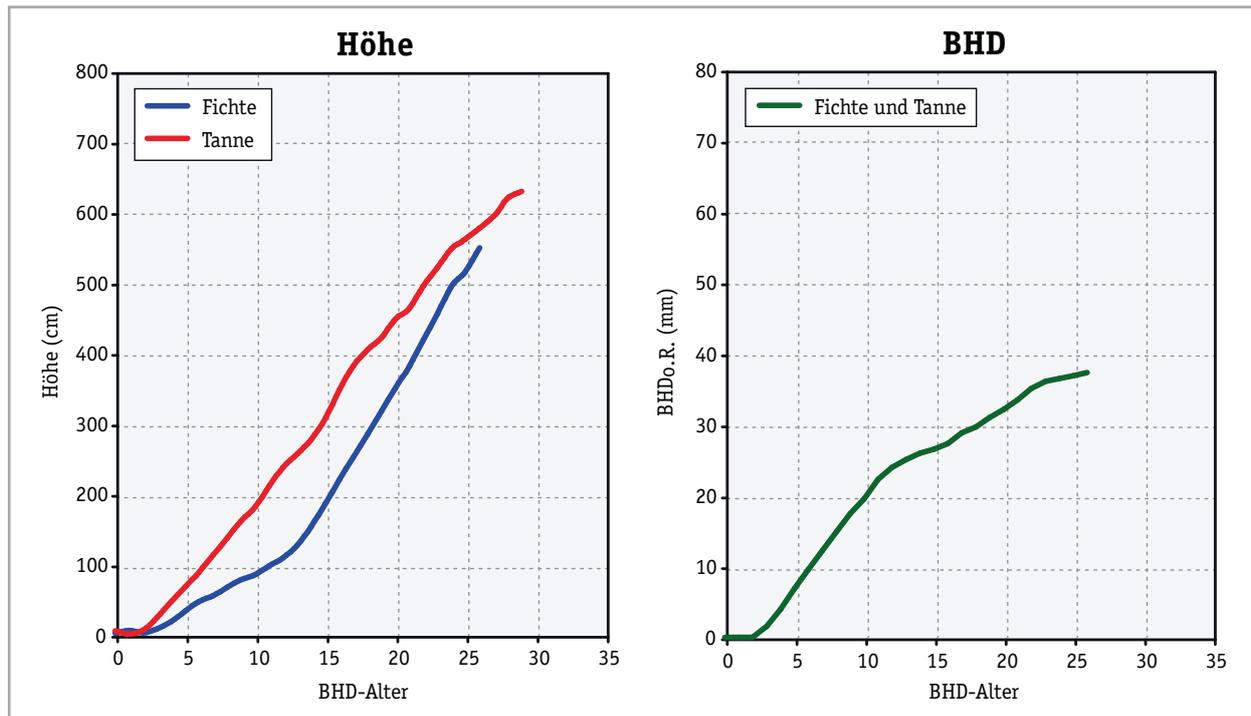


Abbildung 113: Stammanalysen Thiersee - Höhen- und BHD-Mehrzuwachs im Folgebestand

Die mittlere Höhenentwicklung verläuft im Folgebestand bei Fichte und Tanne vollkommen ident, im Vorbestand bei diesen beiden Baumarten bis zu einem BHD-Alter von 40 Jahren ebenfalls sehr ähnlich. Deutliche Unterschiede zeigen die Höhen zwischen dem Vor- und Folgebestand. Die Höhenentwicklung verläuft im Folgebestand deutlich steiler als im Vorbestand. Bei einem BHD-Alter von 29 Jahren beträgt der Mehrzuwachs der Höhe mehr als 50%. Dies trifft sowohl für die Fichte als auch die Tanne zu (Abb. 111). Der Vergleich der Mittelhöhen mit der Ertragstafel ergibt im Folgebestand eine um 3 bis 4 Stufen höhere Ertragsklasse des Folgebestandes gegenüber dem Vorbestand. Beim Vergleich der BHD-Entwicklung wurden die Baumarten zusammengefasst und zeigen auch hier im Mittel ein besseres Wachstum im Folgebestand. Der Wachstumsvorsprung ist jedoch beim BHD nicht so deutlich wie bei der Höhe (Abb. 112). Bereits nach 26 Jahren ab Erreichen der Brusthöhe hat die Fichte einen Höhenvorsprung von 5,5 m, die Tanne nach 29 Jahren von 6,3 m. Der Durchmesser-mehrzuwachs beträgt im Mittel beider Baumarten in 26 Jahren 3,7 cm (Abb. 113).

7.4 Versuch Hallein

7.4.1 Vorbestand (Dauerversuch)

7.4.1.1 Bestandesmessung

Die erste ertragskundliche flächenbezogene Aufnahme erfolgte 1892 gleichzeitig mit der Einrichtung des Versuches bei einem durchschnittlichen Bestandesalter von 51 Jahren. Bis zu diesem Zeitpunkt war der Bestand laut Lagerbuchaufzeichnung vollkommen unbehandelt. Die bestandesbildenden Baumarten waren Fichte und Tanne, wobei die Tanne auf den drei Parzellen einen unterschiedlichen Grundflächenanteil aufwies. Auf Parzelle 1 betrug der Anteil 17 %, auf Parzelle 2 34 % und auf Parzelle 3 26 %. Vereinzelt waren auch noch einige Lärchen eingesprengt. Die Ergebnisse der ersten Messungen sind in Tabelle 23 zusammengestellt.

Tabelle 23: Ertragskundliche Kennwerte der Aufnahme 1892 vor erstem Aushieb des Vorbestandes Hallein

Parzelle	N (n/ha)	HO (m)	DO (cm)	HG (m)	DG (cm)	G (m ² /ha)	V (Vfm/ha)
1	2476	23,9	34,3	17,2	17,9	62,2	720
2	3496	24,0	33,7	17,6	14,6	58,5	644
3	2836	24,5	36,8	18,4	17,1	65,1	778

Bei Versuchseinrichtung wurde auch eine erste Durchforstung durchgeführt, wobei in der Regel die dünneren Bäume vollkommen entnommen wurden. Außerdem wurde auf den Parzellen mit hohem Tannenanteil die Tanne reduziert. In Abbildung 114 ist anhand der Stammzahl die BHD-Verteilung des Ausgangsbestandes und des ersten Aushiebes dargestellt. Die Kenndaten des Aushiebes sind in Tabelle 24 zusammengefasst.

Tabelle 24: Aushieb 1892 im Vorbestand Hallein

Parzelle	N (n/ha)	HG (m)	DG (cm)	G (m ² /ha)	V (Vfm/ha)
1	640	10,0	9,0	4,04	27
2	2392	10,7	8,0	13,15	78
3	1840	12,0	10,0	14,99	107

In den Jahren 1903 und 1914 und vor der einzelbaumweisen Nummerierung der Probestämme im Jahr 1926 wurden weitere Nutzungen im Bereich der Versuchsfläche durchgeführt. Von diesen Nutzungen wurden nur die Stammzahl, Grundfläche und Masse in den Lagerbüchern aufgezeichnet (Tab. 25).

Tabelle 25: Nutzungen 1893 bis 1926 im Vorbestand Hallein

Parzelle	N (n/ha)	G (m ² /ha)	V (Vfm/ha)
1	836	13,71	130
2	156	3,08	30
3	200	5,09	52

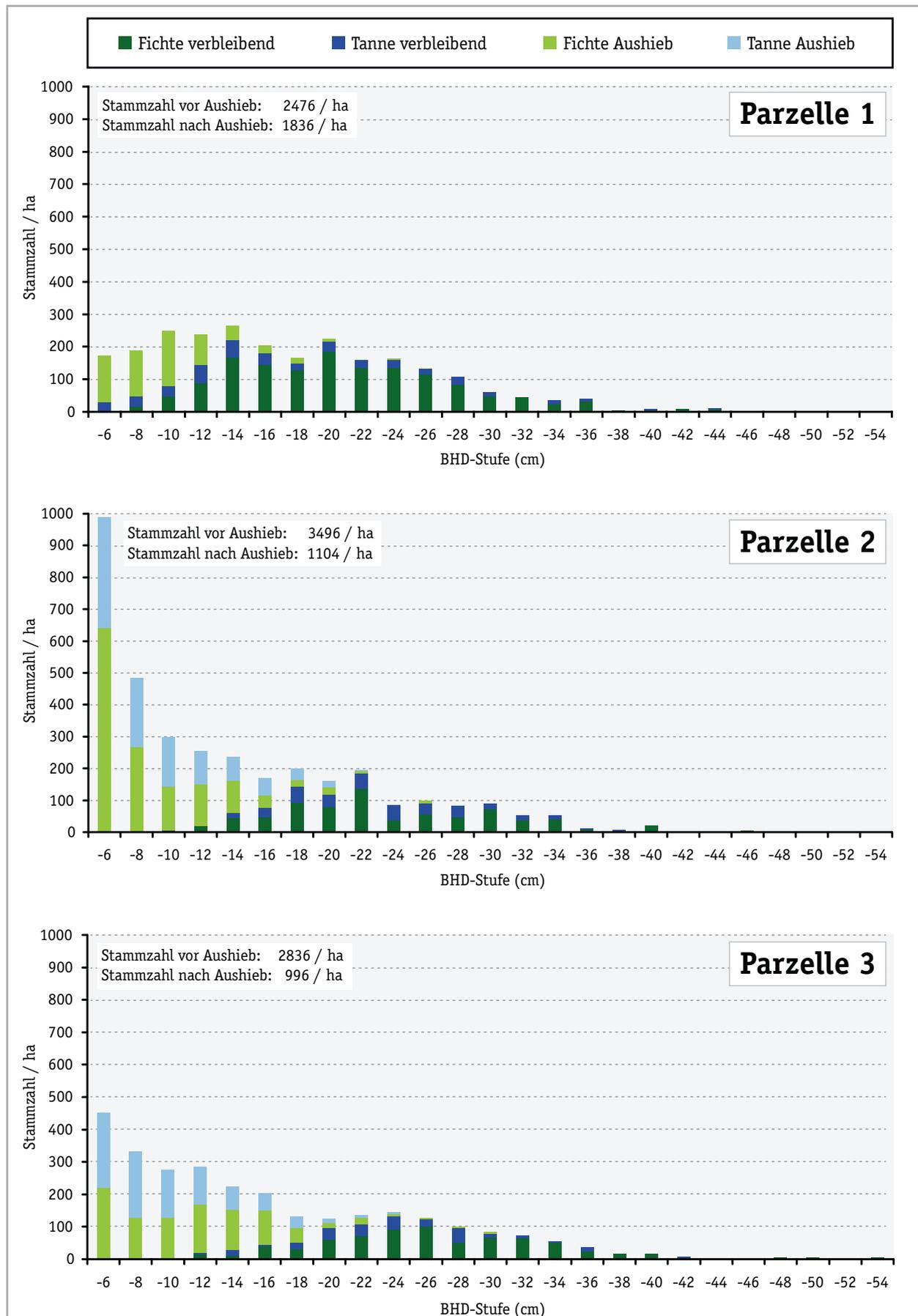


Abbildung 114: Vorbestand Hallein - BHD-Verteilung und Aushieb 1892

Die Stammzahlentwicklung bis 1926 zeigt auf Parzelle 1 trotz im Vergleich zu den anderen Parzellen stärkeren Reduktionen in den Jahren 1903 und 1914 dennoch deutlich die sehr hohe Stammzahlhaltung. Bei der ersten Reduktion 1892 wurde die Stammzahl noch auf 1836 Bäume/ha belassen. Auf den Parzellen 2 und 3 erfolgte bei der Erstdurchforstung eine Reduktion auf 1104 bzw. 996 Bäume/ha. Diese Differenz auf den beiden Parzellen wurde annähernd über die gesamte Versuchsdauer beibehalten.

Eine Absenkung der Stammzahlen auf Parzelle 1 unter 1000 Bäume/ha erfolgte erst bei einem Bestandesalter von 85 Jahren. Zu diesem Zeitpunkt betrug die Stammzahl auf Parzelle 1 892, auf Parzelle 2 824 und auf Parzelle 3 696 Bäume/ha. Bei Versuchsende 1954 weisen alle Parzellen mit 256, 240 und 264 Bäumen/ha fast gleich hohe Stammzahlen auf (Abb. 115).

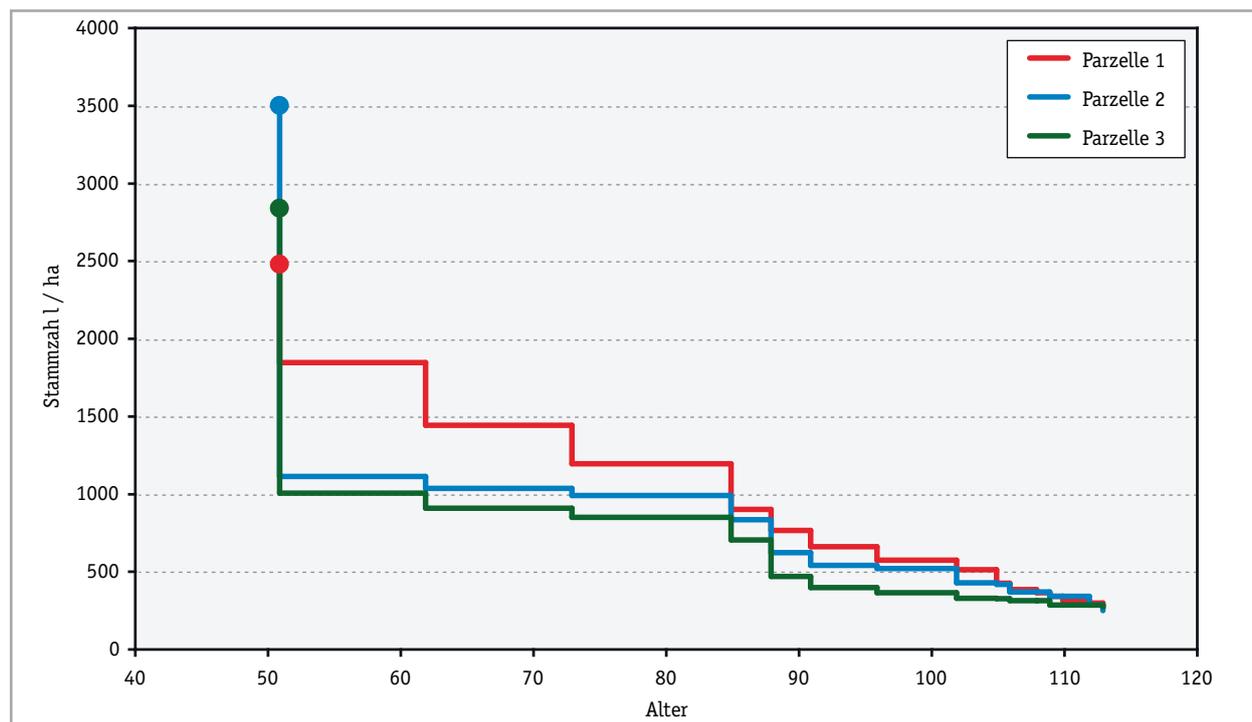


Abbildung 115: Vorbestand Hallein - Stammzahl

Im Zuge von Nutzungen nach 1926 wurde wiederholt in den stärkeren BHD-Bereich eingegriffen, wobei auch immer wieder Oberhöhenbäume entnommen wurden. Dies führte zu einer mehrmaligen Veränderung des Oberhöhenkollektives und hatte daher auch Auswirkungen auf die Oberhöhenentwicklung. Als Beispiel zeigt die Abbildung 116 die Verschiebungen des Oberhöhenkollektives auf Parzelle 1. Nur 13 Bäume blieben über die gesamte Versuchsdauer Oberhöhenbäume. Es kommt teilweise sogar zu einer Abnahme des mittleren Durchmessers der Oberhöhenbäume. Die Oberhöhenentwicklung verläuft durch den ständigen Ersatz von Oberhöhenbäumen ebenfalls vollkommen untypisch extrem flach. Die berechneten Höhenzuwächse vom Alter 85 bis zum Alter 113 betragen nur maximal 2,5 m. Daher erscheint auch ein Oberhöhenvergleich mit Ertragstafelwerten für diesen Bereich nicht sinnvoll. Bei der ersten Aufnahme vor dem ersten Aushieb wurden Oberhöhen zwischen 23,9 und 24,5 m gemessen. Dies entspricht in etwa einer 15. Ertragsklasse der Ertragstafel Fichte Bayern. Die Höhe des Grundflächenmittelstammes zeigt im Alter 51 vor der ersten Durchforstung nur geringe Unterschiede zwischen den Parzellen. Sie liegen zwischen 17,2 und 18,4 m. Durch die Entnahme von niedrigen dünnen Bäumen verändern sich die Mittelhöhen vor allem auf den

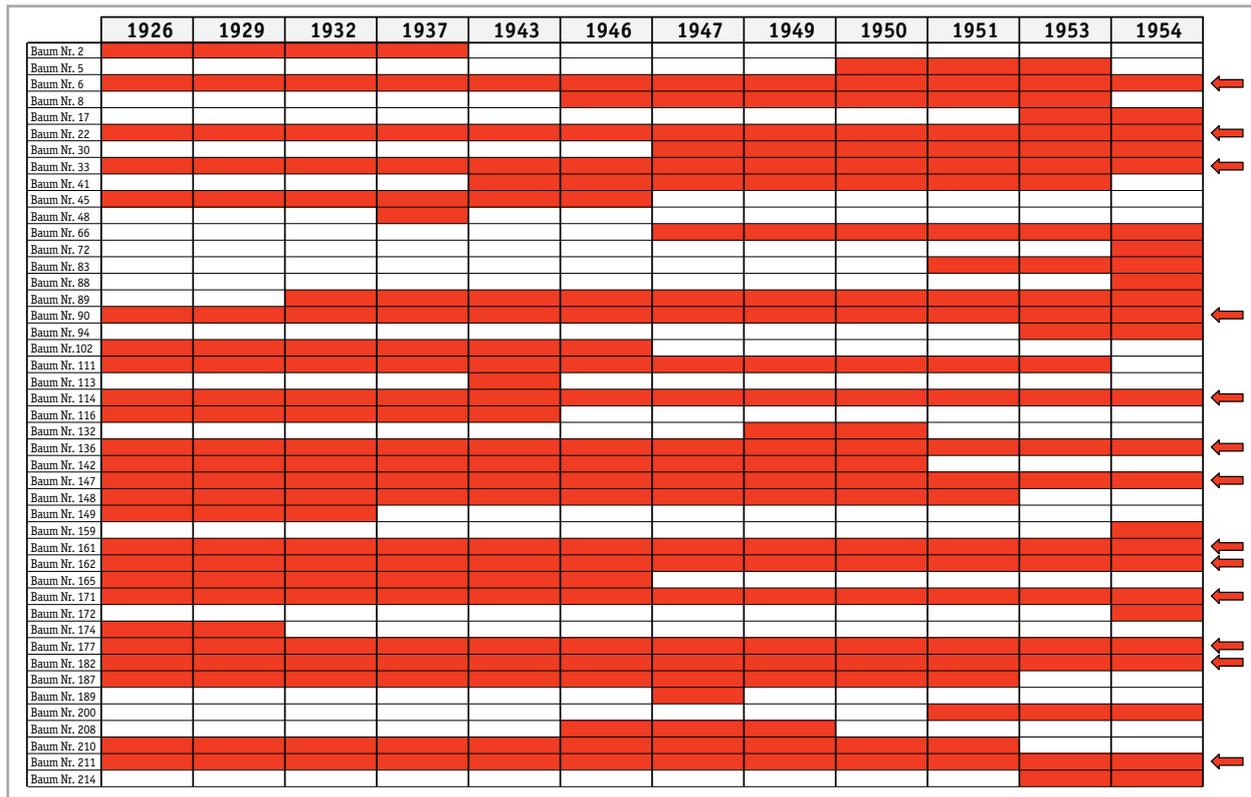


Abbildung 116: Vorbestand Hallein - Veränderung des Oberhöhenkollektives

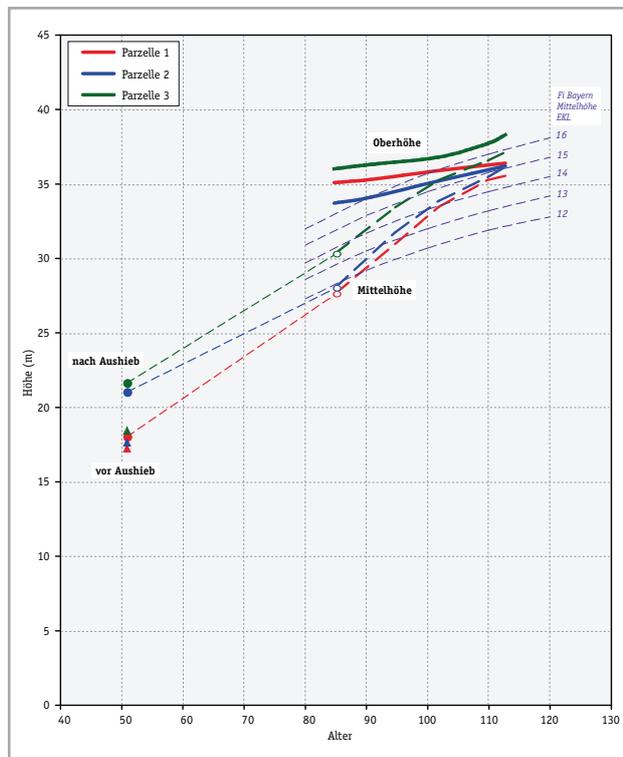


Abbildung 117: Vorbestand Hallein - Höhe

Parzellen 2 und 3 deutlich. Sie liegen deutlich über 20 m und damit um fast mehr als 4 m über der Mittelhöhe von Parzelle 1. Im Alter 85 liegen die mittleren Höhen bei 27,6 (Parzelle 1), 28,0 (Parzelle 2) und 30,3 m auf Parzelle 3. Die Gesamthöhenzuwächse des Grundflächenmittelstammes betragen vom Alter 85 bis zum Alter 113 zwischen 6,8 und 8,1 m. Ein Vergleich mit dem Mittelhöhenverlauf der Ertragstafel Fichte Bayern zeigt, dass der Höhenanstieg wesentlich steiler ist als es den Tafelwerten entsprechen würde. Im Alter 85 entspricht die Mittelhöhe auf Parzelle 3 einer 14. Ertragsklasse, steigt aber im Alter 113 auf eine 16. Ertragsklasse. Ähnlich ist die Höhenentwicklung auch auf den anderen zwei Parzellen, wenn auch auf etwas niedrigerem Niveau (Abb. 117).

Die Brusthöhendurchmesser des Grundflächenmittelstammes liegen im unbehandelten Bestand im Alter 51 zwischen 17,9 cm und 14,6 cm. Die Entnahme der dünnsten Bäume veränderte die BHDs der Grundflächenmittelstämme auf Werte zwischen 20,1 und 25,3 cm, wobei

der höchste Durchmesser auf Parzelle 3 erreicht wird. Im Alter 85 liegen die BHD auf den Parzellen 1 und 2 mit 30,9 und 31,6 cm sehr eng beieinander, der Durchmesser auf Parzelle 3 hebt sich jedoch mit einem deutlich höheren mittleren BHD von 35,7 cm von den anderen ab. Diese Differenz verändert sich bis zum Versuchsende nur gering. Bei einem Bestandesalter von 113 Jahren beträgt der BHD des Grundflächenmittelstammes auf Parzelle 1 42,3, auf Parzelle 2 44,7 und auf Parzelle 3 48,9 cm (Abb. 118).

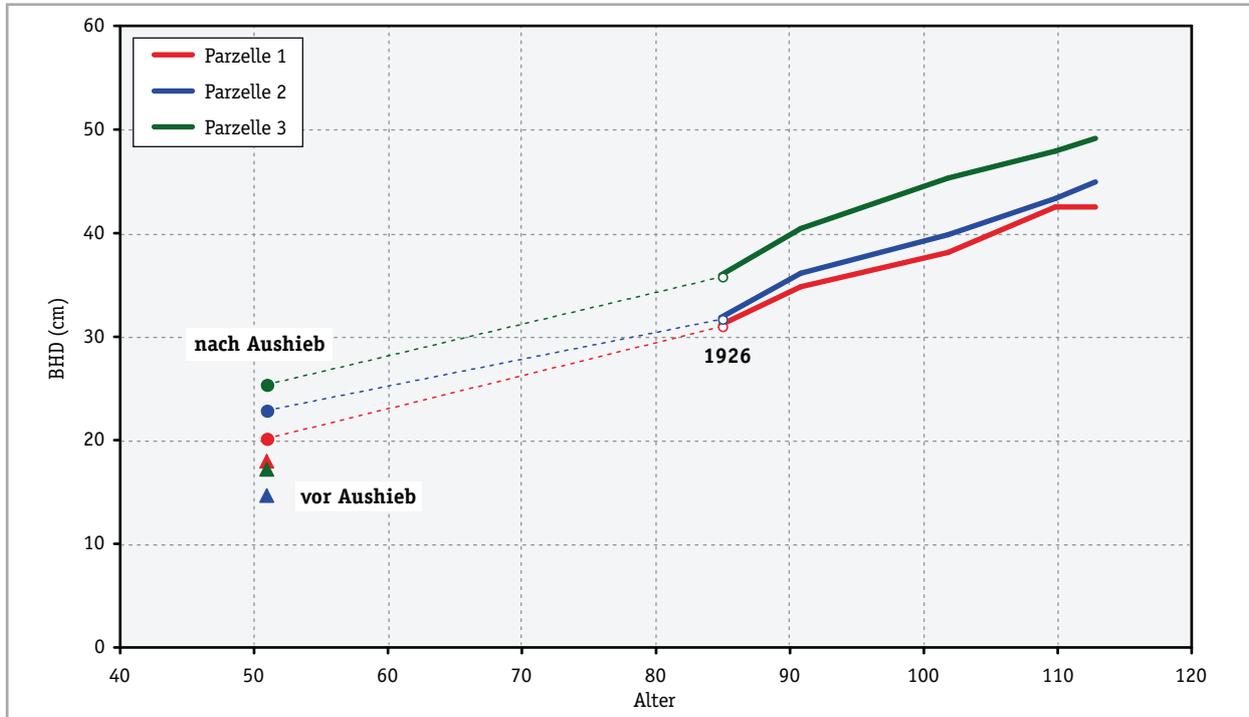


Abbildung 118: Vorbestand Hallein - BHD des Grundflächenmittelstammes

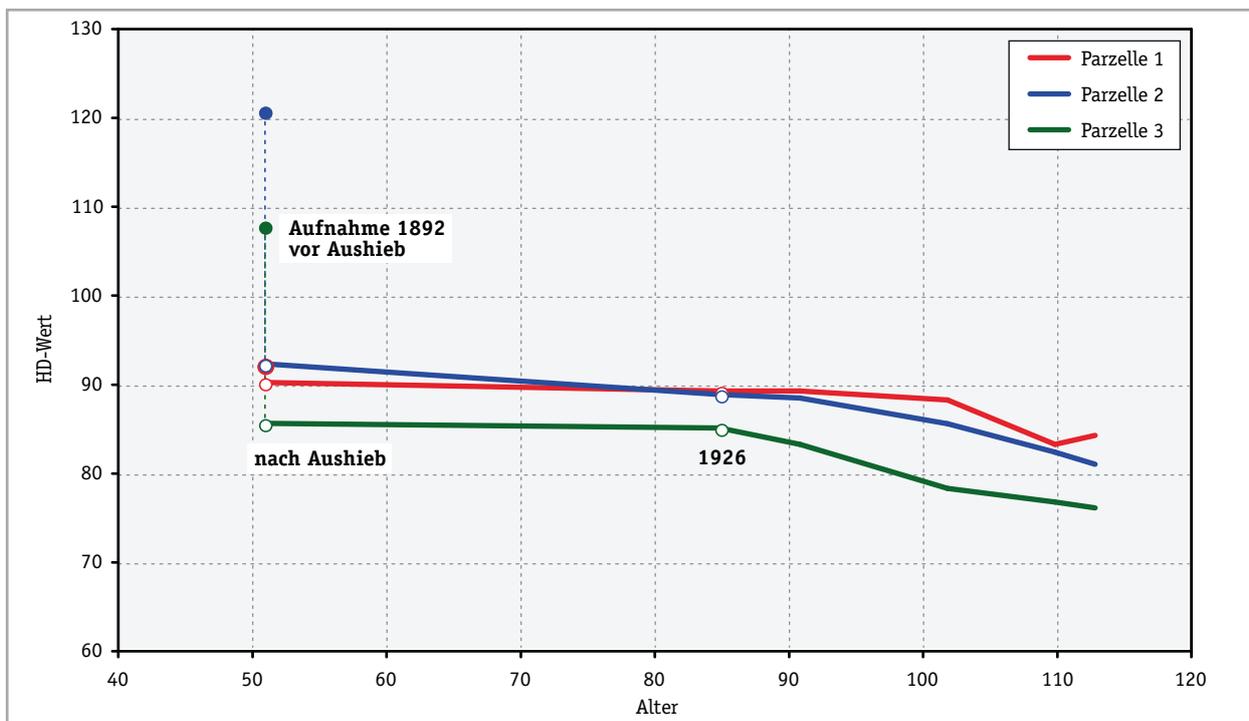


Abbildung 119: Vorbestand Hallein - HD-Wert des Grundflächenmittelstammes

Die HD Werte des Grundflächenmittelstammes liegen im Alter 51 im unbehandelten Bestand zwischen 92 und 121. Die erste Durchforstung brachte eine vergleichsweise geringe Veränderung auf Parzelle 1, der HD Wert sank von 92 auf 86, auf Parzelle 2 sank er deutlich von 121 auf 92 und auf Parzelle 3 von 108 auf 85. Bis 1926 veränderten sich die HD Werte auf den Parzellen 1 und 2 nur gering, auf Parzelle 3 blieb der Wert gleich hoch. Ab dem Alter 91 kommt es auf allen Parzellen zu einem kontinuierlichen Absinken, das auf den Parzellen 2 und 3 annähernd parallel verläuft. Bei Versuchsende wurden HD Werte von 84 (Parzelle 1), 81 (Parzelle 2) und 76 (Parzelle 3) berechnet. Der geringe Anstieg auf Parzelle 1 bei Versuchsende ist durch die Entnahme von Bäumen mit niedrigem HD-Wert erklärbar (Abb. 119).

Die Bestandesgrundflächen liegen einem unbehandelten Bestand entsprechend im Alter 51 sehr hoch. Die höchste Grundfläche mit $65,1 \text{ m}^2/\text{ha}$ wird auf Parzelle 3 erreicht, auf Parzelle 2 liegt die Grundfläche um 6,6 und auf Parzelle 1 um 2,9 niedriger. Die unterschiedlich starken Eingriffe bewirkten nach dem Aushieb eine deutliche Veränderung. Auf Parzelle 1 wurde die Grundfläche um nur 6 % abgesenkt, auf den Parzellen 2 und 3 war die Reduktion mit 22 bzw. 23 % annähernd gleich hoch. Zwischen 1892 und 1926 wurde auf Parzelle 1 stärker eingegriffen als in den anderen Parzellen. Die Entnahme betrug insgesamt $13,7 \text{ m}^2/\text{ha}$, während sie auf den Parzellen 2 und 3 nur $3,1$ bzw. $5,1 \text{ m}^2/\text{ha}$ betrug. Dies zeigt sich auch bei den Grundflächen im Jahr 1926, die auf Parzelle 1 $70,1$, auf Parzelle 2 $68,6$ und auf Parzelle 3 $74,2 \text{ m}^2/\text{ha}$ betragen. Danach kommt es vor allem auf den Parzellen 2 und 3 zu etwas stärkeren Grundflächenabsenkungen, die aber mit Werten um $55 \text{ m}^2/\text{ha}$ noch immer sehr hoch liegen. Im Alter 105 sind die Grundflächen auf allen 3 Parzellen mit $52 \text{ m}^2/\text{ha}$ ungefähr gleich hoch. Danach folgen auf den Parzellen 1 und 2 starke Entnahmen, die am Versuchsende zu Grundflächen von $36,1$ und $37,7 \text{ m}^2/\text{ha}$ führen. Auf Parzelle 3 bleibt die Grundfläche bis zum Ende mit $49,7 \text{ m}^2/\text{ha}$ noch hoch (Abb. 120).

Nachdem in den Beständen laut Lagerbuchaufzeichnung bis zum Alter 51 keine Nutzungen durchgeführt wurden, entspricht der Vorrat zu diesem Zeitpunkt auch der Gesamtwuchsleistung.

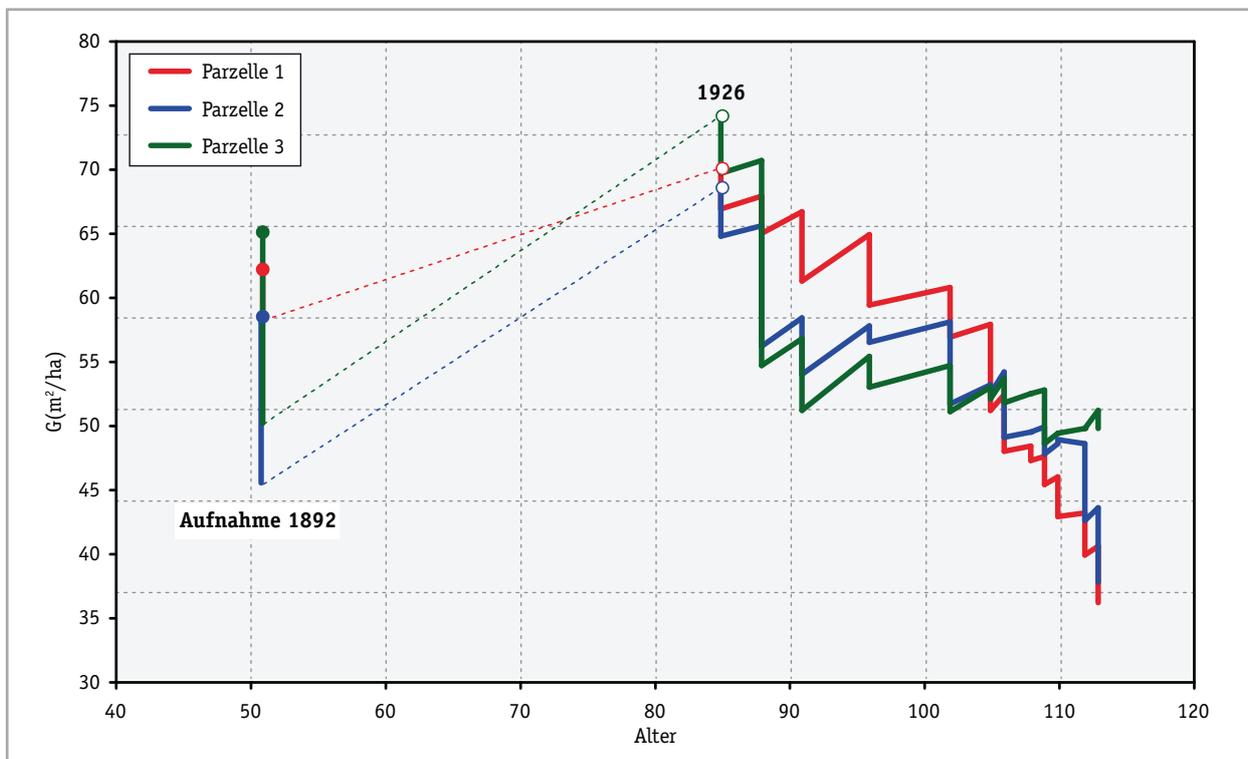


Abbildung 120: Vorbestand Hallein - Grundfläche

Die gesamte Vorratsmasse an Schaftholz mit Rinde unterscheidet sich zwischen den Parzellen bei Versuchseinrichtung um maximal 134 Vfm/ha. Auf Parzelle 3 wird mit 778 Vfm/ha die höchste Masse erreicht, auf Parzelle 2 mit 644 Vfm/ha die geringste. Parzelle 1 liegt mit 720 Vfm/ha dazwischen. Über die Vorratsentwicklung zwischen 1892 und 1926 gibt es keine Aufzeichnungen. 1926 ist die Maximaldifferenz zwischen Parzelle 3 und 2 auf 109 Vfm/ha gesunken, wobei auf Parzelle 3 ein Vorrat von 1034 Vfm/ha steht. Der Vorrat auf Parzelle 1 von 942 Vfm/ha liegt nur knapp über dem Bestandesvorrat auf Parzelle 2 von 925 Vfm/ha. Danach sinken die Vorräte ab und weisen bei Versuchsende Vorräte von 599 (Parzelle 1), 635 (Parzelle 2) und 831 Vfm/ha (Parzelle 3) auf. Die Gesamtwuchsleistung im Alter 113 ist auf den Parzellen 1 und 2 mit 1433 und 1402 Vfm/ha etwa gleich hoch. Auf Parzelle 3 beträgt die Gesamtproduktion an Schaftholz mit Rinde 1560 Vfm/ha und liegt somit etwas über der Leistung der anderen Parzellen. Es ist jedoch anzumerken, dass bereits zu Beginn im Alter 51 ähnliche Massenunterschiede zwischen den Parzellen bestanden (Abb. 121).

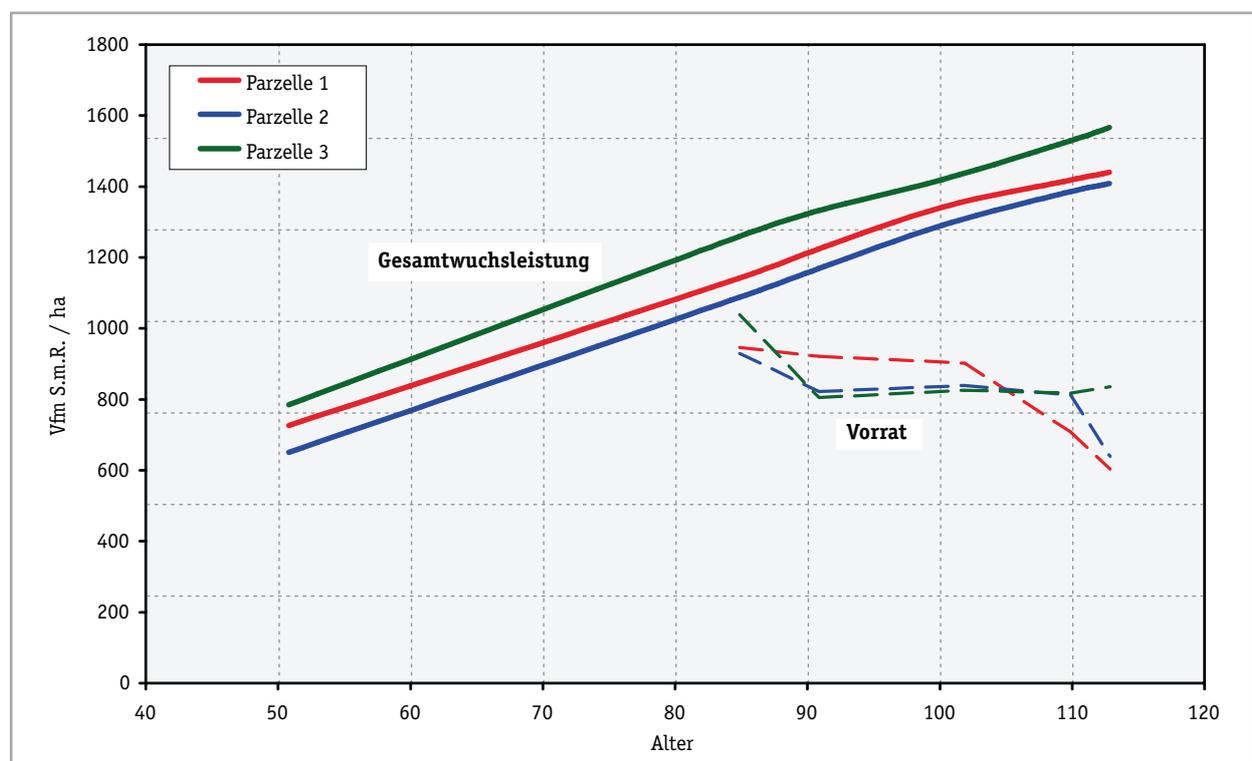


Abbildung 121: Vorbestand Hallein - Gesamtwuchsleistung und Vorrat

Ertragskundliche Bestandesdaten der Versuchsfläche Hallein über die gesamte Versuchsdauer sind im Anhang tabellarisch dargestellt.

Das Dichtemaß Stand Density Index weist auf eine Vollbestockung im Alter 51 hin. Die Werte liegen auf allen drei Parzellen nahe am maximalen SDI des Ertragstafelgebietes Fichte Bayern von 1280. Vor der ersten Durchforstung liegen die SDI auf allen 3 Parzellen mit Werten von 1448, 1475 und 1543 über dem Maximalwert. Nach dem ersten Eingriff im Alter 51 bleibt auf Parzelle 1 der SDI am Maximalwert, auf den Parzellen 2 und 3 liegt er durch die stärkeren Standraumerweiterungen mit 952 bzw. 1015 darunter. 1926 nähern sich die Indices wieder dem maximalen SDI, es werden Werte von 1253 (Parzelle 1), 1200 (Parzelle 2) und 1233 auf Parzelle 3 erreicht. Danach kommt es durch die weiteren Eingriffe auf allen Parzellen zu einem kontinuierlichen Absinken der Indices. Bei Versuchsende liegen die Werte zwischen 595 und 775 (Abb.122).

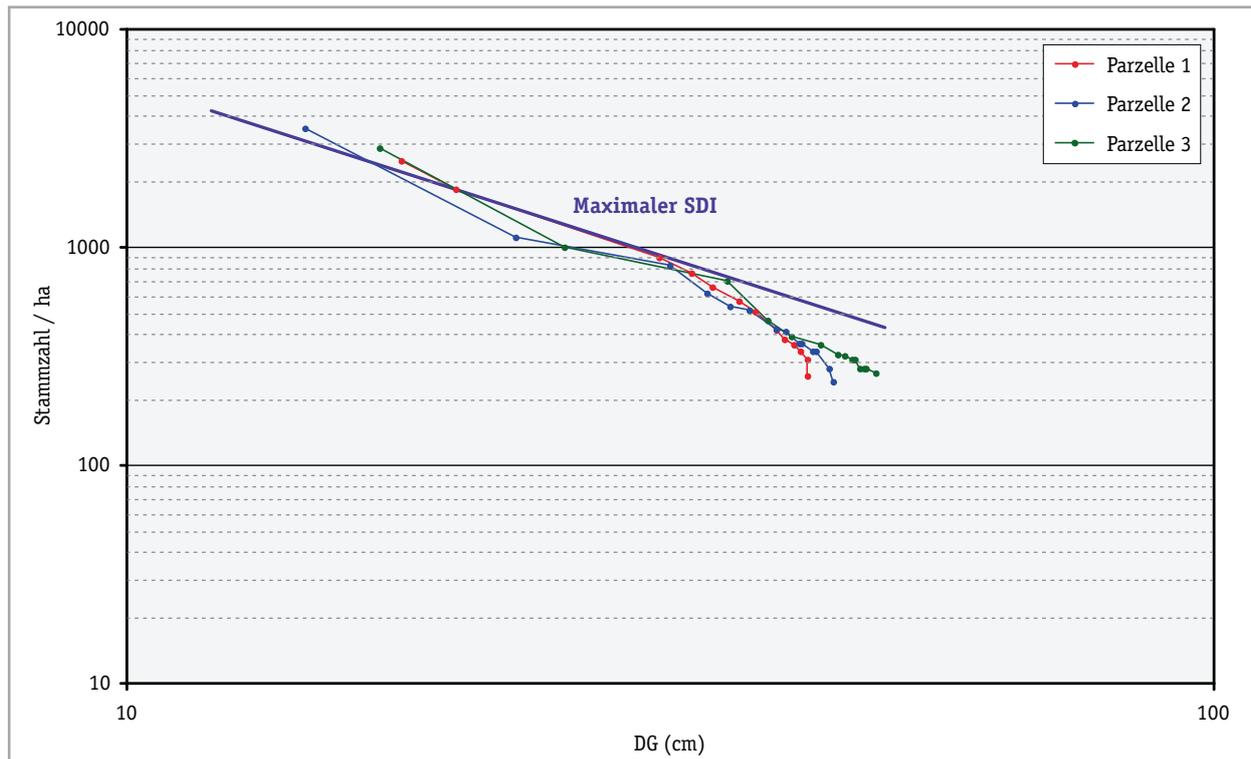


Abbildung 122: Vorbestand Hallein - Stand Density Index

7.4.1.2 Stammanalysen

Es wurden Messdaten von insgesamt 46 Bäumen (15 Fichten, 14 Tannen, 17 Lärchen) analysiert, die in den Jahren 1932, 1950, 1953 und 1954 gefällt wurden. In der folgenden Tabelle 26 sind die Kenndaten der Analysenbäume zusammengefasst.

Tabelle 26: Kennzahlen der Analysenbäume aus dem Vorbestand Hallein

Nr	Jahr-Fällung	Baumart	Höhe (m)	BHD m.R. (cm)	BHD o.R. (cm)	DO3 o.R. (cm)	Formzahl Analyse
1	1932	Fichte	33,3	46,0	43,6	34,1	0,407
2	1932	Fichte	30,6	30,0	28,7	24,3	0,483
3	1932	Fichte	30,1	27,1	25,1	21,7	0,508
4	1932	Fichte	37,2	44,4	42,5	31,4	0,402
5	1932	Fichte	31,2	39,7	36,8	28,9	0,438
6	1932	Fichte	29,6	25,1	23,0	20,4	0,582
7	1932	Fichte	32,2	29,7	27,1	23,4	0,493
8	1932	Fichte	34,4	37,0	35,5	28,0	0,454
9	1932	Fichte	28,6	42,0	38,0	28,7	0,392
10	1950	Fichte	33,5	48,2	43,7	36,2	0,448
11	1950	Fichte	38,4	47,8	43,5	34,0	0,438
12	1950	Fichte	35,2	46,0	42,0	34,0	0,458
13	1953	Fichte	34,6	40,6	39,0	30,2	0,433
14	1954	Fichte	36,9	46,6	44,6	35,7	0,442

Nr	Jahr-Fällung	Baumart	Höhe (m)	BHD m.R. (cm)	BHD o.R. (cm)	D03 o.R. (cm)	Formzahl Analyse
15	1954	Fichte	32,4	40,9	38,3	31,6	0,464
16	1932	Tanne	33,1	35,7	33,7	28,6	0,524
17	1932	Tanne	31,0	31,4	29,6	24,5	0,486
18	1932	Tanne	26,9	25,5	23,7	21,2	0,543
19	1932	Tanne	24,4	19,6	17,8	16,6	0,631
20	1932	Tanne	26,4	30,6	29,0	26,1	0,502
21	1932	Tanne	27,8	24,5	22,5	20,2	0,556
22	1932	Tanne	36,7	55,1	49,8	39,5	0,447
23	1932	Tanne	34,4	39,4	36,8	30,6	0,472
24	1932	Tanne	33,0	41,6	40,4	33,5	0,488
25	1932	Tanne	30,8	30,9	28,8	26,0	0,590
26	1932	Tanne	26,4	25,2	22,8	19,7	0,561
27	1950	Tanne	33,5	49,0	45,0	36,6	0,465
28	1953	Tanne	34,0	45,5	44,6	36,3	0,483
29	1954	Tanne	32,0	45,8	40,9	34,9	0,519
30	1932	Lärche	27,0	30,6	26,6	20,3	0,430
31	1932	Lärche	34,0	31,3	27,8	22,1	0,420
32	1932	Lärche	32,0	25,3	22,6	17,8	0,438
33	1932	Lärche	28,2	34,7	30,1	21,6	0,366
34	1932	Lärche	28,2	31,6	28,9	22,6	0,442
35	1932	Lärche	31,9	39,3	36,0	26,8	0,392
36	1932	Lärche	33,4	25,6	23,3	18,4	0,452
37	1932	Lärche	30,0	26,1	22,9	18,3	0,460
38	1932	Lärche	25,0	29,5	25,7	19,4	0,414
39	1932	Lärche	31,4	39,5	34,4	26,9	0,424
40	1932	Lärche	30,7	27,4	25,6	20,2	0,454
41	1932	Lärche	31,9	39,3	36,0	26,6	0,382
42	1932	Lärche	31,0	24,1	21,7	16,6	0,442
43	1932	Lärche	31,5	22,9	21,9	17,3	0,468
44	1932	Lärche	34,5	31,4	28,5	22,2	0,423
45	1932	Lärche	33,2	29,4	25,9	20,5	0,482
46	1932	Lärche	36,3	41,4	37,5	29,4	0,427

Die Höhenentwicklung der Stammanalysen getrennt nach den Baumarten zeigt einen unterschiedlichen Verlauf. Bei der Fichte ist erkennbar, dass die Höhenkurven verteilt zwischen 1836 und 1850 ansetzen. Dies zeigt das unterschiedliche Alter der Bäume. Wenn man den Baum, der erst im Jahr 1950 eine Abschnittshöhe von 40 cm hatte, mit dem zu diesem Zeitpunkt höchsten Baum, der diese Höhe bereits 1836 hatte, vergleicht, ergibt sich ein Höhenunterschied von 8,5 m. (Abb. 123).

Bei der Baumart Tanne wurden Höhen von ca. 40 cm zwischen 1835 und 1844 erreicht. Die maximale Höhendifferenz beträgt 3,8 m, wobei bei diesem Vergleich ein Baum eindeutig vorwüchsig ist. Würde man diesen Baum nicht heranziehen, verringerte sich die maximale Differenz zwischen den übrigen Bäumen auf 2 m. Mit zunehmendem Alter differenzieren sich die Höhen der Tannen immer mehr und betragen bei Vergleich der Minimal- und Maximalhöhe im Jahr 1932 mehr als 12 m (Abb. 124).

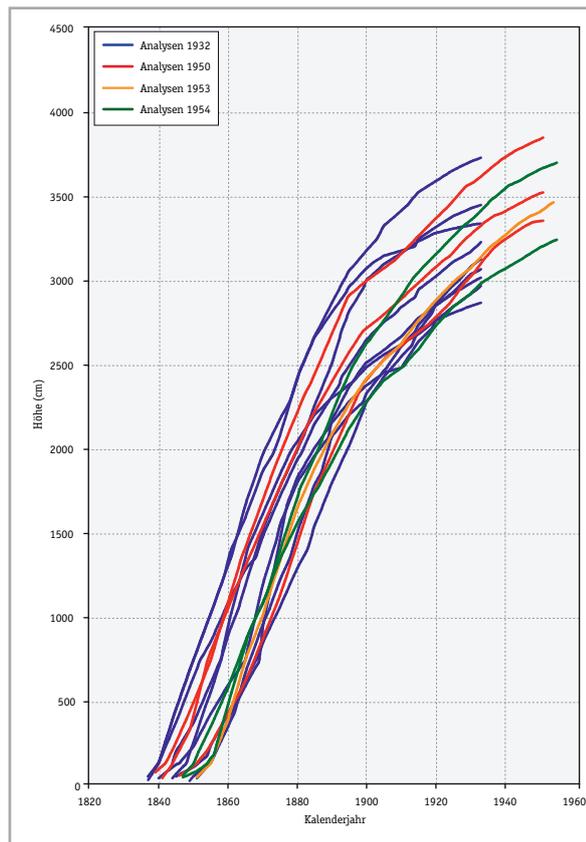


Abbildung 123: Stammanalysen Vorbestand Hallein
Höhe Baumart Fichte

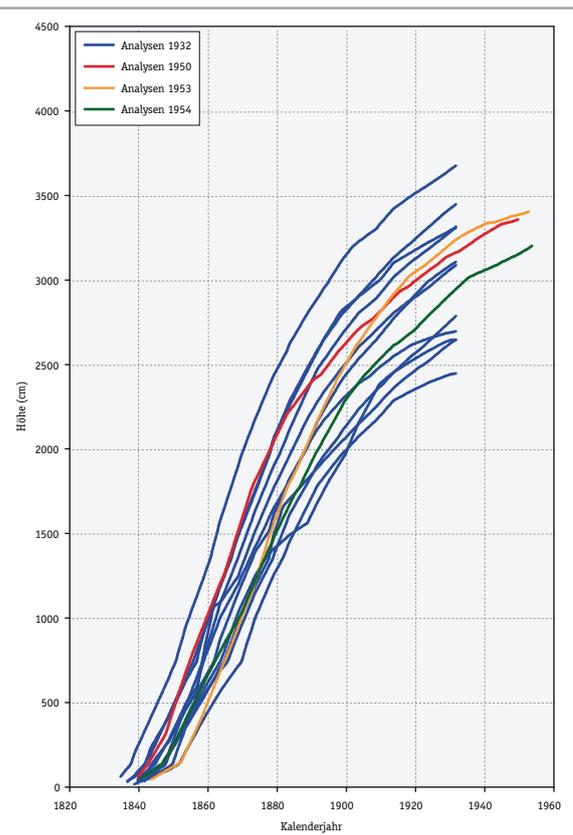


Abbildung 124: Stammanalysen Vorbestand Hallein
Höhe Baumart Tanne

Das Ankommen der Lärche erstreckt sich über einen längeren Zeitraum als bei Fichte und Tanne. Die 40 cm Marke der Höhe wurde bei den Analysebäumen frühestens 1835 und spätestens 1863 erreicht, also über einen Zeitraum von 28 Jahren verteilt. Die Höhenentwicklungen der einzelnen Bäume variieren sehr stark. Bereits in der Jugend bestehen Höhendifferenzen von mehr als 20 Metern. Im Fällungsjahr 1932 sind 2 extreme Höhen erkennbar, die sich um mehr als 11 m unterscheiden. Die restlichen 15 Lärchen liegen in einem Höhenbereich zwischen 28 und 34 m (Abb. 125).

Die Zusammenfassung der Höhen der einzelnen Baumarten zu einer mittleren Höhenentwicklung wurde als Vergleich über einem einheitlichen BHD-Alter dargestellt. Das Höhenwachstum ab Brusthöhe ist bei der Baumart Lärche am besten, die Fichte liegt knapp darunter. Die geringste Höhenzuwachsleistung weist die Baumart Tanne auf. 20 Jahre nach Erreichen der Brusthöhe von 1,3 m beträgt die Differenz zwischen Lärche und Fichte 3,6 m, zwischen Fichte und Tanne 2,3 m. Mit zunehmendem Alter verflacht sich die Höhenentwicklung der Lärche gegenüber Fichte und Tanne. Bei einem BHD-Alter von 66 beträgt der Unterschied in der mittleren Höhe zwischen Lärche und Fichte nur mehr 60 cm. Die Tanne ist gegenüber der Fichte um 2,2 m niedriger (Abb. 126).

Die Trennung der Fichten nach den Fällungsbereichen zeigt zwischen den Parzellen eine sehr gleichlaufende Höhenentwicklung. In den ersten acht Jahren nach Erreichen der Brusthöhe verlaufen die mittleren Höhen vollkommen gleich. Bei einem BHD-Alter von 30 betragen die Differenzen zwischen den Parzellen nur knapp über einen Meter. Die Bäume von Parzelle 3 zeigen ab einem BHD-Alter von 55 eine leichte Verflachung der Höhenkurve gegenüber den Bäumen der anderen Parzellen. Bei Ende der Vergleichsmöglichkeit (Alter 78) unterscheiden sich die mittleren

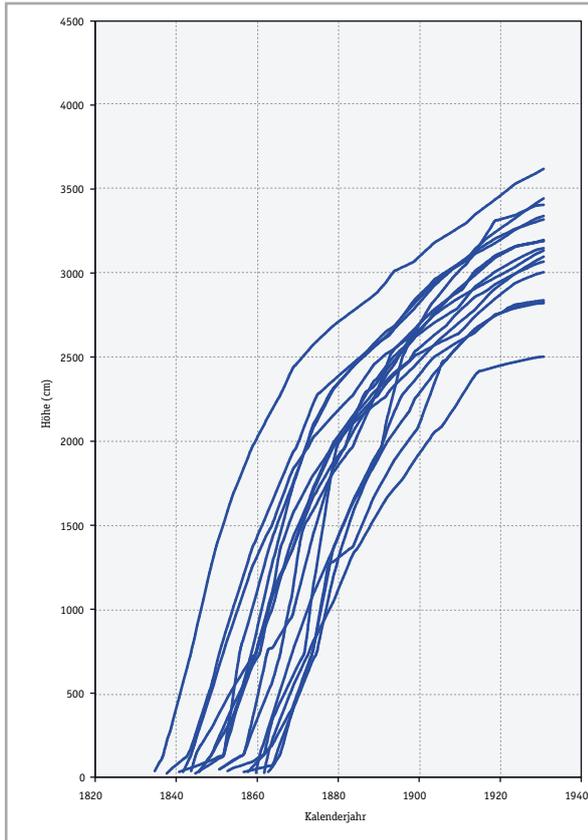


Abbildung 125: Stammanalysen Vorbestand Hallein
Höhe Baumart Lärche

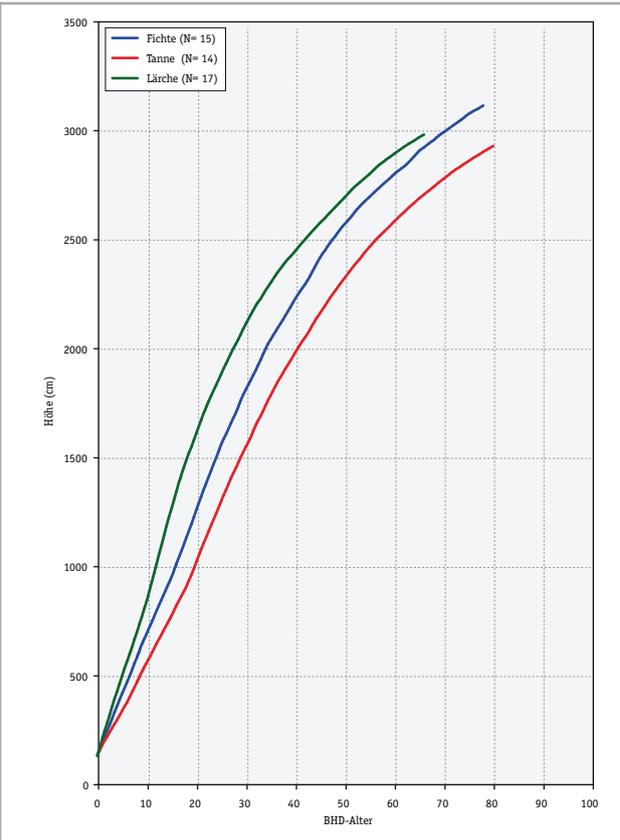


Abbildung 126: Stammanalysen Vorbestand Hallein
Mittlere Höhe nach Baumarten

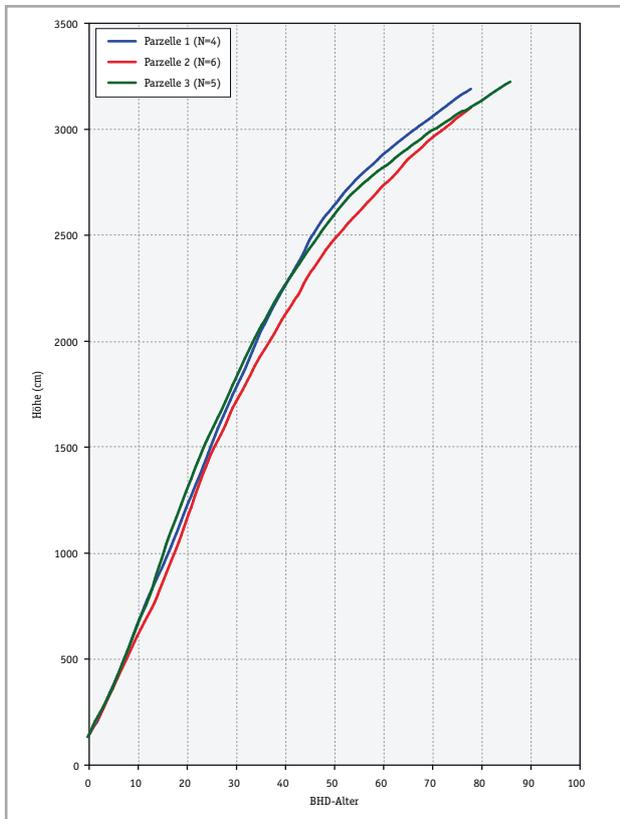


Abbildung 127: Stammanalysen Vorbestand Hallein
Baumart Fichte je Parzelle

Höhen zwischen den Parzellen nur um 90 cm (Abb. 127).

Der Radialzuwachs in Brusthöhe variiert vor allem in der Jugendphase bei allen Baumarten stark. Bei Fichte ist erkennbar, dass die 1932 gefällten Bäume mit zunehmendem Alter mit einer Ausnahme geringere Jahringbreiten als die später gefällten aufweisen. Gegen Ende liegen bei diesen Bäumen die Jahringbreiten unter 0,5 mm (Abb. 128). Die Variation zwischen den Tannen ist etwas geringer als bei Fichte. Der Alterstrend ist mit Ausnahme der beiden zuletzt gefällten Bäume deutlich ausgeprägt (Abb. 129). Die Lärche zeigt in der Jugend bei den älteren Bäumen Jahringbreiten bis zu 6 mm. Bei einigen Bäumen ist etwa ab 1865 ein deutlicher Lichtungszuwachs erkennbar, der über mehrere Jahre anhält. Ab 1900 sind alle Bäume bei einem jährlichen Radialzuwachs-niveau unter 1 mm. 1932 beträgt die maximale Jahringbreite 0,45 mm (Abb. 130). Im Ver-

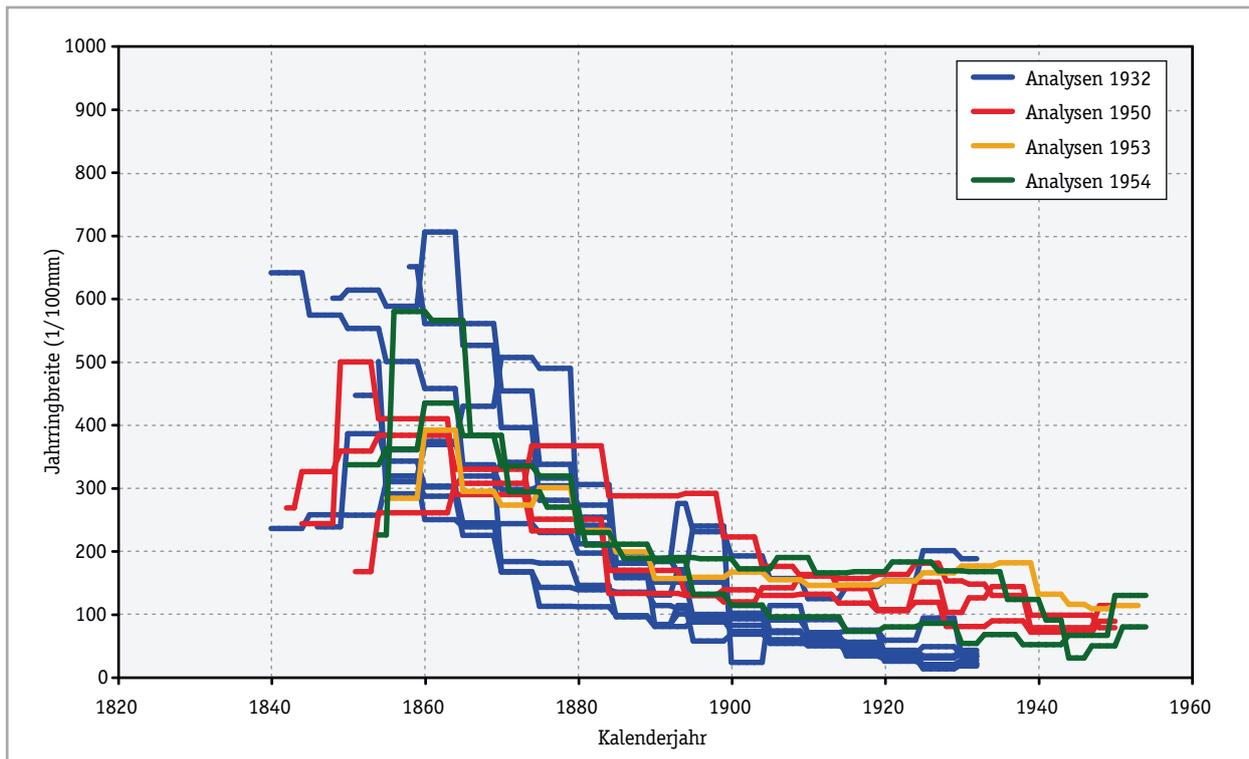


Abbildung 128: Stammanalysen Vorbestand Hallein - Radialzuwachs in Brusthöhe - Baumart Fichte

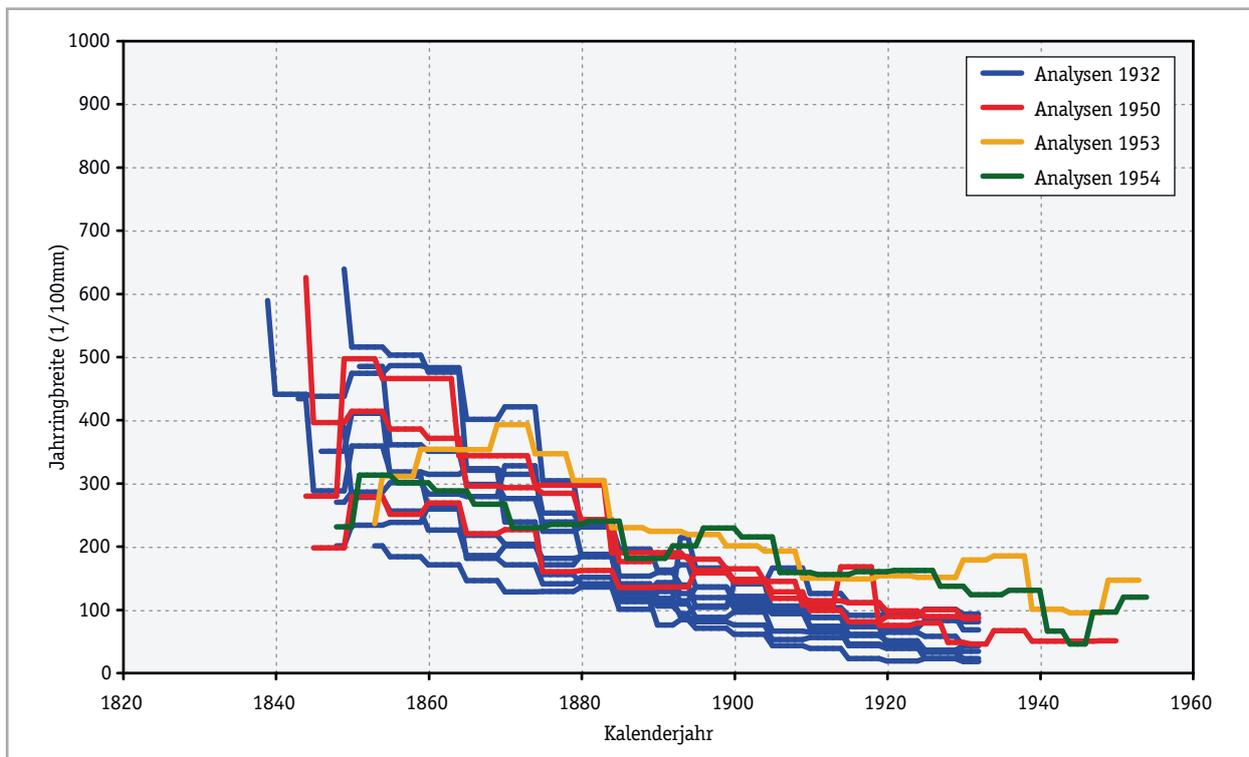


Abbildung 129: Stammanalysen Vorbestand Hallein - Radialzuwachs in Brusthöhe - Baumart Tanne

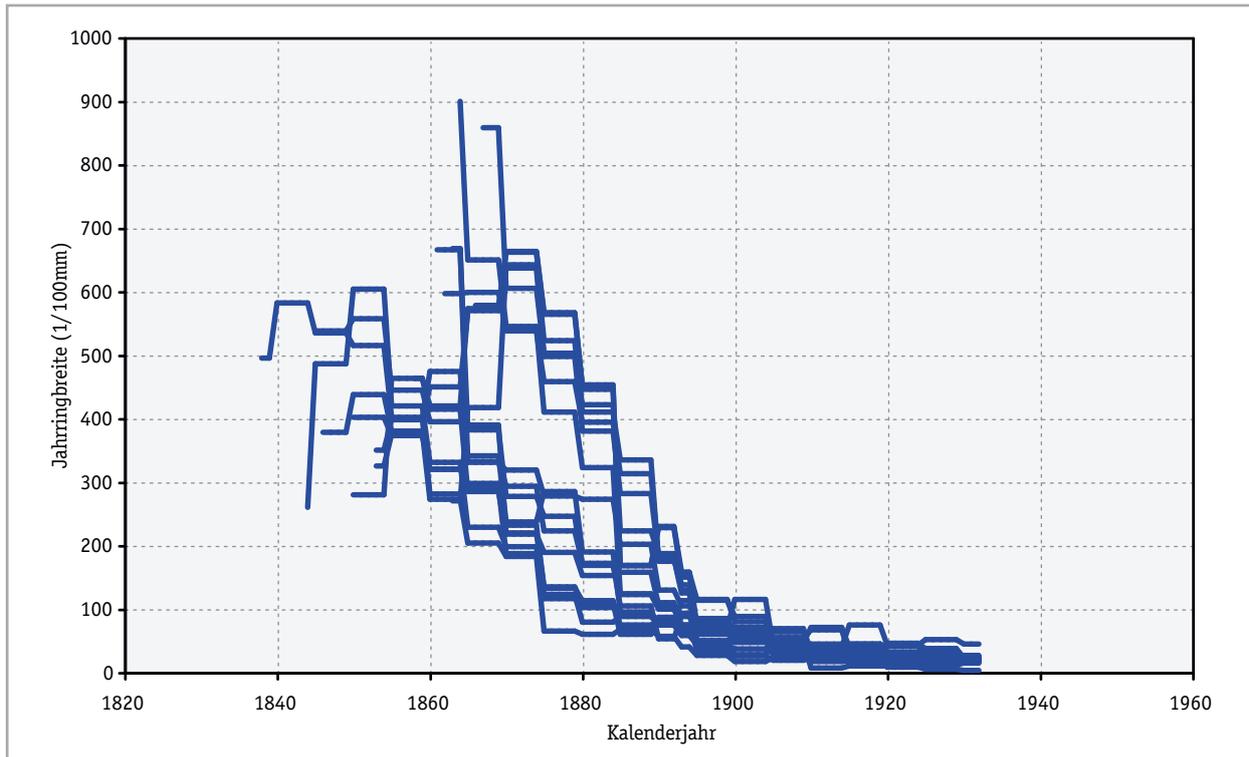


Abbildung 130: Stammanalysen Vorbestand Hallein - Radialzuwachs in Brusthöhe - Baumart Lärche

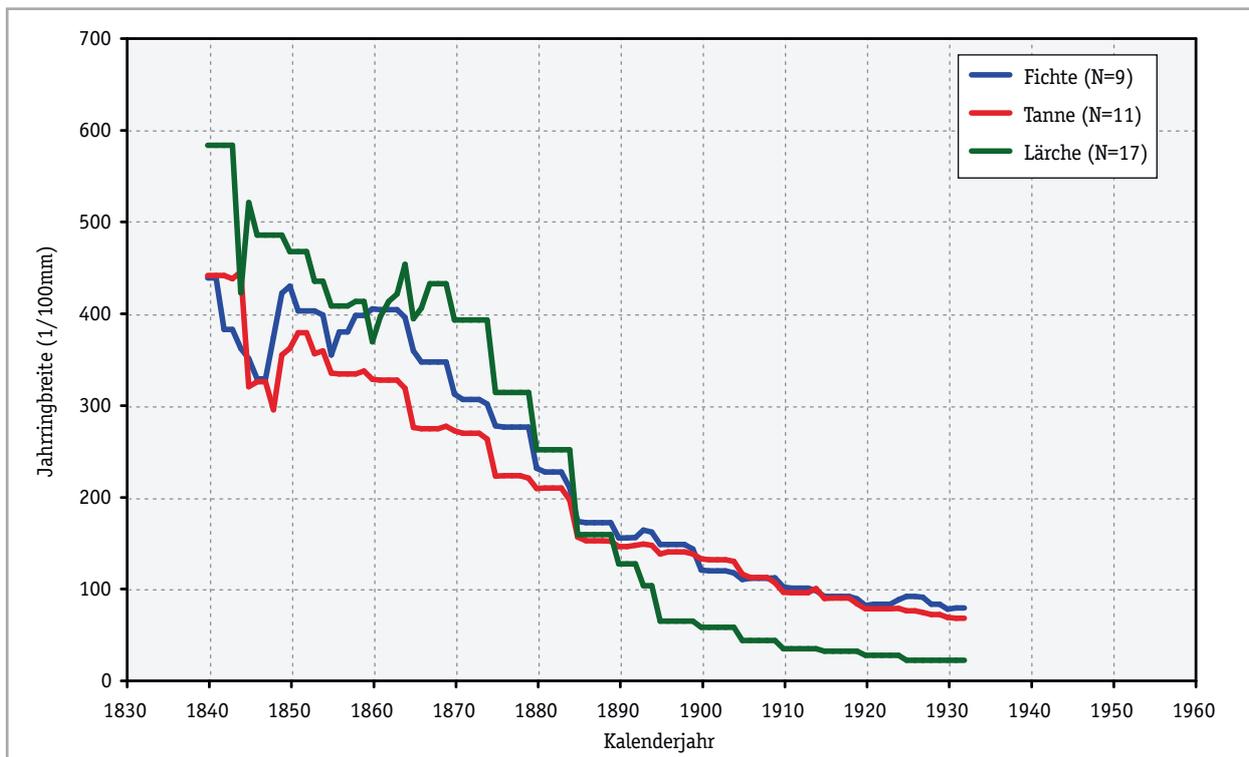


Abbildung 131: Stammanalysen Vorbestand Hallein - Radialzuwachs in Brusthöhe nach Baumart

gleich der Baumarten zeigt die Lärche anfangs die beste Radialzuwachsleistung mit Jahrringbreiten zwischen 4 und 5 mm, die Fichte liegt etwas und Tanne deutlich darunter. 1885 sind die mittleren Jahrringbreiten bei allen Baumarten gleich groß, danach verläuft der Radialzuwachs bei Fichte und Tanne gleich mit leicht fallendem Trend und erreicht 1932 mittlere Jahrringbreiten um 0,7 mm. Der Zuwachs der Lärche sinkt verhältnismäßig stärker und weist gegen Ende nur eine mittlere Jahrringbreite von 0,2 mm auf (Abb. 131).

Der Radialzuwachs bildet sich natürlich auch bei der Entwicklung der Brusthöhendurchmesser ab und zeigt deutlich den weiten Bereich der Durchmesserverteilung (Abb. 132).

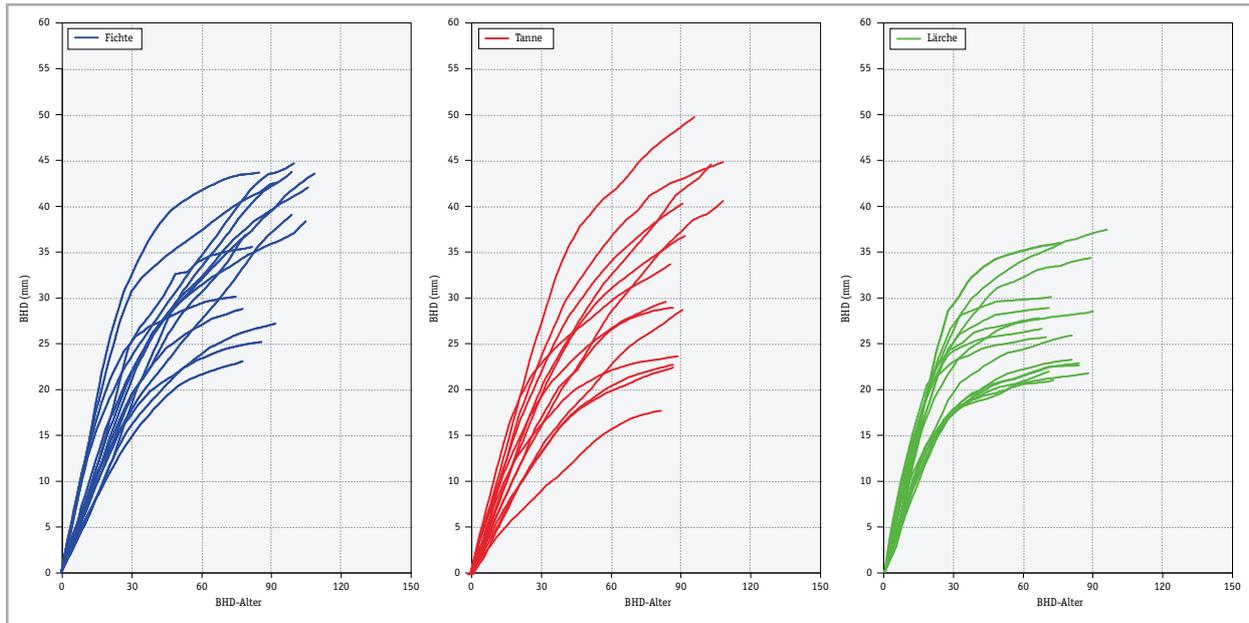


Abbildung 132: Stammanalysen Vorbestand Hallein - BHD-Entwicklung nach Baumart

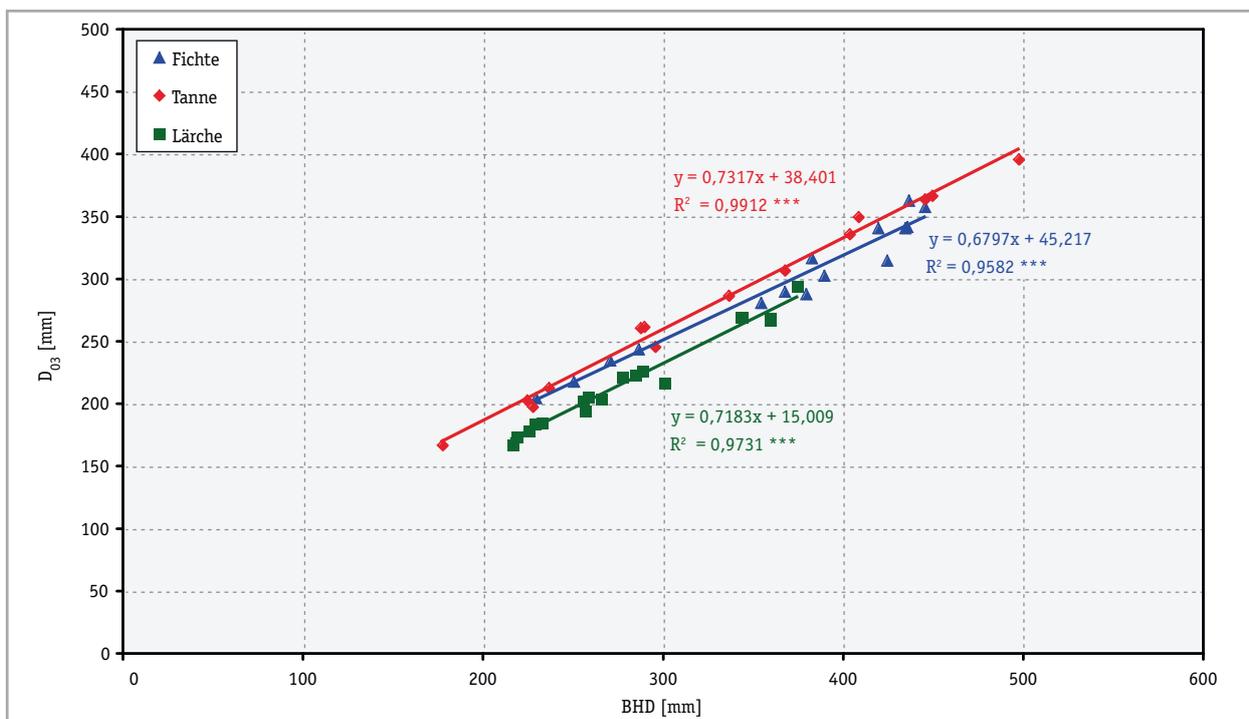


Abbildung 133: Stammanalysen Vorbestand Hallein - BHD zu D₀₃ nach Baumarten

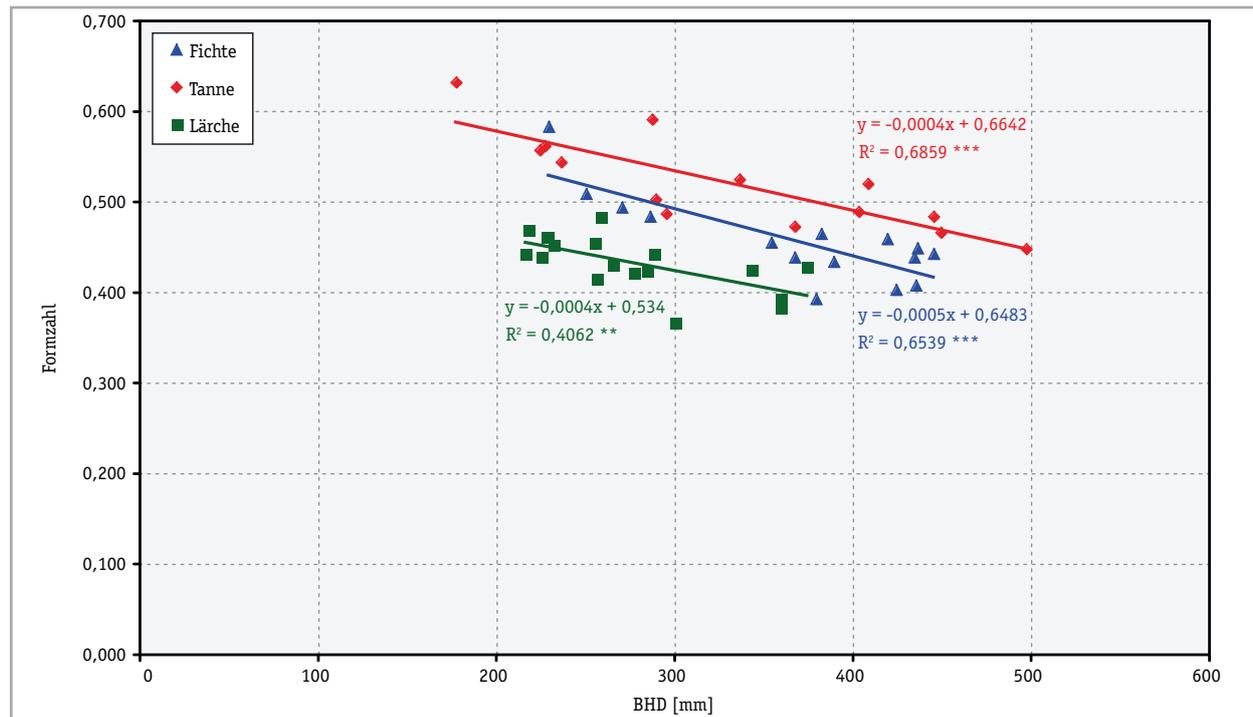


Abbildung 134: Stammanalysen Vorbestand Hallein - Formzahl

Die Beziehung BHD zu D03 zeigt bei allen Baumarten ein ähnliches Bild. Über gleichem BHD liegen die Durchmesser in 3/10 der Baumhöhe bei Fichte und Tanne annähernd gleich hoch. Bei Lärche sind diese Durchmesser etwas geringer zeigen aber bei Ausgleich mit einer linearen Regression fast einen Parallelverlauf (Abb. 133). Die Formzahlen berechnet aus den Stammanalysen sinken bei allen Baumarten mit steigendem BHD. Sie liegen bei Tanne am höchsten zwischen 0,45 und 0,60. Die Formzahlen der Fichte liegen etwas tiefer und haben im Mittel einen Wert von 0,456. Am tiefsten liegen die Formzahlen der Lärche mit einem Mittelwert von 0,430 (Abb. 134).

7.4.2 Folgebestand

7.4.2.1 Bestandesmessung

Die Bäume des Folgebestandes, der aus Fichte mit einzelnen Tannen und Buchen gebildet wird, wurden im Herbst 1999 gemessen. Der Bestand wurde 10 Jahre zuvor 1989 durchforstet. Bei dieser Durchforstung wurden 20 % der Stammzahl entnommen. Die ertragskundlichen Messergebnisse sind in Tabelle 27 zusammengefasst.

Tabelle 27: Ertragskundliche Kennzahlen des Folgebestandes Hallein

	verbleibend	Vornutzung
Jahr	1999	1989
Alter	43	33
N/ha	1316	332
HO (m)	20,7	
DO (cm)	31,2	
HG (m)	17,7	15,7
DG (cm)	19,7	17,0
HD/DG	90	92
G/ha (m²)	40,1	6,8
V/ha (Vfm S.m.R.)	360	57
GWL (Vfm S.m.R.)	417	
SDI	879	

Die Bestandesdaten haben ergeben, dass die Wuchleistung einer 16. Ertragsklasse der Ertrags-tafel Fichte Bayern entspricht. Sowohl die Grundfläche als auch die Vorratsmasse entsprechen den Ertragstafelwerten. Die unterstellte Vornutzung liegt jedoch höher als die tatsächliche, wodurch die ermittelte Gesamtwuchleistung des Folgebestandes um 30 Vfm/ha tiefer liegt als in der Tafel angegeben.

7.4.2.2 Stammanalysen

Insgesamt wurden bei 12 Fichten Stammanalysen durchgeführt, wovon 3 Bäume dem Oberhöhen-kollektiv zuzuordnen sind. Die Jahringzählung an den durchschnittlich 20 cm hohen Stöcken hat zwischen 33 und 41 Jahrringe ergeben. In der folgenden Tabelle 28 sind einige Kennzahlen der Analysenbäume aufgelistet. Die BHD-Verteilung sowie der Entnahmebereich der Stammanalysen sind in Abbildung 135 dargestellt.

Tabelle 28: Kennzahlen der Analysenbäume aus dem Folgebestand Hallein

Nr	Jahr-Fällung	Höhe (m)	BHD m.R. (cm)	BHD o.R. (cm)	D03 o.R. (cm)	Formzahl Analyse
1	1997	19,3	19,8	17,0	15,0	0,491
2	1997	18,5	20,3	18,5	15,4	0,449
3	1997	16,4	26,1	23,9	20,1	0,430
4	1997	16,5	20,4	18,5	15,0	0,427
5	1997	18,0	21,8	20,0	17,0	0,455
6	1997	18,0	25,5	23,8	18,7	0,399
7	1997	16,6	19,8	17,6	14,4	0,426
8	1997	21,2	24,8	22,5	18,7	0,429
9	1997	21,0	20,9	18,7	16,1	0,469
10	1997	20,9	24,1	21,8	18,4	0,459
11	1997	19,1	23,1	21,1	18,7	0,481
12	1997	17,4	22,2	20,2	17,3	0,456

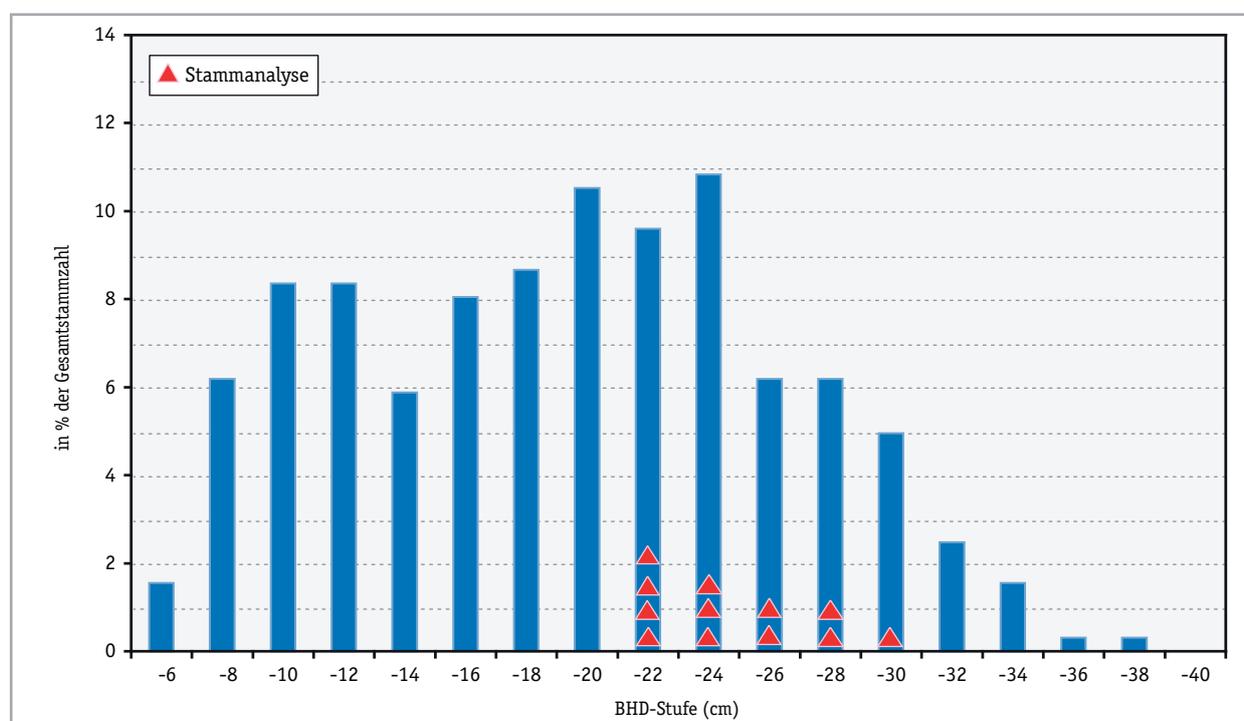


Abbildung 135: Folgebestand Hallein - Verteilung der Stammanalysen

Die Höhenentwicklung zeigt deutlich das unterschiedliche Baumalter sowie den weitgehend gleichmäßigen Höhenzuwachsverlauf der einzelnen Bäume. Das Erreichen der Brusthöhe der verschiedenen Bäume erstreckt sich über einen Zeitrahmen von 1964 bis 1974. Die Maximalhöhe beträgt 21,2 m, die geringste liegt um 4,8 m darunter (Abb. 136). Zur besseren Überprüfung einer einheitlichen Höhenentwicklung wurde der Höhenzuwachs ab dem Erreichen der Brusthöhe dargestellt. Hier zeigt sich noch deutlicher der weitgehend einheitliche Verlauf mit Ausnahme von 2 Bäumen, wobei einer negativ der andere positiv von den übrigen abweicht (Abb. 137).

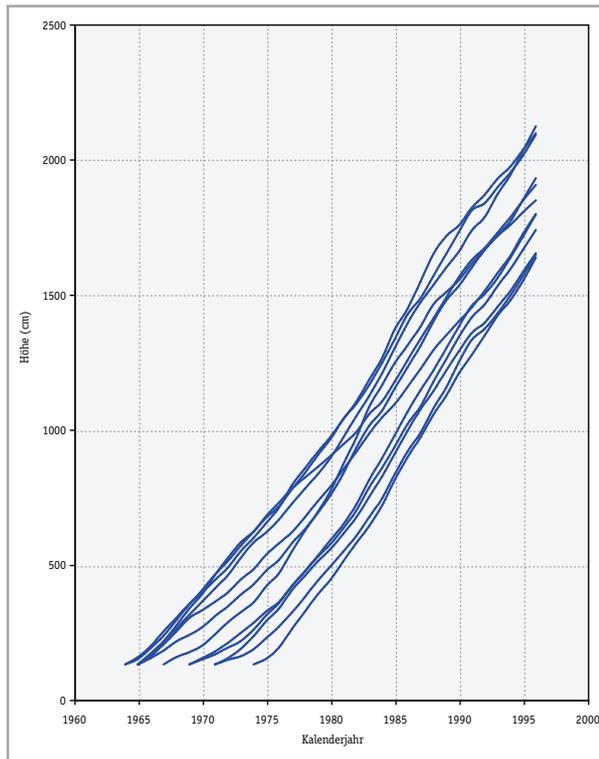


Abbildung 136: Stammanalysen Folgebestand Hallein Höhe

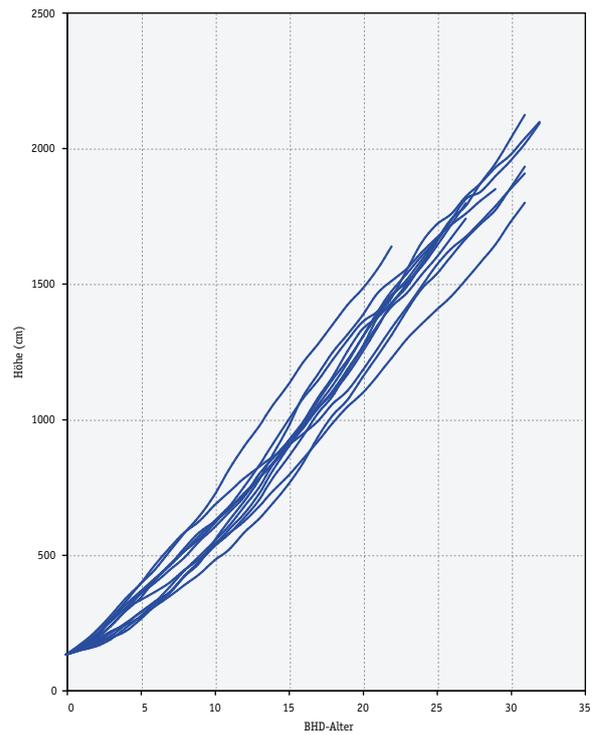


Abbildung 137: Stammanalysen Folgebestand Hallein Höhe über BHD-Alder

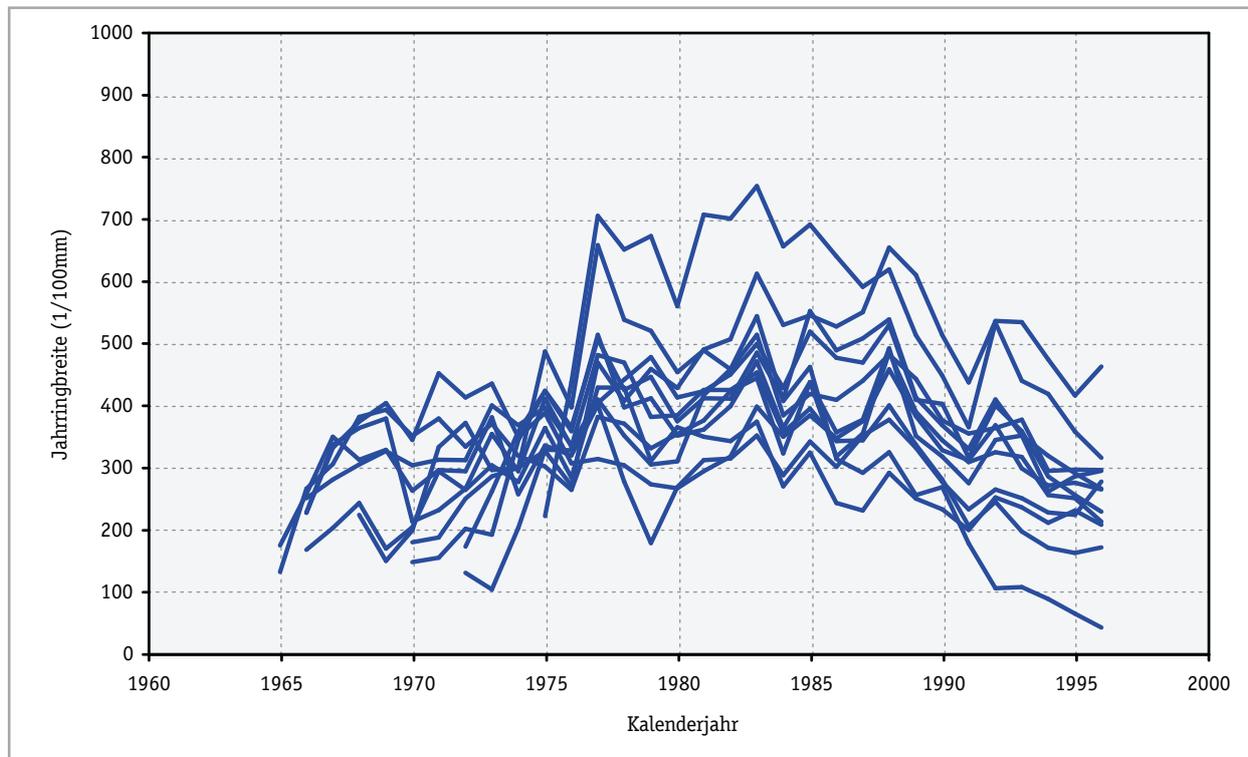


Abbildung 138: Stammanalysen Folgebestand Hallein- Radialzuwachs in Brusthöhe

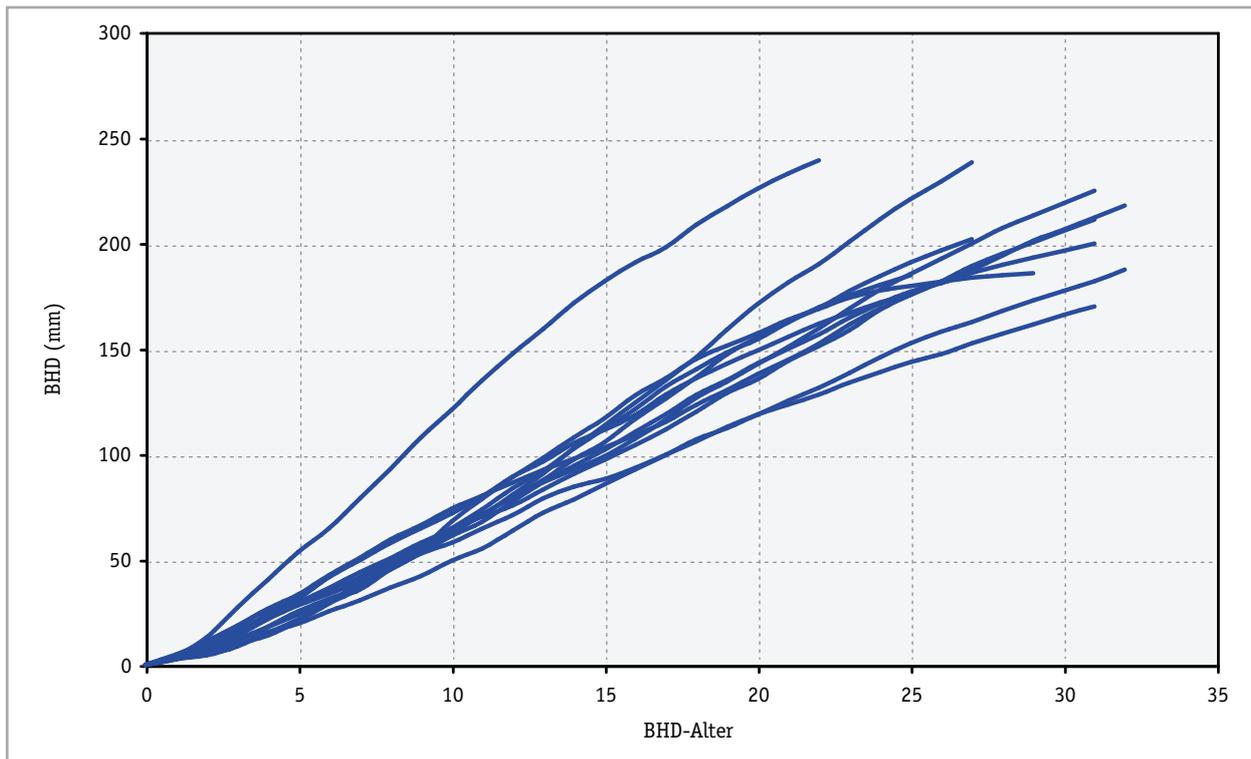


Abbildung 139: Stammanalysen Folgebestand Hallein - BHD-Entwicklung

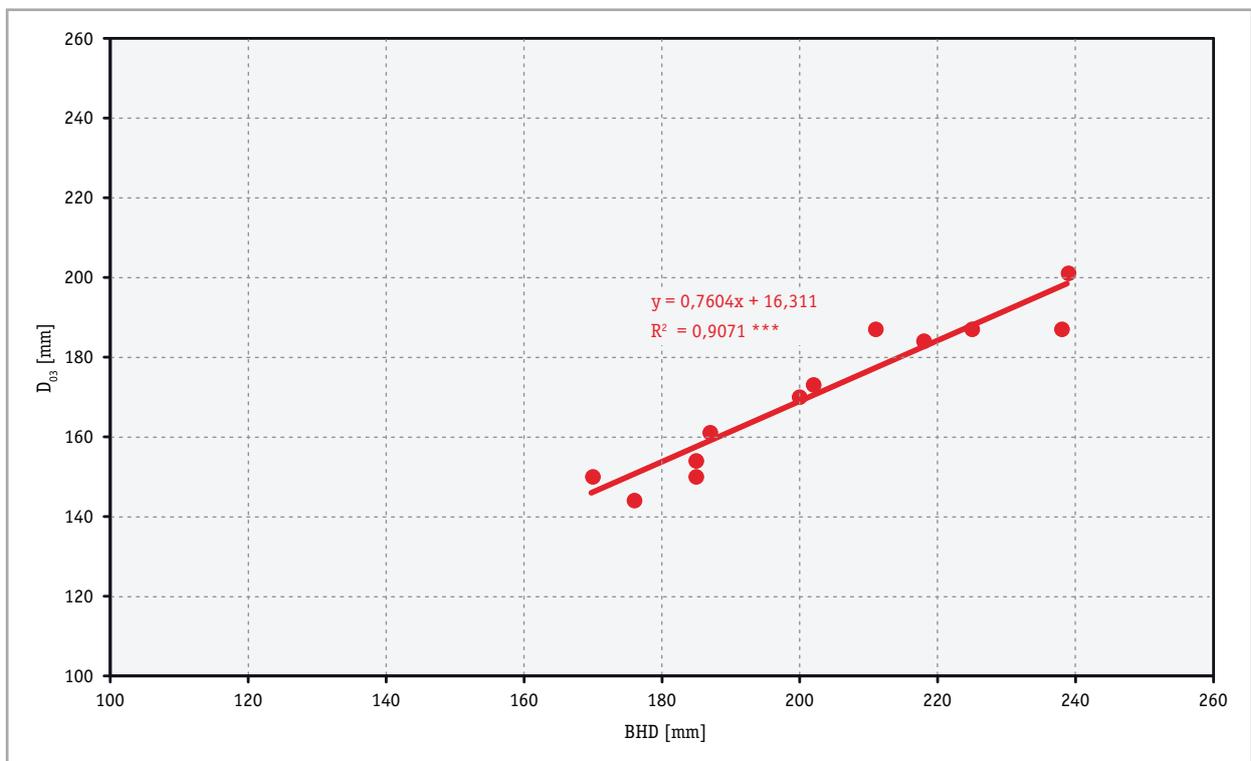


Abbildung 140: Stammanalysen Folgebestand Hallein - BHD zu D03

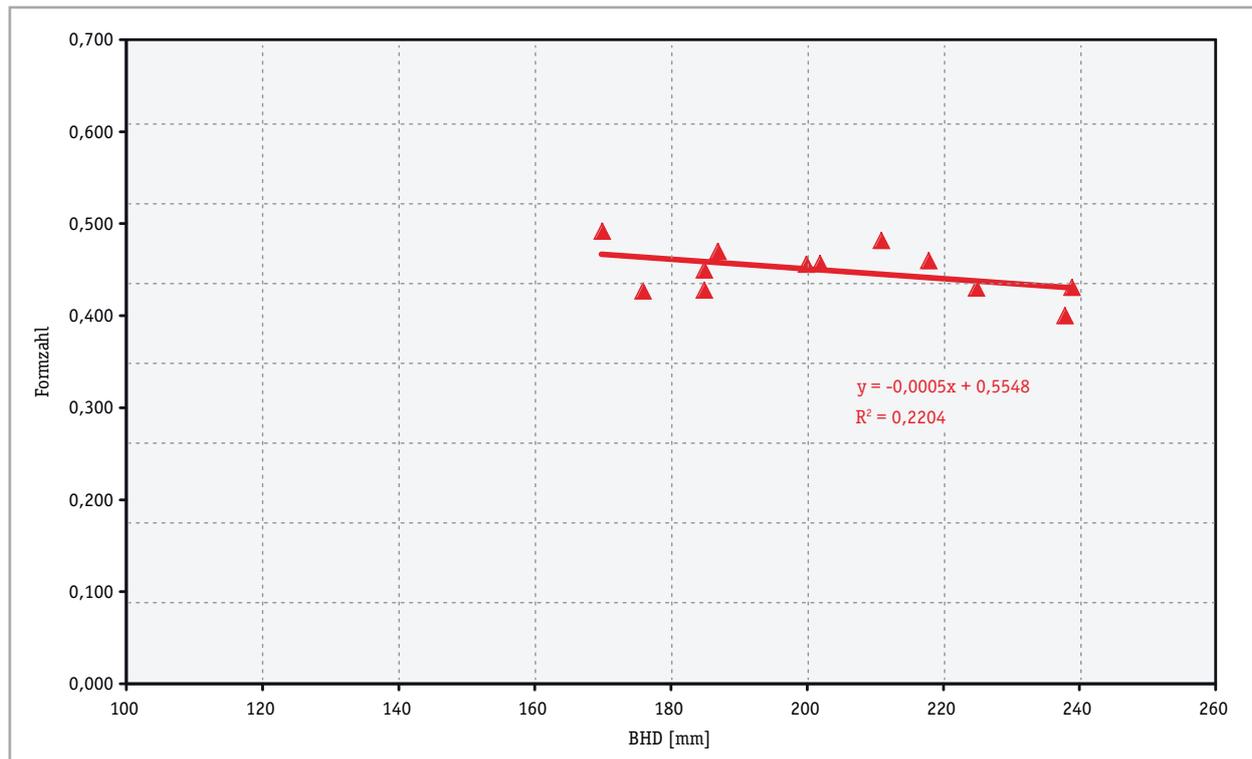


Abbildung 141: Stammanalysen Folgebestand Hallein - Formzahl

Die Radialzuwächse in Brusthöhe schwanken, wie dies bei jungen Bäumen vielfach erwartet werden kann, stark. Es sind Zuwachsrückgänge in den Jahren 1976, 1984 und 1991 erkennbar. Die mittleren Jahrringbreiten im Jahr 1996 unterscheiden sich zwischen den einzelnen Bäumen erheblich. Es wurden Radialzuwächse zwischen 0,4 und 4,6 mm gemessen. Bei der Mehrzahl der Bäume liegt die Jahrringbreite zwischen 2 und 3 mm (Abb. 138). Zur besseren Übersicht der Durchmesserentwicklung in Brusthöhe wurde der BHD über einem gemeinsamen BHD-Alter dargestellt. Ein Baum hebt sich in seiner Zuwachsleistung deutlich vom Rest der Bäume durch einen wesentlich höheren BHD ab. Bei einem Baum ist eine deutliche Zuwachsdepression über mehrere Jahre vor der Schlägerung erkennbar (Abb. 139).

Bei den Beziehungen BHD zu D03 erreicht der D03 zwischen 79 und 89 % der Durchmesser in Brusthöhe. Die Durchmesser in 3/10 der Höhe im Vergleich zum BHD haben bei einer regressionsanalytischen linearen Beziehung einen Anstieg von 0,7604 (Abb. 140). Die unechten Formzahlen liegen mit einer Ausnahme (0,399) zwischen 0,4 und 0,5. Eine Veränderung der Formzahl in eine bestimmte Richtung durch eine Veränderung des BHD ist nicht erkennbar (Abb. 141).

7.4.2.3 Nadelanalysen

Die Nadelproben wurden 2002 an 10 Fichten geworben und stammen aus dem Bereich des 7. Astquirls. In Tabelle 29 sind die Elementgehalte in den Nadeln der Untersuchungsbäume zusammengestellt.

Tabelle 29: Elementgehalte der Nadelproben Hallein

Baum	% N		% P	% K	% Ca	% Mg	ppm Fe	ppm Mn	ppm Zn
	1. Njg.	2. Njg.							
	1. Nadeljahrgang								
1	1,05	1,33	0,09	0,76	0,38	0,10	30	524	41
2	1,09	1,33	0,11	0,61	0,32	0,11	19	515	35
3	1,20	1,07	0,13	0,73	0,29	0,12	30	374	25
4	1,32	1,25	0,11	0,85	0,43	0,08	28	968	36
5	1,31	1,23	0,14	0,87	0,36	0,11	22	502	24
6	1,24	1,40	0,10	0,95	0,38	0,10	29	647	33
7	1,31	1,02	0,11	0,85	0,32	0,11	23	549	28
8	1,09	0,92	0,10	0,74	0,39	0,10	32	546	32
9	1,25	1,20	0,11	0,70	0,29	0,16	25	456	22
10	1,25	1,10	0,11	0,71	0,38	0,09	26	359	25

Die chemischen Analysen haben ergeben, dass beim Element Stickstoff im 1. Nadeljahrgang bei sieben Bäumen eine mangelhafte ($\leq 1,30$), bei drei Bäumen eine nicht ausreichende (1,31-1,50) gegeben ist. Das bedeutet, dass kein einziger Baum ausreichend mit Stickstoff versorgt ist. Bei Phosphor wurde nur bei einem Baum eine ausreichende Versorgung ($> 0,13$) festgestellt. Acht Bäume haben sogar mangelhafte, einer eine nicht ausreichende Phosphorversorgung. Alle Bäume waren mit Kalium ausreichend ($> 0,42$) versorgt. Bei 5 Bäumen war das Element Kalzium nicht ausreichend vorhanden. Der Grenzwert für ausreichende Versorgung mit Magnesium von 0,11 wurde von 8 Bäumen nicht überschritten. Sowohl bei Eisen als auch Zink wurde bei einigen der Bäume eine mangelhafte oder nicht optimale Versorgung festgestellt. Mit Mangan waren alle Bäume optimal versorgt.

Ergänzend wurde noch das durchschnittliche Gewicht von 100 Nadeln beider Nadeljahrgänge erhoben. Die Werte sind in Tabelle 30 zusammengefasst.

Tabelle 30: 100 Nadelgewichte Hallein (in mg)

Baum	1. Njg.	2. Njg.
1	469	493
2	676	511
3	525	508
4	610	556
5	778	769
6	516	418
7	977	662
8	578	524
9	324	348
10	700	687

7.4.3 Vergleich Wuchsleistung Vor- und Folgebestand

7.4.3.1 Bestandesmessung

Die Messergebnisse können aufgrund der fehlenden Altersüberschneidung nicht direkt miteinander verglichen werden, obwohl die Differenz der beiden Bestandesalter des Vor- und Folgebestandes nur 8 Jahre beträgt. Die Einrichtung des Dauerversuches im Vorbestand erfolgte erst bei einem Bestandesalter von 51 Jahren. Der Folgebestand hingegen weist ein Bestandesalter von 43 Jahren auf. Die Baumartenanteile unterscheiden sich in beiden Beständen. Der Vorbestand weist neben Fichte einen Tannenanteil von 0,3 auf, während der Folgebestand aus reiner Fichte gebildet wird. Der Vorbestand war laut Aufzeichnungen bei der ersten Aufnahme unbehandelt. Dafür sprechen auch die hohen Stammzahlen, die je Variante zwischen 2476 und 3496 Bäumen/ha liegen. Der Folgebestand wurde 10 Jahre vor der Messung 1999 durchforstet, wobei ungefähr 20% der Stammzahl entnommen wurde. Die Stammzahl des Folgebestandes liegt im 33-jährigen Bestand vor der Durchforstung mit 1648 Bäumen/ha deutlich unter der Stammzahl des Vorbestandes.

Die Gesamtwuchsleistung wurde anhand einer grafischen Darstellung verglichen. Es zeigt sich, dass bei Extrapolation der Gesamtwuchsleistung des Vorbestandes gegen 0 die Gesamtwuchsleistung aller Varianten des Vorbestandes bei vergleichbarem Alter höher liegt. Eine exakte Festlegung der Differenz ist aber aufgrund des Fehlens von Berechnungen im Vorbestand nicht möglich, der Unterschied dürfte jedoch zwischen 100 und 200 Vfm/ha liegen (Abb. 142).

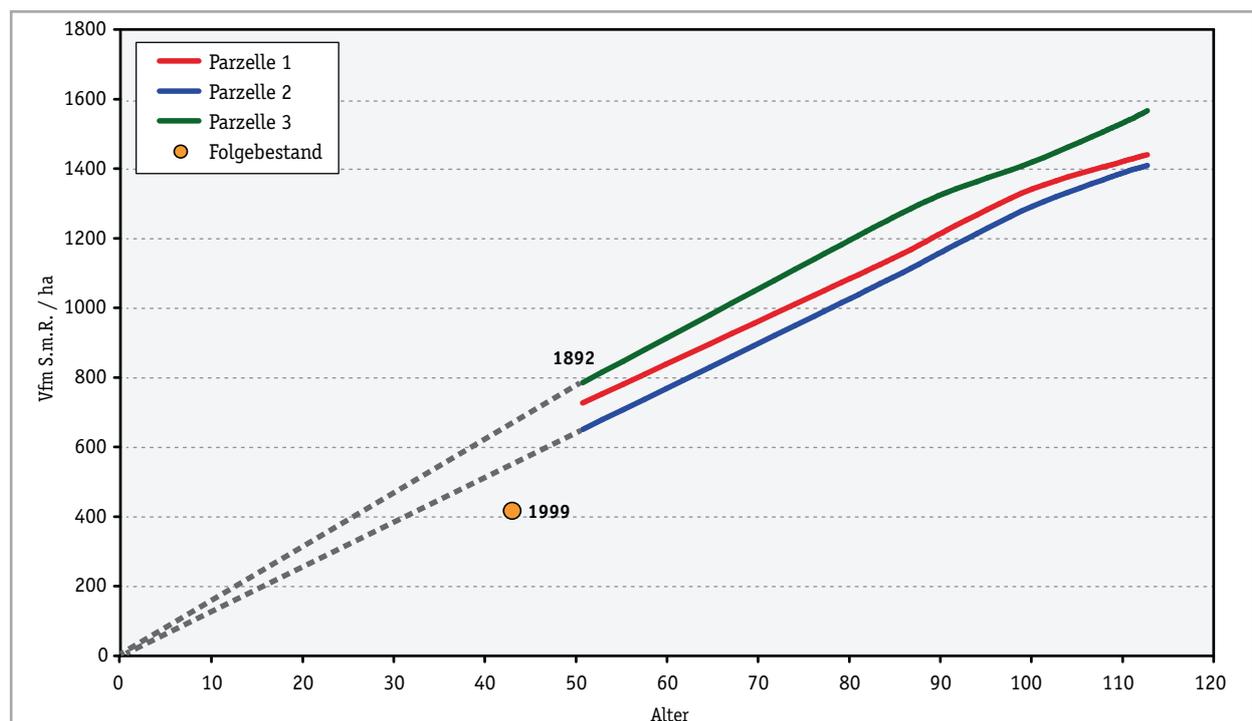


Abbildung 142: Hallein - Vergleich der Gesamtwuchsleistung

Die Oberhöhen des Vor- und Folgebestandes sind in etwa in ihrer Größe vergleichbar. Sie unterscheiden sich nur um eine Bonitätsstufe der Ertragstafel Fichte Bayern. Während der Vorbestand eine 15. Ertragsklasse aufweist, liegt sie im Folgebestand um eine Stufe höher. Der Verlauf der Oberhöhen nach der Einzelbaumnummerierung kann für Vergleiche nicht herangezogen werden,

da die Oberhöhenkollektive sehr stark variierten und daher der Verlauf vollkommen atypisch ist. Dies zeigt auch die grafische Darstellung eindeutig (Abb. 143). Grundflächen- und Durchmesser- und Durchmesservergleiche sind wegen der doch sehr großen Stammzahlunterschiede der Bestände nicht zielführend möglich. Dies zeigt sich auch in den deutlichen Unterschieden des SDI, der im Vorbestand auf eine volle Bestockung hinweist.

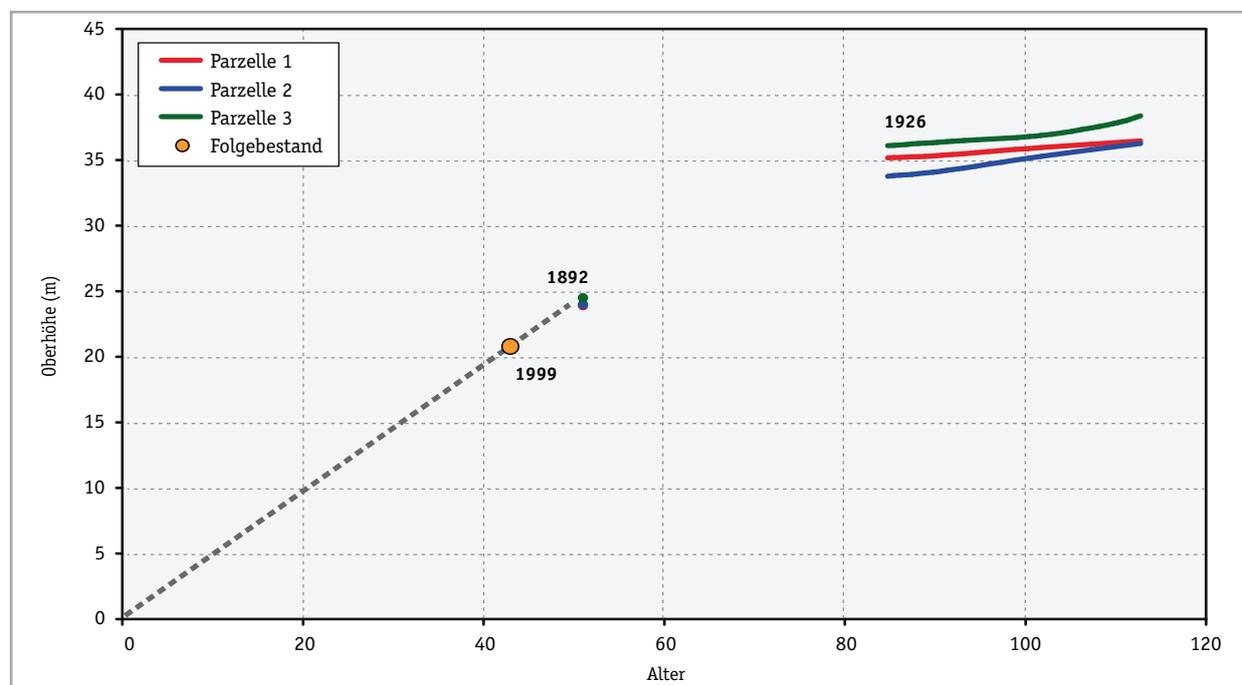


Abbildung 143: Hallein - Vergleich der Oberhöhe

Die Bestandeskennzahlen des Vorbestandes bei der ersten Aufnahme sowie des Folgebestandes sind in Tabelle 31 zusammengefasst.

Tabelle 31: Ertragskundliche Kennzahlen des Vor- und Folgebestandes Hallein

	Vorbestand			Folgebestand	
	Parzelle 1	Parzelle 2	Parzelle 3	Messung 1999	Vornutzung
Alter	51 (1892)			43	33
Baumart	7 Fichte, 3 Tanne			10 Fichte	
N/ha	2476	3496	2836	1316	332
DO (cm)	34,3	33,7	36,8	31,2	
HO (m)	23,9	24,0	24,5	20,7	
HO/DO	70	71	67	66	
DG (cm)	17,9	14,6	17,1	19,7	17,0
HG (m)	17,2	17,6	18,4	17,7	15,7
HG/DG	96	121	108	90	92
G (m²/ha)	62,2	58,5	65,1	40,1	6,8
V (Vfm/ha)	720	644	778	360	57
GWL (Vfm/ha)	720	644	778	417	
SDI	1448	1475	1542	879	
EKL Fi Bayern	15			16	

7.4.3.2 Stammanalysen

Der Vergleich der Stammanalysen aus dem Vor- und Folgebestand zeigt in der Wuchsentwicklung nur sehr geringe Unterschiede. Vorerst wurde untersucht, ob sich die Baumformen der Stammanalysenbäume unterscheiden. Dazu wurde der Durchmesser in Brusthöhe und in 3/10 der Baumhöhe (D03) dargestellt. Der lineare Ausgleich der Beziehungen D03 und BHD hat gezeigt, dass zwischen den Bäumen aus dem Vorbestand sowie aus dem Folgebestand nur sehr geringe Unterschiede

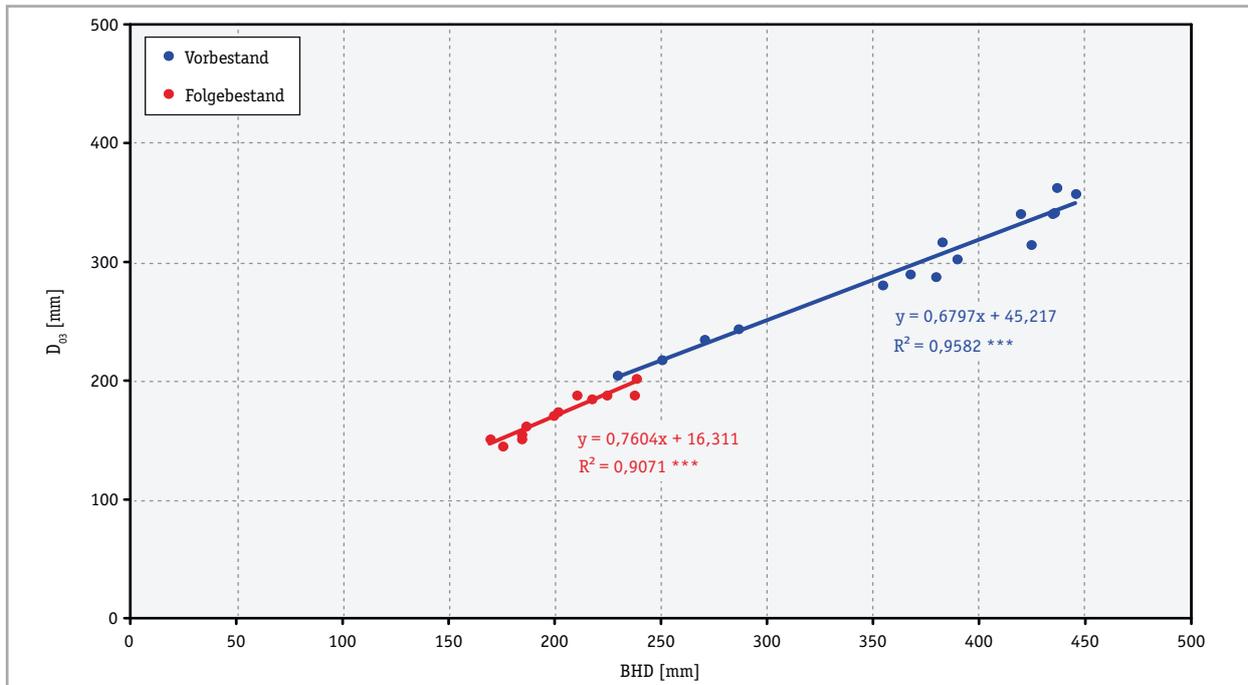


Abbildung 144: Stammanalysen Hallein - BHD zu D03

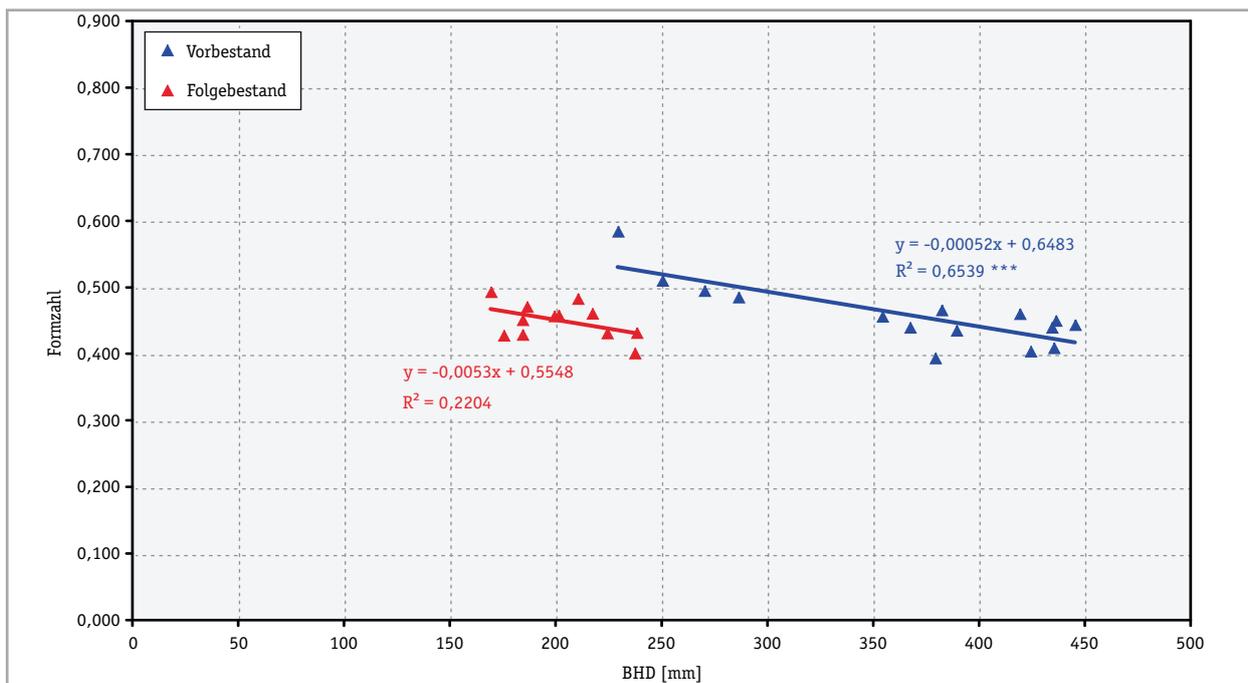


Abbildung 145: Stammanalysen Hallein - Formzahlen

bestehen, die Form der Bäume also sehr ähnlich ist (Abb. 144). Ein weiterer Vergleich der mittels Stammanalyse berechneten Formzahlen zeigte ebenfalls keine Unterschiede. Die Formzahlen liegen überwiegend zwischen 0,40 und 0,50, wobei keine Abhängigkeit von der Größe des BHD, weder im Vor- noch im Folgebestand zu erkennen ist (Abb. 145).

Beim Wachstumsvergleich der Stammanalysenbäume der Fichten wurde einerseits die Entwicklung des Höhenwachstums und weiters des Durchmesserwachstums in Brusthöhe herangezogen, wobei doch zwei relativ große Kollektive mit 15 bzw. 12 Bäumen verglichen werden konnten. Es hat sich gezeigt, dass sich die Höhenzuwächse im Vor- und Folgebestand nur sehr gering unterscheiden. Die Entwicklung verläuft ähnlich, nur ab einem BHD-Alter von 15 Jahren zeigen die Bäume aus dem Folgebestand im Mittel einen etwas stärkeren Höhenzuwachs. Der Höhenvorsprung beträgt bei einem BHD-Alter von 22 Jahren ungefähr einen Meter (Abb. 146). Ein Vergleich der Oberhöhenkollektive zeigt ein ähnliches Bild. Der Vorsprung beträgt bei einem Bestandesalter von 32 Jahren etwa 1,5 m, was einem Ertragsstapelunterschied von 2 Ertragsklassen entspricht. Im Vergleich mit der Ertragsstapel Fichte Bayern entspricht die Oberhöhenentwicklung der Fichten-Stammanalysen aus dem Vorbestand etwa einer 12. Ertragsklasse (dGZ_{100}). Im Folgebestand wird hingegen eine Ertragsklasse von 14 erreicht (Abb. 147).

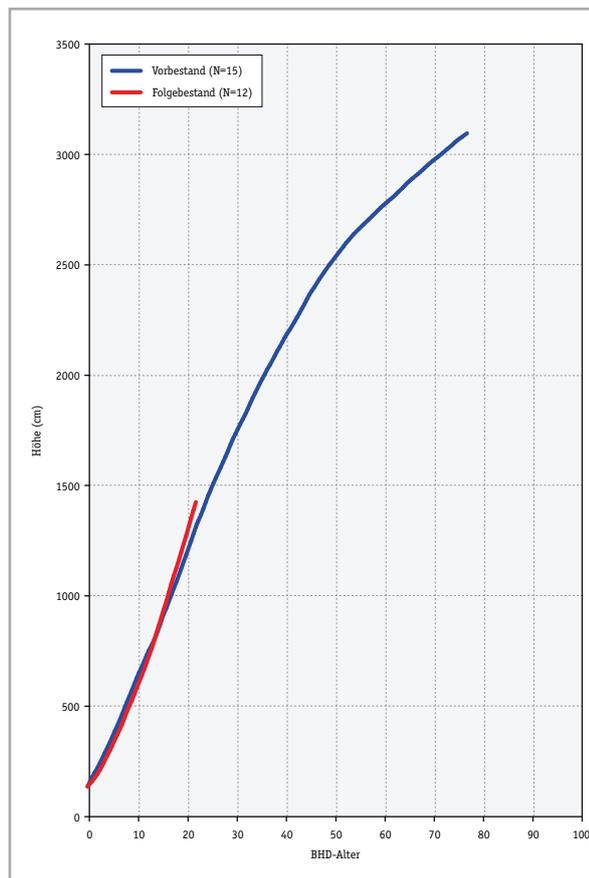


Abbildung 146: Stammanalysen Hallein - Höhe

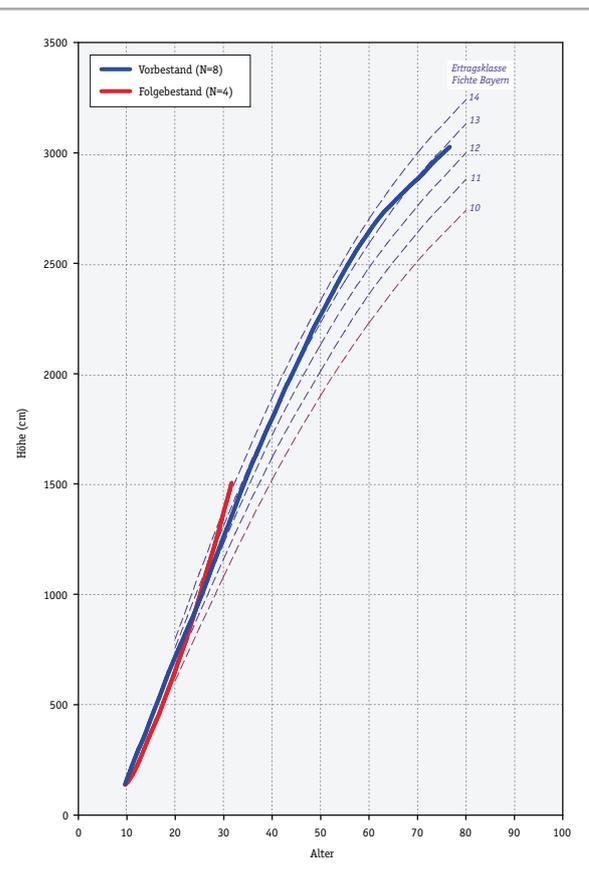


Abbildung 147: Stammanalysen Hallein - Oberhöhe

Beim Vergleich der BHD-Entwicklung besteht natürlich ein Einfluss, aus welchem Durchmesserbereich die Stammanalysen stammen. Dennoch zeigt sich hier ein sehr ähnlicher Verlauf des Durchmesserzuwachses der Bäume aus dem Vor- und Folgebestand. Dies trifft sowohl für das Gesamtkollektive aller Bäume als auch der Oberhöhenbäume zu (Abb. 148, Abb. 149).

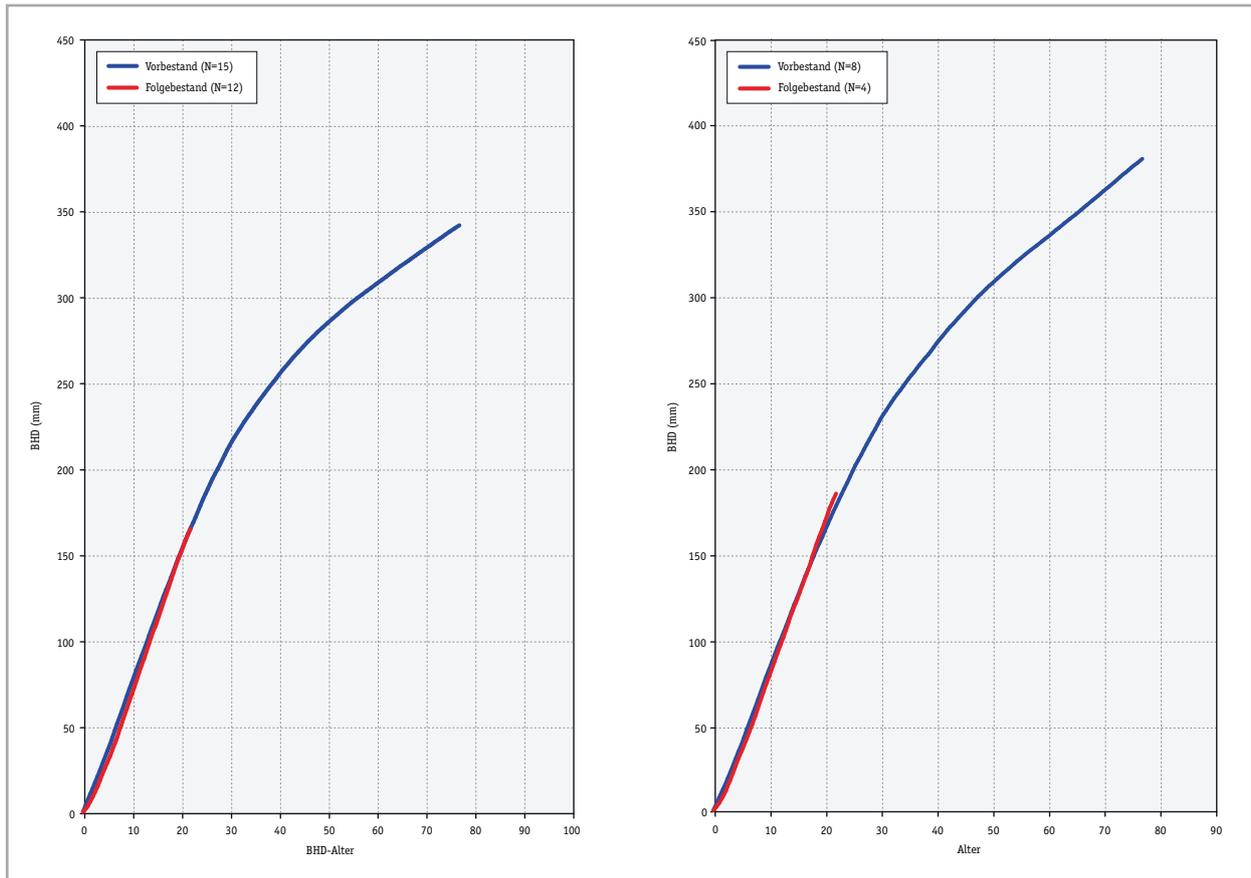


Abbildung 148: Stammanalysen Hallein - Mittlere BHD-Entwicklung Abbildung 149: Stammanalysen Hallein - BHD der Oberhöhenbäume

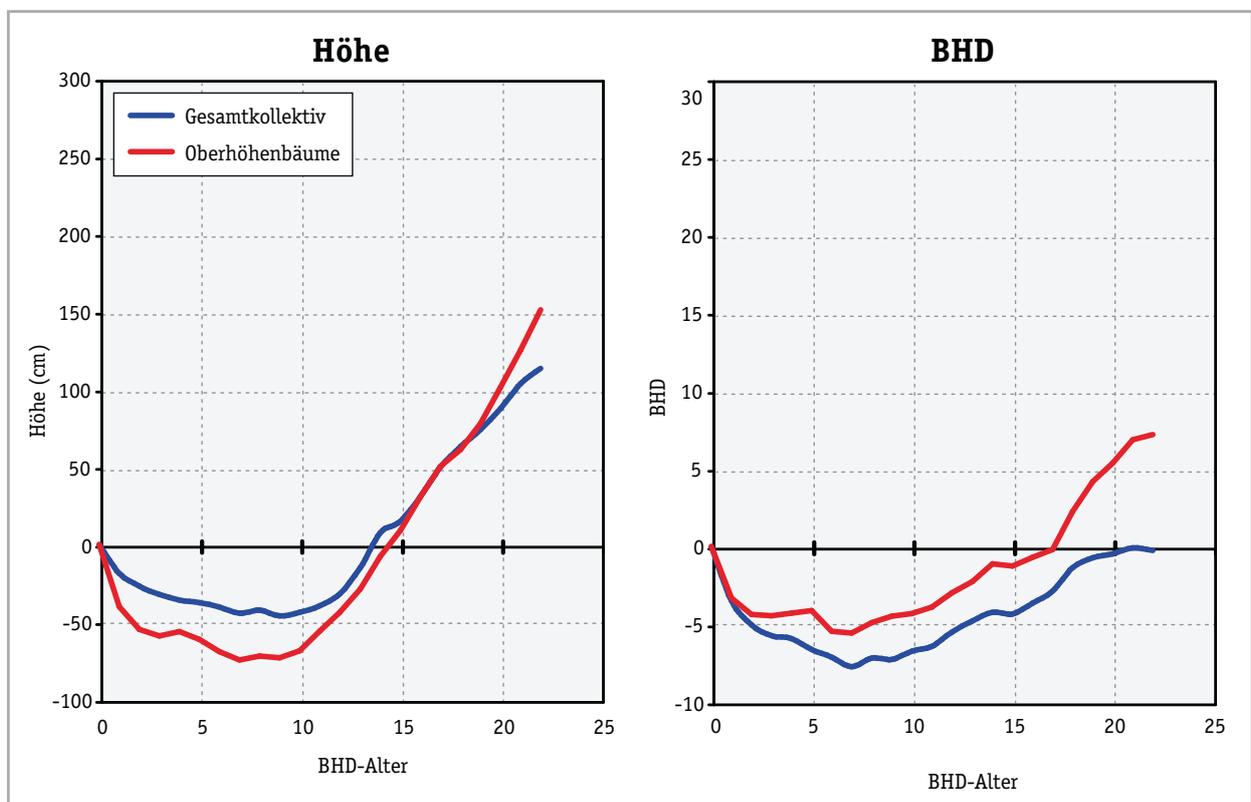


Abbildung 150: Stammanalysen Hallein - Höhen- und BHD-Mehrzuwachs im Folgebestand

Bis zu einem BHD-Alter 10 liegt die mittlere Höhenentwicklung in den Folgebeständen unter den Höhen im Vorbestand. Danach liegt die mittlere Höhe durch den stärkeren Höhenzuwachs um 1 bzw. 1,5m je nach Kollektiv darüber. Beim Durchmesser zeigt sich eine ähnliche Entwicklung. Bei einem BHD-Alter von 22 entspricht der mittlere BHD aller Analysenbäume des Folgebestandes den Analysen aus dem Vorbestand. Die Oberhöhenbäume aus dem Folgebestand haben im BHD-Alter 22 im Mittel einen um 0,7cm stärkeren BHD, ein deutlicher Unterschied kann jedoch nicht erkannt werden (Abb. 150).

7.5 Versuch Langbathsee

7.5.1 Vorbestand (Dauerversuch)

7.5.1.1 Bestandesmessung

Der Versuchsbestand bestehend aus reiner Fichte wurde 1890 bei Versuchseinrichtung erstmals gemessen. Es wurden die Probestämme nummeriert, alle BHD und in 5 verschiedenen BHD-Klassen Höhen gemessen. Der zu diesem Zeitpunkt 48 Jahre alte Bestand war laut Aufzeichnungen im Lagerbuch bis dahin nicht behandelt worden.

In Tabelle 32 sind die ertragskundlichen Kenndaten des Versuchsbestandes vor dem ersten Eingriff getrennt nach den 4 Parzellen zusammengefasst.

Tabelle 32: Ertragskundliche Kenndaten des Vorbestandes Langbathsee

	Parzelle 1	Parzelle 2	Parzelle 3	Parzelle 4
Alter	48			
N/ha	1336	1236	1308	1508
HO (m)	25,6	25,8	25,4	24,9
DO (cm)	35,5	35,8	34,0	32,3
HG (m)	21,8	21,3	21,2	20,9
DG (cm)	22,4	23,2	22,5	21,6
HD/DG	97	92	94	97
G/ha (m²)	52,7	52,3	51,8	55,5
V/ha (Vfm S.m.R.)	575	575	566	601
SDI	1120	1096	1105	1193

Die Messdaten zeigen, dass der Bestand weitgehend homogen ist und daher zwischen den Parzellen nur geringe Unterschiede bestehen. Sowohl die mittleren Durchmesser als auch die Höhen und infolge natürlich auch die Grundfläche und das Volumen differieren nur gering. Auch bei der Verteilung der Brusthöhendurchmesser ist eine gute Übereinstimmung erkennbar. Nur auf Parzelle 4 mit der höchsten Stammzahl und daher dem geringsten Standraum je Baum ist die Anzahl der Bäume in den unteren Durchmesserklassen verhältnismäßig höher als bei den anderen Parzellen (Abb. 151).

Für den ersten versuchsplanmäßigen Durchforstungseingriff 1890 auf den Parzellen 2, 3 und 4 sind die Kennzahlen sowie der prozentuelle Anteil am Ausgangsbestand in der folgenden Tabelle 33 zusammengestellt. Auf Parzelle 1 als Vergleichsvariante wurden keine Entnahmen getätigt.

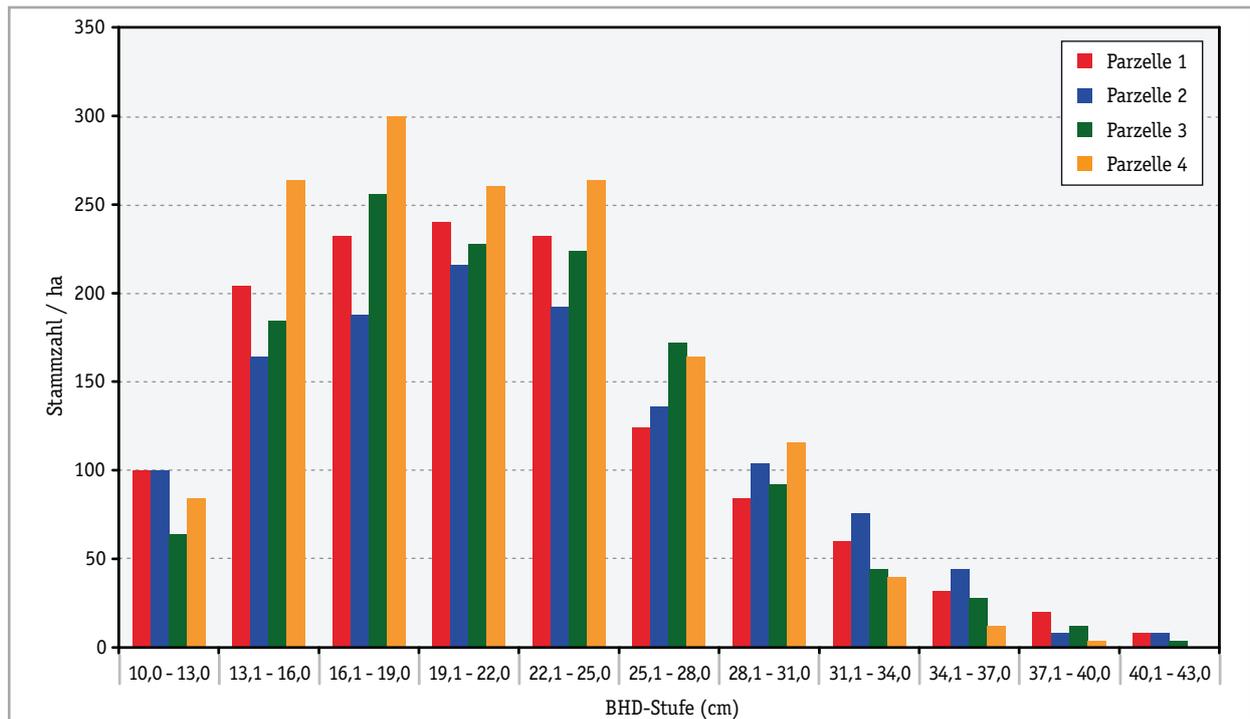


Abbildung 151: Vorbestand Langbathsee - BHD-Verteilung im Alter 48 vor Aushieb

Tabelle 33: Erste Durchforstung des Vorbestandes Langbathsee (N, G, V - Hektarwerte)

	Parzelle 2		Parzelle 3		Parzelle 4	
N/ha	440	35,6 %	424	32,4 %	652	43,2 %
HG (m)	18,9		18,9		19,0	
DG (cm)	16,8		17,0		16,9	
HD/DG	113		111		112	
G/ha (m²)	9,8	18,8 %	9,6	18,5 %	14,6	26,4 %
V/ha (Vfm S.m.R.)	100	17,4 %	98	17,3 %	149	24,8 %

Die Stammzahlentwicklung zeigt, dass beim ersten Eingriff auf den Parzellen 2, 3 und 4 die Stammzahl auf eine ähnlich gleiche Höhe zwischen 796 und 884 Bäume je ha abgesenkt wurde. Weiters ist erkennbar, dass bis zum folgenden planmäßigen Eingriff im Jahr 1900 es wiederholt auch auf Parzelle 1 zu Entnahmen kam, die laut Aufzeichnungen auf Holzdiebstähle zurückzuführen sind. Nach dem zweiten Eingriff weisen die Parzellen 2 und 3 mit 612 bzw. 620 Bäumen/ha fast gleich hohe Stammzahlen auf, Parzelle 4 liegt mit 704 Bäumen etwas darüber. Nicht genau nachvollziehbar ist, warum auch auf der Vergleichsparzelle 1 ein relativ starker Aushieb durchgeführt wurde. Dort wurde ein Viertel der Bäume entnommen, wodurch sich die Stammzahl um 296 Bäume auf 924 Bäume/ha verringerte. Auch im Alter 66 (1908) wurde auf dieser Parzelle ein weiterer Eingriff durchgeführt, bei dem wiederum 168 Bäume/ha entnommen wurden. Ob dies auch durch die angemerkteten Diebstähle von Bäumen mitverursacht wurde, kann nur vermutet werden. Auf den anderen Parzellen gab es zu diesem Zeitpunkt nur sehr geringe Entnahmen, sodass sich die Stammzahlen zwischen den Parzellen nur mehr um maximal 124 Bäume/ha unterscheiden. Ab dem Alter 87 folgen in kurzen Abständen auf allen Parzellen mehrere kleinere Entnahmen, die zu extrem geringen Stammzahlen führten. Bei Versuchsende 1947 im Alter 105 liegen die Stammzahlen auf den Parzellen 2, 3 und 4 unter 200, auf Parzelle 1 bei 348 Bäumen/ha (Abb. 152).

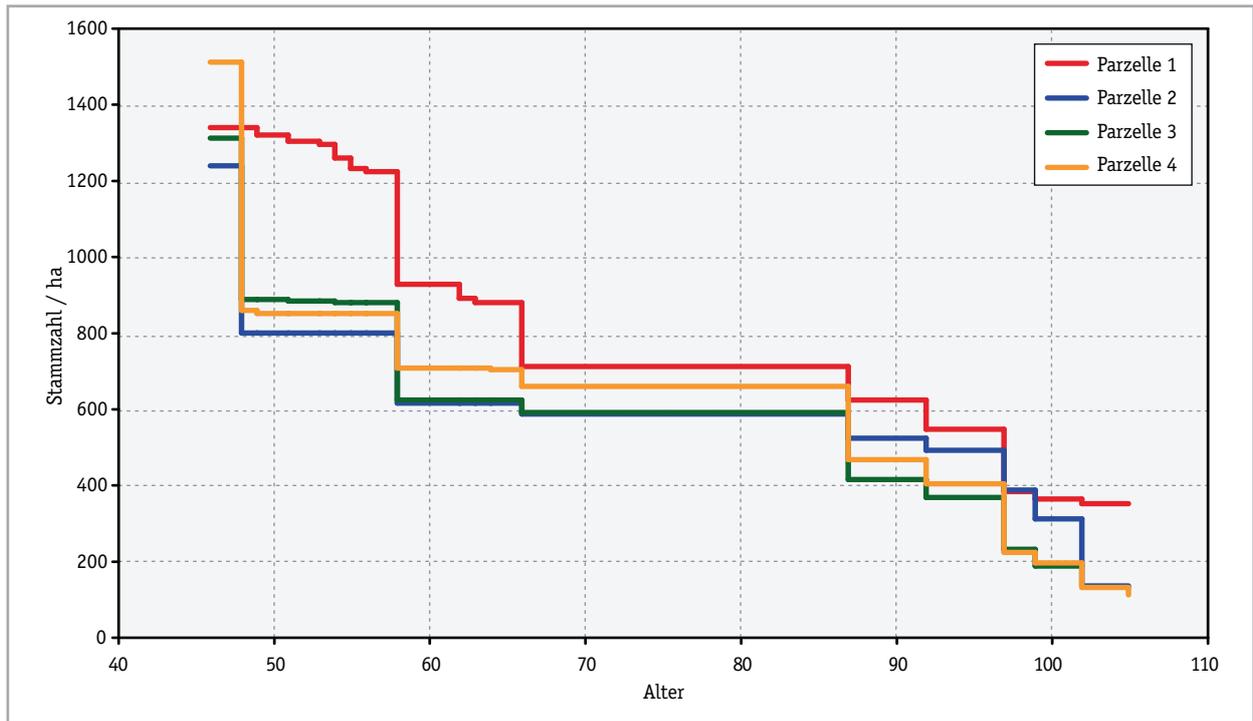


Abbildung 152: Vorbestand Langbathsee - Stammzahl

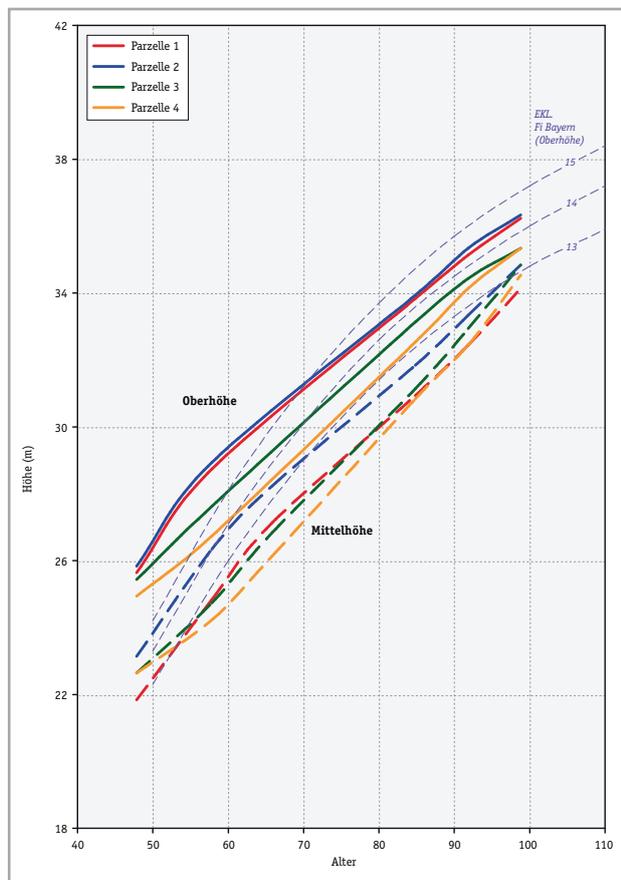


Abbildung 153: Vorbestand Langbathsee - Oberhöhe

Die Oberhöhe unterscheidet sich im Alter 48 zwischen den Parzellen nur um 90 cm, die größte Oberhöhe wird auf Parzelle 2 mit 25,8 m erreicht. Mit zunehmendem Alter zeigen die Höhen auf den Parzellen 1 und 2 einen fast identen Verlauf. Die Höhen auf Parzelle 3 und 4 liegen etwas darunter, wobei die Maximalabweichung nur etwas über einen Meter beträgt. Der Anstieg des Höhenzuwachses der Oberhöhenbäume verläuft anfangs relativ steil, wird aber mit zunehmendem Alter flacher. Dies ist auch im Vergleich mit Ertragstafelwerten der Tafel Fichte Bayern erkennbar, indem die Tafelwerte deutlich steiler ansteigen. Eine Ursache für diese Entwicklung liegt auch darin, dass wiederholt Bäume aus dem Oberhöhenkollektiv genutzt wurden. Der Verlauf der Bestandesmittelhöhe ist im Vergleich zum Oberhöhenverlauf etwas steiler. So beträgt zum Beispiel die Differenz zwischen Ober- und Mittelhöhe auf Parzelle 1 im Alter 48 3,8 m, im Alter 99 verringert sich diese Differenz auf 2,1 m. Die Mittelhöhen unterscheiden sich zwischen den Parzellen

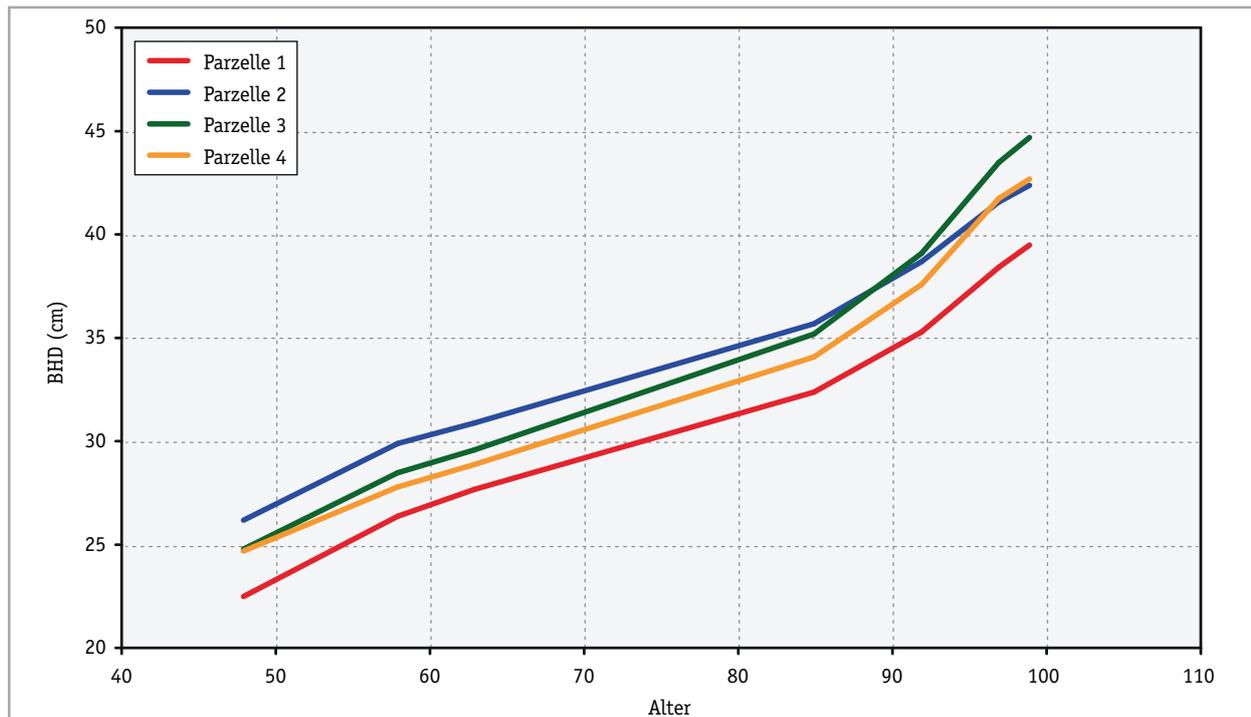


Abbildung 154: Vorbestand Langbathsee - BHD des Grundflächenmittelstammes

ebenfalls nur gering. Im Alter 48 beträgt die maximale Differenz 1,3 m, im Alter 99 nur mehr 70 cm. Der Ertragstafelvergleich zeigt wie bei der Oberhöhe anfangs einen flacheren Verlauf, mit zunehmendem Alter wird die Entwicklung der Ertragstafel ähnlicher, gegen Ende sogar etwas steiler als es den Ertragstafelwerten entsprechen würde. Im Alter 99 wurden Mittelhöhen von 34,1 m (Parzelle 1), 34,8 m (Parzelle 2 und 3) und 34,5 m auf Parzelle 4 berechnet (Abb. 153).

Die Brusthöhendurchmesser des Grundflächenmittelstammes unterscheiden sich bei Versuchsbeginn vor der ersten Behandlung bei einem Maximalwert auf Parzelle 2 von 23,2 cm nur um 1,6 cm. Nach dem Eingriff erhöht sich diese Differenz auf 3,7 cm. Der höchste Wert auf Parzelle 2 liegt bei 26,1 cm, der niedrigste auf Parzelle 1 bei 22,4 cm. Die BHD auf den Parzellen 2 und 3 sind mit 24,7 bzw. 24,6 fast gleich hoch. In den weiteren Jahren bis zum Alter 85 verläuft der BHD Zuwachs annähernd parallel, Ab diesem Zeitpunkt ist auf allen Parzellen ein deutlich stärkerer Anstieg der BHD Entwicklung erkennbar. Dies ist in erster Linie darauf zurückzuführen, dass vor allem die schwächeren Bäume entnommen wurden und somit der durchschnittliche BHD stärker ansteigt. Die BHD unterscheiden sich im Alter 99 um maximal 5,2 cm, wobei der niedrigste mittlere BHD auf Parzelle 1 (39,4 cm) und der höchste auf Parzelle 3 (44,6 cm) gemessen wurde. Der BHD Zuwachs während des gesamten Beobachtungszeitraumes unterscheidet sich zwischen den Parzellen nur gering. Vom Alter 48 bis zum Alter 99 wurden auf Parzelle 1 17,0 cm durchschnittlicher Zuwachs geleistet, auf Parzelle 2 16,2 cm, auf Parzelle 3 19,9 cm und auf Parzelle 4 18,0 cm (Abb. 154).

Die mittleren HD Werte des Ausgangsbestandes liegen auf allen Parzellen im Bereich zwischen 92 und 97. Der erste Eingriff brachte auf den behandelten Parzellen nur eine geringe Absenkung, sodass die Werte noch immer relativ hoch zwischen 89 und 92 liegen. Der zweite Durchforstungseingriff 10 Jahre später führte nur auf Parzelle 4 zu einem deutlich besseren HD Verhältnis von 82. Einige Jahre später weisen aber die Parzellen 2, 3 und 4 bereits wieder HD Werte um 90 auf, die sich bis zum Alter 85 kaum verändern. Auf Parzelle 1 bleiben die Werte ebenfalls bis zu diesem Zeitpunkt ziemlich konstant um 95. Nach dem Alter 85 sinken die Werte kontinuierlich auf allen Parzellen

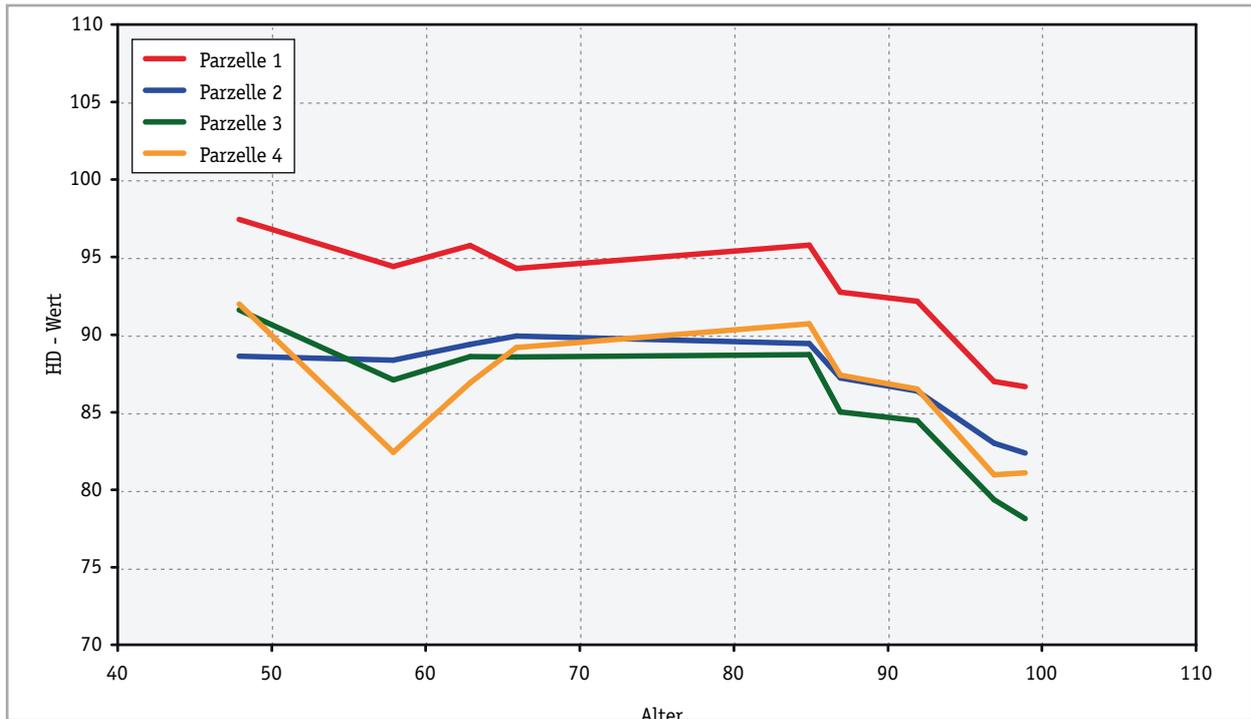


Abbildung 155: Vorbestand Langbathsee - HD-Werte des Grundflächenmittelstammes

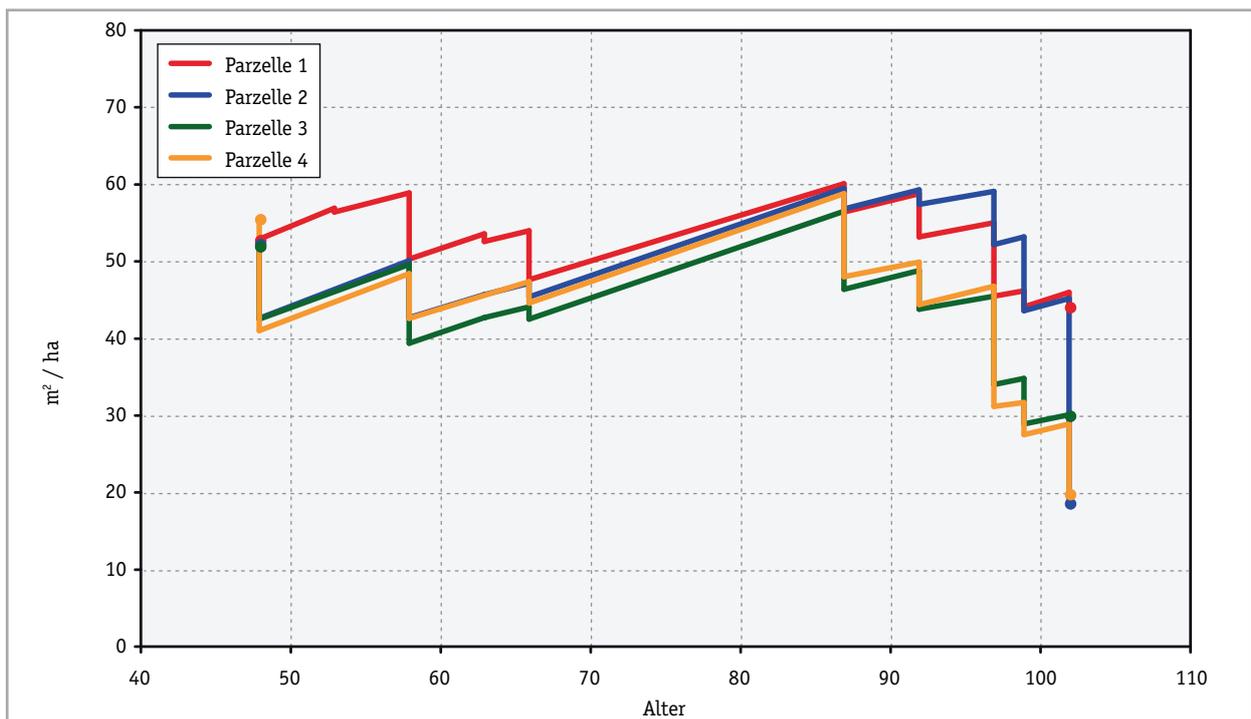


Abbildung 156: Vorbestand Langbathsee - Grundfläche

ab. Im Alter 99 liegen die HD Werte bei 87 (Parzelle 1), 82 (Parzelle 2), 78 (Parzelle 3) und 81 auf Parzelle 4 (Abb. 155).

Die verschiedene Behandlung der Varianten sollte über die Grundfläche gesteuert werden. Beim ersten Eingriff sollten die Grundflächen versuchsplanmäßig auf 84 %, 80 % und 77 % der Grundfläche der unbehandelten Parzelle 1 gestellt werden. Im Ausgangsbestand lagen die Grundflächen zwischen 51,9 und 55,4 m²/ha. Tatsächlich betrug die Grundflächen nach dem Eingriff aber

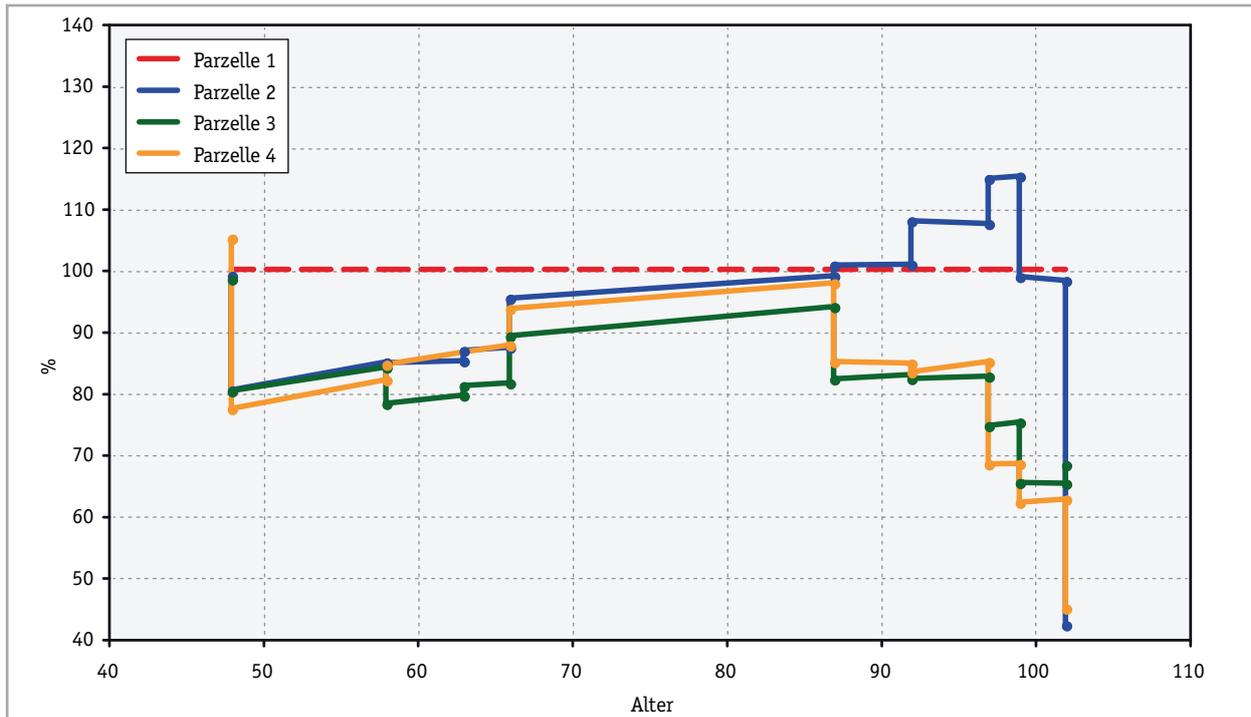


Abbildung 157: Vorbestand Langbathsee - Grundfläche im Vergleich zu Parzelle 1

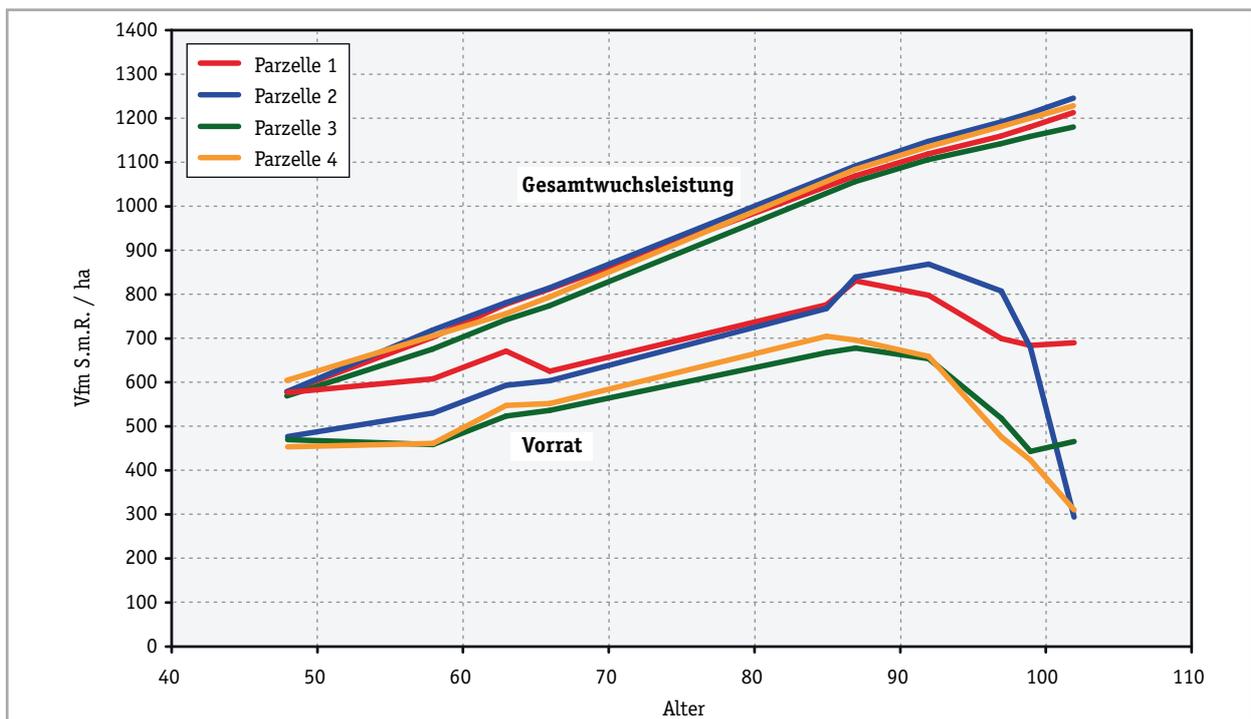


Abbildung 158: Vorbestand Langbathsee - Gesamtwuchsleistung

52,7, 42,4, 42,3 und 40,8 m². Das entspricht 80,8 % (Parzelle 2), 80,3 % (Parzelle 3) und 77,6 % (Parzelle 4) der Grundfläche von Parzelle 1. Die weitere Grundflächenentwicklung zeigt, dass die geplante Grundflächenhaltung bereits nach wenigen Jahren nicht mehr eingehalten wurde. Bei einem Bestandesalter von 63 Jahren betragen die Grundflächen auf den Parzellen 2, 3 und 4 bereits über 80% von Parzelle 1. Dies ist einerseits darauf zurückzuführen, dass auch auf der Vergleichsparzelle 1 die Grundfläche durch Entnahmen wiederholt abgesenkt wurde, andererseits wurden auf

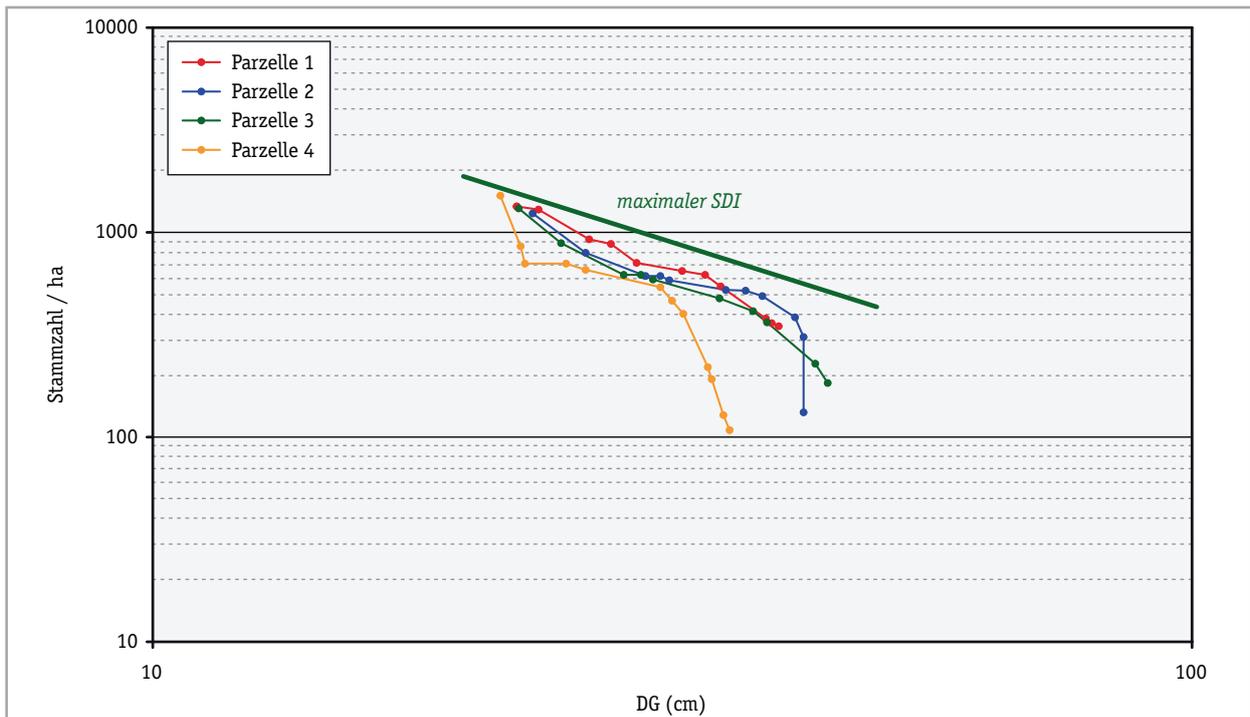


Abbildung 159: Vorbestand Langbathsee - Stand Density Index

den Parzellen 2, 3 und 4 nur sehr schwache Durchforstungseingriffe durchgeführt. Ab dem Alter 66 steigen die Grundflächen auf allen Parzellen stark an, weil bis zum Alter 87 keine Entnahmen durchgeführt wurden. Die Grundflächen steigen auf Werte zwischen 56,3 und 59,9 von m^2/ha an. Die Parzellen 1, 3 und 4 weisen mit 59,9, 59,3 und 58,6 m^2/ha beinahe gleich große Bestandesgrundflächen auf. Danach kommt es zu mehreren, verschieden starken Entnahmen, die auf Parzelle 2 am geringsten sind. Dadurch erreicht die Grundfläche auf dieser Parzelle im Vergleich zu Parzelle 1 bis zu 115 %. Bei Versuchsende im Jahr 1944 beträgt die Grundfläche auf Parzelle 1 43,8 m^2/ha , auf den anderen Parzellen nur mehr 18,5 (Parzelle 2), 29,9 (Parzelle 3) und 19,7 m^2/ha auf Parzelle 4 (Abb. 156, Abb. 157).

Die Gesamtwuchsleistung im Alter 48 unterscheidet sich zwischen den Parzellen nur gering. Auf den Parzellen 1 und 2 sind die Gesamtwuchsleistungen mit 575 Vfm/ha vollkommen gleich hoch, Parzelle 3 liegt mit 566 Vfm knapp darunter. Auf Parzelle 4 wurde mit 601 Vfm/ha die höchste Gesamtwuchsleistung berechnet. Während der gesamten Beobachtungsdauer kommt es nur zu sehr geringen Verschiebungen zwischen den Parzellen. Erst ab einem Alter von 87 vergrößern sich die Differenzen etwas. Im Alter 102 unterscheiden sich die Gesamtwuchsleistungen nur um maximal 65 Vfm , das entspricht einer Differenz von 5,5 %. Die gesamte Holzproduktion mit Rinde im Alter 102 beträgt auf Parzelle 1 1209 Vfm , auf Parzelle 2 1242 Vfm , auf Parzelle 3 1177 Vfm und auf Parzelle 4 1225 Vfm/ha (Abb. 158).

Der Stand Density Index des Ausgangsbestandes liegt bei allen Parzellen sehr knapp unter dem maximalen SDI des Ertragstafelgebietes Fichte Bayern von 1280. Im unbehandelten 48 jährigen Ausgangsbestand liegt der SDI auf den 4 Parzellen zwischen 1096 (Parzelle 2) und 1193 (Parzelle 4). Durch den ersten Eingriff sinkt er auf den Parzellen 2, 3 und 4 auf annähernd 800 und bleibt über einen Oberhöhenzuwachsereich von 8 Metern ziemlich gleich hoch. Er fällt erst danach auf den beiden Parzellen 3 und 4 relativ rasch ab und erreicht gegen Versuchsende Werte von 466 und 319. Auf Parzelle 1 bleibt der SDI im Vergleich zu den anderen Parzellen bis zu einer Oberhöhe von

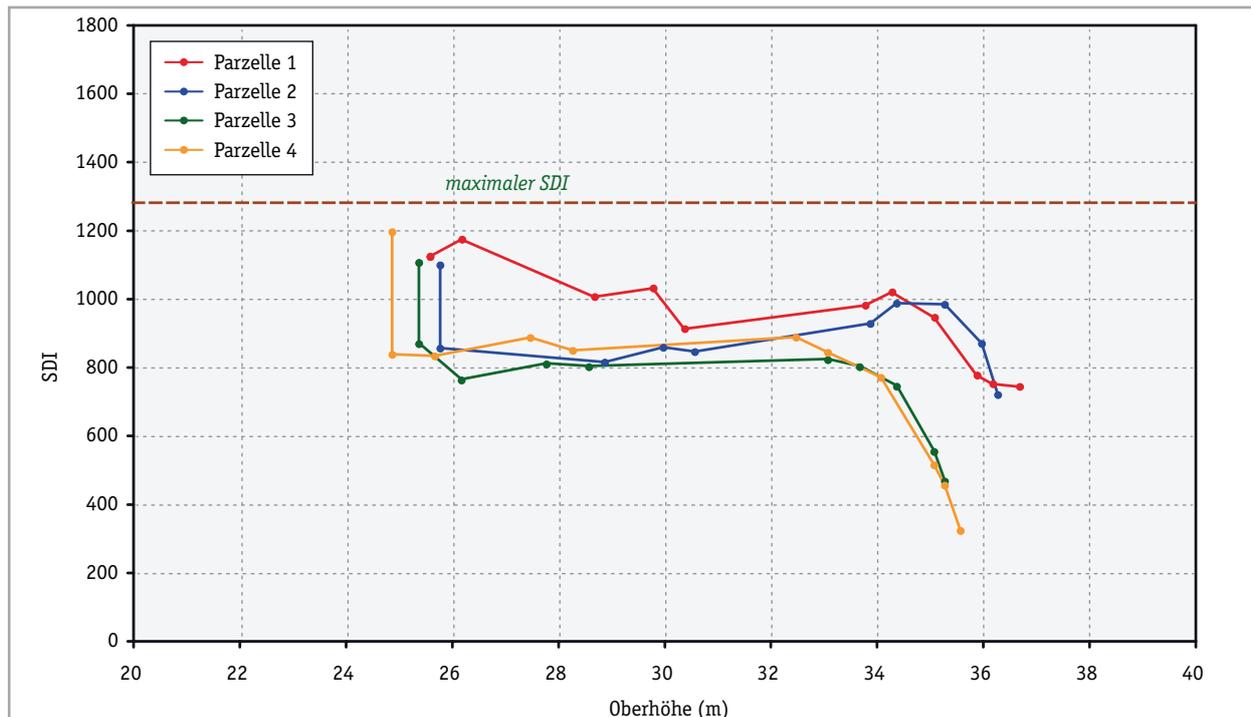


Abbildung 160: Vorbestand Langbathsee - Stand Density Index über Oberhöhe

34 m höher und liegt zu diesem Zeitpunkt um 1000. Danach sinkt er auch auf dieser Parzelle rasch ab und erreicht am Ende den Wert 740. Auf Parzelle 2 verläuft die Entwicklung ab dieser Oberhöhe ähnlich der auf Parzelle 1. Der Endwert bei einer Oberhöhe von 36,3 beträgt 716 (Abb. 160). Die Entwicklung des SDI in der logarithmischen Darstellung des BHD und der Stammzahl in Beziehung zum maximalen SDI ist in Abb. 159 dargestellt.

Ertragskundliche Bestandesdaten der Versuchsfläche Langbathsee über die gesamte Versuchsdauer sind im Anhang tabellarisch dargestellt.

7.5.1.2 Stammanalysen

Insgesamt wurden bei 10 Fichten Stammanalysen durchgeführt, wovon 2 Bäume dem Oberhöhenkollektiv zuzuordnen sind. Die Verteilung der Stammanalysen bezogen auf den BHD-Bereich ist in Abbildung 161 dargestellt. Die Jahrringzählung auf den zwischen 44 und 57 cm hohen Stöcken variierte zwischen 103 und 93 Jahrringen. In der folgenden Tabelle 34 sind einige Kennzahlen der Analysenbäume aufgelistet.

Tabelle 34: Kennzahlen der Analysenbäume aus dem Vorbestand Langbathsee

Nr	Jahr-Fällung	Höhe (m)	BHD m.R. (cm)	BHD o.R. (cm)	D03 o.R. (cm)	Formzahl Analyse
1	1947	37,1	48,8	46,2	35,4	0,421
2	1947	30,9	26,0	24,1	19,7	0,474
3	1947	35,0	36,1	34,5	26,0	0,419
4	1947	33,2	35,1	33,7	25,2	0,419
5	1947	30,8	29,7	27,7	24,6	0,579
6	1947	36,9	40,2	37,9	29,9	0,433
7	1947	33,5	31,8	28,8	22,3	0,442
8	1947	35,8	44,5	39,8	29,1	0,391
9	1947	30,1	29,3	27,1	21,2	0,456
10	1947	33,7	34,8	31,4	21,7	0,362

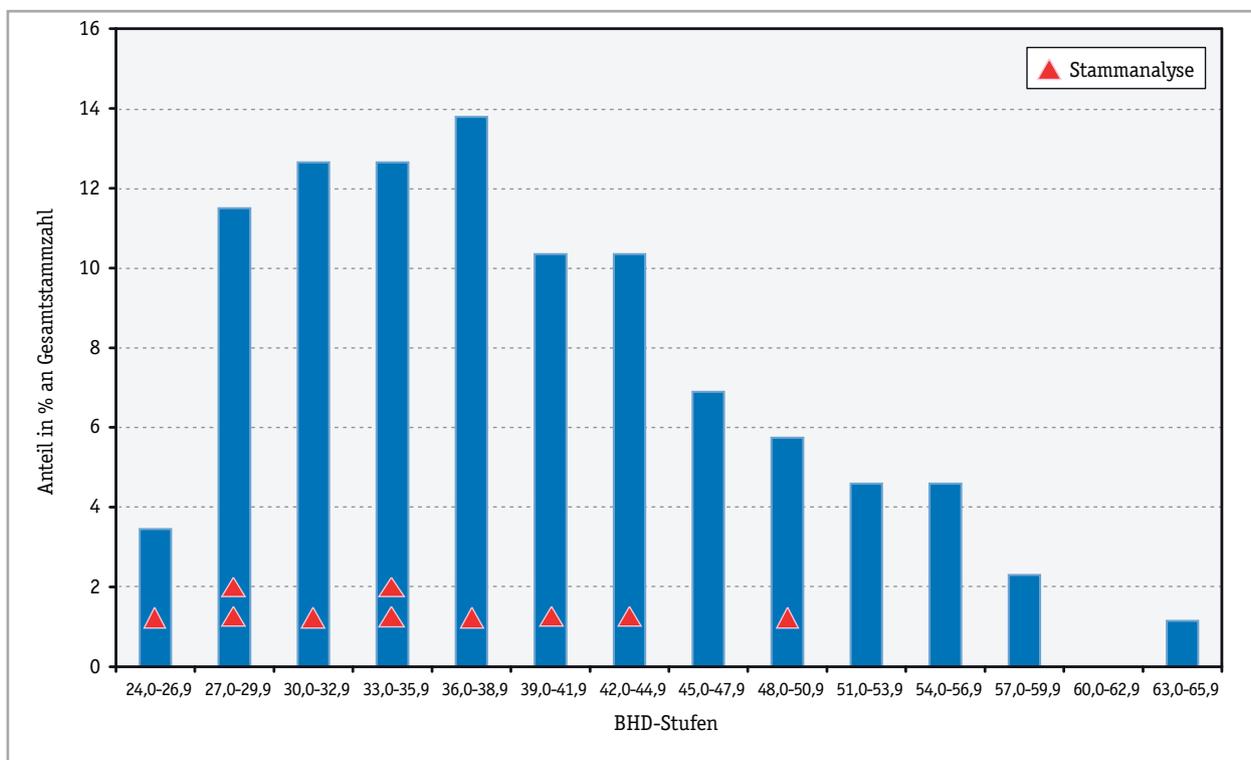


Abbildung 161: Vorbestand Langbathsee - Verteilung der Stammanalysen

Die Höhenentwicklung zeigt einerseits, dass die Bäume zwischen 1845 und 1855 die Abschnittshöhe erreicht haben, wobei 9 Bäume innerhalb von 5 Jahren liegen. Es ist weiters erkennbar, dass die Höhenentwicklung in den ersten 30 Jahren bei allen Bäumen sehr ähnlich verläuft. Erst danach kommt es zu deutlich unterschiedlichen Höhenzuwächsen. 1947 beträgt der maximale Höhenunterschied 7 Meter. Die Höhen schwanken zwischen 30,1 und 37,1 m (Abb. 162). Wenn man die Höhenzuwächse einheitlich ab Erreichen der Brusthöhe vergleicht, zeigt sich nach 10 Jahren, dass alle Bäume innerhalb eines Bereiches von 1,9 m liegen. Bis zu einem BHD-Alter von 88 Jahren vergrößert sich dieser Schwankungsbereich auf 5,9 m. Dies bedeutet, dass der höchste Baum während 88 Jahren um 5,9 m mehr Höhenzuwachs geleistet hat, als der niedrigste Baum der Stammanalysen (Abb. 163).

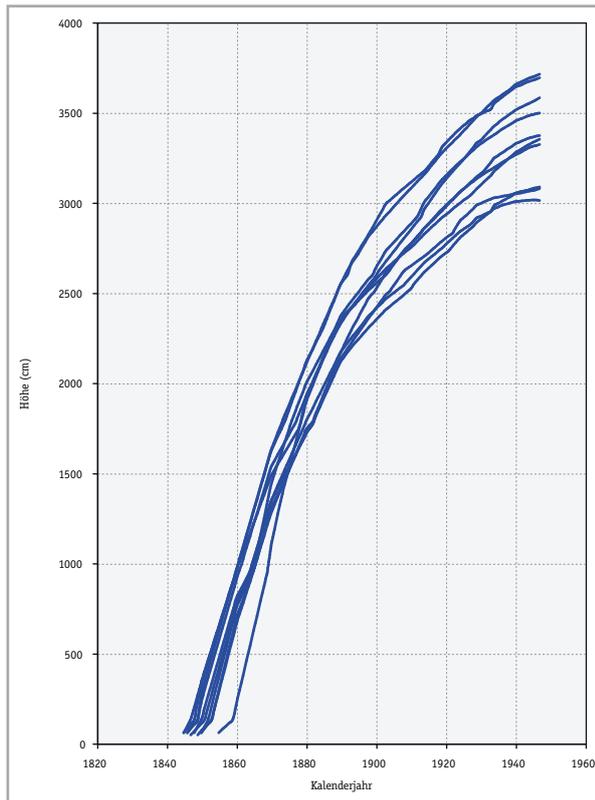


Abbildung 162: Stammanalysen Vorbestand Langbathsee - Höhe

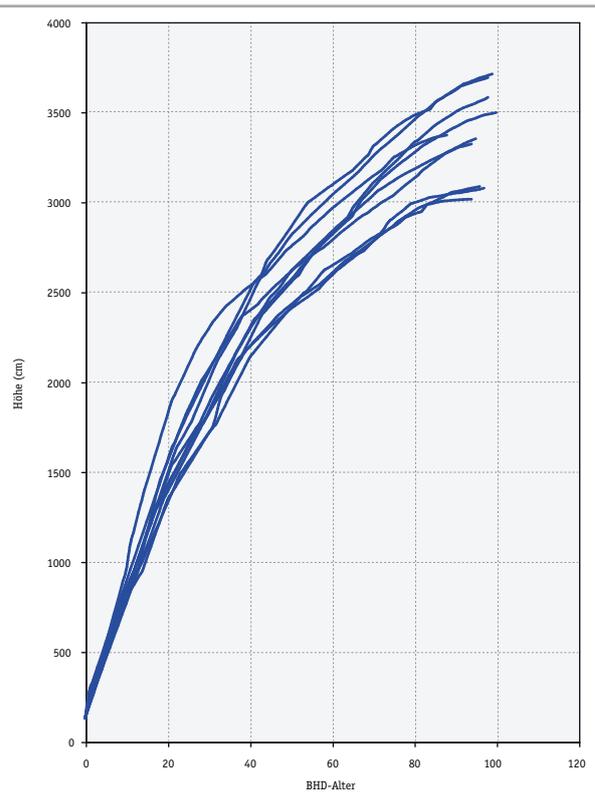


Abbildung 163: Stammanalysen Vorbestand Langbathsee - Höhe über BHD-Alter

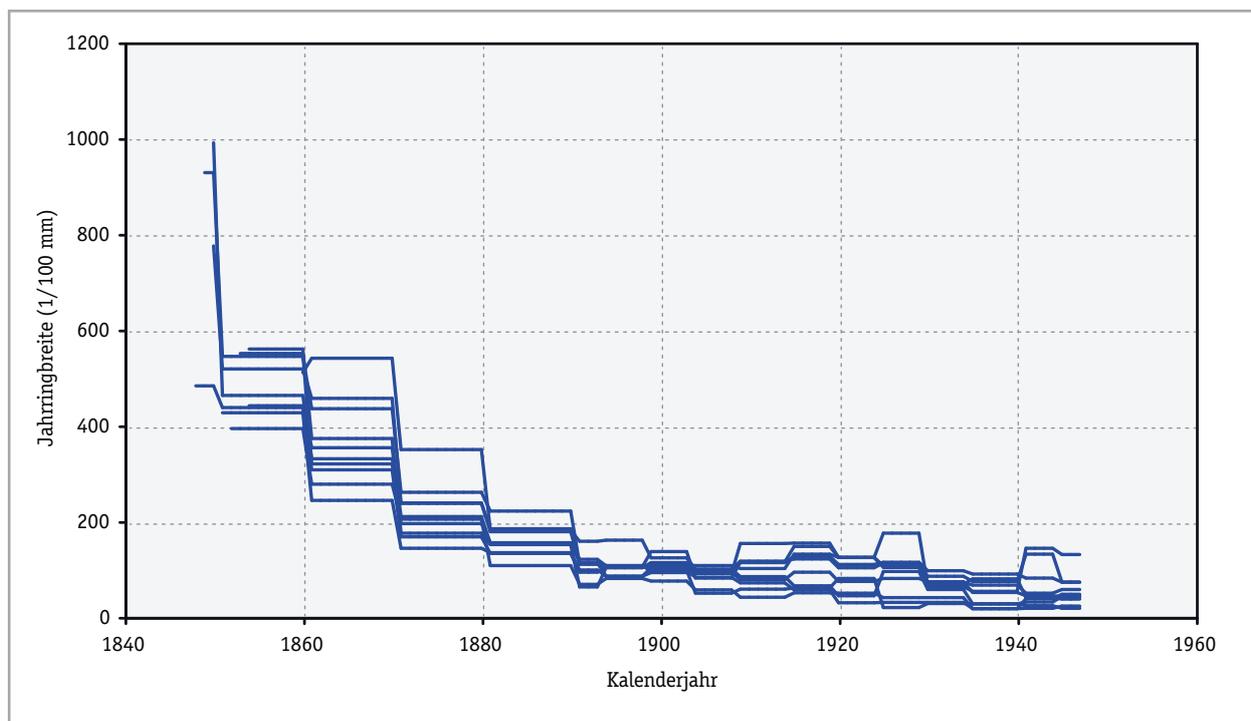


Abbildung 164: Stammanalysen Vorbestand Langbathsee - Radialzuwachs in Brusthöhe

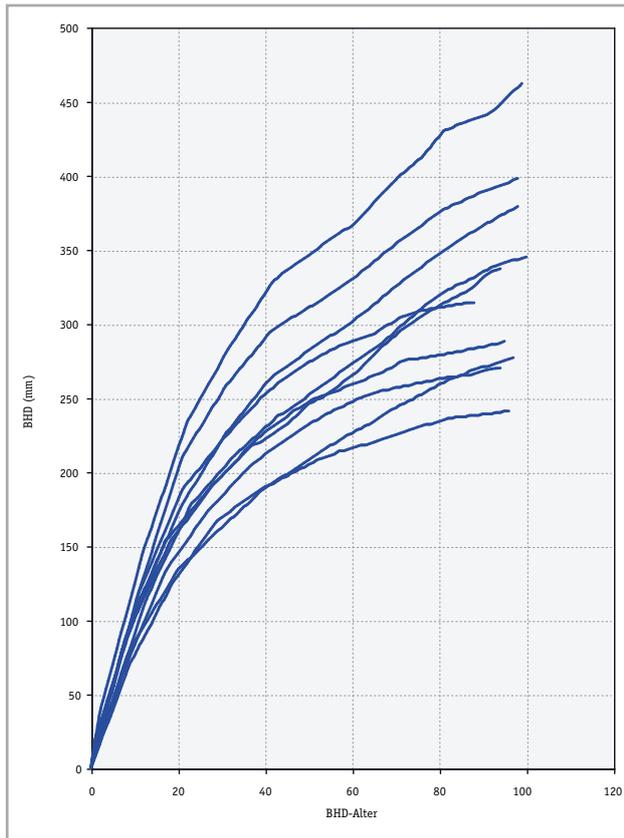


Abbildung 165: Stammanalysen Vorbestand Langbathsee
BHD-Entwicklung

Die Radialzuwächse in Brusthöhe sinken mit zunehmendem Alter relativ rasch ab. Liegt die mittlere Jahrringbreite anfangs noch bei 4,8 mm, sinkt sie in den folgenden 30 Jahren auf unter 2 mm ab. Im Mittel beträgt die Jahrringbreite im Jahr der Fällung 0,54 mm, die Jahrringbreiten liegen mit einer Ausnahme zwischen 0,18 und 0,72 mm. Deutlich ausgeprägte Lichtungseffekte können nicht erkannt werden (Abb. 164).

Die Entwicklung des Brusthöhendurchmessers zeigt eine sehr unterschiedliche Zuwachseleistung. Während bei einem BHD-Alter von 10 die maximale Differenz 4,8 cm beträgt, erreicht sie im Alter 88 bereits 20 cm (Abb. 165).

Die Untersuchung des D03 über dem BHD hat ergeben, dass die Durchmesser in 3/10 der Höhe zum Vergleich des BHD zwischen 69,1 und 88,8 % betragen. Die Beziehung BHD zu D03 kann durch eine Gerade mit einem Anstieg von 0,6803 gut erklärt werden (Abb. 166). Die Formzahlen bei einem BHD kleiner als 30 cm liegen zwischen 0,442 und 0,579 und damit höher als die Formzahlen mit einem BHD über 30 cm. Die Formzahlen dieser Bäume variieren zwischen 0,362 und 0,433,

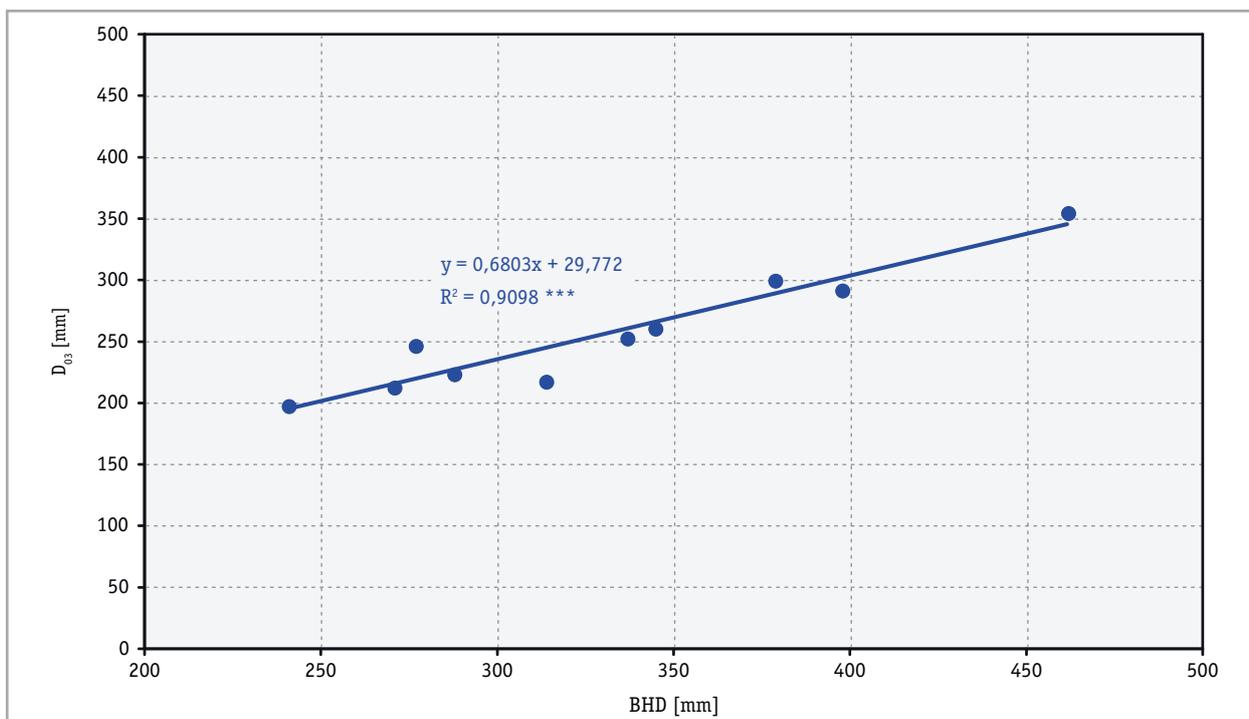


Abbildung 166: Stammanalysen Vorbestand Langbathsee - BHD zu D03

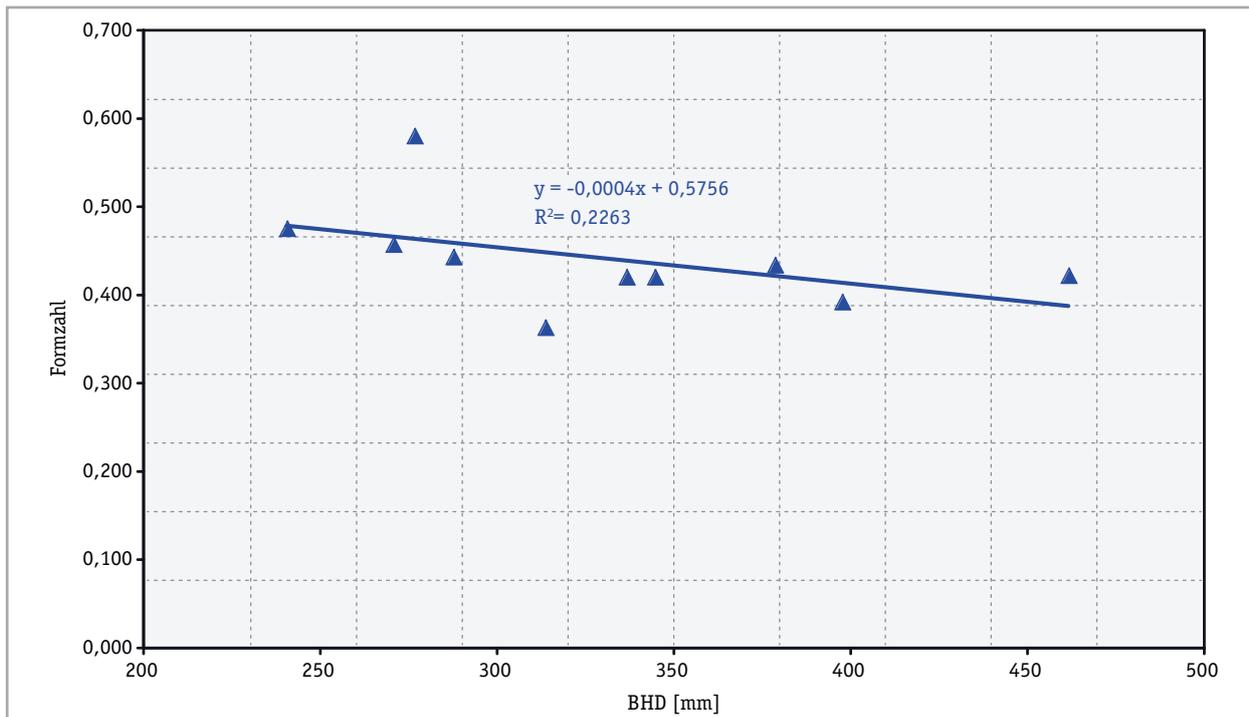


Abbildung 167: Stammanalysen Vorbestand Langbathsee - Formzahl

wobei kein Trend erkennbar ist (Abb. 167).

7.5.2 Folgebestand

7.5.2.1 Bestandesmessung

Die Bäume des 52 jährigen Folgebestandes, bestehend aus reiner Fichte wurden im Herbst 1999 gemessen. 6 Jahre zuvor wurde der Bestand durchforstet. Bei dieser Durchforstung wurden 23,7 % der Stammzahl entnommen. Die ertragskundlichen Messergebnisse des verbliebenen Bestandes sowie die berechneten Ergebnisse des Aushiebes sind in Tabelle 35 zusammengefasst.

Tabelle 35: Ertragskundliche Kennzahlen des Folgebestandes Langbathsee

	verbleibend	Vornutzung
Jahr	1999	1993
Alter	52	46
N/ha	900	280
HO (m)	29,5	
DO (cm)	38,8	
HG (m)	24,8	19,9
DG (cm)	28,2	18,4
HD/DG	88	108
G/ha (m²)	56,7	6,6
V/ha (Vfm S.m.R.)	707	69
GWL (Vfm S.m.R.)	776	
SDI	1073	

Die Bestandesdaten haben ergeben, dass die Oberhöhe, der BHD des Grundflächenmittelstammes sowie die Mittelhöhe deutlich über einer 19. Ertragsklasse der Ertragstafel Fichte Bayern liegen. Die in der Tafel modellierte Vornutzungsmasse liegt jedoch höher als die tatsächliche, wodurch die ermittelte Gesamtwuchsleistung des Folgebestandes tiefer liegt als in der Tafel angegeben.

7.5.2.2 Stammanalysen

Insgesamt wurden im Frühsommer 1997 12 Fichten für die Durchführung von Stammanalysen gefällt. Die Bäume wurden in den stärkeren BHD-Klassen ausgewählt, sodass auch 7 Bäume dem Oberhöhenkollektiv zugerechnet werden können. Die Jahrringzahl an den durchschnittlich 20 cm hohen Stöcken schwankt zwischen 44 und 51 Jahrringen. Die BHD-Verteilung sowie der Entnahmebereich der Stammanalysen sind in Abbildung 168 dargestellt.

In der folgenden Tabelle 36 sind Kennzahlen der Analysenbäume zusammengestellt.

Tabelle 36: Kennzahlen der Analysenbäume aus dem Folgebestand Langbathsee

Nr	Jahr-Fällung	Höhe (m)	BHD m.R. (cm)	BHD o.R. (cm)	D03 o.R. (cm)	Formzahl Analyse
1	1997	27,1	33,7	31,3	23,7	0,470
2	1997	26,6	29,1	25,2	20,3	0,496
3	1997	27,8	31,1	28,1	24,0	0,485
4	1997	27,0	35,4	34,0	24,8	0,459
5	1997	27,9	35,6	32,8	26,4	0,466
6	1997	30,0	41,8	39,4	28,6	0,448
7	1997	25,3	33,8	30,5	22,9	0,468
8	1997	27,8	32,9	31,3	25,9	0,471
9	1997	28,7	40,7	37,4	29,4	0,451
10	1997	25,9	36,4	35,8	23,9	0,449
11	1997	26,9	37,5	33,8	26,4	0,459
12	1997	27,7	36,2	35,1	25,9	0,457

Die Höhenentwicklung zeigt, dass die Bäume zwischen 1945 und 1952 die Abschnittshöhe erreicht haben. Es ist weiters erkennbar, dass die Höhenentwicklung mit einer Ausnahme sehr ähnlich verläuft. 1952 beträgt der maximale Höhenunterschied 1,2 m. Abgesehen des einen Baumes mit einer deutlich höheren Höhenzuwachsleistung als die anderen, liegt die Höhenentwicklung bis zum Schluss in einem relativ engen Bereich. 1980 beträgt die maximale Differenz 1,8 m. 1996 vergrößert sich dieser Unterschied auf 3,4 m. Bezieht man den Baum mit der besten Höhenzuwachsleistung in den Vergleich mit ein, ergibt sich ein Maximalunterschied von 4,7 m. Die Maximalhöhe beträgt 30,0 m, der niedrigste Baum erreicht eine Höhe von 25,3 m (Abb. 169). Die Höhenzuwächse nach Erreichen der Brusthöhe zeigen im Vergleich eine größere Streuung. Nach 10 Jahren beträgt der maximale Unterschied im Höhenzuwachs 3,6 m, bei einem BHD-Alter von 38 vergrößert er sich auf 5,7 m (Abb. 170).

Der Radialzuwachs in Brusthöhe zeigt anfangs einen relativ starken Anstieg auf durchschnittlich 6 mm Jahrringbreite, danach folgt ein durchschnittlich fallender Trend, wobei 1996 jedoch noch immer eine mittlere Jahrringbreite von 1,64 mm im Durchschnitt aller Bäume berechnet wurde. Der

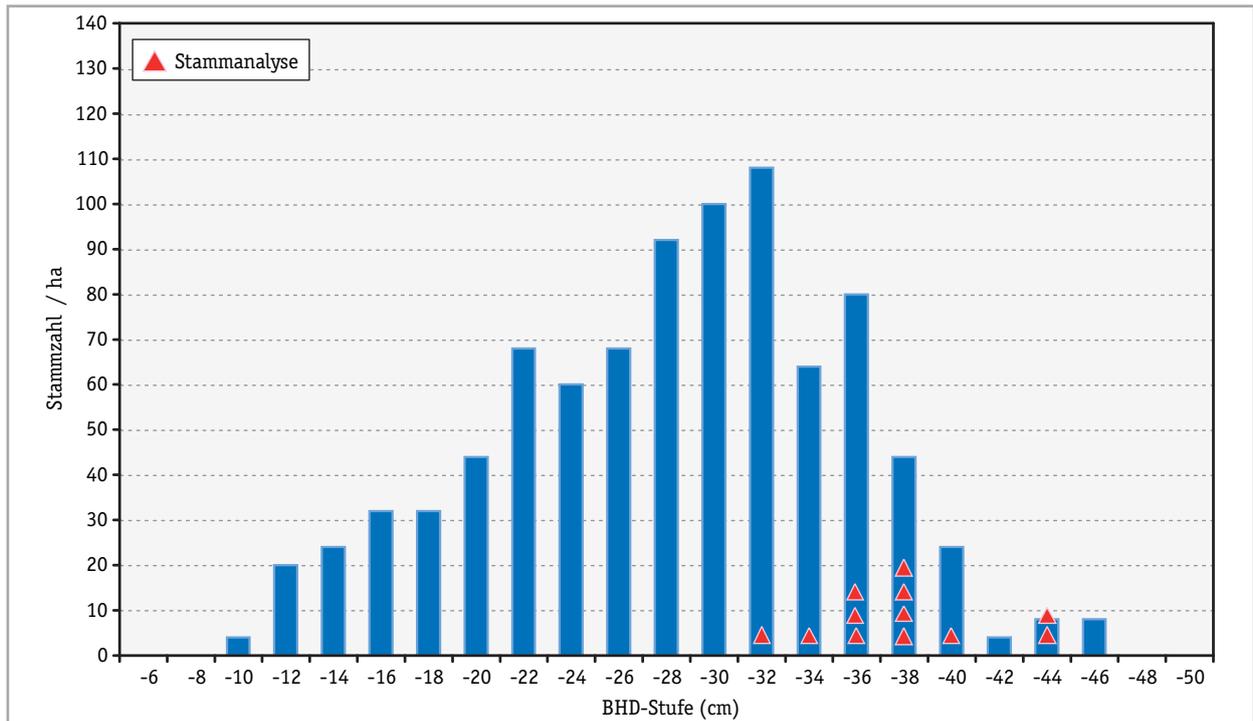


Abbildung 168: Langbathsee Folgebestand -Verteilung der Stammanalysen

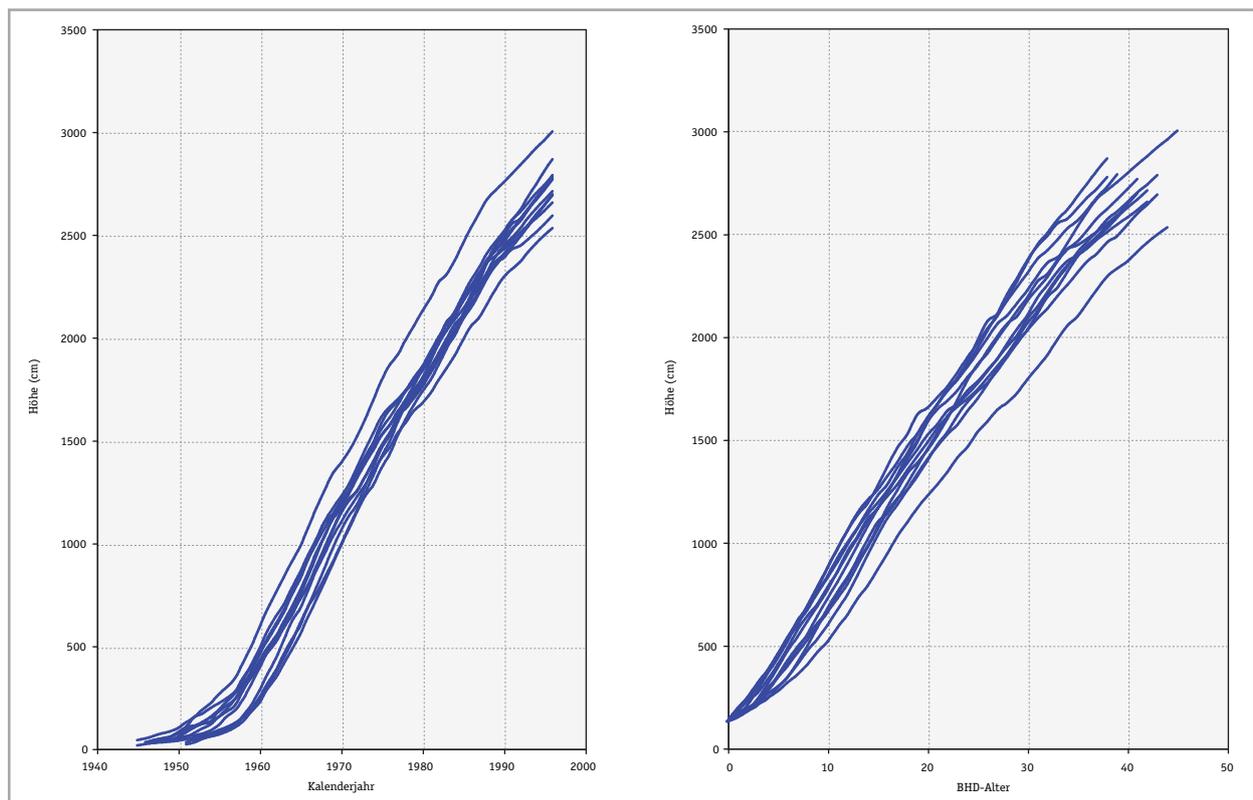


Abbildung 169: Stammanalysen Folgebestand
Langbathsee - Höhe

Abbildung 170: Stammanalysen Folgebestand
Langbathsee - Höhe über BHD-Alter

Maximalwert liegt bei 2,70 mm, der schwächste Jahring bei 0,80 mm. In den Jahren 1974, 1976 und 1979 ist allgemein ein deutlicher Zuwachsrückgang erkennbar. Eindeutige, länger anhaltende Lichtungseffekte lassen sich anhand der Jahringdiagramme nicht erkennen (Abb. 171).

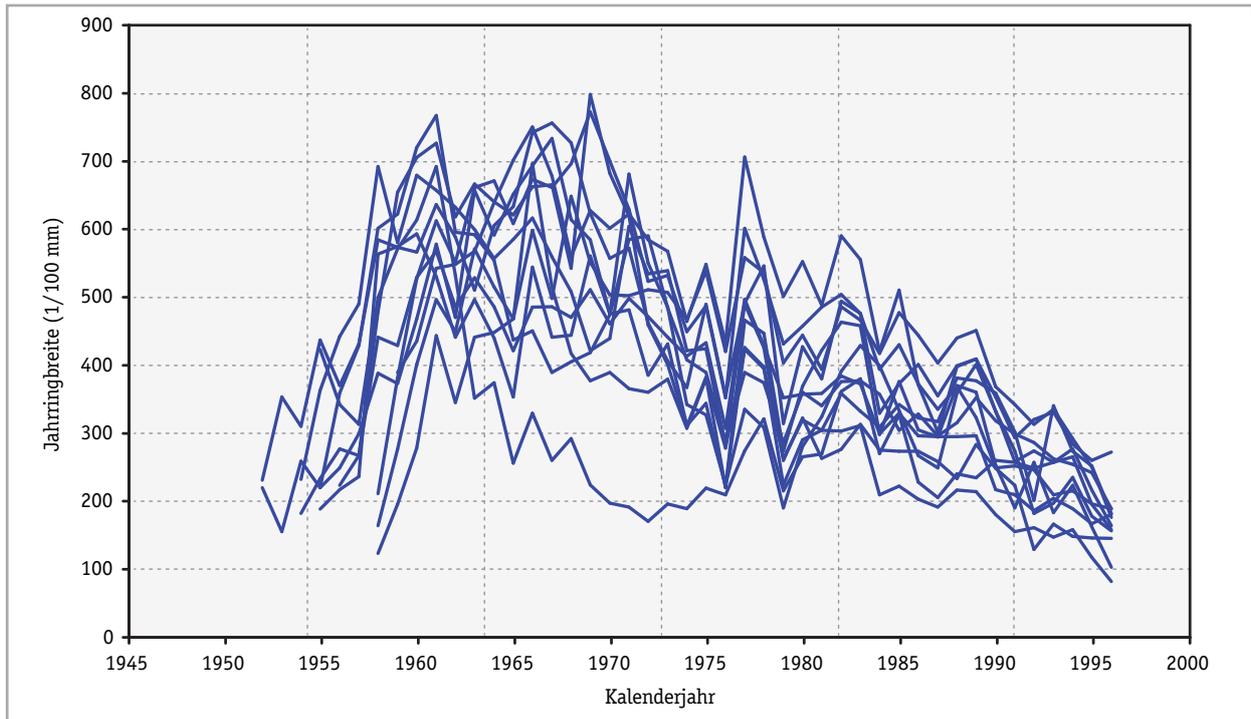


Abbildung 171: Stammanalysen Folgebestand Langbathsee - Radialzuwachs in Brusthöhe

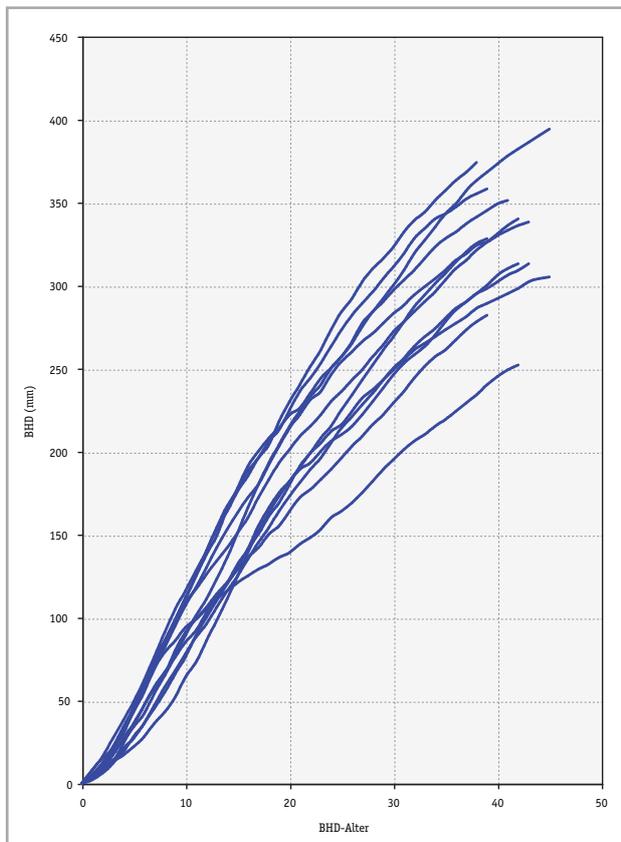


Abbildung 172: Stammanalysen Folgebestand Langbathsee BHD-Entwicklung

Die Entwicklung des Brusthöhendurchmessers zeigt eine sehr unterschiedliche Zuwachslleistung, die mit steigendem Alter immer stärker wird. Ist bei einem BHD-Alter von 10 die maximale Differenz noch 5,2 cm, erreicht sie im Alter 20 bereits 9,1 cm und im Alter 38 14,0 cm (Abb. 172).

Die Darstellung des D03 über dem BHD hat ergeben, dass die Durchmesser in 3/10 der Baumhöhe im Vergleich zum BHD zwischen 66,8 und 85,4 % betragen. Die Beziehung BHD zu D03 ist durch eine Gerade mit einem Anstieg von 0,5239 gut erklärt auszugleichen (Abb. 173). Die Formzahlen verteilen sich über den gesamten BHD Bereich von 25 bis 40 cm zwischen 0,343 und 0,475, wobei im unteren BHD-Bereich die Formzahlen etwas höher sind. Eine Teilung der Bäume in 2 Kollektive zu je 6 Bäumen ergibt für die dünneren Bäume eine mittlere Formzahl von 0,432, für die dickeren von 0,383 (Abb. 174).

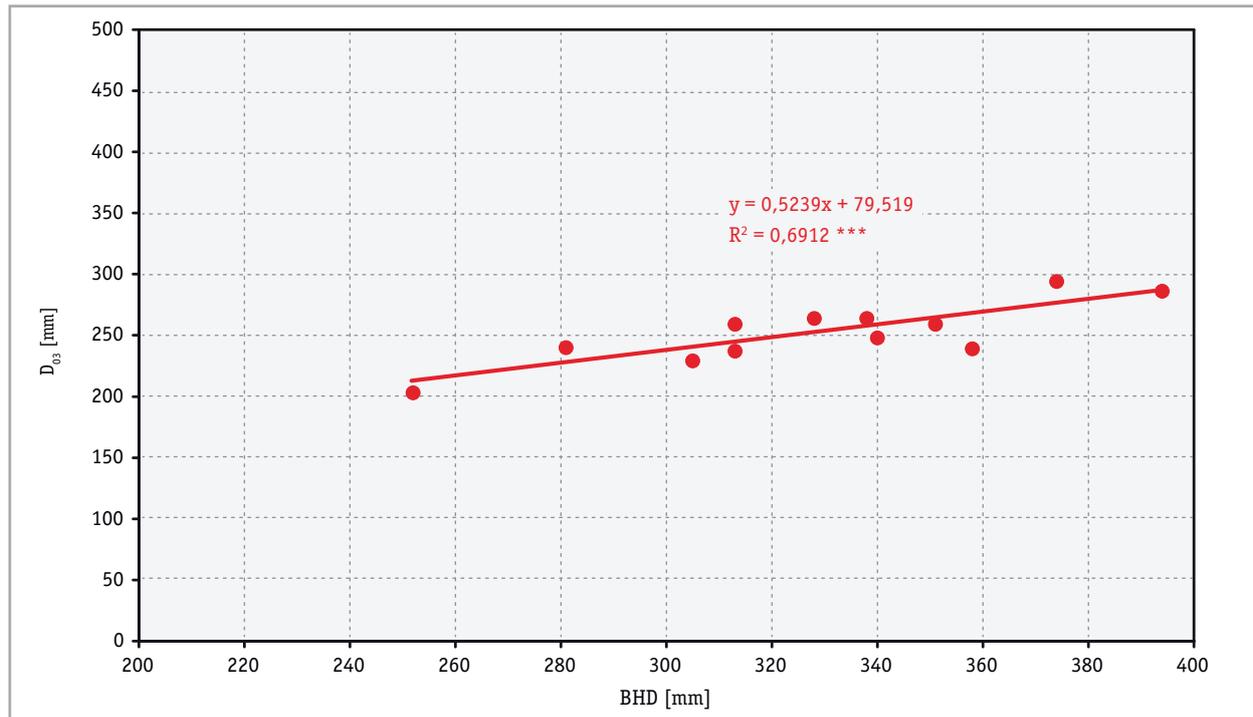
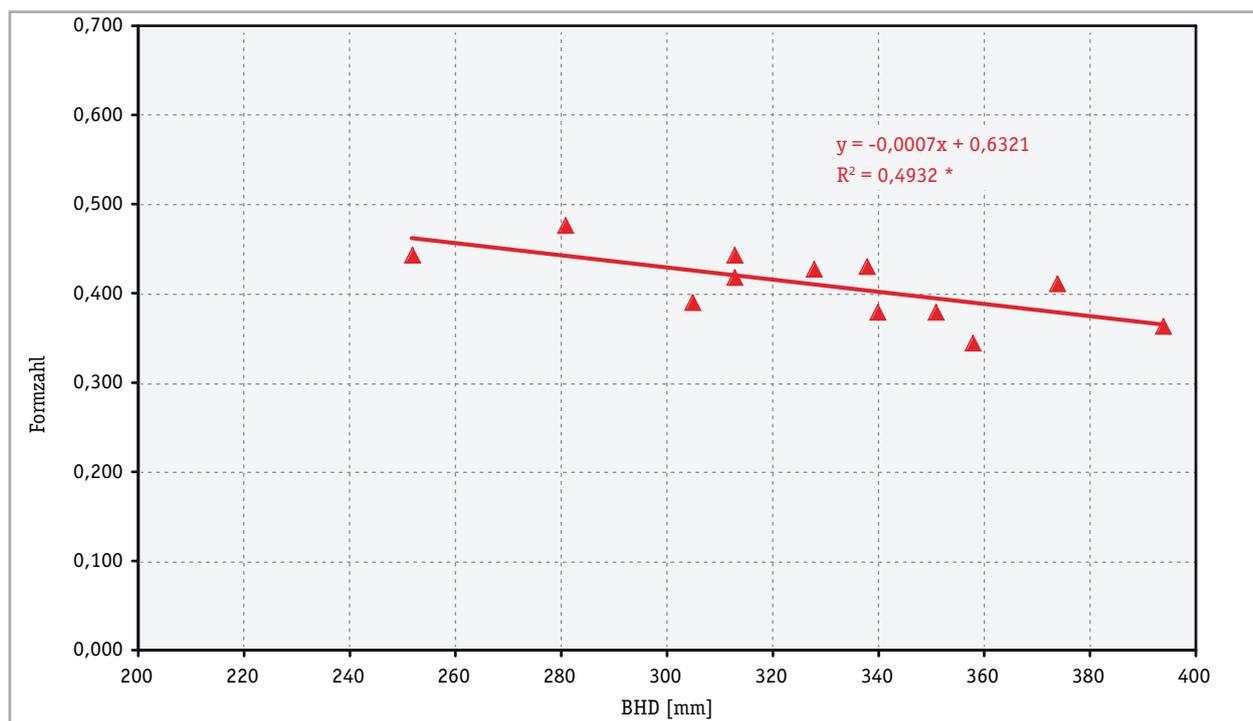
Abbildung 173: Stammanalysen Folgebestand Langbathsee - BHD zu D_{03} 

Abbildung 174: Stammanalysen Folgebestand Langbathsee - Formzahl

7.5.2.3 Nadelanalysen

Die Nadelproben wurden 2002 geworben, wobei bei 10 Fichten Proben aus dem Bereich des 7. Astquirls geworben wurden. In Tabelle 37 sind die Elementgehalte in den Nadeln der 10 Untersuchungsbäume zusammengestellt.

Tabelle 37: Elementgehalte der Nadelproben Langbathsee

Baum	% N		% P	% K	% Ca	% Mg	ppm Fe	ppm Mn	ppm Zn
	1. Njg.	2. Njg.	1. Nadeljahrgang						
1	1,36	1,17	0,13	0,66	0,36	0,11	32	331	19
2	1,34	1,35	0,16	0,64	0,44	0,17	28	374	21
3	1,52	1,36	0,17	0,56	0,47	0,13	32	432	32
4	1,67	1,56	0,19	0,52	0,34	0,16	40	538	18
5	1,29	1,46	0,16	0,67	0,39	0,10	30	600	28
6	1,25	1,34	0,13	0,41	0,57	0,14	29	635	25
7	1,46	1,21	0,15	0,45	0,46	0,13	28	569	33
8	1,35	1,30	0,17	0,49	0,42	0,13	31	790	27
9	1,60	1,63	0,16	0,66	0,64	0,16	27	533	37
10	1,26	1,37	0,16	0,47	0,41	0,13	31	432	20

Die chemischen Nadelanalysen haben ergeben, dass beim Element Stickstoff im 1. Nadeljahrgang bei 3 Bäumen eine mangelhafte ($\leq 1,30$) und bei 4 Bäumen eine nicht ausreichende Versorgung (1,31-1,50) vorhanden ist. Dies bedeutet, dass nur 3 Bäume ausreichend mit Stickstoff versorgt sind. Mit Phosphor sind nur 2 Bäume nicht ausreichend versorgt, wobei diese aber knapp am Grenzwert für eine ausreichende Versorgung von 0,13 liegen. 9 Bäume weisen eine ausreichende Kaliumversorgung ($> 0,42$), 8 Bäume eine ausreichende Kalziumversorgung ($> 0,36$) auf. Bei ebenfalls 8 Bäumen ist die Magnesiumversorgung ausreichend ($> 0,11$). Sowohl bei Eisen als auch Zink wurde bei mehreren Bäumen eine nicht optimale Versorgung festgestellt. Mit Mangan sind alle Bäume optimal versorgt.

In Tabelle 38 ist noch das durchschnittliche Gewicht von 100 Nadeln beider Nadeljahrgänge zusammengefasst.

Tabelle 38: 100 Nadelgewichte Langbathsee (in mg)

Baum	1. Njg.	2. Njg.
1	651	906
2	602	755
3	716	781
4	533	726
5	581	636
6	463	533
7	542	571
8	594	576
9	626	704
10	612	691

7.5.3 Vergleich Wuchsleistung Vor- und Folgebestand Langbathsee

7.5.3.1 Bestandesmessung

Die Daten der Bestandesmessungen im Vor- und Folgebestand können bei diesem Versuch direkt miteinander verglichen werden, weil eine altersmäßige Überschneidung gegeben ist. Die erste Bestandesmessung im Vorbestand wurde bei einem Bestandesalter von 48 Jahren durchgeführt, die Erhebungen im Folgebestand bei einem Bestandesalter von 52 Jahren. Weiters ist anzumerken, dass beide Bestände aus reiner Fichte gebildet werden und auch die Höhe der Stammzahl in beiden Beständen ähnlich ist. Der Vorbestand war laut Aufzeichnungen bei der ersten Aufnahme unbehandelt, der Folgebestand wurde 6 Jahre vor den Messungen erstmalig durchforstet, wobei ungefähr ein Viertel der Stammzahl entnommen wurde. Diese Durchforstung wurde bei den ertragskundlichen Berechnungen berücksichtigt.

Der mittlere BHD der Oberhöhenstämme ist im Folgebestand deutlich größer. Vergleicht man etwa die Parzelle 2 des Vorbestandes mit der geringsten Stammzahl liegt der mittlere BHD der Oberhöhenbäume des Folgebstandes um 3,2 cm höher, wobei aber zu berücksichtigen ist, dass der Vorbestand um 4 Jahre jünger ist. Ein Vergleich der Grundflächengesamtwuchsleistung zeigt, dass im Folgebestand die Leistung ebenfalls deutlich höher ist.

Beim Vergleich der Gesamtwuchsleistungen an Schaftholz mit Rinde liegt die Wuchsleistung des Folgebstandes ebenfalls deutlich höher. Extrapoliert man die Gesamtwuchsleistung des Vorbestandes anhand der Folgemessungen auf das Bestandesalter des Folgebstandes von 52 Jahren ergibt sich im Mittel aller Parzellen des Vorbestandes eine Mehrleistung von 150 Vfm/ha. Vergleicht man nur die Wuchsleistung der Parzelle 4 des Vorbestandes, die die höchste Gesamtwuchsleistung im Alter 52 aufweist, zeigt sich dennoch eine Differenz von 135 Vfm/ha (Abb. 175).

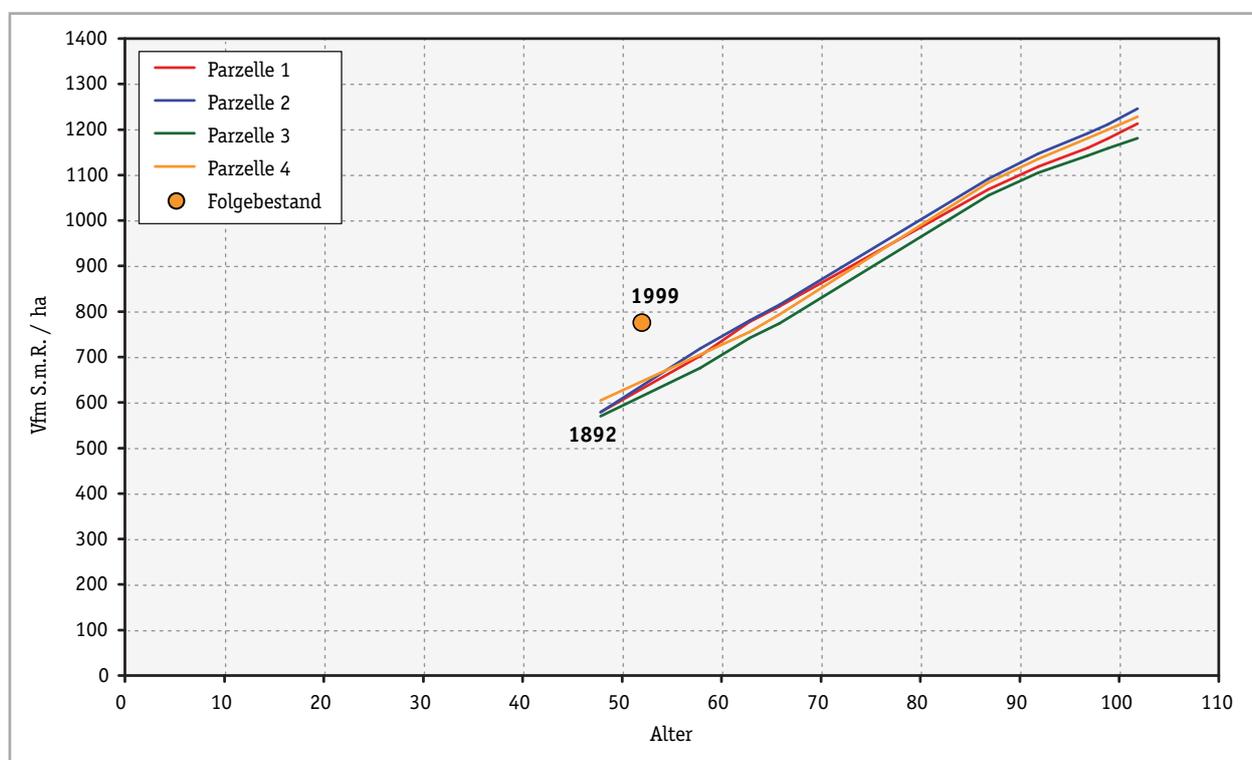


Abbildung 175: Langbathsee - Vergleich der Gesamtwuchsleistung

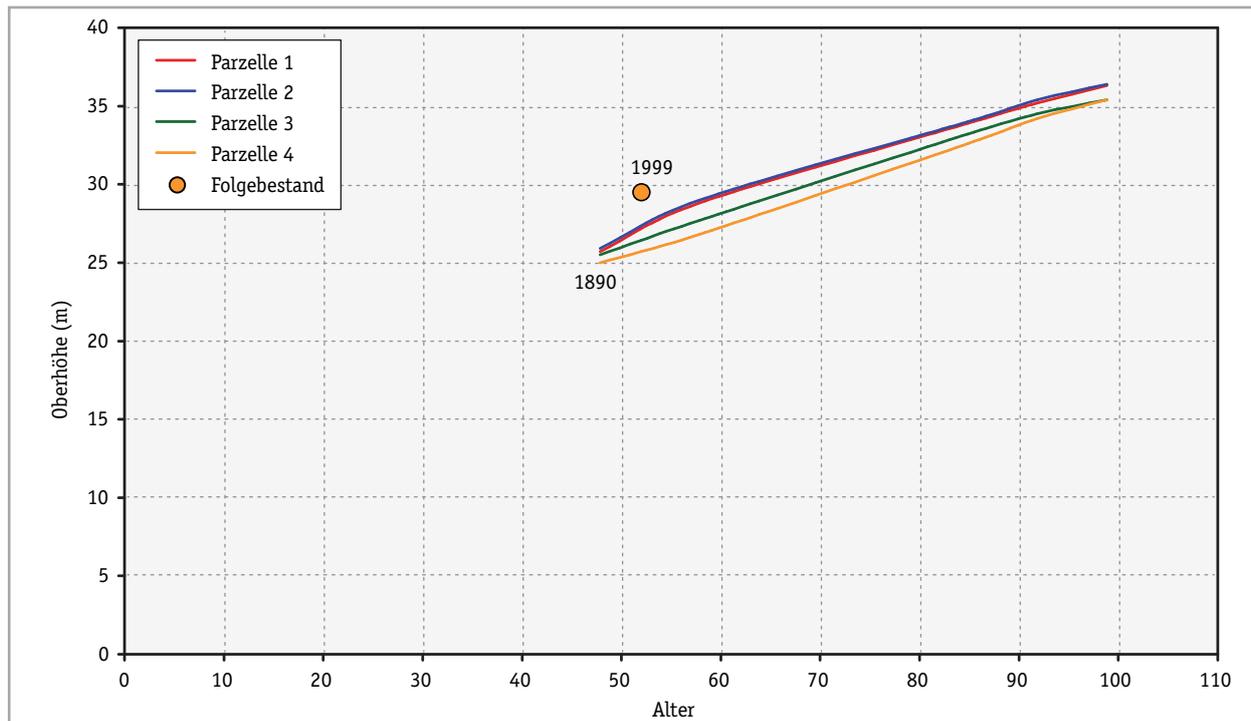


Abbildung 176: Langbathsee - Vergleich der Oberhöhe

Die mittlere Oberhöhe aller Parzellen des Vorbestandes liegen beim Bestandesalter 52 bei 25,7 m, diese ist um 3,8 m niedriger als im Folgebestand. Vergleicht man auch hier wiederum nur die Parzelle 2 mit der größten Oberhöhe von 26,1 m im Alter 52 ergibt sich dennoch eine Höhendifferenz von 3,4 m (Abb. 176). Diese Oberhöhen entsprechen im Vorbestand einer 16. bis 17. Ertragsklasse der Ertragstafel Fichte Bayern, im Folgebestand wird eine 19. Ertragsklasse deutlich übertroffen.

In Tabelle 39 sind die ertragskundlichen Kenndaten des Vor- und Folgebestandes zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 39: Ertragskundliche Kenndaten des Vor- und Folgebestandes Langbathsee

	Vorbestand				Folgebestand	
	Parzelle 1	Parzelle 2	Parzelle 3	Parzelle 4	Messung 1999	Vornutzung
Alter	48 (1890)				52	46
Baumart	10 Fichte				10 Fichte	
N/ha	1336	1236	1308	1508	900	280
DO (cm)	35,5	35,8	34,0	32,3	38,8	
HO (m)	25,6	25,8	25,4	24,9	29,5	
HO/DO	72	72	75	77	76	
DG (cm)	22,4	26,1	24,7	24,6	28,2	18,4
HG (m)	21,8	23,1	22,6	22,6	24,8	19,9
HG/DG	97	89	92	92	88	108
G (m²/ha)	52,7	52,2	51,9	55,4	56,7	6,6
V (Vfm/ha)	575	575	566	601	707	69
GWL (Vfm/ha)	575	575	566	601	776	
SDI	1120	1324	1275	1469	1073	
EKL Fi Bayern	16 - 17				>> 19	

7.5.3.2 Stammanalysen

Der Vergleich der Stammanalysen aus dem Vor- und Folgebestand zeigt in der Wuchsentwicklung deutliche Unterschiede. Vorerst wurde untersucht, ob sich die Baumformen der Stammanalysenbäume unterscheiden. Die Darstellung der Durchmesser in Brusthöhe und in 3/10 der Baumhöhe (D03) zeigt bei den Analysen aus dem Vorbestand sowie aus dem Folgebestand nur sehr geringe Unterschiede, die Form der Bäume also sehr ähnlich ist (Abb. 177). Ein weiterer Vergleich der mittels Stammanalyse berechneten Formzahlen zeigte zwischen den Beständen ebenfalls keine Unterschiede. Die Formzahlen liegen mit Ausnahme eines Ausreißers (0,58) zwischen 0,34 und 0,47. Auffallend ist jedoch sowohl im Vor- als auch Folgebestand, dass mit steigendem BHD ein Absinken der Formzahlen auftritt (Abb. 178).

Beim Wachstum der Stammanalysenbäume wurde einerseits die Entwicklung der Höhe und weiters des Durchmessers in Brusthöhe untersucht, wobei zwei Kollektive mit 10 bzw. 12 Bäumen verglichen werden konnten. Es hat sich gezeigt, dass sich die Höhenzuwächse im Vor- und Folgebestand deutlich unterscheiden. Die Entwicklung verläuft im Folgebestand bis zu einem BHD-Alter von 20 Jahren ähnlich, danach aber wesentlich steiler als im Vorbestand. Der Höhenvorsprung beträgt bei einem BHD-Alter von 38 Jahren 3,3 Meter (Abb. 179). Ein Vergleich der Oberhöhenkollektive zeigt ein ähnliches Bild. Der Vorsprung vergrößert sich bei einem Bestandesalter von 38 Jahren auf etwa 3,5 m. Im Vergleich mit der Ertragstafel Fichte Bayern ergibt der Vergleich der Oberhöhenentwicklung der Stammanalysen aus dem Vor- und Folgebestand bei einem Bestandesalter von 48 Jahren eine Differenz von annähernd 4 Ertragsklassen. Entspricht die mittlere Oberhöhenentwicklung im Vorbestand ziemlich genau einer 15. Ertragsklasse, erreicht sie im Folgebestand von anfangs ebenfalls einer 15. Ertragsklasse durch den wesentlich steileren Anstieg im Alter 48 eine 19. Ertragsklasse (Abb. 180).

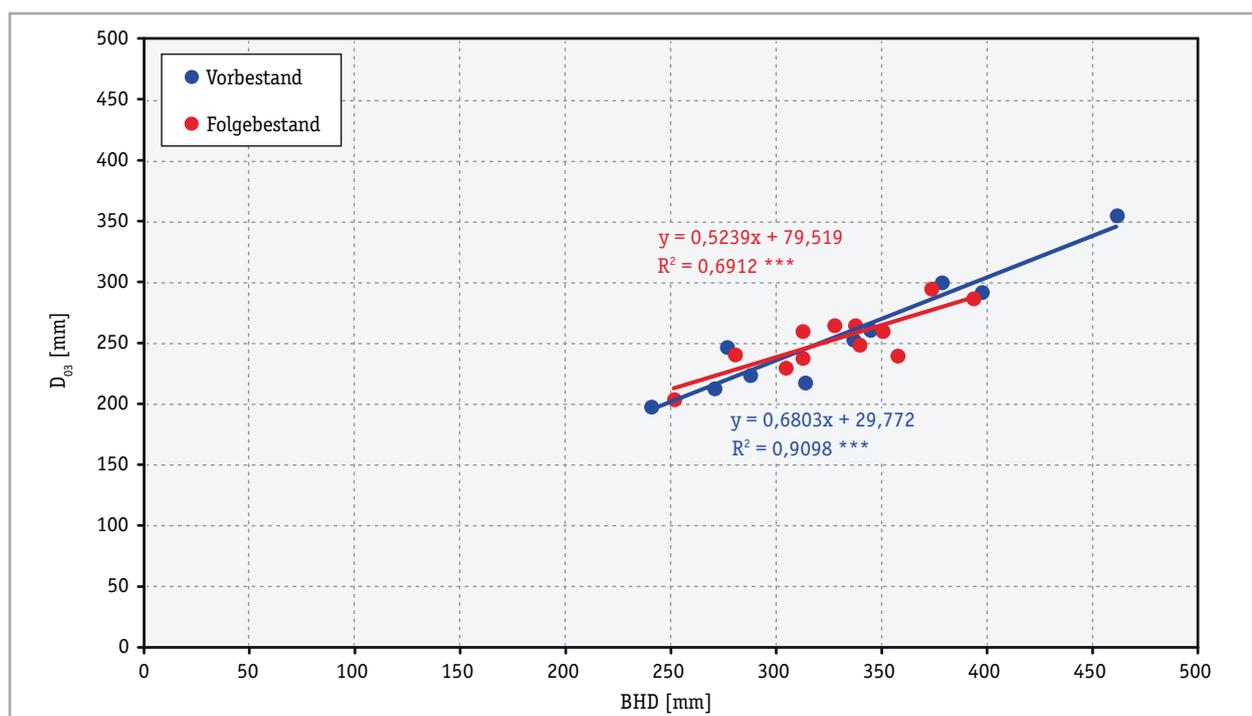


Abbildung 177: Stammanalysen Langbathsee - BHD zu D03

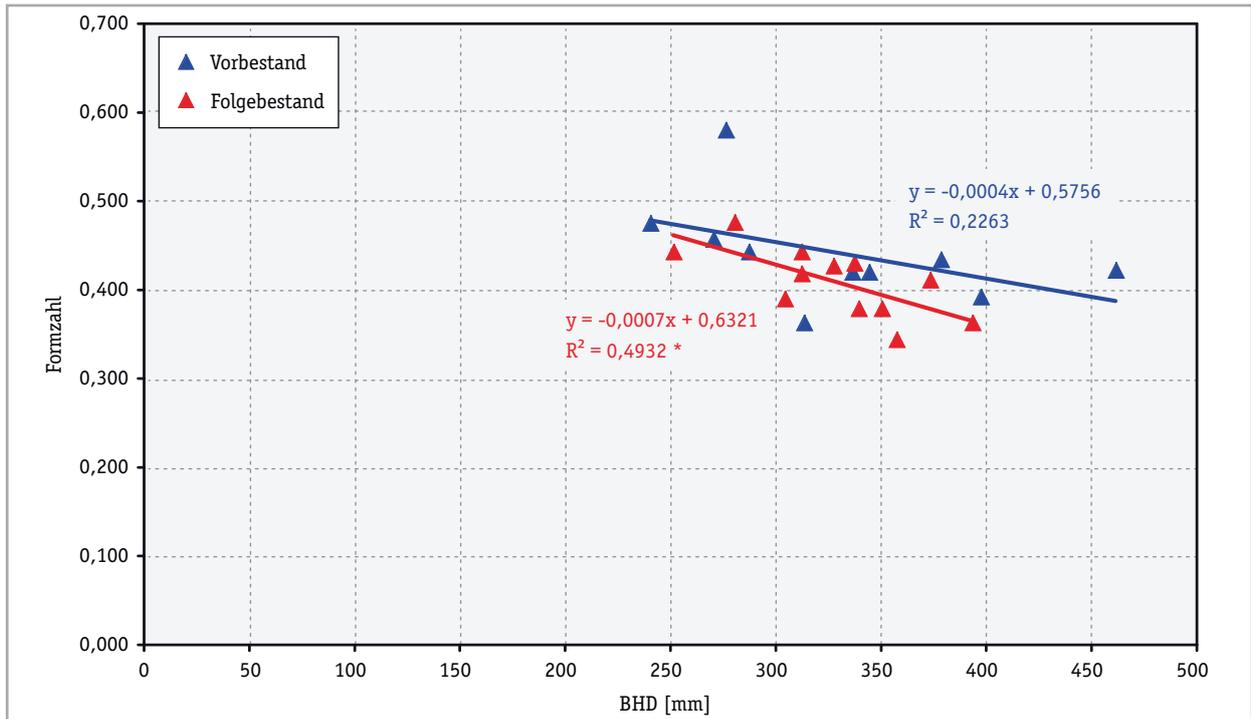


Abbildung 178: Stammanalysen Langbathsee - Formzahl

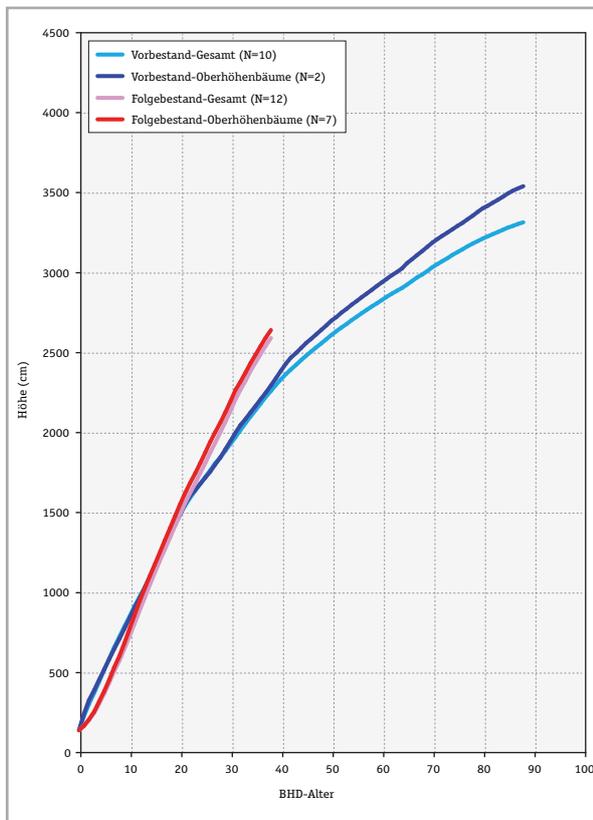


Abbildung 179: Stammanalysen Langbathsee
Höhe

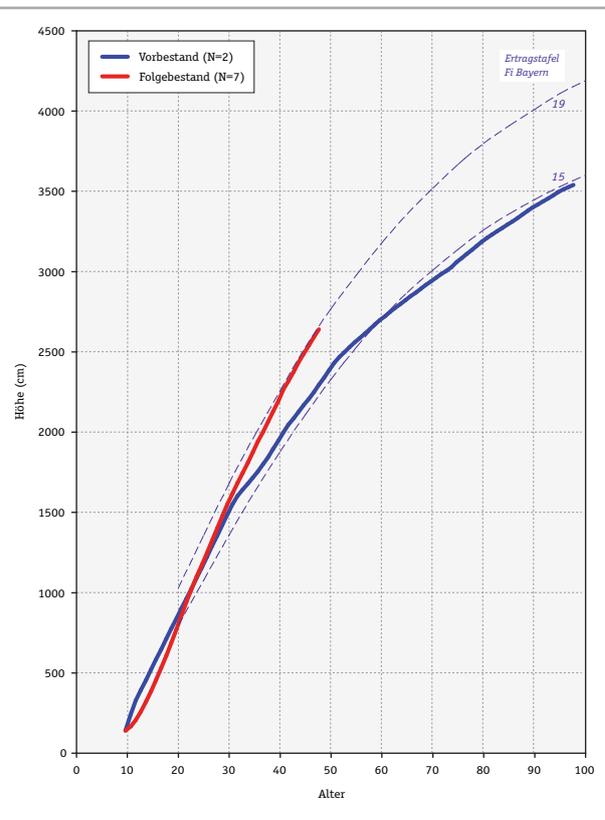


Abbildung 180: Stammanalysen - Langbathsee
Oberhöhe

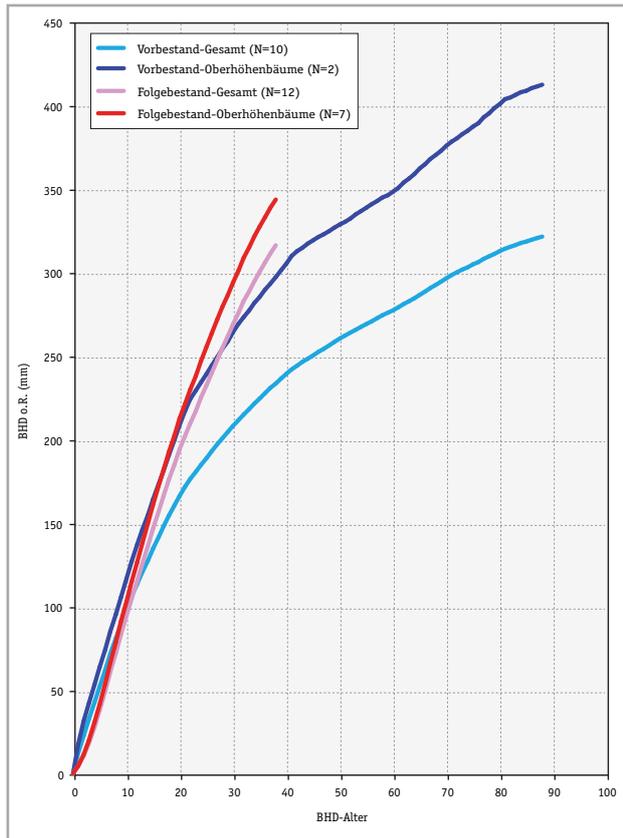


Abbildung 181: Stammanalysen Langbathsee - BHD

Beim Vergleich der BHD-Entwicklung der Oberhöhenbäume zeigt sich bis zum BHD-Alter von 20 Jahren ein sehr ähnlicher Verlauf des Durchmesserzuwachses der Bäume aus dem Vor- und Folgebestand. Danach verläuft die Entwicklung aber bei den Bäumen aus dem Folgebestand wesentlich steiler und ergibt bei einem BHD-Alter von 38 Jahren eine Differenz von 4,6 cm (Abb. 181). Bis zu einem BHD-Alter 20 liegt die mittlere Höhenentwicklung in den Folgebeständen unter den Höhen im Vorbestand. Danach überholt die mittlere Höhe des Folgebestandes durch den stärkeren Höhenzuwachs die Höhe im Vorbestand und erreicht im BHD-Alter 38 über 3 m Vorsprung. Bei der mittleren Höhe der Oberhöhenbäume wird die Höhe des Vorbestandes früher bei etwa 13 Jahren überholt, wobei der Höhenvorsprung am Ende ähnlich hoch ist wie beim Gesamtkollektiv. Beim Durchmesser zeigt sich eine ähnliche Entwicklung. Die Mehrleistung beträgt beim BHD-Alter 38 bei den Oberhöhenbäumen 4,6 cm, beim Gesamtkollektiv mit 8,3 cm deutlich mehr (Abb. 182).

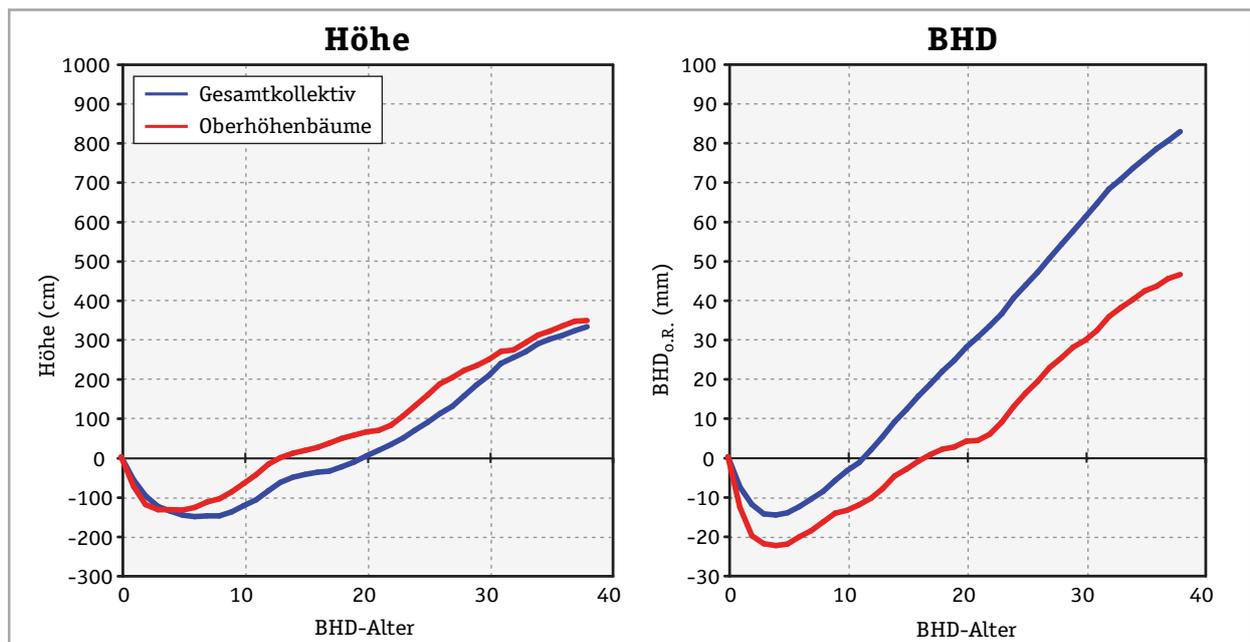


Abbildung 182: Stammanalysen Langbathsee - Höhen- und BHD-Mehrzuwachs im Folgebestand

7.6 Vergleich der Versuche

7.6.1 Bestandesmessungen

Beim Vergleich der Oberhöhen wurde jene Parzelle herangezogen, die auf dem jeweiligen Versuch die maximale Oberhöhe aufwies. Der Vergleich des Oberhöhenverlaufes in den ehemaligen Versuchsbeständen zeigt zwischen den einzelnen Versuchen ein recht unterschiedliches Bild, nur bei den Versuchen Thiersee und Ödensee ist der Verlauf der Oberhöhe ident. Die Oberhöhe in Hallein ist aufgrund der laufenden Veränderung des Oberhöhenkollektives ein Sonderfall und daher erscheint ein Vergleich mit den anderen Versuchen nicht sinnvoll. Es hat sich gezeigt, dass bei einem vergleichbaren Bestandesalter von 80 Jahren Oberhöhendifferenzen bis zu 7 Meter auftreten. Die größte Oberhöhe konnte in Langbathsee, die niedrigste in Ödensee und Thiersee festgestellt werden. Die Oberhöhe in St. Martin liegt dazwischen. Deutliche Unterschiede in der Oberhöhe konnten auch in den Folgebeständen festgestellt werden, wobei bei einem Bestandesalter von 50 Jahren der Bestand in Langbathsee mit fast 30 Metern die größte Oberhöhe aufweist, knapp darunter folgt der Bestand in Ödensee. Ein direkter Vergleich zwischen der Oberhöhe im Vor- und Folgebestand kann nur beim Versuch Langbathsee gemacht werden, weil es bei diesem Versuch als einzigen eine altersmäßige Überschneidung gibt. Es zeigt sich, dass der Vorsprung der Oberhöhe im 52-jährigen Folgebestand gegenüber dem Vorbestand bei gleichem Alter mehr als 3 Meter beträgt (Abb. 183).

Beim Vergleich der Volumen-Gesamtwuchsleistung wurde wiederum die Maximalleistung jedes Versuches als Vergleich mit dem Folgebestand herangezogen. Auch hier zeigen sich verständlicherweise wieder deutliche Unterschiede zwischen den Versuchen, weil sich folglich bei der Berechnung der Gesamtwuchsleistung die Höhenunterschiede auswirken. Überdies ist zu beachten, dass laut Aufzeichnungen in den Lagerbüchern nur die Versuche Hallein und Langbathsee bei Versuchsbeginn unbehandelt waren und es über die Vornutzungen auf den übrigen Versuchen nur unvollständige oder keine Informationen gab. Auch in den Folgebeständen zeigen sich erhebliche Unter-

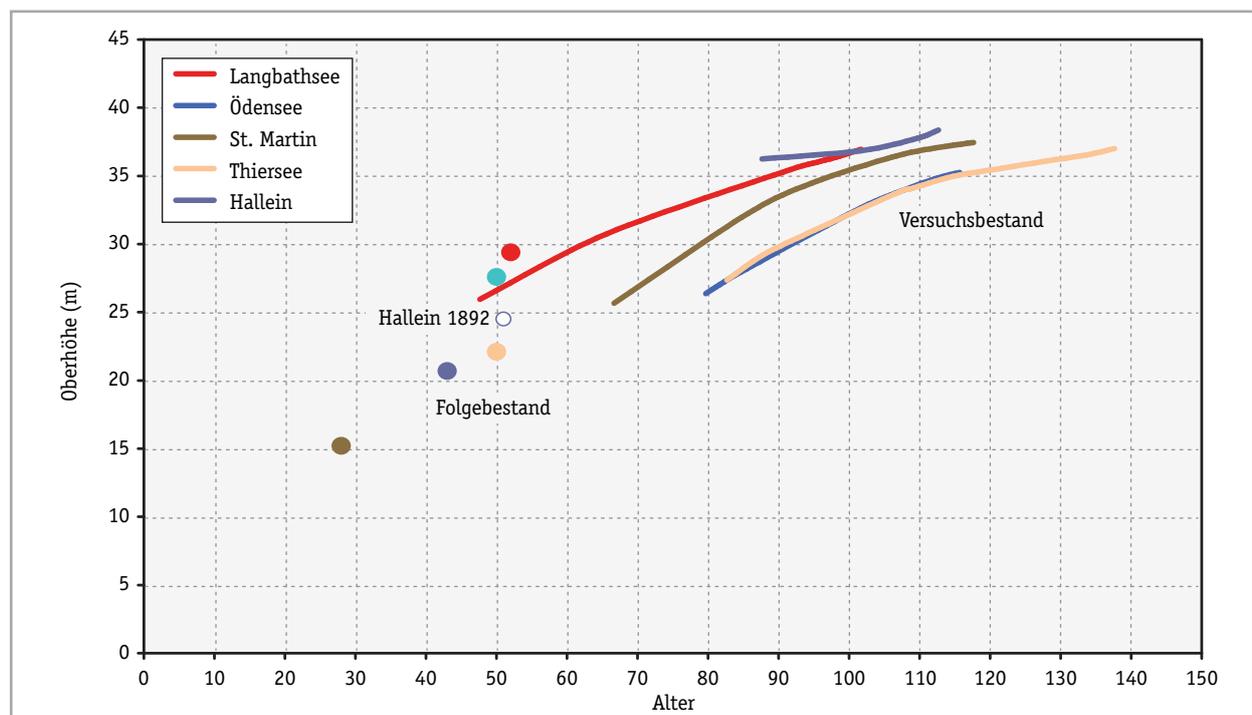


Abbildung 183: Oberhöhe im Vor- und Folgebestand

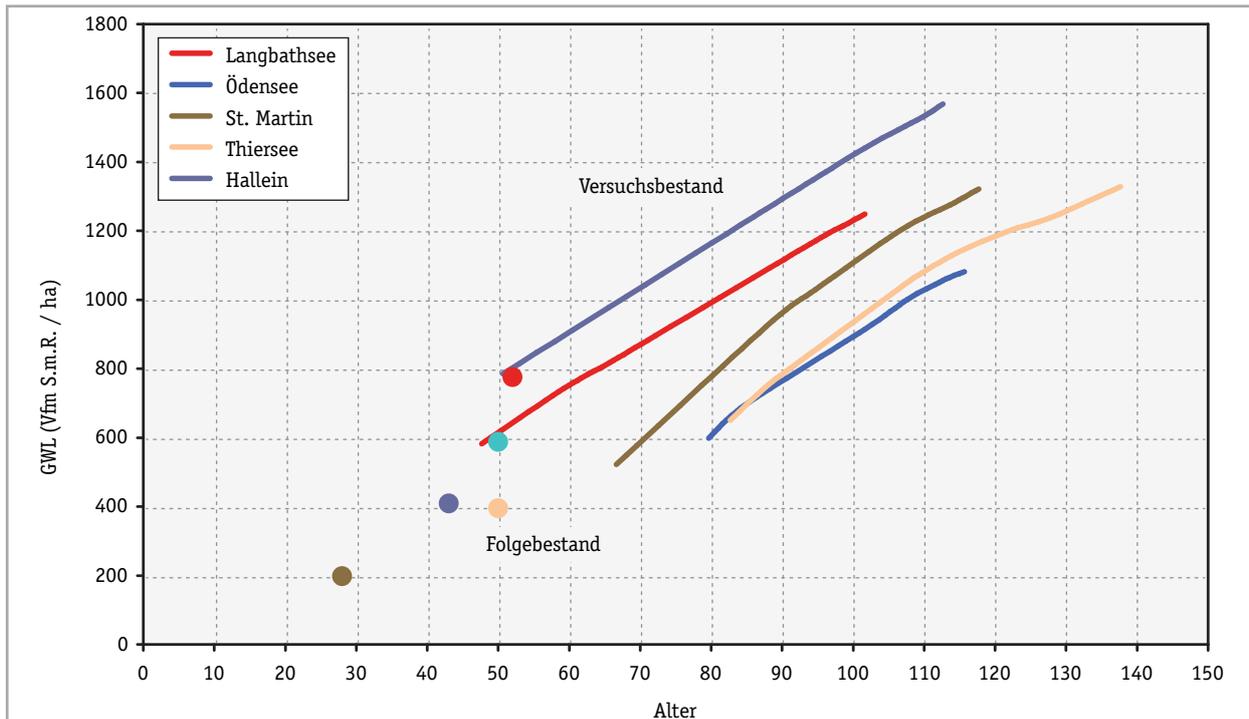


Abbildung 184: Gesamtwuchsleistung im Vor- und Folgebestand über Alter

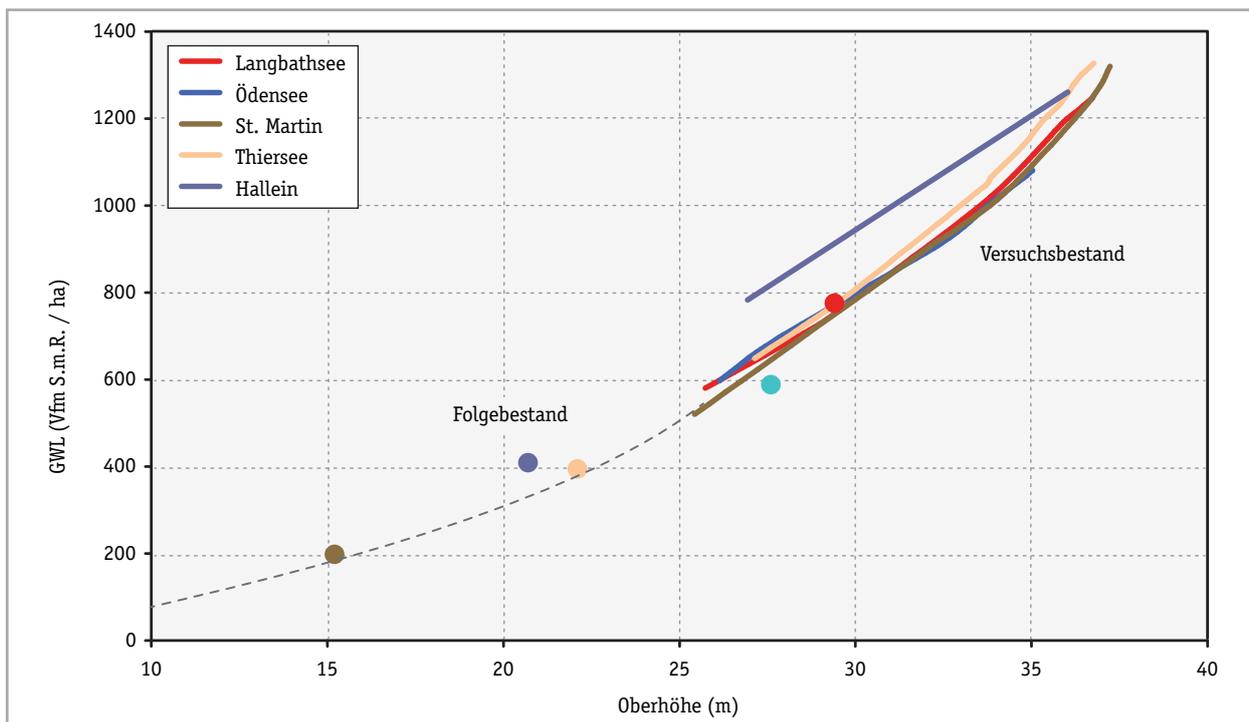


Abbildung 185: Gesamtwuchsleistung im Vor- und Folgebestand über Oberhöhe

schiede der Gesamtwuchsleistungen, die etwa zwischen den Versuchen Thiersee und Langbathsee im 50 jährigen Bestand um 400 Vorratsfestmeter betragen. Die maximale Wuchsleistung weist der Folgebestand in Langbathsee im Alter 52 mit 776 Vfm auf. Bei diesem Versuch kann auch aufgrund der altersmäßigen Überschneidung von Vor- und Folgebestand die Gesamtwuchsleistung direkt verglichen werden. Im Alter 52 weist der Folgebestand eine um 140 Vfm größere Gesamtwuchsleistung

als der Vorbestand auf, dies entspricht einem Mehrzuwachs von ca. 22 % (Abb. 184).

Die Darstellung der Gesamtwuchsleistung über der Oberhöhe als Zeiger der Ertragsniveauleistung zeigt mit Ausnahme beim Versuch Hallein bei allen anderen Versuchen ein ähnliches Bild. Der Verlauf der Gesamtwuchsleistung deutet darauf hin, dass das Ertragsniveau in den Vorbeständen auf den Versuchen Langbathsee, Ödensee, St. Martin und Thiersee vergleichbar ist. Beim Vergleich mit den Folgebeständen zeigt sich, dass auch diese Bestände weitgehend in etwa auf einem einheitlichen Ertragsniveau liegen, das auch den Vorbeständen entspricht (Abb. 185).

Weiters wurde auch die Entwicklung der Bestandesgrundfläche verglichen. Ein direkter Vergleich ist auch hier nur beim bis zu Versuchsbeginn unbehandelten Vorbestand in Langbathsee möglich. Die gesamte Wuchsleistung der Bestandesgrundfläche des Folgebestandes liegt im vergleichbaren Alter von 52 Jahren mit $63,3 \text{ m}^2$ um $7,4 \text{ m}^2 / \text{ha}$ höher als die des Vorbestandes, was einem Mehrzuwachs von etwa 13 % entspricht (Abb. 186).

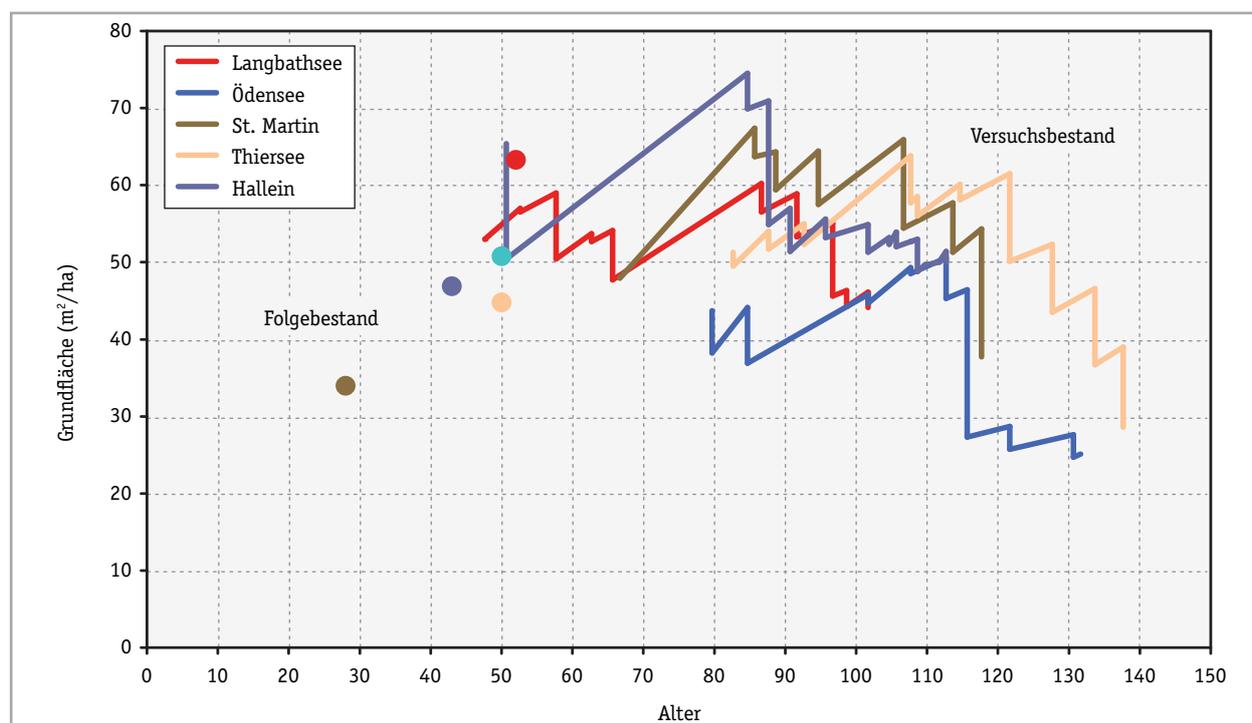


Abbildung 186: Bestandesgrundfläche im Vor- und Folgebestand

7.6.2 Stammanalysen

Bei der Darstellung des mittleren Höhenverlaufes der Stammanalysen über dem Baumalter wurden alle Stammanalysen eines Versuches zusammengefasst. Wenn man die Höhen im Alter 80 aller Analysen der Vorbestände vergleicht, zeigt sich, dass die Analysen aus Hallein und Langbathsee mit etwa 30 Metern am höchsten sind, die Analysen aus Ödensee mit knapp über 24 Metern am tiefsten und damit deutlich in der Höhe zurückliegen. Es ist weiters zu beachten, dass die Höhenanalyse aus Thiersee nur eine Fichte umfasst, was einen Vergleich mit dem Folgebestand nicht sinnvoll zulässt (Abb. 187). Die Höhenanalysen aus den Folgebeständen verlaufen mit Ausnahme der Analysen aus Langbathsee sehr ähnlich. In Hallein, Thiersee und Ödensee wird im Mittel im Alter 33 eine fast gleiche Höhe von 13,7 m erreicht. Einen deutlich stärkeren Höhenzuwachs zeigen die Stamm-

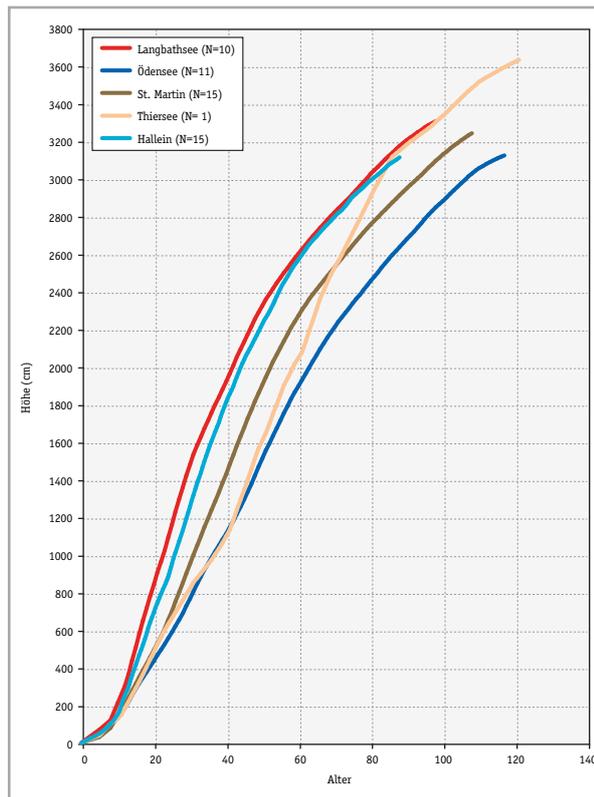


Abbildung 187: Stammanalysen - Vorbestand
Höhenentwicklung

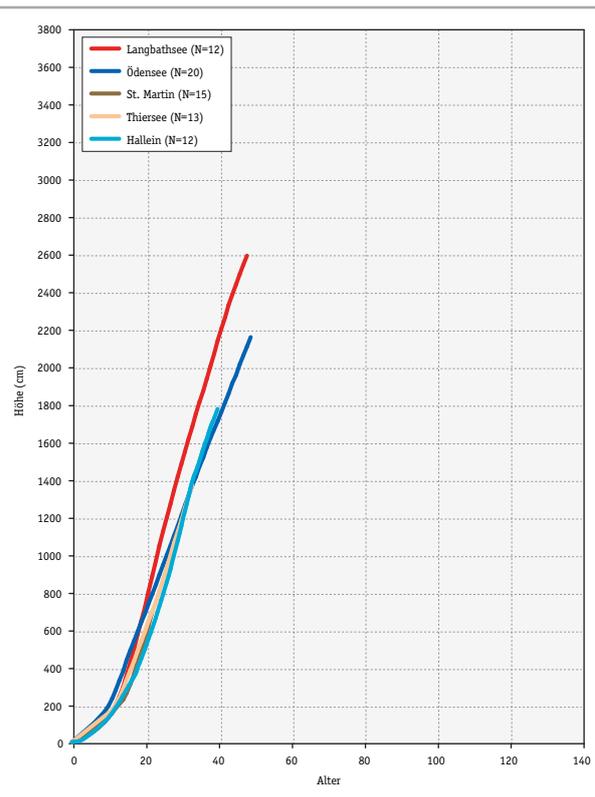


Abbildung 188: Stammanalysen - Folgebestand
Höhenentwicklung

analysen aus Langbathsee mit einem wesentlich steileren Höhenverlauf und erreichen im Alter 33 bereits eine mittlere Höhe von 16,8 m (Abb. 188).

7.6.2.1 Höhenwachstum

Um die Höhenanalysen zwischen den Vor- und Folgebeständen besser vergleichen zu können, wurden der Beginn bei einem BHD-Alter von 0 festgesetzt. Dies bedeutet, dass alle Höhenkurven gleich ab Erreichen der Brusthöhe beginnen. Eine gewisse Unsicherheit in der Anzahl der Jahre bis zum Erreichen der Brusthöhe kann somit verhindert werden. Der Vergleich der mittleren Höhenentwicklung der Stammanalysen aus Langbathsee zeigt im Folgebestand etwa ab einem BHD-Alter von 20 Jahren einen wesentlich steileren Anstieg als die Stammanalysen aus dem Vorbestand. Nach 38 Jahren ab Brusthöhe beträgt der Höhenvorsprung der Bäume aus dem Folgebestand 3,3 m. Dies entspricht einem Höhenmehrzuwachs von ca. 15 %. Der Vergleich mit Ertragstafelwerten der Fichte Bayern lässt erkennen, dass die Vorbestandsbäume in der Jugend deutlich über den höchsten verfügbaren Ertragstafelwerten liegen, bei einem BHD-Alter von 60 Jahren eine 18. Ertragsklasse erreichen und danach auf eine 15. Ertragsklasse absinken. Die Entwicklung folgt also nicht den Ertragstafelmodellen sondern sinkt mit zunehmendem Alter verhältnismäßig stärker ab. Die Höhenentwicklung der Bäume aus dem Folgebestand in Langbathsee liegt weit über der 19. Ertragsklasse (Abb. 189).

Eine ähnliche Entwicklung der Höhen zeigen die Stammanalysen aus dem Gebiet Ödensee. Auffällig ist hier jedoch, dass das verstärkte Höhenwachstum in den Folgebeständen bereits nach Erreichen der Brusthöhe einsetzt. Bei einem BHD-Alter von 40 Jahren zeigt sich ein Höhenvorsprung der

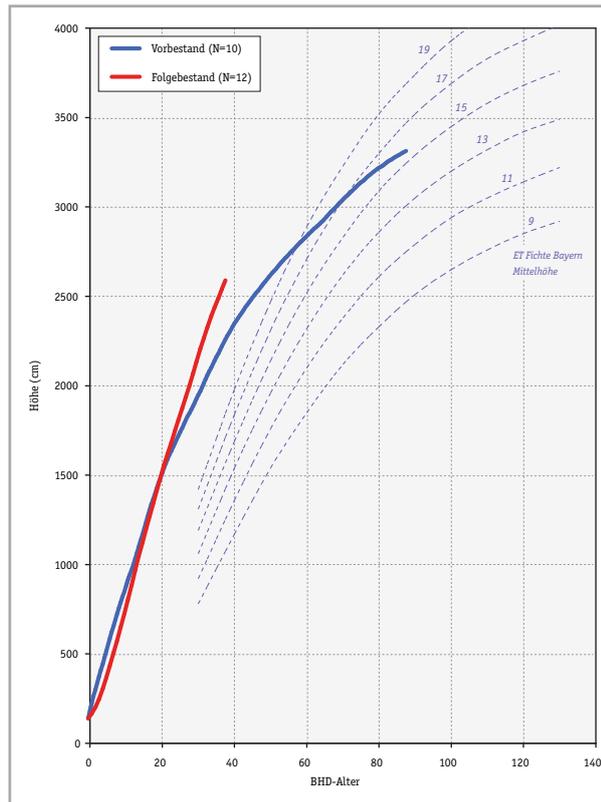


Abbildung 189: Stammanalysen Langbathsee - Höhe

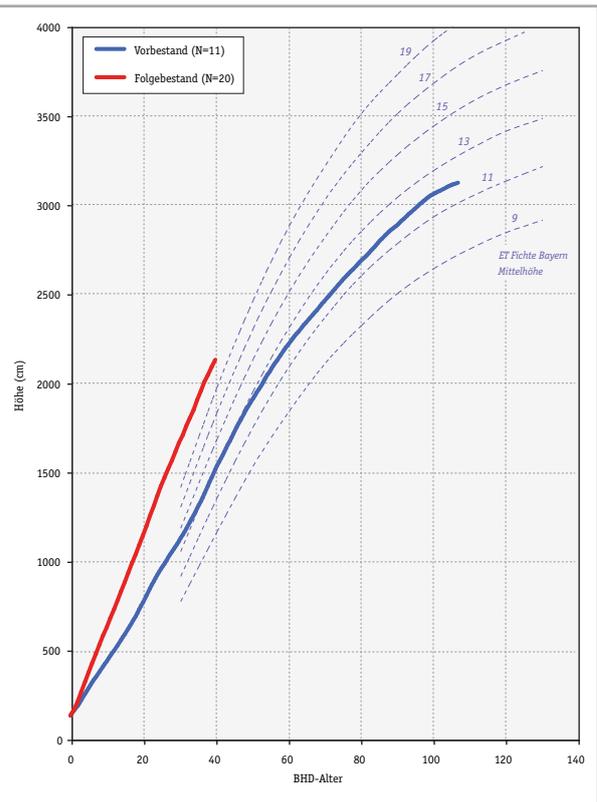


Abbildung 190: Stammanalysen Ödensee - Höhe

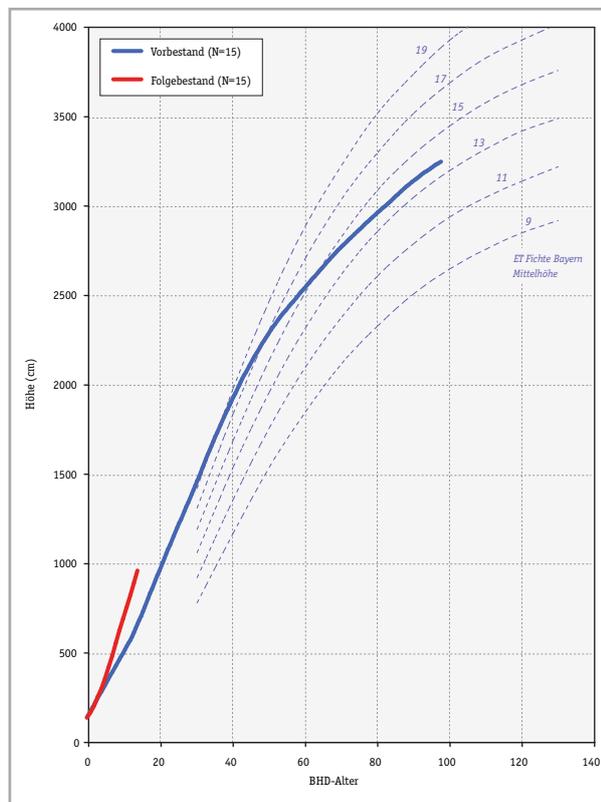


Abbildung 191: Stammanalysen St. Martin - Höhe

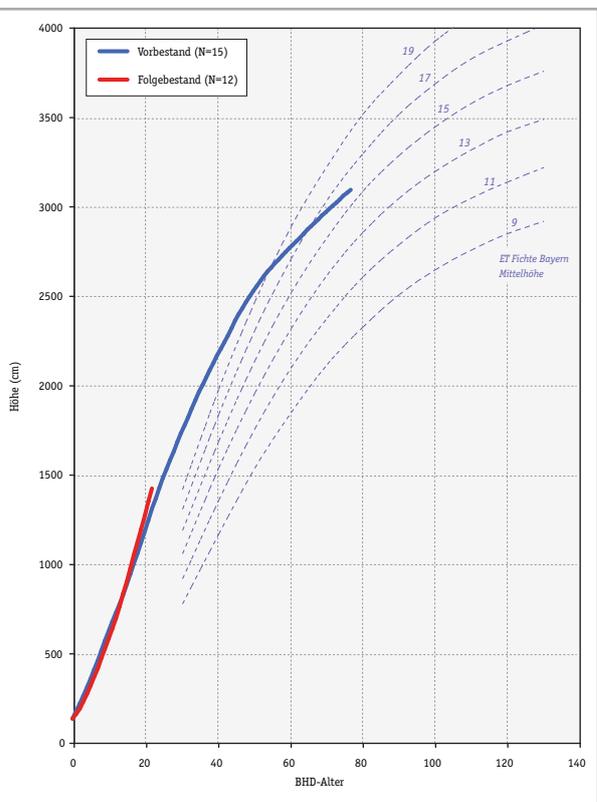


Abbildung 192: Stammanalysen Hallein - Höhe

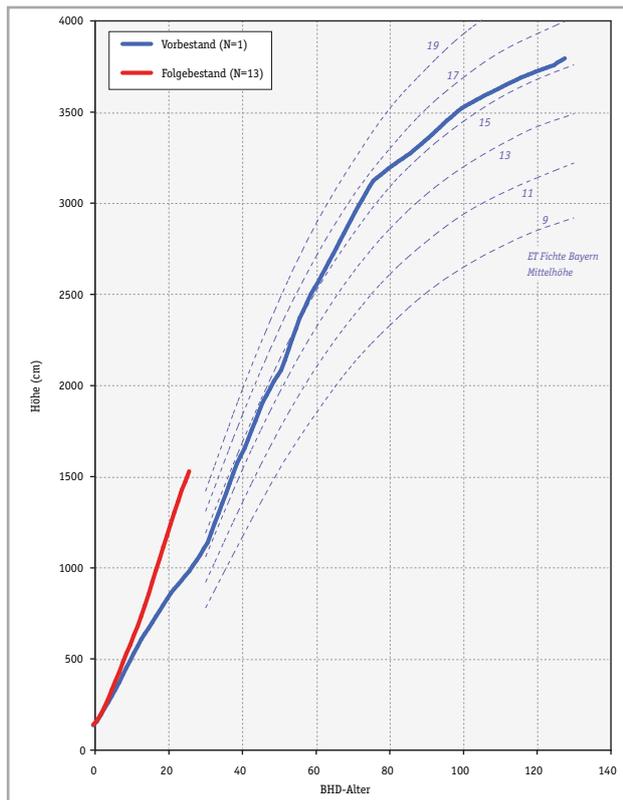


Abbildung 193: Stammanalysen Thiersee - Höhe

kurzen Zeit erkennbar, dass die Höhenzuwächse im Vergleich zu den Bäumen aus dem Vorbestand deutlich höher sind. Nach 14 Jahren besteht ein Höhenvorsprung von 3,0 m, was einer größeren Höhe um 46 % entspricht, also annähernd die eineinhalbfache Höhenzuwachsleistung. Falls sich diese Entwicklung fortsetzt, kann angenommen werden, dass die Höhenentwicklung in den Folgebeständen künftig ebenfalls weit über den höchsten angegebenen Ertragstafelwerten einer 19. Ertragsklasse (dGZ_{100}) liegen wird (Abb. 191).

Die mittlere Höhenentwicklung der Analysen aus dem Vor- und Folgebestand des Versuches Hal-lein verläuft sehr ähnlich. Die Höhenkurve der Bäume des Vorbestandes verflacht mit zunehmendem Alter und folgt dadurch nicht den Modellwerten der Ertragstafel Fichte Bayern. Anfangs deutlich über einer 19. fällt sie bei einem BHD-Alter von 77 Jahren auf eine 16. Ertragsklasse ab. Die Höhenentwicklung der Bäume aus dem Folgebestand verläuft etwa 18 Jahre nach Erreichen der BHD-Höhe fast ident mit der Höhenentwicklung der Bäume aus dem Vorbestand. Danach kommt es zu einem gering stärkeren Höhenwachstum der Bäume aus dem Folgebestand. Im BHD-Alter 22 wurde ein Höhenvorsprung von 1,1 m (entspricht 9 %) festgestellt (Abb. 192).

Der Vollständigkeit halber wurde auch der Vergleich der Höhen in Thiersee dargestellt, obwohl ein Vergleich mit nur einem Baum aus dem Vorbestand nicht sinnvoll ist. Es zeigt sich jedoch auch hier, dass die Höhenentwicklung im Folgebestand sehr steil ansteigt und weitgehend dem Höhenverlauf anderer Folgebestände (siehe Abb. 187) dieser Untersuchung entspricht (Abb. 193).

Bäume aus dem Folgebestand gegenüber den Bäumen aus dem Vorbestand von 6,2 m. Dies ergibt einen Höhenmehrzuwachs zu diesem Zeitpunkt von 41%. Die mittlere Höhenentwicklung der Vorbestände entspricht gut dem modellierten Verlauf in der Ertragstafel Fichte Bayern. Er liegt am Beginn etwa bei einer 13. und sinkt dann auf eine 12. Ertragsklasse ab.

Die Höhenentwicklung der Bäume aus dem Folgebestand in Ödensee liegt wie in Langbathsee ebenfalls weit über der entsprechenden 19. Ertragsklasse (Abb. 190).

In St. Martin ist ähnlich wie in Langbathsee eine Verflachung der Höhenentwicklung mit zunehmendem Alter erkennbar. Liegt die Kurve am Beginn etwa auf einer 19. Ertragsklasse liegt sie beim BHD-Alter 98 zwischen einer 13. Und 14. Ertragsklasse. Die Entwicklung der Höhe im Folgebestand kann aufgrund des geringen Bestandesalters nur für einen sehr kurzen Zeitraum von 14 Jahren über dem BHD-Alter verglichen werden. Dennoch ist bereits in dieser

7.6.2.2 BHD-Wachstum

Obwohl die Änderung des Durchmesserwachstums weniger Aussagekraft für eine eventuelle Änderung einer Standortproduktivität hat als das Höhenwachstum, wurde auch im Rahmen der Stammanalysen das Durchmesserwachstum in Brusthöhe untersucht und zwischen Vor- und Folgebestand verglichen.

Die mittlere Durchmesserentwicklung ohne Rinde unterscheidet sich zwischen den Vorbeständen der einzelnen Versuche im Gegensatz zur Höhenentwicklung doch deutlicher. Auffällig ist der relativ stärkere Durchmesserzuwachsrückgang mit zunehmendem Alter vor allem beim Versuch Langbathsee und etwas abgeschwächt bei Hallein. Bei einem BHD-Alter von 100 besteht eine Maximaldifferenz zwischen Ödensee (30,3 cm) und St. Martin (41,5 cm) von über 11 cm, wobei sich diese Differenz mit steigendem Alter kontinuierlich vergrößert (Abb. 194). Bei den Analysen der Folgebestände zeigt sich diese kontinuierliche Vergrößerung der Differenz des Dickenwachstums vor allem zwischen den Versuchen Langbathsee und Ödensee. Lag sie bei einem BHD-Alter von 10 Jahren bei 2,4 cm steigt dieser Unterschied innerhalb von 26 Jahren auf bereits 9,6 cm an (Abb. 195).

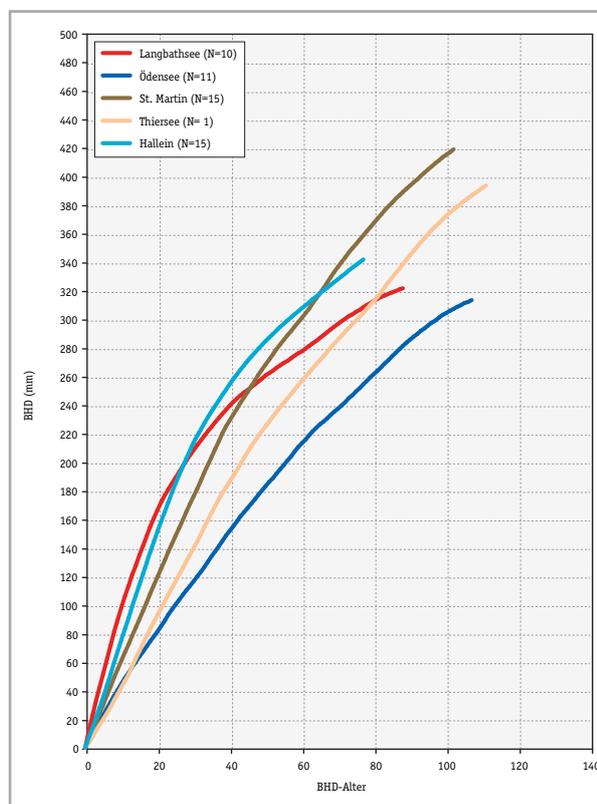


Abbildung 194: Stammanalysen Vorbestand - BHD

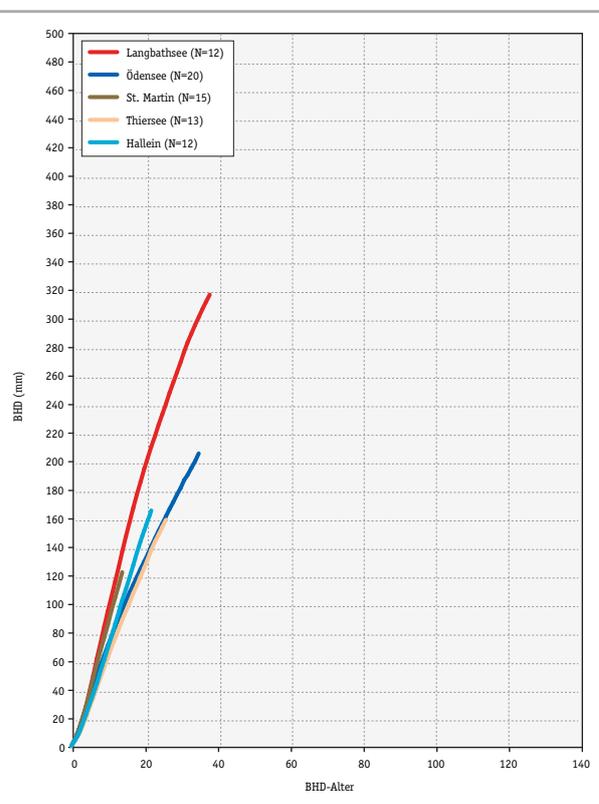


Abbildung 195: Stammanalysen Folgebestand - BHD

Die BHD-Analysen zeigen im Vergleich von Vor- und Folgebestand ein ähnliches Bild wie bei den Höhenanalysen. Es ist durchwegs bei allen Bäumen aus den Vorbeständen im Mittel eine verstärkte Verflachung der Zuwachskurve mit zunehmendem Alter erkennbar, die bei keinem der Versuche den Modellvorstellungen der Ertragstafel Fichte Bayern entspricht. Die modellierte Entwicklung in der Tafel verläuft in der Regel wesentlich steiler. Noch steiler als in der Ertragstafel verlaufen jedoch die Zuwächse in den Folgebeständen. Dies zeigt sich auch in den Vergleichen mit den Vorbeständen, wobei mit Ausnahme in Hallein alle BHD-Zuwächse in den Folgebeständen stark positiv von

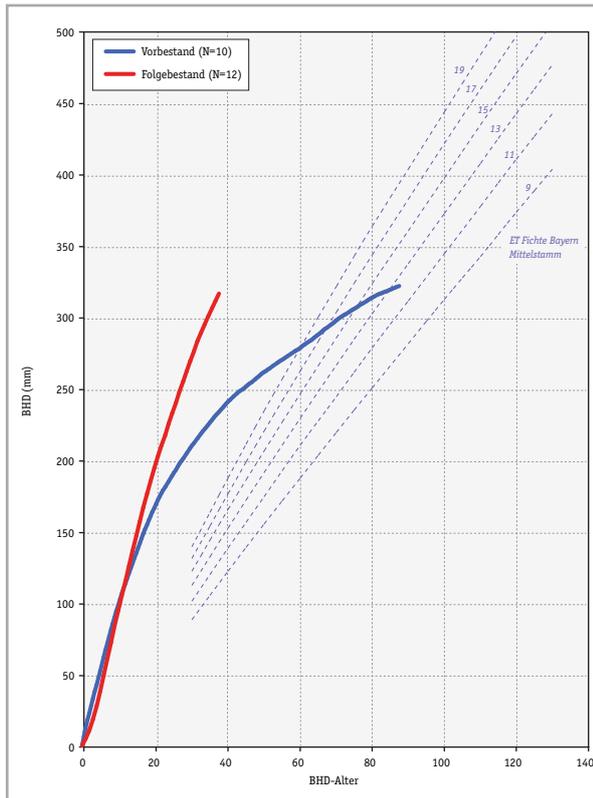


Abbildung 196: Stammanalysen Langbathsee - BHD

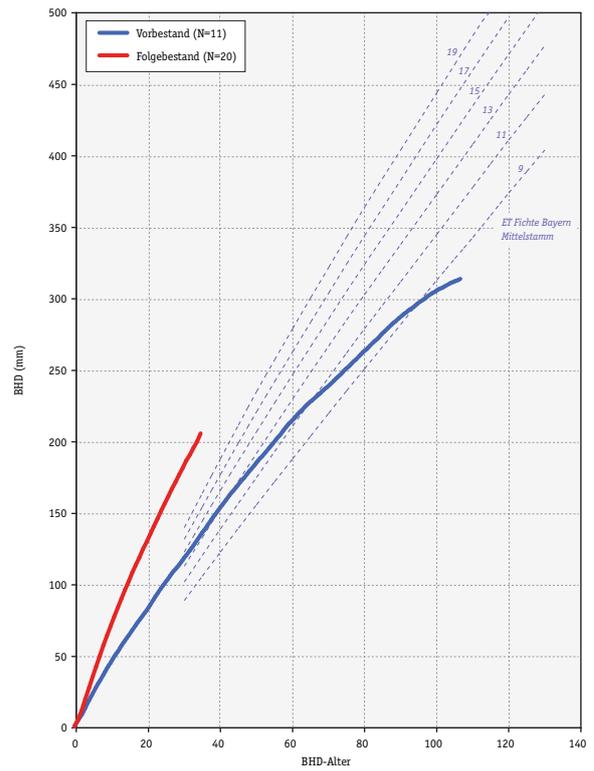


Abbildung 197: Stammanalysen Ödensee - BHD

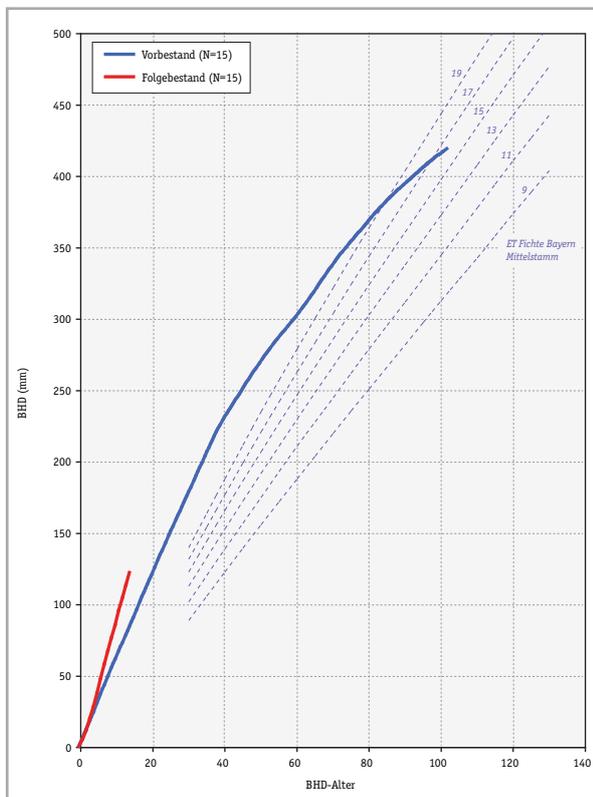


Abbildung 198: Stammanalysen St. Martin - BHD

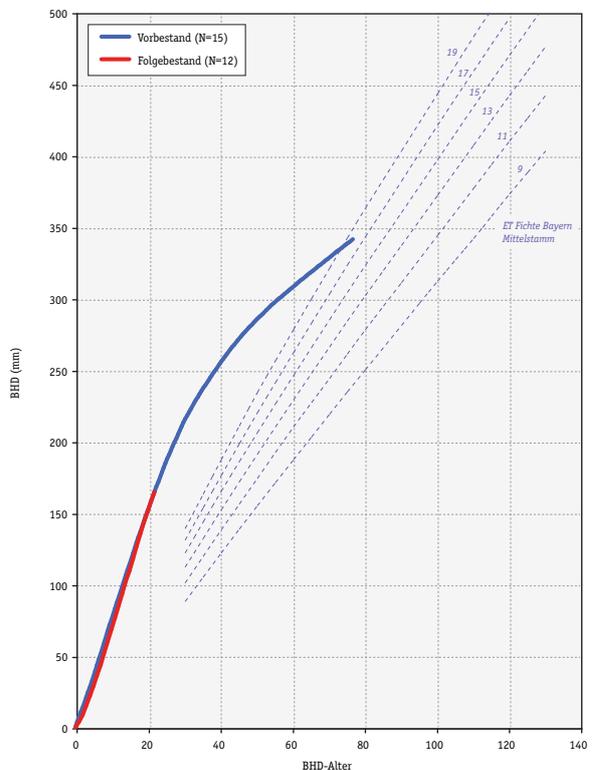


Abbildung 199: Stammanalysen Hallein - BHD

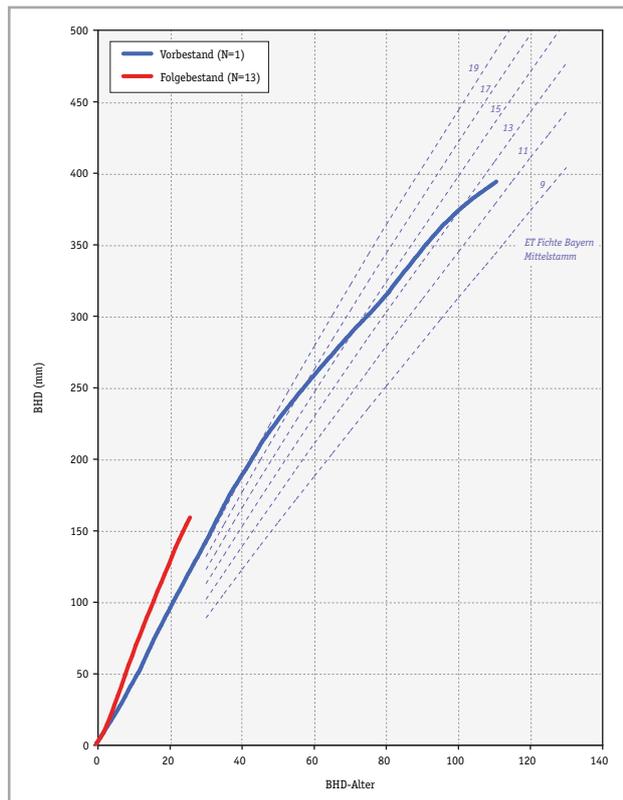


Abbildung 200: Stammanalysen Thiersee - BHD

den Vorbeständen abweichen und mit steigendem Alter ständig anwachsen. In Hallein ist der BHD-Zuwachs der Analyseebäume im Mittel in den Vor- und Folgebeständen vollkommen gleich hoch (Abb. 196 bis 200).

Abschließend wurde noch die Beziehung BHD zu D03 der Stammanalysen aus den Vor- und Folgebeständen verglichen. Es hat sich gezeigt, dass alle Analysen über den gesamten BHD-Bereich ansteigend linear angeordnet sind. Baumformänderungen zwischen den Vor- und Folgebeständen konnten anhand der Stammanalysen nicht erkannt werden (Abb. 201).

7.6.3 Bestandesdichte (Stand Density Index)

Der maximale Stand Density Index von Reineke (1933) kann als Ertragsniveauweiser angesehen werden. Dieser Index stellt die maximale Stammzahl als Funktion des Mitteldurchmessers dar und verwendet als Maß für die Bestandesdichte jene Stammzahl, die ein Bestand bei einem mittleren Brusthöhendurchmesser von 25 cm hätte. Dieser Ertragsniveauweiser hat gegenüber der maximalen Grundflächendichte

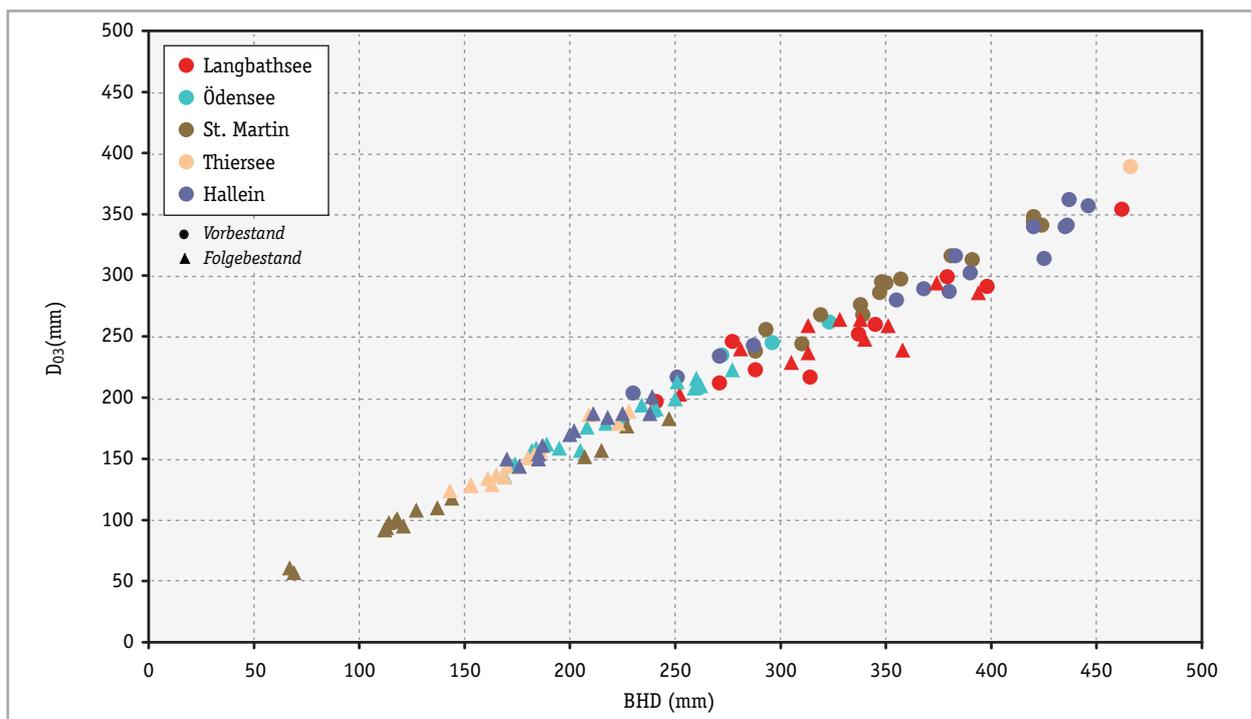


Abbildung 201: Stammanalysen - BHD zu D03 in den Vor- und Folgebeständen

(Assmann 1961) den Vorteil, dass diese Kenngröße unabhängig von Bonität und Alter ist. Im Rahmen dieser Untersuchung wurden die Stand Density Indices nach Reineke für alle Parzellen sowohl der Vor- als auch der Folgebestände berechnet und dem von Sterba (1981) für das Ertragstafelgebiet Fichte Bayern berechneten mittleren maximalen SDI von 1280 gegenübergestellt. Es hat sich gezeigt, dass dieser Maximalwert nur beim Vorbestand in Hallein übertroffen und in Langbathsee annähernd erreicht wird. Auf allen anderen Versuchen liegen die bei Versuchsbeginn aktuellen Indices teilweise deutlich tiefer. Es kann daher angenommen werden, dass nur in Hallein und Langbathsee die Versuchsbestände weitgehend unbeeinflusst waren. In Tabelle 40 sind die Indices für die Vor- und Folgebestände zusammengefasst.

Tabelle 40: Stand Density Indices bei Versuchsbeginn und Folgebestandsmessung

Versuch	Vorbestand					Folgebestand	
	Alter	Parz 1	Parz 2	Parz 3	Parz 4	Alter	Fläche
Ödensee	80	853	901			50	1264
St. Martin	67	984	787			28	916
Thiersee	83		1030	625		50	681
Hallein	51	1448	1475	1542		43	879
Langbathsee	48	1120	1324	1275	1469	52	1073

Weiters wurden Berechnungen zur Feststellung des Ertragsniveaus anhand des maximalen SDI nach der von Sterba (1975) erweiterten Competition-Density-Rule (C-D-Regel) von Kira et al. (1953) durchgeführt. In der erweiterten C-D-Regel wird der Durchmesser des Grundflächenmittelstammes als Hyperbel über der Stammzahl dargestellt. Die Koeffizienten dieser Hyperbel werden in Anlehnung an Ando (1968) und Tadaki (1963) als allometrische Funktionen der Oberhöhe formuliert. Durch Schätzen der Koeffizienten anhand von Versuchsergebnissen kann mit Hilfe der C-D-Regel das Wertepaar Mitteldurchmesser und Stammzahl bei maximaler Grundflächendichte abgeleitet werden (Sterba 1975, 1981, 1985, 1987; Monserud et al. 2004). Wird für den Mitteldurchmesser bei maximaler Grundflächendichte der Referenzwert von 25 cm eingesetzt, so lässt sich die zugehörige Stammzahl bei maximaler Grundfläche errechnen. Letztere repräsentiert den maximalen SDI, der einen recht brauchbaren Weiser zur Charakterisierung des Ertragsniveaus darstellt (Sterba 1981).

Die Berechnungen nach der erweiterten C-D-Regel haben für den Versuch Ödensee keine plausiblen Werte ergeben. Es ist anzunehmen, dass die Ursache dafür im Absinken der Oberhöhe durch die Fällung von Oberhöhenbäumen und dadurch einer Änderung des Oberhöhenkollektives auf einer Parzelle liegt. Es hat sich gezeigt, dass das Ertragsniveau der Vorbestände ausgedrückt durch den maximalen Stand Density Index in St. Martin mit 1624 am höchsten ist. Der geringste Wert wurde für den Versuch Thiersee mit 1341 berechnet. Die Versuche Hallein und Langbathsee liegen mit maximalen SDIs von 1438 und 1426 dazwischen. Die Kurvenanstiege (E) variieren zwischen -1,335 und -1,992. Eine Prüfung mittels T-Test ($\alpha = 0,05$) hat gezeigt, dass kein E signifikant von -1,605 abweicht. (Tab 41). Diese Berechnungen waren nur für die Vorbestände möglich, weil hier Zeitreihen vorlagen, die Folgebestände hingegen bisher nur einmal gemessen wurden.

Tabelle 41: Maximaler Stand Density Index nach der erweiterten C-D-Regel von Sterba (1975)

Versuch	4 parametrig			3 parametrig Annahme E = -1,605
	SDI _{max}	E	StdErr (E)	SDI _{max}
St. Martin	1624	- 1,685	0,527	1633
Thiersee	1341	- 1,992	0,306	1380
Hallein	1438	- 1,873	0,595	1426
Langbathsee	1426	- 1,335	0,405	1396

8. Diskussion

8.1 Dauerversuche

8.1.1 Anlage, Datenkollektiv

Seit ihrer Begründung als Forschungszweig ist die forstliche Ertragslehre bzw. die Waldwachstumsforschung damit befasst, das Wachstum der Waldbäume zu untersuchen. Die Waldwachstumsforschung hat die Aufgabe, die im Ökosystem Wald ablaufenden Wachstumsgänge nach Dimension und auch qualitativ zu erfassen. Ein Ziel ist es auch, diese Vorgänge modellhaft nachzubilden. Die forstliche Ertragslehre bzw. Waldwachstumsforschung soll Entscheidungsgrundlagen für alle waldbaulichen und forstbetrieblichen Maßnahmen liefern. Neben Stichprobeninventuren und Jahrring- und Stammanalysen bilden die Ergebnisse von langfristigen Versuchen dafür eine entscheidende Grundlage. Nur mit langfristig beobachteten Dauerversuchen können die Auswirkungen unterschiedlicher Bestandesbehandlung sowie die Gesamtwuchsleistung eines Bestandes erfasst werden. Dies erfordert daher die Beobachtung von Dauerversuchsflächen über die gesamte Umtriebszeit eines Bestandes und ist dadurch mit großem Aufwand verbunden

Die Bedeutung des forstlichen Dauerversuchswesens wurde bereits um Mitte des 19ten Jahrhunderts erkannt. Als Wegbereiter des forstlichen Versuchswesens kann August von Ganghofer genannt werden. Er forderte eine systematische Untersuchung des Waldwachstums auf zahlenmäßiger Grundlage langfristiger Beobachtungen. Mit seinen 1877 und 1881 erschienenen Werken über das forstliche Versuchswesen trug er wesentlich zur Errichtung der damals im deutschsprachigen Raum begründeten Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalten bei, die in der Lage waren, Dauerversuche anzulegen und zu führen. Hempel berichtete 1881 bereits über eine notwendige Reform auf dem Gebiete der Zuwachsuntersuchungen: „Die Kenntnis der Zuwachsverhältnisse unserer Waldbäume - des natürlichen Zuwachsganges Letzterer, sowie dessen Beeinflussung durch wirtschaftliche Massregeln - ist eine unumgängliche Vorbedingung jedes zielbewussten Fortschrittes auf waldbaulichem Gebiete, die Untersuchung derselben somit eine der wichtigsten Aufgaben der forstlichen Forschung. Wir müssen unsere auf Hebung des Zuwachses gerichteten Massregeln waldbaulicher Cultur und Pflege auf die genaueste Kenntnis derjenigen Veränderungen stützen, welche der natürliche Zuwachsgang der Bäume durch dieselben erleidet. Diese Erkenntnis muss und wird sich immer mehr Bahn brechen, je mehr wir uns gewöhnen, an den Erfolg unserer Production, welcher ja im Wesentlichen durch den erzielten Holzzuwachs bemessen wird, den strengen Massstab der Zahl anzulegen. Wenn uns zur Zeit die fachliche Wissenschaft gerade über diese fundamentale Fragen so wenig Aufschluss zu geben vermag, so erklärt sich dies zur Genüge aus dem langsamen Entwicklungsgange, welchen dieselbe genommen hat. Ist doch das forstliche Versuchswesen eine Errungenschaft der allerjüngsten Zeit.“

Zu Beginn des forstlichen Versuchswesens stand zunächst die Frage der Optimierung der Ertrags- bzw. Massenleistung von Beständen im Vordergrund. Es mag auch mit einer der Gründe dafür gewesen sein, dass in dieser Zeit vielerorts aufgrund des großen Holzbedarfes für Industrie, Bau und Brennstoff starker Holzangel herrschte. Es wurden in der Regel bei allen Bäumen einer Versuchsfläche die Brusthöhendurchmesser gemessen. Weiter wurden aus dem Mittelstammbereich oder gestaffelt nach Stärkestufen einige Bäume gefällt und genau vermessen. Aus den Längen und Formzahlen dieser Bäume wurde dann die gesamte Bestandesmasse hochgerechnet. Schmied (1932) weist auf die Problematik der Fällung von Probestämmen hin, die zu einer Störung des Versuches führen. Er schlägt die Messung an stehenden Bäumen vor. Dies hat den Vorteil der vollständigen

„Unbeengtheit“ in der Anzahl und Auswahl sowie den großen Vorteil von Wiederholungsmessungen an identen Bäumen.

Im Laufe der Zeit hatte sich der Blick nun mehr auf die Entwicklung des Einzelbaumes konzentriert. Zur Identifizierung jedes einzelnen Baumes hat sich eine dauerhafte Nummerierung aller Versuchsbäume durchgesetzt.

Eine Problematik der Dauerversuchserhebung stellte lange Zeit die Messung von Baumhöhen und die Erstellung von Höhenkurven dar (Neumann 1999). Man sah sich nach dem ersten Weltkrieg damit konfrontiert, dass für die Schlägerung von Probestämmen nicht mehr genügend Bäume zur Verfügung standen, weil die Bestände immer älter und daher stammzahlärmer wurden. Daraus entstand die Sorge zu wenige oder auch ungeeignete Stämme für die Massenbestimmung auszuwählen. Schmied entwickelte 1932 ein Höhenmessverfahren an stehenden Probestämmen. Mit Ausnahme der Astmassenbestimmung wurden alle Parameter am stehenden Baum erfasst, also auch eine sektionsweisen Durchmesser messung zur Bestimmung der Baumformzahl. Voraussetzung dazu war das Besteigen der Probestämme und dabei auch noch die Messungen vorzunehmen. Die Ausrüstung bestand aus Leitern, Seilzug mit Umlenkrollen und einem Sitz für den Messenden. Die gesamte Ausrüstung hatte ein Gewicht von 320 Kilogramm. Für die Messung waren mindestens 4 Mitarbeiter notwendig, die Messleistung betrug ungefähr 20 Bäume je Tag (Abb. 201). Seit damals konnten aber Höhenmessungen an Bäumen wiederholt werden.

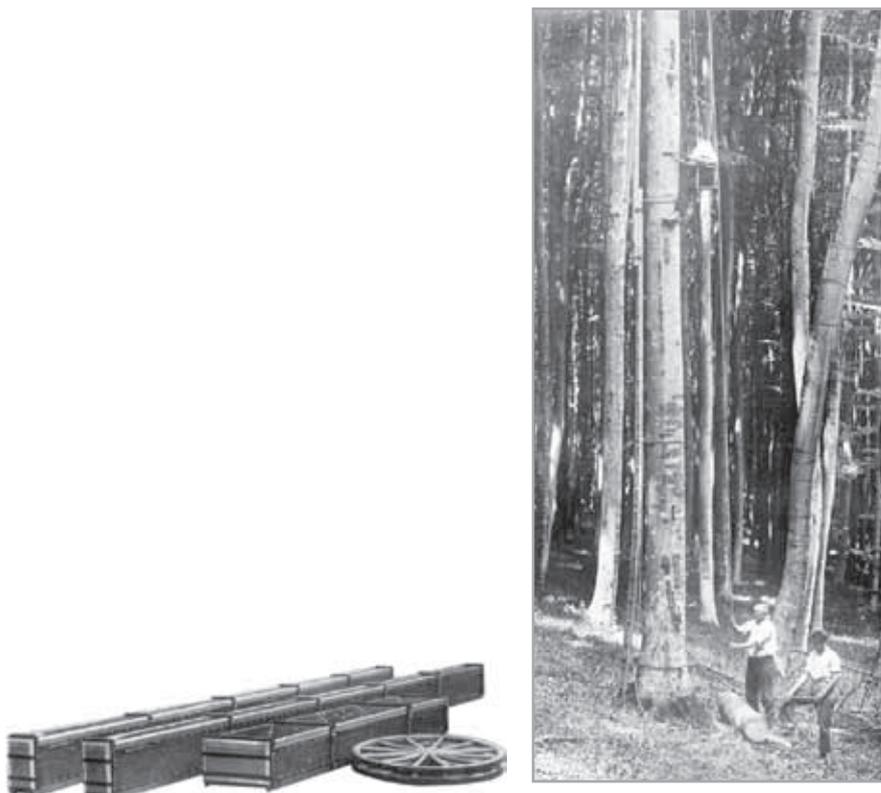


Abbildung 202: Ausrüstung zur Höhenmessung an stehenden Bäumen ab 1932

Aufgrund des Aufwandes der Baumhöhenmessung waren diese Messkollektive früher in der Regel sehr klein, was manchmal zu Problemen bei der Berechnung von Höhenkurven vor allem in den Durchmesser randbereichen führte. Dadurch waren unplausible Verlagerungen der Höhenkurven in aufeinanderfolgenden Messjahren möglich, die auch zu Fehleinschätzungen der Zuwächse führen konnten. Weiter wurde vielfach auf Stehendmessungen verzichtet und nur die Baumhöhen der Aus-

hiebsbäume im Zuge von Durchforstungen gemessen. Ausschließlich diese Daten wurden dann zur Berechnung von Durchmesser-Höhenfunktionen verwendet. Nachdem Durchforstungen in der Regel niederdurchforstungsartig durchgeführt wurden, also überwiegend schwache Bäume mit hohen HD-Werten entnommen wurden, führte dies zu Verzerrungen der tatsächlichen Bestandeshöhenkurve des verbleibenden Bestandes. Die Höhen wurden anhand der zugehörigen Durchmesser überschätzt, was folglich auch zu einer Überschätzung der Zuwächse und auch der Volumenleistung führte.

Beim Vergleich der Gesamtwuchsleistung gab es vor allem folgende Probleme:

- Keine altersmäßige Überschneidung des Vor- und Folgebestandes bei 4 Versuchen
- Teilweise deutlich unterschiedliche Stammzahlen
- Teilweise fehlende Information über Vornutzungen in den Vorbeständen

In Langbathsee gab es als einzigem Versuch eine altersmäßige Überschneidung des Vor- und Folgebestandes. Nachdem der Vorbestand laut Lagerbuch bei Versuchseinrichtung als unbehandelt eingestuft worden war, erscheint ein direkter Vergleich der Gesamtwuchsleistungen nur bei diesem Versuch zulässig. Der Vergleich der Gesamtwuchsleistung zeigte im Folgebestand, der auch ähnliche Stammzahlen wie der Vorbestand aufweist, eine um etwa ein Drittel höhere Gesamtwuchsleistung als der Vorbestand.

Die Oberhöhe als aussagekräftigster Parameter für die Leistungsfähigkeit eines Standortes kann als bedeutender Vergleichsfaktor zwischen den Vor- und Folgebeständen herangezogen werden, weil sie weitgehend behandlungsunabhängig ist (Assmann 1961). Bei vielen Untersuchungen über Veränderungen der Standortproduktivität wurde das Höhenwachstum als Indikator verwendet (Abetz 1988, Eichkorn 1992, Gerecke 1988, Kahn 1994, Kenk et al. 1991, Schöpfer et al. 1994, Skovsgaard and Henriksen 1996, Spelsberg 1994, Untheim 1996, Pretzsch und Utschig 2000). Als problematisch für einen Vergleich zwischen 2 Bestandegenerationen erweist sich jedoch die fehlende Altersüberschneidung. In diesem Fall kann kein direkter Vergleich durchgeführt werden sondern man muss sich auf einen Vergleich der Bonität anhand der Ertragstafel Fichte Bayern (Marschall, 1986) beschränken (Kenk et al., 1991). In der vorliegenden Untersuchung konnte ein direkter Oberhöhenvergleich anhand der Bestandesmessdaten wiederum nur beim Versuch Langbathsee durchgeführt werden. Es konnte im Folgebestand in Langbathsee eine deutlich größere Oberhöhe bei vergleichbarem Alter nachgewiesen werden.

Der Vergleich der Bestandesmittelhöhen ist mit großen Unsicherheiten behaftet. Diese Höhe kann aufgrund der unterschiedlichen Behandlungen sehr stark variieren, weil die Dimension des genutzten Baumkollektives (z.B. Nieder-, Hoch- oder Auslesedurchforstung) die mittleren Bestandeswerte entscheidend beeinflusst. Dies trifft sowohl für die Bestandeshöhe als auch den Durchmesser des Grundflächenmittelstammes zu.

8.1.2 Dauerversuche - Auswertung

Die Auswertung der Messungen der Dauerversuche erfolgte mit einem speziell für Dauerversuche entwickelten Programm (DFL). Sämtliche Messdaten alter Dauerversuche ab dem Zeitpunkt der einzelbaumweisen Nummerierung der Probestämme liegen in digitaler Form vor. Die Messungen wurden damals in Lagerbüchern und Messheften aufgezeichnet. Für Aushiebe wurden eigene Aushiebshefte geführt. Sämtliche Messdaten wurden in Standardlisten übertragen, die dem Format

unserer heutigen Aufnahmemanuale entsprechen und mit dem Datenformat der Erfassungsdateien abgestimmt sind. Es ist sicher verständlich, dass bei diesen extrem großen Datenmengen sowohl im Zuge des händischen Übertragens der Daten als auch der elektronischen Dateneingabe Fehler passieren können. Fehler, die im Zuge des Umschreibens erfolgen, sind verständlicherweise nur mit sehr hohem Aufwand nachzuvollziehen und zu korrigieren. Eingabefehler können im Falle unserer Datenerfassung ausgeschlossen werden. Sämtliche Daten wurden von zwei Mitarbeitern unabhängig voneinander eingegeben und anschließend abgeglichen. Dadurch konnte jeder Eingabefehler erkannt werden, weil es höchst unwahrscheinlich ist, dass ein gleicher Eingabefehler unabhängig voneinander gemacht wird.

Mit dem Auswertungsprogramm „DFL“ werden Plausibilitätsüberprüfungen der Messdaten und vorgegebenen Überprüfungen von Minimal- und Maximalbereichen beim BHD- und Höhenzuwachs durchgeführt und somit Messfehler, (vielleicht auch Schreibfehler) relativ rasch erkannt werden. Fehlerhafte Durchmesserdaten stellen oft ein Problem dar, weil sie nicht wie falsche Höhenmessungen einfach bei der Berechnung ausgeschlossen werden können. Ein Baum, der in die Auswertung miteinbezogen wird, benötigt, um existent zu sein, einen Wert für den Brusthöhendurchmesser. Bei längeren Messreihen eines Baumes sind Korrekturen meist sinnvoll möglich. Oft bleibt es aber nur dem Auswerter überlassen, eine gutachtliche Schätzung als Ersatz für einen fehlerhaften Wert anzusetzen. In einigen wenigen Fällen mag dies vertretbar sein, wenn das Gesamtergebnis nicht oder nur marginal beeinflusst wird.

Die Korrektur von einzelnen Höhenmessungen ist bei Zeitreihen von mehreren Höhenmessungen eines Baumes in manchen Fällen möglich. Es besteht aber auch die Möglichkeit fehlerhafte Messungen von der Auswertung auszuschließen. Bei einer geringen Anzahl von Höhenmessungen in einem Aufnahmejahr kann es jedoch vorkommen, dass die Ausgleichsfunktionen zur Konstruktion einer Durchmesser-Höhenkurve eines Bestandes von Aufnahmejahr zu Aufnahmejahr nicht mehr plausibel vergleichbar sind und die Zuwächse vollkommen falsch dargestellt werden. In diesem Fall wurde das Verfahren der Altershöhenkurve (AHK) herangezogen. Die Regressionskoeffizienten der einzelnen DHKs werden regressionsanalytisch über dem Alter ausgeglichen, wodurch Kreuzungen von DHK-Kurven besonders in den BHD-Randbereichen vermieden werden. Außerdem können Höhenschätzwerte in Aufnahmejahren ohne Höhenmessungen berechnet werden.

Einige Probleme, die eine sinnvolle Berechnung von Durchmesserhöhenkurven in einigen Aufnahmejahren erschwerten oder überhaupt verhinderten:

- nur einige wenige Höhenmessungen
- Höhenmessungen nur über kleinem BHD-Bereich (etwa aus Mittelstammbereich)
- Längenmessungen nur an den Aushiebsbäumen
- Überhaupt keine Höhenmessungen in einem Aufnahmejahr

8.2 Stammanalysen

Die Stammanalyse ermöglicht die retrospektive Erfassung des Baumwachstums über das gesamte Baumleben. Diese Analyse ermöglicht zwar exakte Informationen über Radial- und Höhenzuwachs des Einzelbaumes, für Rückschlüsse auf die gesamte Bestandesentwicklung sind aber verschiedene Anforderungen notwendig. Schwierigkeiten können sich ergeben, wenn die erforderliche Repräsentativität der Analysenbäume für den Gesamtbestand nicht gegeben ist. Ein kritischer Punkt bei Untersuchungen anhand von Stammanalysen mit unterschiedlichem Keimzeitpunkt ist die Bei-

behaltung gleicher sozialer Stellung eines Analysebaumes über den gesamten Analysezeitraum. Dies kann bei Bäumen aus der zumindest herrschenden Bestandesschicht angenommen werden. Änderungen in der sozialen Stellung bewirken in der Regel meist auch Wachstumsänderungen. Daher ist die Auswahl von Analysebäumen für Rückschlüsse auf das gesamte Bestandeswachstum von entscheidender Bedeutung. Auch im Falle dieser Untersuchung beim Vergleich von Stammanalysen aus dem Vor- und Folgebestand kommt der Stellung der Analysebäume im Bestand eine wichtige Bedeutung zu. Die Bewertung der Analysebäume aus den Vorbeständen hat ergeben, dass einerseits eine große Anzahl von Analysen gibt, andererseits aber über die Auswahlkriterien der Bäume keine Informationen vorliegen. Es ist aber anzunehmen, dass nicht gezielt Bäume aus der herrschenden und vorherrschenden Schicht für Stammanalysen gefällt wurden, sondern einige Bäume im Zuge von Nutzungen aus dem Gesamtaushieb für Analysen verwendet wurden. Dafür spricht, dass sich die Verteilung der Analysen in einigen Fällen über den gesamten BHD-Bereich des Bestandes erstreckt, wobei aber auch ein wichtiger Anteil aus dem Bereich der Oberhöhenbäume stammt. Bei der Auswahl der Analysebäume aus den Folgebeständen wurde darauf geachtet, dass neben einer entsprechenden Verteilung im Bestand in erster Linie der stärkere BHD-Bereich des Bestandes abgedeckt wird, um ein eventuelles Umsetzen der Bäume und dadurch verursachte Wuchsveränderungen auszuschließen.

8.3 Wuchsleistungsveränderungen Vor- gegenüber Folgebestände

Grundsätzlich muss vorweg angemerkt werden, dass die Dauerversuche der Vorbestände durchwegs erst bei hohem Bestandesalter eingerichtet worden sind, und nicht sämtliche Informationen über eventuelle Vornutzungen vorlagen, wodurch Unterschätzungen der Gesamtwuchsleistung möglich sind. Es wurde jedoch darauf Bedacht genommen, dass für einen Vergleich jene Parzellen herangezogen wurden, die bei Versuchseinrichtung unbehandelt oder verhältnismäßig am geringsten beeinflusst waren, also die größte Bestockungsdichte im Vergleich aufwiesen.

Optimale Voraussetzungen für einen Wachstumsvergleich wie altersmäßige Überschneidungen beider Bestandessgenerationen, einheitliche Genetik, gleiche Behandlung und gleicher Bestandaufbau sind nur in sehr wenigen Fällen gegeben. Bei fehlender Altersüberschneidung müsste man Extrapolationen von Wachstumsabläufen durchführen, die jedoch mit großen Unsicherheiten behaftet sind.

Ein direkter Wuchsvergleich anhand der Messungen im alten Dauerversuchsbestand sowie im Folgebestand konnte nur in einem Fall des Versuches in Langbathsee durchgeführt werden. Nur bei diesem Versuch war eine altersmäßige Überschneidung gegeben. Weiters war die Bestandesstruktur des Folgebestandes mit dem Vorbestand vergleichbar. Bei allen anderen Versuchen waren die Vorbestände bei Einrichtung der Versuche bereits älter als die Folgebestände. In diesen Fällen wurden die Entwicklungen der Oberhöhen sowie der Gesamtwuchsleistung grafisch dargestellt und extrapoliert mit den Wuchsleistungen der Folgebestände verglichen. Bei dieser durch Extrapolation geschätzten Entwicklung konnten mit Ausnahme des Versuches Hallein bei den Versuchen Thiersee, Ödensee und St. Martin in den Folgebeständen dieser Versuche deutlich bessere Wuchsleistungen erkannt werden. Beim Versuch Hallein konnten keine Wuchsleistungsunterschiede festgestellt werden. Beim einzigen direkten Wuchsvergleich bei gleichem Bestandesalter in Langbathsee waren die Mehrzuwächse des Folgebestandes größenmäßig genauer definierbar. Es hat sich gezeigt, dass bei einem Bestandesalter von 52 Jahren die Oberhöhe um ungefähr 3 Meter höher ist als im Vorbestand, dies entspricht einem Oberhöhenmehrzuwachs bis zu diesem Alter von 52 Jahren von ungefähr 12%.

Eine wesentlich größere Differenz ergab der Vergleich der Gesamtwuchsleistung, bezogen auf gleiches Bestandesalter beträgt der Mehrzuwachs um 140 Vfm/ha, das sind etwa 23% Mehrzuwachs im Folgebestand aufgrund der Bestandesmessungen.

Zur Beschreibung der Bestandesdichte wird neben dem Schlussgrad vor allem auch der Bestockungsgrad als Quotient zwischen tatsächlicher und „normaler“, wie er in den Ertragstafeln berechnet wurde, verwendet. Dieser modellierte Bestockungsgrad der Ertragstafeln hängt vom Alter und der Bonität ab. Es ist aber wichtig, dass die für ein Gebiet als zutreffend erachtet wird, als Vergleichsgrundlage verwendet wird. Ein Problem ergibt sich jedoch dahingehend, dass in den Ertragstafeln eine gewisse Behandlung unterstellt ist, die keineswegs standortstypisch sein muss (Sterba, 1981). Assmann (1964) hatte bei seinen modernen Ertragstafeln ein zuwachsoptimales Behandlungsprogramm unterstellt (Assmann und Franz, 1963). Er war auch Impulsgeber für einige andere nach diesen Grundsätzen erstellte Ertragstafeln zum Beispiel von Franz für Bayern (1971), Schmidt für die Oberpfalz (1971) oder Marschall (1975) und Marschall und Sterba (1975) für Österreich, wobei bei diesen Tafeln die Bestandesgrundflächenhaltung in Abhängigkeit des Standortes verläuft.

Eine Bonitierung der Bestände mittels Ertragstafel Fichte Bayern (Marschall, 1975) anhand der bei den Bestandesmessungen berechneten Oberhöhen hat bei den Versuchen Thiersee, Ödensee, Langbathsee und St. Martin in den Folgebeständen deutlich höhere Ertragsklassen als in den Vorbeständen ergeben. In Hallein sind die Ertragsklassen im Vor- und Folgebestand ähnlich hoch. Positive Abweichungen von den Modellen der Ertragstafeln konnten auch bei Untersuchungen am BFW von Neumann (1993), Rössler (2010) und Kristöfel&Rössler (2010) festgestellt werden. Ein Beispiel dafür zeigen auch Daten der Österreichischen Forstinventur 1971-1980, die in höheren Altersklassen einen mehr als 3fachen Zuwachs wie in der Ertragstafel angegeben ergaben. Deutliche Abweichungen des Wachstums von den Ertragstafeln konnten unter anderen auch Pretzsch&Utschig (2000), Utschig et al. (2006), Unthelm (1996), Röhle (1995), Schieler&Sterba (1994), Sterba et al. (1994), Kenk (1988) und Keller (1992) feststellen. Als mit ein Grund wird auch angegeben, dass der durchschnittliche Gesamtzuwachs der Bestände wesentlich später kulminiert, als bisher unterstellt wurde.

Der Vergleich der Höhen- und Durchmesserentwicklung anhand von Stammanalysen zeigte ähnliche Ergebnisse wie bei den Bestandesmessungen. Die Kollektive aus den Vorbeständen umfassten mit Ausnahme in Thiersee (nur 1 Fichte) mindestens 10 Fichten. Der Höhenzuwachs in den Folgebeständen verläuft in Thiersee, Ödensee, Langbathsee und St. Martin wesentlich steiler als in den Vorbeständen, der Zuwachs ist also deutlich höher. Es werden Mehrzuwächse über 40% erreicht. In Hallein entspricht auch bei dieser Untersuchung die Höhenentwicklung der Bäume aus dem Folgebestand etwa denen aus dem Vorbestand.

Wenn nun die Änderung des Höhenwachstums als Indikator für eine Änderung der Standortproduktivität herangezogen wird (Abetz, 1988, Gerecke, 1988, Kenk et al. 1991, Eichkorn 1992, Sterba 1993, Kahn 1994, Spelsberg 1994, Schöpfer et al. 1994, Skovsgaard and Henriksen 1996) kann man aufgrund der Ergebnisse darauf schließen, dass sich die Leistungsfähigkeit des Standortes in den Folgebeständen positiv verändert hat. Setzt man nun die GWLv als Indikator für die Produktivität an, kommt man zu ähnlichen Ergebnissen.

Weiters interessiert natürlich die Frage nach einer zeitlichen Veränderung des Ertragsniveaus. Das Ertragsniveau beschreibt Assmann (1959) als einen Faktorenkomplex, der dazu führt, dass Bestände gleicher Oberhöhe bzw. gleicher Oberhöhenbonität bei gleichem Alter unterschiedliche Gesamtwuchsleistungen aufweisen können. Das Ertragsniveau ist durch die Gesamtwuchsleistung, die bei einer bestimmten Höhe erreicht wird, definiert (Assmann, 1959, 1961). Zu beachten ist jedoch, dass ein GWL-Vergleich nur bei gleicher Behandlung bzw. gleicher Basisbestockungsdichte

sinnvoll ist (Schmidt, 1972, Sterba, 1981, 1985). Obwohl diese idealen Voraussetzungen bei dieser Untersuchung nicht gegeben sind, war das Ergebnis dennoch interessant. Es hat sich gezeigt, dass zwischen den Versuchen die Ertragsniveaus ähnlich hoch sind. Dies trifft auch beim Vergleich der Vor- und Folgebestände zu. Die Gesamtwuchsleistungen über der Oberhöhe liegen durchwegs auf einer Linie gleicher Höhe, von Ertragsniveauänderungen kann also nicht ausgegangen werden.

Ein weiteres Maß für die Bestandesdichte ist der Stand Density Index (Reinecke 1933). Sterba (1981) hat anhand der Fichtenertragstafeln von Marschall (1975) den maximalen SDI für Fichte in den vier Ertragstafelgebieten Hochgebirge, Bayern, Bruck/Mur und Weitra ermittelt und den Geltungsbereich des Ertragsniveaus untersucht. Es hat sich gezeigt, dass nur in dem Vorbestand in Langbathsee dieser maximale SDI erreicht wird, in Hallein liegt er höher, in allen anderen Vorbeständen deutlich niedriger. In den Folgebeständen entspricht der SDI in Ödensee und Langbathsee etwa dem von Sterba berechneten Maximalwert, bei allen anderen Folgebeständen liegt er niedriger. Der Vergleich zwischen Vor- und Folgebestand zeigt auch in diesem Fall Unterschiede in der Bestandesdichte, die teilweise auch durch die Vornutzungen vor Versuchsbeginn in den Vorbeständen beeinflusst werden. Nur in Langbathsee ist die Ausgangssituation der Bestandesdichte vergleichbar.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass sich das Wachstum mit Ausnahme in Hallein in den Folgebeständen der weiteren 4 untersuchten Bestände gegenüber den Vorbeständen gesteigert hat. Ähnliche Zuwachssteigerungen konnten auch Keller (1992) in der Schweiz, Röhle (1995), Pretzsch&Utschig (2000) in Bayern, Kenk (1988) und Lenk (2002) in Baden-Württemberg nachweisen. Nicht unerwähnt sollte auch die europaweit von 43 Wissenschaftlern aus 12 europäischen Ländern im Rahmen eines EFI Projektes durchgeführte Zuwachsuntersuchung bleiben. Die von Spiecker et al. (1996) veröffentlichten Ergebnisse haben sowohl in Mittel- als auch in Südeuropa und in den Südeilen Nordeuropas durchwegs ansteigende Zuwächse gezeigt. Deutliche Steigerungen der Höhenzuwächse bei jüngeren gegenüber älteren Fichten auf gleichem Standort konnten auch im Rahmen des EU Projektes „Recognition“ anhand von Stammanalysen auf Level II Flächen von ICP Forests nachgewiesen werden. Diese Steigerungen betragen in der Periode 1960-2000 bei Fichte über 20%.

8.4 Diskussion möglicher Ursachen

Bei der Beurteilung möglicher Ursachen für eine Steigerung des Wachstums muss zwischen Wachstumsänderung und Änderung der Standortsproduktivität unterschieden werden (Unthelm, 1996). So können viele verschiedene Faktoren wie waldbauliche Behandlung oder endogene Veränderungen Wachstumsveränderungen bewirken. Eine Ursachenanalyse ist aufgrund der Vielzahl möglicher Einflüsse schwierig, ja fast unmöglich. Als Hauptfaktoren werden Klimaveränderungen, CO₂-Gehalte und Stickstoffeinträge diskutiert. Auch können geänderte waldbauliche Behandlungen oder andere endogene Einflüsse eine Änderung des Wachstums verursachen, die jedoch nicht als Änderung der Standortproduktivität interpretiert werden können.

Inwieweit klimatische Veränderungen für Wachstumsveränderungen bei Fichte verantwortlich sind, wurde bereits mehrfach untersucht (z.B. Cook and Kairiukstis 1990, Fritts 1976, Spieker 1987, Kahle 1994). Moosmayer und Ripberger (1990) sind der Meinung, dass sich das Klima in den letzten 100 Jahren nicht so deutlich verändert hat, dass sich die Wachstumsbedingungen für Fichte grundlegend geändert haben. Becker (1989) und Becker et al. (1994) haben den Einfluss von Temperatur und Niederschlag untersucht, wobei aber dieser Einfluss in den Modellen den Anstieg der Jahrringbreiten nicht erklären kann. Sie weisen darauf hin, dass auch eine zunehmende Stickstoffdeposition plausible Faktoren darstellen könnten.

Von Eidmann (1961) wurde an Hand von Klimadaten der Station Münster untersucht, wie sich das Klima in der Periode 1887 bis 1959 verändert hat. Er konnte einen Temperaturanstieg, der eine Verlängerung der Vegetationszeit um 14 Tage bewirkte, sowie einen Anstieg der Niederschläge während der Vegetationszeit feststellen. Er kommt zu Schluss, dass die Folgewirkungen wie Erhöhung der Stoffwechsellätigkeit der Bäume, größere Aktivität der Mikroorganismen im Boden oder bessere Streuzersetzung zu einer Steigerung des Zuwachses und einer Anhebung der Ertragsleistung führen.

Neumann&Schadauer (1995) haben anhand von Bohrkernen der Österreichischen Forstinventur der Erhebungen 1977 und 1986-1990 das Radialzuwachsverhalten der Fichte analysiert. Es konnte eine stetige Zunahme des Zuwachses in jüngeren Wuchsstadien seit mehr als 100 Jahren nachgewiesen werden. Es wurde festgestellt, dass durch lange wirksame Umweltveränderungen wie Temperaturanstieg oder ein Anstieg von CO₂ in der Luft die nachgewiesenen Zuwachssteigerungen besser erklärbar sind als durch kürzer wirksame Einflüsse wie geänderte Bestandesbehandlung, Verbesserung der Genetik oder etwa Einstellung der Streunutzung. Vermehrte Stickstoffeinträge als Ursache für die Zuwachssteigerungen konnten nicht bestätigt werden, weil eine Erhöhung der Stickstoffeinträge erst wesentlich später einsetzte als die Steigerung des Zuwachses.

Sterba (1993) fand bei einer Untersuchung zur Modellierung von Höhenbonitätsänderungen von Fichte mit Witterungsparametern geringe signifikante Einflüsse.

Änderungen der Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse führen auch zu Änderungen des Bodenwasserhaushaltes. Nachdem dies ein wichtiger Standortfaktor für das Baumwachstum ist, kann eine Änderung auch durchaus zu einer Veränderung der Wuchsleistung führen.

Ein Einfluss historischer Nutzungsformen wie Streunutzung und Waldweide durch Nährstoffentzug auf die Standortqualität wurde von Rehfuess (1990) nachgewiesen. Wachstumsuntersuchungen nach Streunutzungen wurden bei Kiefer von Schmidt (1969, 1971), Höhne (1970), Kern (1958) und Künstle (1962) durchgeführt. Es wurden deutliche Einflüsse durch Streunutzungen festgestellt. Andererseits konnte Hausser (1964) keine negativen Auswirkungen eines Waldfeldbaus in Fichten-Folgegenerationen feststellen. Auch Kenk et al. (1991) konnte bei einer Untersuchung in Folgegenerationen der Fichte keine Unterschiede in der Zunahme des Höhenzuwachses zwischen Beständen mit und Beständen ohne Einfluss durch Waldweide nachweisen. Nachdem im Rahmen dieser Arbeit diesbezügliche Informationen über Streunutzung oder auch Waldweide in den untersuchten Vorbeständen von den zuständigen Waldeigentümern nicht zu bekommen waren, können in diese Richtung auch keine Rückschlüsse gezogen werden. Einzig in St. Martin gibt es eine Aufzeichnung, in der allgemein großer Wilddruck und Waldweide in der Jugend des Vorbestandes vermerkt ist.

Eine erhöhte Stickstoffdeposition wird vielfach als Ursache für Änderungen der Standortproduktivität genannt, weil Stickstoff bei vielen Waldstandorten als limitierender Faktor für das Wachstum gilt (Hüttl and Jochheim 1996, Kenk und Fischer 1988, Hüttl 1991, Kreutzer 1992, Mohr 1994, Spiecker, 1987, Zöttl 1995).

Dies konnte aber durch die Ergebnisse der Nadelanalysen aus den Folgebeständen im Rahmen dieser Untersuchung nicht bestätigt werden. Auf allen Probeflächen wurde eine nicht ausreichende Stickstoffversorgung in den Nadeln festgestellt. Es ist aber auch nicht mehr feststellbar, ob nicht früher die Stickstoffversorgung noch schlechter war als jetzt. Darüber hinaus könnten gerade auch die Mehrzuwächse zu Verdünnungseffekten geführt haben. Außerdem ist die Auswirkung einer Stickstoffdeposition schwer abschätzbar, weil sie als Wachstumsfaktor nicht isoliert betrachtet werden kann, sondern in Zusammenhang mit anderen Nährelementen aber auch historischen Einflüssen gesehen werden muss.

Ein Einfluss von Bestandesbegründung und -behandlung auf das Wachstum ist möglich. Fichtenbestände wurden vor 1900 noch vielfach durch Saat begründet, wie dies auch bei dieser Untersuchung

bei den Versuchen Ödensee und Langbathsee der Fall war. Auch haben sich die Durchforstungsverfahren im Laufe der Zeit deutlich verändert. Ausgehend von einer fehlenden Jungbestandspflege ohne Durchforstung mit sehr hohen Stammzahlen in der Jugendphase fand ein Wandel über Niederdurchforstung zu Hoch- und Auslesedurchforstung statt. Das größere Durchmesserwachstum der Bäume in den Folgebeständen kann in einigen Fällen also durchaus auch auf den größeren Standraum der Bäume in der Jugendphase entweder durch geringere Ausgangsstammzahlen oder Stammzahlreduktionen und dadurch bessere Kronenausbildung zurückgeführt werden, die das Wachstum auch über die Jugendphase hinaus positiv beeinflussen kann. Auch Assmann (1964) führt Wachstumsunterschiede darauf zurück, dass sich die Verfahren der Bestandesbegründung und auch der Behandlung von Beständen im Laufe der Zeit geändert haben. Sterba (1996) nimmt hingegen nicht an, dass eine kontinuierliche Zunahme der Durchforstungsintensität ausschließlich für die Radialzuwachssteigerungen verantwortlich sein kann.

Ein Einfluss endogener Faktoren wie Genetik, Alterungsprozess und soziale Differenzierung können mögliche Ursachen für eine Änderung der Standortproduktivität sein. Vor allem genetische Unterschiede zwischen älteren und jüngeren Bäumen könnten eine Ursache für Wachstumsunterschiede sein. Bei den in dieser Untersuchung analysierten Bäumen lagen keine Informationen über die Herkunft des Pflanzmaterials vor, sodass diesbezüglich auch keine Vermutungen angestellt werden können.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass Unterschiede des Höhenwachstums und der Gesamtwachstumsleistung zwischen Vor- und Folgebestand vorliegen. Einflüsse der Bestandesbehandlung und Bestandesbegründung sind möglich, können jedoch nicht ausschließlich für die Veränderungen verantwortlich sein. Die trifft ebenfalls auch auf einen Einfluss unterschiedlicher Genetik zu. Es ist anzunehmen dass es zu einem Zusammenwirken verschiedenster Faktoren kommt, die Zuwachssteigerungen in Folgegenerationen bewirken. Auch klimatische Veränderungen durch eine mögliche Verlängerung der Vegetationsdauer oder eine andere Verteilung der Niederschläge während eines Jahres, vor allem während der Vegetationszeit können ebenso das Wachstumsverhalten der Bäume beeinflussen.

Die Ursachen einer Änderung der Standortproduktivität sind bei dieser Untersuchung im Einzelnen nicht nachweisbar, sodass auch eine weitere Entwicklung nicht vorausgesagt werden kann. Wie sich die bisher festgestellten Wachstumssteigerungen in den Folgebeständen weiterhin entwickeln werden, kann daher auch nicht prognostiziert werden.

9. Zusammenfassung

In den letzten Jahrzehnten wurde wiederholt durch die Forstwissenschaft aber auch durch die forstliche Praxis über eine Steigerung des Wachstums der Waldbäume berichtet.

Ziel dieser Untersuchung war der Nachweis von Wachstumssteigerungen in Folgebeständen alter ertragskundlicher Dauerversuche der österreichischen forstlichen Forschungsanstalt (heute Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft). Ziel war nicht ein großräumig gültiges Ergebnis zu bekommen, sondern eine klar abgegrenzte Studie des Wachstums der Baumart Fichte anhand von einigen Fallbeispielen durchzuführen. Durch einen Wachstumsvergleich aufeinanderfolgender Bestandesgenerationen sollte untersucht werden, ob und wieweit sich das Wachstum in der Folgegeneration vom Wachstum des Vorbestandes unterscheidet. Dazu wurden fünf Beispiele alter Dauerversuche im steirischen und oberösterreichischen Salzkammer-

gut, in Salzburg und Tirol ausgewählt. Aus den Vorbeständen lagen Ergebnisse von periodischen Bestandesmessungen etwa ab 1890 sowie Berechnungsergebnisse von Stammanalysen vor. Kritisch anzumerken ist, dass die Versuchseinrichtung überwiegend erst bei hohem Bestandesalter erfolgte und dadurch bei der Beurteilung der Vornutzungen bis zur Einrichtung der Versuche teilweise mehr oder weniger große Unsicherheiten bestanden. Im Bereich der ehemaligen Dauerversuchsflächen wurde in den aktuellen Folgebeständen eine fix definierte Fläche eingerichtet und von jedem Baum auf dieser Fläche Messdaten erhoben. Weiter wurden zur Feststellung von eventuellen Vornutzungen auf diesen Flächen auch sämtliche Stöcke hinsichtlich Durchmesser und Alter erhoben. Zusätzlich wurden im Folgebestand noch Bäume aus der herrschenden und vorherrschenden Schicht zur Durchführung von Stammanalysen gefällt. An 10 Bäumen je Probefläche wurden außerdem noch Nadelproben zur Analysierung der Nährelementversorgung der Bäume entnommen.

Die Untersuchung der Wachstumsänderungen erfolgte in erster Linie anhand der zuwachskundlichen Parameter Höhe, Brusthöhendurchmesser und Gesamtwuchsleistung aufgrund der Bestandesmessungen in den ehemaligen Versuchsbeständen sowie in den derzeit stockenden Folgebeständen. Ein weiterer Wachstumsvergleich wurde mittels Stammanalysen durchgeführt, wobei die Höhenentwicklung und die Entwicklung des Brusthöhendurchmessers sowie die Stammform verglichen wurden.

Die Ergebnisse der Bestandesmessungen haben ergeben, dass das Wachstum in den Folgebeständen in 4 Fällen deutlich höher als in den ehemaligen Versuchsbeständen ist. Bei Vergleichen mit der Ertragstafel konnte gezeigt werden, dass es durch die größeren Oberhöhen auch zu einer Erhöhung der Ertragsklassen in den Folgebeständen kommt. Diese Wachstumssteigerungen in den Folgebeständen wurden auch bei den Vergleichen der Stammanalysen bestätigt. Außerdem konnte anhand der Stammanalysen gezeigt werden, dass sich die Stammform nicht verändert hat.

Die Beziehung zwischen Höhe und Volumenleistung ist weitgehend konstant geblieben, das allgemeine Ertragsniveau hat sich also nicht verändert. Daher können aufgrund der Änderungen des Höhenwachstums auch Schlussfolgerungen auf eine Änderung der Gesamtwuchsleistung gezogen werden. Erhöhte Stickstoffeinträge als eine von möglichen Ursachen für eine Wachstumssteigerung haben sich durch Nadelanalysen nicht bestätigt. Auch konnten keine anderen Ursachen wegen des Fehlens von diesbezüglichen Informationen für eine Steigerung des Wachstums festgestellt werden.

Gesamt gesehen kann festgestellt werden, dass sich die Wuchsleistung in den Folgebeständen gegenüber den Vorbeständen erhöht hat. Eine Erforschung der Ursachen für diese Wachstumssteigerungen wird künftig noch eine wichtige Aufgabe der forstlichen Forschung sein.

10. Literatur

- ABETZ, P. (1988): *Untersuchungen zum Wachstum von Buchen auf der Schwäbischen Alb*. AFJZ 159 (11/12), S. 215 bis 223
- ANDO, T. (1968): *Ecological studies on the stand density control in even-aged pure stand*. Bull. Gov. For. Exp. Station Nr. 210
- ASSMANN, E. (1959): *Höhenbonität und wirkliche Ertragsleistung*. Forstw. Cbl., 78. Jg., S. 1-20
- ASSMANN, E. (1961): *Waldertragskunde*. BLV Verlag München, Bonn, Wien, 490 S.
- ASSMANN, E. und FRANZ, F. (1963): *Vorläufige Fichtenertragstafeln für Bayern*. Institut für Ertragskunde der forstlichen Forschungsanstalt München
- BECKER, M. (1989): *The role of climate on present and past vitality of silver fir forests in the Vosges mountains of northeastern France*. Canadian Journal of Forest Research 19, S 1110-1117
- BECKER, M.; NIEMINEN, T.M. and GEREMIA, F. (1994): *Short-term variations and long-term changes in oak productivity in northeastern France. The role of climate and CO₂*. Annales de Science forestieres 51 (5), S. 477-492
- BERGEL, D. (1971): *Die Herleitung neuer Massentafeln für die Douglasie in Nordwestdeutschland*. AFJZ 142, Jg. 10, S. 247-256
- BERGEL, D. (1973): *Formzahluntersuchungen an Buche, Fichte, europäischer Lärche und japanischer Lärche zur Aufstellung neuer Massentafeln*. AFJZ 144, Jg. 5-6, S. 117-124
- COOK, E. R. and KAIRIUKSTIS L.A. (1990): *Methods of Dendrochronology: Applications in the Environmental Sciences*. 1. Aufl. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 394 S.
- EICHKORN, T. (1992): *Höhenanalysen an herrschenden Fichten aus Südwestdeutschland*. Dissertation an der Universität Freiburg
- EIDMANN, F. (1961): *Langperiodische Klimaänderung und ihr Einfluß auf ertragskundliche Tatbestände*. AFJZ 132, Jg. 6, S. 137-143
- FRANZ, F. (1971): *Grundlagen und Verfahren standortsbezogener Leistungsschätzung*. Forschungsbericht der Forstlichen Forschungsanstalt München (2)
- FRITTS, H. C. (1976): *Tree Rings and Climate*. London, New York, San Francisco: Academic Press. 567 S.
- GANGHOFER, v., A. (1877): *Das forstliche Versuchswesen*. München, im Selbstverlag des Herausgebers, B.1., H.1., 176 S.

- GANGHOFER, v., A. (1881): *Das forstliche Versuchswesen*. Band I, Augsburg 1881, 505 S.
- GERECKE, E. (1988): *Zum Wachstumsgang von Buchen in der Nordpfalz*. Mitteilung aus der FVA Rheinland-Pfalz 88/8, 126 S.
- HAUSSER, K. (1964): "Wachstumsgang und Ertragsleistung der Fichte auf den vorherrschenden Standorten einiger Wuchsbezirke der Altmoränen- und Schotterlandschaft des Württembergischen Oberschwabens". In: Arbeitsgemeinschaft „Oberschwäbische Fichtenreviere“: *Standort, Wald und Waldwirtschaft in Oberschwaben*, Stuttgart, S. 149-177
- HEMPEL, G. (1881): *Eine nothwendige Reform auf dem Gebiete der Zuwachsuntersuchung*. Mitteilungen aus dem Forstlichen versuchswesen Österreichs, II. Band - III. Heft, Verlag Carl Gerold's Sohn, Wien, S. 257 bis 274
- HÖHNE, H. (1970): *Streuutzungsschäden, ihre Entstehung und Verbreitung sowie Möglichkeiten der Behebung*. Wissenschaftliche Zeitschrift der TU Dresden 19, S.1047-1054
- HÜTTL, R. F. (1991): *Die Nährelementversorgung geschädigter Wälder in Europa und Nordamerika*. Freiburger Bodenkundliche Abhandlungen 28, 440 S.
- HÜTTL, R. F. and JOCHHEIM, H. (1996): "Soil and site changes in forests under stress". In KORPILAHTI, E.; MIKKELÄ, H. and SALONEN, T.: *Caring for the forest: Research in a changing world*. Congress Report, Volume II. IUFRO World Congress 6-12 August 1995 in Tampere Finland, S. 313-328
- JOHANN, K. (1968): *Größe und Verteilung des Zuwachses von Verjüngungsbeständen der Fichte*. Dissertation an der Ludwig Maximilians-Universität München
- JOHANN, K. (1993): *Arbeitsbericht der Arbeitsgruppe „Auswertung von Dauerversuchen“*. Tagungsberichte der Sektion Ertragskunde des Deutschen Verbandes Forstlicher Forschungsanstalten in Untereichenbach-Kapfenhardt, S. 96 bis 104
- KAHLE, H.-P. (1994): *Modellierung der Zusammenhänge zwischen der Variation von klimatischen Elementen des Wasserhaushaltes und dem Radialzuwachs von Fichten (Picea abies (L.) Karst) aus Hochlagen des Südschwarzwaldes - Eine standortbezogene dendroökologische Untersuchung unter besonderer Berücksichtigung von Trockenstreß*. Dissertaion an der Uni Freiburg, 184 S.
- KAHN, M. (1994): *Modellierung der Höhenentwicklung ausgewählter Baumarten in Abhängigkeit vom Standort*. Forstliche Forschungsberichte München 141, 204 S.
- KELLER, W. (1992): *Bonität in Fichten-Folgebeständen ehemaliger Fichten-Versuchsflächen der WSL*. Jahresbericht der Sektion Ertragskunde des Deutschen Verbandes Forstlicher Forschungsanstalten in Grillenburg, S. 123-129

- KENK, G. and FISCHER, H. (1988): *Evidence from nitrogen fertilisation in the forests of Germany*. Environmental Pollution 54, S. 199-218
- KENK, G. (1988): *Zum Wachstum aufeinanderfolgender Fichtenbestände*. Jahrestagung der Sektion Ertragskunde des Deutschen Verbandes Forstlicher Forschungsanstalten in Alsfeld
- KENK, G., SPIECKER, H. und DIENER, G. (1991): *Referenzdaten zum Waldwachstum*. Forschungsbericht KfK-PEF 82 Karlsruhe, 59 S.
- KERN, G. (1958): *Untersuchungen über den Wachstumsgang der Kiefer im Buntsandsteingebiet des Pfälzer Waldes*. AFJZ 129, S. 69-89
- KIRA, T.; OGAWA, H. and SAKAZAKI, N. (1953): *Intraspecific competition among higher plants. Competition-yield-density interrelationship in regulary dispersed poulations*. Osaka City Univerity, J. Inst. Polytechn. 4(1)D: 1-16
- KREUTZER, K. (1992): "Forest response to a changing environment - central and northern European aspects". In: TELLER, A.; MATHY, P. and JEFFERS, J. N. R.: *Responses of forest ecosystems to environmental changes*. Proceedings of the first European Symposium of Terrestrial Ecosystems and Woodland. Florence, Italy, 20-24 May 1991. London, New York: Elsevier Applied Science, S. 279-297
- KRISTÖFEL, F. & RÖSSLER, G. (2010): *Darstellung und Analyse der ertragskundlichen Bestandeskennwerte*. Beitrag in Abschlussbericht des Fichten-Pflanzweiteversuchs am Hauersteig. (Hrsg. Neumann). BFW Berichte 143/2010, S. 37-47
- KÜNSTLE, E. (1962): *Das Höhenwachstum von Fichte, Tanne und Kiefer in Mischbeständen des östlichen Schwarzwaldes*. AFJZ 133, S. 67-79, 89-101
- LENK, E. (2002): *Zum Wachstum aufeinanderfolgender Fichtenbestände*. FVA-Einblick 2/2002
- MARSCHALL, J. und STERBA, H. (1975): *Die Erstellung der neuen Kieferntragsstafel Litschau*. Allgemeine Forstzeitung 86 (11)
- MARSCHALL, J. (1975): *Hilfstafeln für Forsteinrichtung*. Österreichischer Agrarverlag, Wien
- MOHR, H. (1994): *Stickstoffeintrag als Ursache neuartiger Waldschäden*. Spektrum der Wissenschaft Jänner 1994, S. 48-53
- MONSERUD, R.; LEDERMANN, T. and STERBA, H. (2004): *Are Self-Thinning Constraints Needed in a Tree-Specific Mortality Model?* Forest Science 50(6), 2004
- MOOSMAYER, H.-U. und RIPBERGER, M. (1990): *Überprüfung waldwachstumskundlicher Auswertungen von Standortgliederungen anhand neuerer Versuchsflächendaten*. Mitt. des Vereins für Forst. Standortkunde 35, S. 9-14

- NEUMANN, M. (1993): *Zuwachsuntersuchungen an Fichte in verschiedenen Seehöhenstufen im österreichischen Zentralalpenbereich*. Cbl.f.d.FW., 110, S. 221-274
- NEUMANN, M. und SCHADAUER, K. (1995): *Die Entwicklung des Zuwachses in Österreich an Hand von Bohrkernanalysen*. AFJZ 166, Jg. 12, S. 230-234
- NEUMANN, M. (1999): *Die Bedeutung der Baumhöhe im Wandel der Waldwachstumsforschung*. Cbl.f.d.FW., Jg. 116, Heft ½, S. 3-16
- POLLANSCHÜTZ, J. (1974): *Formzahlfunktionen der Hauptbaumarten Österreichs*. Allgemeine Forstzeitung, 85. Jg., Folge 12, S. 341 bis 343
- PRETZSCH, H. (2002): *Grundlagen der Waldwachstumsforschung*. Parey Buchverlag im Blackwell Verlag Berlin
- PRETZSCH, H. und UTSCHIG, H. (2000): *Wachstumstrends der Fichte in Bayern*. Mitteilungen der Bayerischen Staatsforstverwaltung, Heft 49, 170. S
- PRODAN, M. (1965): *Holzmesslehre*. J.D. Sauerländer's Verlag Frankfurt am Main
- REHFUESS, K. E. (1990): *Waldböden - Entwicklung, Eigenschaften und Nutzung*. 2. Aufl. Hamburg, Berlin: Paul Parey Verlag, 294 S.
- REINECKE, L. H. (1933): *Perfecting a Stand Density Index for Even Aged Forests*. J. Agric. Res. 46, S. 627-638
- RÖHLE, H. (1995): *Zum Wachstum der Fichte auf Hochleistungsstandorten in Südbayern*. Mitteilungen aus der Staatsforstverwaltung Bayern, Heft 48, 272 S.
- RÖHLE, H. (1997): *Änderung von Bonität und Ertragsniveau in südbayrischen Fichtenbeständen*. AFJZ, 168. Jg., H 6/7, S. 110 bis 114
- RÖSSLER, G. (2010): *Ergebnisse der Stammanalysen. Beitrag in Abschlussbericht des Fichten-Pflanzweitereversuchs am Hauersteig*. (Hrsg. Neumann). BFW Berichte 143/2010, S. 109-119
- SCHIELER, K. (1988): *Methodische Fragen in Zusammenhang mit der Österreichischen Forstinventur*. Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur
- SCHIELER, K. und STERBA, H. (1994): *Zuwachsteigerung - Reaktion auf Änderung der Standortproduktivität?* Österreichische Forstzeitung 105 (11): S. 17 bis 18
- SCHMIDT, A. (1969): *Der Verlauf des Höhenwachstums von Kiefern auf einigen Standorten der Oberpfalz*. Forstwissenschaftliches Centralblatt 88, S. 33-40
- SCHMIDT, A. (1971): *Wachstum und Ertrag der Kiefer auf wirtschaftlich wichtigen Standortseinheiten*

- der Oberpfalz*. Forschungsbericht der Forstlichen Forschungsanstalt München (1)
- SCHMIED, H. (1932): *Aufnahme, Berechnung der Ergebnisse und Führung der Aufzeichnungen von Dauerversuchsflächen*. Mitteilungen aus dem Forstlichen Versuchswesen Österreichs, Heft 42, Verlag Julius Springer Wien, 27 S.
- SCHÖPFER, W.; HRADETZKY, J. und KUBLIN, E. (1994): *Wachstumsänderung der Fichte in Baden-Württemberg*. Forst und Holz 49 (21), S. 633 bis 644
- SKOVSGAARD, J. P. & HENRIKSEN, H. A. (1996): "Increasing site productivity during consecutive generations of naturally regenerated and planted beech (*Fagus silvatica* L.) in Denmark". Beitrag in: SPIECKER, H.; MIELIKÄINEN, K.; KÖHL, M. and SKOVSGAARD, J. P. (1996): *Growth trends in European forests*. European Forest Institute Research Report 5, 372 S. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag
- SPELSBERG, G. (1994): *Zum Höhenwachstum der Fichte in Nordrhein-Westfalen*. AFJZ 165 (4), S.77 bis 80
- SPIECKER, H. (1987): *Düngung, Niederschlag und der jährliche Volumenzuwachs einiger Fichtenbestände Südwestdeutschlands*. Ergebnisse einer neuen Methode der Zuwachsermittlung. AFJZ 158 (4), S. 70-76
- SPIECKER, H.; MIELIKÄINEN, K.; KÖHL, M. and SKOVSGAARD, J. P. (1996): *Growth trends in European forests*. European Forest Institute Research Report 5, 372 S. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag
- SPIECKER, H.; MIELIKÄINEN, K.; KÖHL, M. and UNTHEIM, H. (1994): *Growth trends of European forests - Has site productivity changed?* European Forest Institute Working Paper 4: 68 S.
- STERBA, H. (1975): *Assmanns Theorie der Grundflächenhaltung und die Competition-Density-Rule der Japaner Kira, Ando und Tadaki*. Cbl.f.d.FW., 92 (1), S. 46-62
- STERBA, H. (1981): *Natürlicher Bestockungsgrad und Reineckes SDI*. Cbl.f.d.FW., 98, 2, S. 101-116
- STERBA, H. (1985): *Das Ertragsniveau und der maximale Stand-Density-Index nach Reineke*. Cbl.f.d.FW., 102, 2, S. 78-85
- STERBA, H. (1987): *Estimating Potential Density from Thinning Experiments and Inventory Data*. Forest Science 33, S 1022-1034
- STERBA, H. (1993): *Witterungsabhängige Änderungen der Konkurrenzverhältnisse in Mischbeständen*. Jahresbericht der Sektion Ertragskunde des Deutschen Verbandes Forstlicher Forschungsanstalten, S. 1-10
- STERBA, H. (1996): "Forest decline and growth trends in central Europe - a review". In: SPIECKER, H.; MIELIKÄINEN, K.; KÖHL, M. and SKOVSGAARD, J. P. (1996): *Growth trends in European forests*. European Forest Institute Research Report 5, S. 149-166, Berlin, Heidelberg, Springer Verlag

STERBA, H., SAGL, W., HAGER, H., STAMPFER, K. (2000): *Dauerwald kontra Ertragstafel*. Österreichische Forstzeitung 8 /2000, S. 18 bis 19

TADAKI, Y. (1963): *The pre-estimating of stem yield based on the competition-density effect*. Bull. Gov. For. Exp. Station Nr. 154

UNTHEIM, H. (1996): *Zur Veränderung der Produktivität von Waldstandorten*. Mitteilungen der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg in Freiburg im Breisgau, Heft 198, 239 S.

UTSCHIG, H. HERLING, H., PRETZSCH, H. (2006): *Veränderte Umweltbedingungen schaffen 13 Prozent mehr Wachstum*. LWF aktuell, 52/2006, S.44-46

ZÖTTL, H. W. (2006): *Waldschäden und Ursachen*. Forst und Holz 50 (2), S. 54-55

11. Anhang

A) Tabellen der ertragskundlichen Bestandesdaten der Vorbestände

Versuch Ödensee

Versuch St. Martin

Versuch Thiersee

Versuch Hallein

Versuch Langbathsee

B) Verzeichnis der Abbildungen

C) Verzeichnis der Tabellen

Ertragskundliche Bestandesdaten der Versuchsfläche Ödensee Parzelle 1

Jahr	Alter a	Verbleibender Bestand										Ausscheidender Bestand							Gesamtbestand				
		N n/ha	H0 m	D0 cm	H0/D0	HG m	DG cm	HG/DG	G m ² /ha	V Vfm/ha	N n/ha	HG m	DG cm	HG/DG	G m ² /ha	V Vfm/ha	GWL Vfm/ha	mGH m ² /ha	IG m ² /ha	IV Vfm/ha	DGZ Vfm/ha		
1906	80	1240	24,8	30,5	81	20,0	19,7	102	37,9	391	160	20,7	21,0	99	5,5	58	449				5,6		
1911	85	836	26,7	32,9	81	23,1	23,6	98	36,6	420	404	17,2	15,1	114	7,2	67	546	40,9	1,18	19,3	6,4		
1928	102	792	31,1	37,5	83	26,9	26,7	101	44,4	589	44	20,7	17,4	119	1,1	12	726	41,0	0,52	10,6	7,1		
1934	108	772	32,4	39,4	82	28,2	28,2	100	48,2	663	20	25,1	22,8	110	0,8	10	810	46,7	0,76	14,1	7,5		
1937	111										12	27,4	26,3	104	0,7	9							
1939	113	632	33,2	40,3	82	29,5	30,1	98	45,0	640	128	24,3	21,4	114	4,6	58	854	48,9	0,41	8,7	7,6		
1942	116	356	32,9	38,5	85	30,1	31,1	97	27,0	391	276	29,4	29,7	99	19,1	272	877	45,5	0,39	7,9	7,6		
1948	122	296	33,6	39,5	85	31,3	33,0	95	25,4	377	60	27,2	25,4	107	3,0	41	905	27,7	0,23	4,6	7,4		
1950	124										8	27,7	26,1	106	0,4	6							
1954	128										24	30,1	30,3	99	1,7	25							
1957	131	252	34,5	40,8	85	32,5	35,1	93	24,4	371	12	29,7	29,4	101	0,8	12	942	25,5	0,22	4,1	7,2		
1958	132										252	32,5	35,2	92	24,5	372	942	24,4	0,07	0,4	7,1		

Ertragskundliche Bestandesdaten der Versuchsfläche Ödensee Parzelle 2

Jahr	Alter a	Verbleibender Bestand										Ausscheidender Bestand						Gesamtbestand									
		N n/ha	H0 m	D0 cm	H0/D0	HG m	DG cm	HG/DG	G m ² /ha	V Vfm/ha	N n/ha	HG m	DG cm	HG/DG	G m ² /ha	V Vfm/ha	N n/ha	HG m	DG cm	HG/DG	G m ² /ha	V Vfm/ha	mGH m ² /ha	IG m ² /ha	IV Vfm/ha	DGZ Vfm/ha	
1906	80	884	26,2	35,1	75	22,9	25,3	91	44,4	500	164	22,8	25,2	90	8,2	92	592										7,4
1911	85	664	27,8	36,6	76	25,0	27,9	90	40,7	493	220	22,6	22,6	100	8,9	102	686	46,9	1,03						18,9	8,1	
1928	102	524	32,5	42,4	77	29,9	33,5	89	46,3	654	140	23,8	21,4	111	5,0	62	908	46,0	0,63						13,1	8,9	
1934	108	420	33,8	44,6	76	31,8	37,2	85	45,6	671	104	26,5	25,1	106	5,1	68	994	48,5	0,74						14,3	9,2	
1937	111										8	30,3	32,4	94	0,7	9											
1939	113	400	34,7	45,8	76	32,7	38,5	85	46,6	704	12	29,7	30,5	97	0,9	12	1049	46,6	0,51						10,9	9,3	
1942	116	356	35,1	46,2	76	33,2	39,1	85	42,8	652	44	32,9	38,4	86	5,1	78	1075	47,2	0,41						8,7	9,3	

Parzelle 3

Jahr	Alter a	Verbleibender Bestand										Ausscheidender Bestand						Gesamtbestand									
		N n/ha	H0 m	D0 cm	H0/D0	HG m	DG cm	HG/DG	G m ² /ha	V Vfm/ha	N n/ha	HG m	DG cm	HG/DG	G m ² /ha	V Vfm/ha	N n/ha	HG m	DG cm	HG/DG	G m ² /ha	V Vfm/ha	mGH m ² /ha	IG m ² /ha	IV Vfm/ha	DGZ Vfm/ha	
1948	122	428	34,7	42,9	81	31,8	34,3	93	39,5	591	108	27,9	26,5	105	6,0	83	674										5,5
1955	129										8	28,1	26,7	105	0,4	6											
1957	131	364	35,8	44,8	80	33,1	36,8	90	38,7	595	56	31,0	31,9	97	4,5	66	750	41,5	0,46						8,5	5,7	

Ertragskundliche Bestandesdaten der Versuchsfläche St. Martin Parzelle 2

Jahr	Alter	Verbleibender Bestand										Ausscheidender Bestand							Gesamtbestand				
		N	HO	DO	HO/DO	HG	DG	HG/DG	G	V	N	HG	DG	HG/DG	G	V	GWLIV	mGH	IG	IV	DGZ		
	a	n/ha	m	cm		m	cm		m ² /ha	Vfm/ha		m	cm	m ² /ha	Vfm/ha		m ² /ha	m ² /ha	Vfm/ha	Vfm/ha			
1903	63														20								
1907	67	813	25,2	32,3	78	22,4	24,5	91	38,3	419					70	510				7,6			
1912	72													13	20,5	20,0	103	0,4	4				
1914	74													73	21,8	21,8	100	2,7	30				
1917	77													40	21,1	20,2	104	1,3	14				
1919	79													3	21,7	21,0	103	0,1	1				
1926	86	683	30,9	40,7	76	27,8	31,2	89	52,4	689						829	44,9	0,98	16,8	9,6			
1929	89	536	31,5	41,6	76	28,8	33,0	87	45,9	620				146	25,6	26,1	98	7,8	98			9,7	
1934	94													40	27,6	29,0	95	2,6	35				
1935	95	430	32,8	43,5	75	30,6	36,2	85	44,2	624				66	25,5	25,1	102	3,3	42				9,9
1947	107	360	35,1	47,8	73	33,2	40,7	82	46,7	703				70	29,8	31,6	94	5,5	78				10,3
1954	114	293	35,9	48,8	74	34,4	42,8	80	42,1	651				66	32,9	38,2	86	7,6	115				10,2
1958	118	163	35,9	47,7	75	35,3	45,3	78	26,4	415				130	34,5	42,5	81	18,4	285				10,3

Ertragskundliche Bestandesdaten der Versuchsfläche Thiersee Parzelle 2

Jahr	Alter	Verbleibender Bestand										Ausscheidender Bestand						Gesamtbestand			
		N	HO	DO	HO/DO	HG	DG	HG/DG	G	V	N	HG	DG	HG/DG	G	V	GWLIV	mGH	IG	IV	DGZ
	a	n/ha	m	cm		m	cm		m ² /ha	Vfm/ha	n/ha	m	cm		m ² /ha	Vfm/ha	m ² /ha	m ² /ha	Vfm/ha	Vfm/ha	Vfm/ha
1894	74															54					
1903	83	935	27,2	35,7	76	24,7	25,9	95	49,2	621	57	23,2	20,2	115	1,8	22	697				8,4
1908	88	878	29,0	37,6	77	26,4	27,3	97	51,4	688	57	25,0	22,6	111	2,3	30	794	51,4	0,90	19,4	9,0
1913	93	817	30,3	38,6	78	27,8	28,4	98	52,0	728	60	26,3	23,6	111	2,7	37	871	53,0	0,65	15,4	9,4
1928	108	675	33,8	43,8	77	31,1	32,9	95	57,4	874	142	27,6	23,4	118	6,1	81	1098	57,7	0,77	15,1	10,2
1929	109	635	33,9	44,0	77	31,3	33,4	94	55,7	850	39	29,7	28,3	105	2,5	37	1111	57,8	0,78	13,8	10,2
1935	115	589	34,8	45,7	76	32,3	35,3	92	57,8	895	46	27,8	23,6	118	2,0	28	1184	57,7	0,69	12,1	10,3
1942	122	421	35,4	46,5	76	33,5	38,8	86	49,8	787	167	30,3	29,4	103	11,4	168	1244	59,5	0,49	8,6	10,2
1948	128	321	35,9	47,6	75	34,3	41,4	83	43,2	690	100	31,8	33,6	95	8,8	136	1283	51,0	0,37	6,5	10,0
1951	131										67	33,7	39,5	85	8,3	135					
1954	134	239	36,2	48,8	74	35,1	44,0	80	36,4	585	14	33,3	38,2	87	1,6	25	1338	40,6	0,52	9,2	10,0
1958	138	164	36,4	49,3	74	35,8	46,8	76	28,3	457	75	34,4	42,0	82	10,4	165	1375	37,5	0,56	9,3	10,0

Ertragskundliche Bestandesdaten der Versuchsfläche Thiersee Parzelle 3

Jahr	Alter	Verbleibender Bestand										Ausscheidender Bestand							Gesamtbestand							
		N	HO	DO	HO/DO	HG	DG	HG/DG	G	V	N	HG	DG	HG/DG	G	V	N	HG	DG	HG/DG	G	V	mGH	IG	IV	DGZ
	a	n/ha	m	cm		m	cm		m ² /ha	Vfm/ha	n/ha	m	cm		m ² /ha	Vfm/ha	n/ha	m	cm		m ² /ha	Vfm/ha	m ² /ha	m ² /ha	Vfm/ha	Vfm/ha
1894	74																				297					
1903	83	428	27,3	36,1	76	25,8	30,1	86	30,5	381	46	24,7	25,8	96	2,4	708										8,5
1908	88	335	29,0	37,6	77	27,8	32,5	86	27,8	370	92	27,0	29,5	92	6,3	780										8,9
1913	93	325	30,6	39,7	77	29,4	34,4	85	30,2	423	10	28,8	32,2	89	0,9	845										9,1
1928	108	303	34,1	45,6	75	32,9	39,9	82	38,0	580	21	30,3	30,3	100	1,5	1025										9,5
1929	109	285	34,2	45,7	75	33,2	40,5	82	36,8	561	17	32,0	35,7	90	1,8	1033										9,5
1935	115	275	35,1	47,5	74	34,1	42,5	80	39,0	607	10	31,4	32,5	97	0,9	1092										9,5
1942	122	264	35,8	48,8	73	34,9	44,1	79	40,5	643	10	32,8	36,6	90	1,1	1146										9,4
1948	128										60	33,5	38,5	87	7,1											
1951	131										7	35,8	47,1	76	1,2											
1954	134	171	36,3	49,3	74	36,2	48,5	75	31,7	515	25	36,6	50,0	73	4,9	1227										9,2
1958	138	121				36,7	50,1	73	23,9	391	50	36,3	48,5	75	9,3	1254										9,1

Ertragskundliche Bestandesdaten der Versuchsfläche Hallein Parzelle 1

Jahr	Alter a	Verbleibender Bestand										Ausscheidender Bestand							Gesamtbestand						
		N	H0	D0	H0/D0	HG	DG	HG/DG	G	V	N	HG	DG	HG/DG	G	V	GWLIV	mGH	IG	IV	DGZ				
		n/ha	m	cm		m	cm	m ² /ha	Vfm/ha	n/ha	m	cm		m ² /ha	Vfm/ha	n/ha	m	cm		m ² /ha	Vfm/ha	m ² /ha	Vfm/ha	Vfm/ha	Vfm/ha
1892	51	1836	23,9	34,3	70	17,2	20,1	86	58,2	693	10,0	9,0	111	4,0	27	720									14,1
1903-1925										836			13,7												
1926	85	892	35,0	44,9	78	27,6	30,9	89	66,8	942	20,9	19,8	106	3,3	37	1135									13,4
1929	88	756	35,1	45,4	77	29,6	33,1	89	64,9	946	20,3	16,5	123	2,9	32	1172	67,3	0,32				12,1			13,3
1932	91	652	35,2	46,0	77	30,9	34,6	89	61,2	917	26,9	25,8	104	5,4	74	1217	65,8	0,58				15,1			13,4
1937	96	564	35,6	47,4	75	32,3	36,6	88	59,3	916	29,3	28,2	104	5,5	80	1295	63,0	0,72				15,7			13,5
1943	102	504	35,8	47,4	76	33,4	37,9	88	56,8	898	30,6	28,7	107	3,9	57	1335	60,0	0,22				6,6			13,1
1946	105	416	36,0	47,6	76	34,1	39,6	86	51,1	820	31,8	31,2	102	6,7	104	1361	57,3	0,37				8,8			13,0
1947	106	376	36,1	47,8	76	34,4	40,3	85	47,9	773	33,7	37,6	90	4,4	69	1383	51,7	1,23				21,7			13,0
1949	108	356	36,2	47,6	76	34,7	41,1	84	47,2	767	30,7	26,9	114	1,1	16	1394	48,1	0,19				5,6			12,9
1950	109	332	36,4	47,8	76	35,0	41,7	84	45,3	736	33,1	34,5	96	2,2	33	1395	47,3	0,34				2,1			12,8
1951	110	304	36,4	47,8	76	35,2	42,3	83	42,8	704	34,0	37,4	91	3,1	49	1411	45,6	0,63				16,5			12,8
1952	111										4	36,8	48,8	75	12										
1953	112	288	36,3	46,3	78	35,3	41,9	84	39,8	658	37,7	52,3	72	2,6	43	1420	42,6	0,13				4,3			12,7
1954	113	256	36,3	46,0	79	35,5	42,3	84	36,1	599	35,4	42,0	84	4,4	72	1433	40,1	0,74				13,3			12,7

Ertragskundliche Bestandesdaten der Versuchsfläche Hallein Parzelle 3

Jahr	Alter	Verbleibender Bestand										Ausscheidender Bestand							Gesamtbestand				
		N	H0	D0	H0/D0	HG	DG	HG/DG	G	V	N	HG	DG	HG/DG	G	V	GWLIV	mGH	IG	IV	DGZ		
	a	n/ha	m	cm		m	cm		m ² /ha	Vfm/ha	n/ha	m	cm		m ² /ha	Vfm/ha	m ² /ha	m ² /ha	m ² /ha	Vfm/ha	Vfm/ha		
1892	51	996	24,5	36,8	67	21,6	25,3	85	50,1	671	1840	12,0	10,0	120	15,0	107	778				15,3		
1903-1925											200				5,1	52							
1926	85	696	36,3	47,4	77	30,3	35,7	85	69,6	1034	100	23,7	24,2	98	4,6	58	1252				14,7		
1929	88	460	36,1	47,9	75	32,3	38,9	83	54,6	839	236	27,2	28,3	96	14,9	199	1255	69,5	0,00	1,2	14,3		
1932	91	388	36,2	48,7	74	33,4	40,9	82	51,1	801	72	29,5	31,5	94	5,6	84	1301	55,6	0,68	15,2	14,3		
1937	96	356	36,6	50,8	72	34,5	43,5	79	52,9	842	32	30,3	30,7	99	2,4	35	1377	53,2	0,84	15,3	14,3		
1943	102	320	36,7	51,5	71	35,2	45,1	78	51,0	821	36	32,8	35,9	91	3,6	56	1413	53,8	0,30	5,9	13,9		
1946	105	316	37,0	52,0	71	35,6	45,8	78	52,0	843	4	37,4	54,1	69	0,9	15	1449	52,0	0,63	12,2	13,8		
1947	106	304	37,1	52,4	71	35,9	46,5	77	51,7	842	12	35,5	45,1	79	1,9	32	1479	52,8	1,63	30,0	14,0		
1949	108	304	37,3	52,8	71	36,1	46,8	77	52,4	857							1494	52,0	0,31	7,5	13,8		
1950	109	276	37,4	52,9	71	36,3	47,3	77	48,5	796	28	35,6	44,3	80	4,3	70	1504	52,6	0,51	9,0	13,8		
1951	110	276	37,6	53,2	71	36,5	47,7	77	49,3	813							1521	48,9	0,80	17,2	13,8		
1953	112	276	37,9	53,4	71	36,7	47,9	77	49,7	825							1532	49,5	0,17	5,8	13,7		
1954	113	264	38,2	54,0	71	37,1	48,9	76	49,7	831	12	34,4	38,2	90	1,4	22	1560	50,4	1,36	27,8	13,8		

Ertragskundliche Bestandesdaten der Versuchsfläche Langbathsee

Parzelle 2

Jahr	Alter a	Verbleibender Bestand										Ausscheidender Bestand							Gesamtbestand								
		N	H0	D0	H0/D0	HG	DG	HG/DG	G	V	N	HG	DG	HG/DG	G	V	N	HG	DG	HG/DG	G	V	mGH	IG	IV	DGZ	
		n/ha	m	cm		m	cm		m ² /ha	Vfm/ha	n/ha	m	cm		m ² /ha	Vfm/ha	n/ha	m	cm		m ² /ha	Vfm/ha	m ² /ha	m ² /ha	Vfm/ha	Vfm/ha	
1890	48	796	25,8	35,8	72	23,1	26,1	89	42,4	475	440	18,9	16,8	113	9,8	100	575										12,0
1900	58	612	28,9	38,8	74	26,3	29,8	88	42,5	529	184	23,0	22,6	102	7,4	85	715	46,2				46,2	0,75	13,9			12,3
1905	63	612	30,0	40,0	75	27,5	30,8	89	45,5	592							777	44,0				44,0	0,59	12,5			12,3
1908	66	584	30,6	40,7	75	28,2	31,4	90	45,2	602	28	27,3	28,7	95	1,8	24	811	46,3				46,3	0,52	11,2			12,3
1927	85	524	33,9	46,0	74	31,8	35,6	89	52,1	766	60	27,6	24,1	115	2,7	38	1014	50,0				50,0	0,51	10,7			11,9
1929	87	520	34,4	47,8	72	32,4	37,2	87	56,4	838	4	28,8	26,2	110	0,2	3	1088	54,0				54,0	2,25	37,3			12,5
1934	92	488	35,3	49,2	72	33,3	38,6	86	57,2	867	32	29,8	27,8	107	1,9	28	1146	57,8				57,8	0,54	11,5			12,5
1939	97	384	36,0	50,1	72	34,4	41,5	83	52,0	806	104	30,7	29,1	105	6,9	103	1188	58,1				58,1	0,35	8,5			12,2
1941	99	308	36,3	50,4	72	34,8	42,3	82	43,4	677	76	34,3	40,0	86	9,6	149	1208	52,5				52,5	0,46	10,1			12,2
1944	102	132	35,4	44,4	80	35,1	42,3	83	18,5	292	176	35,5	43,8	81	26,5	419	1242	44,2				44,2	0,55	11,3			12,2

Ertragskundliche Bestandesdaten der Versuchsfläche Langbathsee Parzelle 3

Jahr	Alter a	Verbleibender Bestand										Ausscheidender Bestand						Gesamtbestand									
		N n/ha	H0 m	D0 cm	H0/D0	HG m	DG cm	HG/DG	G m ² /ha	V Vfm/ha	N n/ha	HG m	DG cm	HG/DG	G m ² /ha	V Vfm/ha	N n/ha	HG m	DG cm	HG/DG	G m ² /ha	V Vfm/ha	mGH m ² /ha	IG m ² /ha	IV Vfm/ha	DGZ Vfm/ha	
1890	48	884	25,4	34,0	75	22,6	24,7	92	42,3	468	424	18,9	17,0	111	9,6	98	566										11,8
1895	53										8	23,7	29,3	81	0,6	7											
1900	58	620	26,2	36,8	71	24,7	28,4	87	39,2	457	256	22,8	21,8	105	9,6	110	672	40,9	0,71	10,6	11,6						
1905	63	620	27,8	38,4	72	26,1	29,5	88	42,5	522							738	40,8	0,66	13,0	11,7						
1908	66	588	28,6	39,2	73	26,8	30,3	88	42,3	535	32	25,3	25,0	101	1,6	19	770	43,2	0,46	10,7	11,7						
1927	85	476	33,1	44,6	74	31,1	35,1	89	46,2	666	112	27,5	24,8	111	5,4	75	975	46,9	0,49	10,8	11,5						
1929	87	412	33,7	46,3	73	32,1	37,8	85	46,2	676	64	30,0	30,4	99	4,7	67	1052	48,5	2,36	38,5	12,1						
1934	92	364	34,4	46,9	73	32,9	39,0	84	43,6	652	48	32,3	36,4	89	5,0	74	1102	47,4	0,47	9,9	12,0						
1939	97	228	35,1	47,9	73	34,4	43,4	79	33,8	517	136	31,7	32,8	97	11,5	172	1139	44,4	0,34	7,4	11,7						
1941	99	184	35,3	48,1	73	34,8	44,6	78	28,7	442	44	34,1	41,4	82	5,9	91	1155	34,2	0,41	8,0	11,7						
1944	102										184	35,2	45,5	77	29,9	464	1177	29,3	0,41	7,6	11,5						

Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1: Lage der Untersuchungsflächen	10
Abbildung 2: Beispiele Einmessplan	10
Abbildung 3: Lageplan Versuch Ödensee.....	12
Abbildung 4: Lageplan Versuch St. Martin.....	13
Abbildung 5: Lageplan Versuch Thiersee.....	15
Abbildung 6: Lageplan Versuch Hallein	16
Abbildung 7: Mitteilung von Prof. Dr. Walter Bitterlich.....	17
Abbildung 8: Lageplan Versuch Langbathsee.....	19
Abbildung 9: Beobachtungsdauer und Messungen.....	20
Abbildung 10: Lageplan Versuch Ödensee	24
Abbildung 11: Lageplan Versuch St. Martin.....	25
Abbildung 12: Lageplan Versuch Thiersee	25
Abbildung 13: Lageplan Versuch Hallein.....	26
Abbildung 14: Lageplan Versuch Langbathsee	26
Abbildung 15: BHD-Zuwachs 1996 bis 1999	27
Abbildung 16: BHD-Verteilung und Stammanalysen im Folgebestand bei Versuch Langbathsee	28
Abbildung 17: Beispiel für eine Leistungstabelle nach der Deser Norm.....	34
Abbildung 18: Beispiel Grafik Stammanalyse und Ausgabeliste	35
Abbildung 19: Durchmesser-Höhenkurven.....	36
Abbildung 20: Verhältnis BHD-Stock der Stammanalysen	37
Abbildung 21: Vorbestand Ödensee - Stammzahl.....	39
Abbildung 22: Vorbestand Ödensee - Höhe	40
Abbildung 23: Vorbestand Ödensee - BHD des Grundflächenmittelstammes	40
Abbildung 24: Vorbestand Ödensee - BHD-Verteilung im Alter 80	41
Abbildung 25: Vorbestand Ödensee - BHD-Verteilung im Alter 116	41
Abbildung 26: Vorbestand Ödensee - HD-Wert des Grundflächenmittelstammes.....	42
Abbildung 27: Vorbestand Ödensee - Grundfläche.....	43
Abbildung 28: Vorbestand Ödensee - Vorrat.....	43
Abbildung 29: Vorbestand Ödensee - Gesamtwuchsleistung	44
Abbildung 30: Vorbestand Ödensee - Stand Density Index	45
Abbildung 31: Vorbestand Ödensee - Stand Density Index über Oberhöhe	45
Abbildung 32: Verteilung der Stammanalysen 1948 im Vorbestand Ödensee	46
Abbildung 33: Verteilung der Stammanalysen 1958 im Vorbestand Ödensee	47
Abbildung 34: Stammanalysen Vorbestand Ödensee.....	47
Abbildung 35: Stammanalysen Vorbestand Ödensee.....	47
Abbildung 36: Stammanalysen Vorbestand Ödensee.....	48
Abbildung 37: Stammanalysen Vorbestand Ödensee - Mittlerer Radialzuwachs in Brusthöhe	48
Abbildung 38: Stammanalysen Vorbestand Ödensee - Mittlere BHD-Entwicklung	49
Abbildung 39: Stammanalysen Vorbestand Ödensee - BHD zu D03	49
Abbildung 40: Stammanalysen Vorbestand Ödensee - Formzahl.....	50
Abbildung 41: Verteilung der Stammanalysen im Folgebestand Ödensee	52
Abbildung 42: Stammanalysen Folgebestand Ödensee - Höhe über Kalenderjahr	53
Abbildung 43: Stammanalysen Folgebestand Ödensee - Höhe über BHD-Alter	53
Abbildung 44: Stammanalysen Folgebestand Ödensee - Mittlere Höhenentwicklung.....	53

Abbildung 45: Stammanalysen Folgebestand Ödensee - Radialzuwachs in Brusthöhe.....	54
Abbildung 46: Stammanalysen Folgebestand Ödensee - BHD über Kalenderjahr.....	54
Abbildung 47: Stammanalysen Folgebestand Ödensee - BHD über BHD-Alter.....	54
Abbildung 48: Stammanalysen Folgebestand Ödensee - BHD zu D03	55
Abbildung 49: Stammanalysen Folgebestand Ödensee - Formzahl.....	56
Abbildung 50: Ödensee - Vergleich der Gesamtwuchsleistung	58
Abbildung 51: Ödensee - Vergleich der Oberhöhe.....	58
Abbildung 52: Stammanalysen Ödensee - BHD zu D03.....	59
Abbildung 53: Stammanalysen Ödensee - Formzahl	60
Abbildung 54: Stammanalysen Ödensee - Höhe.....	60
Abbildung 55: Stammanalysen Ödensee - BHD.....	61
Abbildung 56: Stammanalysen Ödensee - Höhen- und BHD-Mehrzuwachs im Folgebestand	61
Abbildung 57: Vorbestand St. Martin - Stammzahl.....	62
Abbildung 58: Vorbestand St. Martin - Höhe.....	63
Abbildung 59: Vorbestand St. Martin - BHD des Grundflächenmittelstammes	63
Abbildung 60: Vorbestand St. Martin - HD-Wert des Grundflächenmittelstammes	64
Abbildung 61: Vorbestand St. Martin - Grundfläche.....	65
Abbildung 62: Vorbestand St. Martin - Gesamtwuchsleistung und Vorrat	65
Abbildung 63: Vorbestand St. Martin - Stand Density Index	66
Abbildung 64: Vorbestand St. Martin - Stand Density Index über Oberhöhe.....	66
Abbildung 65: Verteilung der Stammanalysen 1947 aus dem Vorbestand St. Martin	67
Abbildung 66: Verteilung der Stammanalysen 1954 aus dem Vorbestand St. Martin	68
Abbildung 67: Stammanalysen Vorbestand St. Martin - Höhe.....	69
Abbildung 68: Stammanalysen Vorbestand St. Martin - Höhe je Parzelle.....	69
Abbildung 69: Stammanalysen Vorbestand St. Martin - Mittlerer Radialzuwachs in Brusthöhe	70
Abbildung 70: Stammanalysen Vorbestand St. Martin - Mittlere BHD-Entwicklung	70
Abbildung 71: Stammanalysen Vorbestand St. Martin - BHD zu D03.....	71
Abbildung 72: Stammanalysen Vorbestand St. Martin - Formzahl	71
Abbildung 73: Stammanalysen Folgebestand St. Martin - Höhe über Kalenderjahr	73
Abbildung 74: Stammanalysen Folgebestand St. Martin - Höhe über BHD-Alter	73
Abbildung 75: Stammanalysen Folgebestand St. Martin - Mittlere Höhenentwicklung	74
Abbildung 76: Stammanalysen Folgebestand St. Martin - Radialzuwachs	74
Abbildung 77: Stammanalysen Folgebestand St. Martin - BHD-Entwicklung	75
Abbildung 78: Stammanalysen Folgebestand St. Martin - BHD zu D03	75
Abbildung 79: Stammanalysen Folgebestand St. Martin - Formzahl.....	76
Abbildung 80: St. Martin - Vergleich der Gesamtwuchsleistung.....	78
Abbildung 81: St. Martin - Vergleich der Oberhöhe.....	78
Abbildung 82: Stammanalysen St. Martin - BHD zu D03	79
Abbildung 83: Stammanalysen St. Martin - Formzahl.....	80
Abbildung 84: Stammanalysen St. Martin - Höhe	80
Abbildung 85: Stammanalysen St. Martin - BHD	80
Abbildung 86: Stammanalysen St. Martin - Höhen- und BHD-Mehrzuwachs im Folgebestand.....	81
Abbildung 87: Vorbestand Thiersee - Stammzahl	82
Abbildung 88: Vorbestand Thiersee - Höhe	83
Abbildung 89: Vorbestand Thiersee - BHD des Grundflächenmittelstammes.....	83
Abbildung 90: Vorbestand Thiersee - HD-Wert des Grundflächenmittelstammes.....	84

Abbildung 91: Vorbestand Thiersee - Grundfläche.....	85
Abbildung 92: Vorbestand Thiersee - Gesamtwuchsleistung und Vorrat.....	85
Abbildung 93: Vorbestand Thiersee - Stand Density Index.....	86
Abbildung 94: Vorbestand Thiersee - Stand Density Index über Oberhöhe	86
Abbildung 95: Vorbestand Thiersee - Verteilung der Stammanalysen.....	87
Abbildung 96: Stammanalysen Vorbestand Thiersee - Höhe	88
Abbildung 97: Stammanalysen Vorbestand Thiersee - Höhe über BHD-Alter.....	88
Abbildung 98: Stammanalysen Vorbestand Thiersee - Mittlerer Radialzuwachs in Brusthöhe.....	89
Abbildung 99: Stammanalysen Vorbestand Thiersee - Mittlere BHD-Entwicklung	89
Abbildung 100: Stammanalysen Vorbestand Thiersee - BHD zu D03.....	90
Abbildung 101: Stammanalysen Folgebestand Thiersee - Höhe über Kalenderjahr.....	92
Abbildung 102: Stammanalysen Folgebestand Thiersee - Höhe über BHD-Alter	92
Abbildung 103: Stammanalysen Folgebestand Thiersee - Radialzuwachs in Brusthöhe	92
Abbildung 104: Stammanalysen Folgebestand Thiersee - BHD-Entwicklung.....	93
Abbildung 105: Stammanalysen Folgebestand Thiersee - BHD zu D03.....	94
Abbildung 106: Stammanalysen Folgebestand Thiersee - Formzahl	94
Abbildung 107: Thiersee - Vergleich der Gesamtwuchsleistung.....	95
Abbildung 108: Thiersee - Vergleich der Oberhöhe	96
Abbildung 109: Stammanalysen Thiersee - BHD zu D03	97
Abbildung 110: Stammanalysen Thiersee - Formzahl.....	98
Abbildung 111: Stammanalysen Thiersee - Höhe	98
Abbildung 112: Stammanalysen Thiersee - BHD	98
Abbildung 113: Stammanalysen Thiersee - Höhen- und BHD-Mehrzuwachs im Folgebestand.....	99
Abbildung 114: Vorbestand Hallein - BHD-Verteilung und Aushieb 1892.....	101
Abbildung 115: Vorbestand Hallein - Stammzahl.....	102
Abbildung 116: Vorbestand Hallein - Veränderung des Oberhöhenkollektives.....	103
Abbildung 117: Vorbestand Hallein - Höhe.....	103
Abbildung 118: Vorbestand Hallein - BHD des Grundflächenmittelstammes	104
Abbildung 119: Vorbestand Hallein - HD-Wert des Grundflächenmittelstammes	104
Abbildung 120: Vorbestand Hallein - Grundfläche.....	105
Abbildung 121: Vorbestand Hallein - Gesamtwuchsleistung und Vorrat	106
Abbildung 122: Vorbestand Hallein - Stand Density Index	107
Abbildung 123: Stammanalysen Vorbestand Hallein - Höhe Baumart Fichte.....	109
Abbildung 124: Stammanalysen Vorbestand Hallein - Höhe Baumart Tanne.....	109
Abbildung 125: Stammanalysen Vorbestand Hallein - Höhe Baumart Lärche.....	110
Abbildung 126: Stammanalysen Vorbestand Hallein - Mittlere Höhe nach Baumarten.....	110
Abbildung 127: Stammanalysen Vorbestand Hallein - Baumart Fichte je Parzelle	110
Abbildung 128: Stammanalysen Vorbestand Hallein - Radialzuwachs in Brusthöhe - Baumart Fichte	111
Abbildung 129: Stammanalysen Vorbestand Hallein - Radialzuwachs in Brusthöhe - Baumart Tanne	111
Abbildung 130: Stammanalysen Vorbestand Hallein - Radialzuwachs in Brusthöhe - Baumart Lärche	112
Abbildung 131: Stammanalysen Vorbestand Hallein - Radialzuwachs in Brusthöhe nach Baumart.....	112
Abbildung 132: Stammanalysen Vorbestand Hallein - BHD-Entwicklung nach Baumart	113
Abbildung 133: Stammanalysen Vorbestand Hallein - BHD zu D03 nach Baumarten	113
Abbildung 134: Stammanalysen Vorbestand Hallein - Formzahl	114
Abbildung 135: Folgebestand Hallein - Verteilung der Stammanalysen	116
Abbildung 136: Stammanalysen Folgebestand Hallein - Höhe.....	117

Abbildung 137: Stammanalysen Folgebestand Hallein - Höhe über BHD-Alter	117
Abbildung 138: Stammanalysen Folgebestand Hallein- Radialzuwachs in Brusthöhe	117
Abbildung 139: Stammanalysen Folgebestand Hallein - BHD-Entwicklung	118
Abbildung 140: Stammanalysen Folgebestand Hallein - BHD zu D03	118
Abbildung 141: Stammanalysen Folgebestand Hallein - Formzahl.....	119
Abbildung 142: Hallein - Vergleich der Gesamtwuchsleistung	121
Abbildung 143: Hallein - Vergleich der Oberhöhe.....	122
Abbildung 144: Stammanalysen Hallein - BHD zu D03	123
Abbildung 145: Stammanalysen Hallein - Formzahlen.....	123
Abbildung 146: Stammanalysen Hallein - Höhe	124
Abbildung 147: Stammanalysen Hallein - Oberhöhe.....	124
Abbildung 148: Stammanalysen Hallein - Mittlere BHD-Entwicklung	125
Abbildung 149: Stammanalysen Hallein - BHD der Oberhöhenbäume	125
Abbildung 150: Stammanalysen Hallein - Höhen- und BHD-Mehrzuwachs im Folgebestand	125
Abbildung 151: Vorbestand Langbathsee - BHD-Verteilung im Alter 48 vor Aushieb	127
Abbildung 152: Vorbestand Langbathsee - Stammzahl	128
Abbildung 153: Vorbestand Langbathsee - Oberhöhe.....	128
Abbildung 154: Vorbestand Langbathsee - BHD des Grundflächenmittelstammes	129
Abbildung 155: Vorbestand Langbathsee - HD-Werte des Grundflächenmittelstammes.....	130
Abbildung 156: Vorbestand Langbathsee - Grundfläche	130
Abbildung 157: Vorbestand Langbathsee - Grundfläche im Vergleich zu Parzelle 1.....	131
Abbildung 158: Vorbestand Langbathsee - Gesamtwuchsleistung.....	131
Abbildung 159: Vorbestand Langbathsee - Stand Density Index.....	132
Abbildung 160: Vorbestand Langbathsee - Stand Density Index über Oberhöhe.....	133
Abbildung 161: Vorbestand Langbathsee - Verteilung der Stammanalysen	134
Abbildung 162: Stammanalysen Vorbestand Langbathsee - Höhe	135
Abbildung 163: Stammanalysen Vorbestand Langbathsee - Höhe über BHD-Alter.....	135
Abbildung 164: Stammanalysen Vorbestand Langbathsee - Radialzuwachs in Brusthöhe.....	135
Abbildung 165: Stammanalysen Vorbestand Langbathsee - BHD-Entwicklung.....	136
Abbildung 166: Stammanalysen Vorbestand Langbathsee - BHD zu D03.....	136
Abbildung 167: Stammanalysen Vorbestand Langbathsee - Formzahl.....	137
Abbildung 168: Langbathsee Folgebestand -Verteilung der Stammanalysen	139
Abbildung 169: Stammanalysen Folgebestand Langbathsee - Höhe.....	139
Abbildung 170: Stammanalysen Folgebestand Langbathsee - Höhe über BHD-Alter	139
Abbildung 171: Stammanalysen Folgebestand Langbathsee - Radialzuwachs in Brusthöhe	140
Abbildung 172: Stammanalysen Folgebestand Langbathsee - BHD-Entwicklung.....	140
Abbildung 173: Stammanalysen Folgebestand Langbathsee - BHD zu D03.....	141
Abbildung 174: Stammanalysen Folgebestand Langbathsee - Formzahl	141
Abbildung 175: Langbathsee - Vergleich der Gesamtwuchsleistung	143
Abbildung 176: Langbathsee - Vergleich der Oberhöhe	144
Abbildung 177: Stammanalysen Langbathsee - BHD zu D03	145
Abbildung 178: Stammanalysen Langbathsee - Formzahl.....	146
Abbildung 179: Stammanalysen Langbathsee - Höhe	146
Abbildung 180: Stammanalysen - Langbathsee - Oberhöhe	146
Abbildung 181: Stammanalysen Langbathsee - BHD	147
Abbildung 182: Stammanalysen Langbathsee - Höhen- und BHD-Mehrzuwachs im Folgebestand	147

<i>Abbildung 183: Oberhöhe im Vor- und Folgebestand</i>	<i>148</i>
<i>Abbildung 184: Gesamtwuchsleistung im Vor- und Folgebestand über Alter</i>	<i>149</i>
<i>Abbildung 185: Gesamtwuchsleistung im Vor- und Folgebestand über Oberhöhe</i>	<i>149</i>
<i>Abbildung 186: Bestandesgrundfläche im Vor- und Folgebestand</i>	<i>150</i>
<i>Abbildung 187: Stammanalysen - Vorbestand - Höhenentwicklung.....</i>	<i>151</i>
<i>Abbildung 188: Stammanalysen - Folgebestand - Höhenentwicklung.....</i>	<i>151</i>
<i>Abbildung 189: Stammanalysen Langbathsee - Höhe</i>	<i>152</i>
<i>Abbildung 190: Stammanalysen Ödensee - Höhe</i>	<i>152</i>
<i>Abbildung 191: Stammanalysen St. Martin - Höhe.....</i>	<i>152</i>
<i>Abbildung 192: Stammanalysen Hallein - Höhe</i>	<i>152</i>
<i>Abbildung 193: Stammanalysen Thiersee - Höhe</i>	<i>153</i>
<i>Abbildung 194: Stammanalysen Vorbestand - BHD</i>	<i>154</i>
<i>Abbildung 195: Stammanalysen Folgebestand - BHD</i>	<i>154</i>
<i>Abbildung 196: Stammanalysen Langbathsee - BHD</i>	<i>155</i>
<i>Abbildung 197: Stammanalysen Ödensee - BHD</i>	<i>155</i>
<i>Abbildung 198: Stammanalysen St. Martin - BHD.....</i>	<i>155</i>
<i>Abbildung 199: Stammanalysen Hallein - BHD</i>	<i>155</i>
<i>Abbildung 200: Stammanalysen Thiersee - BHD</i>	<i>156</i>
<i>Abbildung 201: Stammanalysen - BHD zu D03 in den Vor- und Folgebeständen.....</i>	<i>156</i>
<i>Abbildung 202: Ausrüstung zur Höhenmessung an stehenden Bäumen ab 1932.....</i>	<i>160</i>

Tabellenverzeichnis:

<i>Tabelle 1: Beobachtungsdauer und Messungen</i>	20
<i>Tabelle 2: Anzahl der Stammanalysen der ehemaligen Dauerversuche</i>	21
<i>Tabelle 3: Messkollektive der Folgebestände</i>	21
<i>Tabelle 4: Stammanalysen aus den Folgebeständen</i>	22
<i>Tabelle 5: Kennzahlen der Analysenbäume aus dem Vorbestand</i>	46
<i>Tabelle 6: Ertragskundliche Kennzahlen des Folgebestandes Ödensee</i>	51
<i>Tabelle 7: Kennzahlen der Analysenbäume aus dem Folgebestand Ödensee</i>	51
<i>Tabelle 8: Elementgehalte der Nadelproben Ödensee</i>	56
<i>Tabelle 9: 100 Nadelgewichte Ödensee (in mg)</i>	57
<i>Tabelle 10: Ertragskundliche Kenndaten des Vor- und Folgebestandes Ödensee</i>	59
<i>Tabelle 11: Kennzahlen der Analysenbäume aus dem Vorbestand St. Martin</i>	68
<i>Tabelle 12: Ertragskundliche Kennzahlen des Folgebestandes St. Martin</i>	72
<i>Tabelle 13: Kennzahlen der Analysenbäume aus dem Folgebestand St. Martin</i>	72
<i>Tabelle 14: Elementgehalte der Nadelproben St. Martin</i>	76
<i>Tabelle 15: 100 Nadelgewichte St. Martin (in mg)</i>	77
<i>Tabelle 16: Ertragskundliche Kenndaten des Vor- und Folgebestandes St. Martin</i>	79
<i>Tabelle 17: Kennzahlen der Analysenbäume aus dem Vorbestand Thiersee</i>	87
<i>Tabelle 18: Ertragskundliche Kennzahlen des Folgebestandes Thiersee</i>	90
<i>Tabelle 19: Kennzahlen der Analysenbäume aus dem Folgebestand Thiersee</i>	91
<i>Tabelle 20: Elementgehalte der Nadelproben Thiersee</i>	93
<i>Tabelle 21: 100 Nadelgewichte Thiersee (in mg)</i>	95
<i>Tabelle 22: Ertragskundliche Kennzahlen Vor- und Folgebestand Thiersee</i>	97
<i>Tabelle 23: Ertragskundliche Kennwerte der Aufnahme 1892 vor erstem Aushieb des Vorbestandes Hallein</i>	100
<i>Tabelle 24: Aushieb 1892 im Vorbestand Hallein</i>	100
<i>Tabelle 25: Nutzungen 1893 bis 1926 im Vorbestand Hallein</i>	100
<i>Tabelle 26: Kennzahlen der Analysenbäume aus dem Vorbestand Hallein</i>	107
<i>Tabelle 27: Ertragskundliche Kennzahlen des Folgebestandes Hallein</i>	115
<i>Tabelle 28: Kennzahlen der Analysenbäume aus dem Folgebestand Hallein</i>	116
<i>Tabelle 29: Elementgehalte der Nadelproben Hallein</i>	120
<i>Tabelle 30: 100 Nadelgewichte Hallein (in mg)</i>	120
<i>Tabelle 31: Ertragskundliche Kennzahlen des Vor- und Folgebestandes Hallein</i>	122
<i>Tabelle 32: Ertragskundliche Kenndaten des Vorbestandes Langbathsee</i>	126
<i>Tabelle 33: Erste Durchforstung des Vorbestandes Langbathsee (N, G, V - Hektarwerte)</i>	127
<i>Tabelle 34: Kennzahlen der Analysenbäume aus dem Vorbestand Langbathsee</i>	134
<i>Tabelle 35: Ertragskundliche Kennzahlen des Folgebestandes Langbathsee</i>	137
<i>Tabelle 36: Kennzahlen der Analysenbäume aus dem Folgebestand Langbathsee</i>	138
<i>Tabelle 37: Elementgehalte der Nadelproben Langbathsee</i>	142
<i>Tabelle 38: 100 Nadelgewichte Langbathsee (in mg)</i>	142
<i>Tabelle 39: Ertragskundliche Kenndaten des Vor- und Folgebestandes Langbathsee</i>	144
<i>Tabelle 40: Stand Density Indices bei Versuchsbeginn und Folgebestandsmessung</i>	157
<i>Tabelle 41: Maximaler Stand Density Index nach der erweiterten C-D-Regel von Sterba (1975)</i>	158